TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO TPI II.

PATOLOGÍAS Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA 11 VIVIENDAS UBICADAS EN SUPATÁ, CUNDINAMARCA.

ARIEL ALEXANDER RODRIGUEZ SANCHEZ C.C. 80.098.478
CARLOS ANDRES MEDINA ANGEL C.C. 80.073.925
JHON SEBASTIÁN CORTÉS GARCÍA C.C. 1010176139

DIRECTOR:
OSCAR JULIÁN CARDOZO
INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTÁ
2021

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 6

2. JUSTIFICACIÓN 9

3. OBJETIVOS 10

3.1 Objetivo general: 10

3.2 Objetivos específicos: 10

4. MARCO REFERENCIAL 11

4.1 Marco Teórico 11

4.2 Marco Legal 13

4.3 Marco Histórico 14

5. ALCANCE Y LIMITACIONES 17

6 METODOLOGÍA 17

6.1 Descripción de la selección del paciente 17

6.2 Preparación y planteamiento del estudio 18

6. 3 Historia clínica 20

6.3.1. Los responsables del estudio son 20

6.3.2. Fecha de la Realización del Estudio 20

6.3.3. Datos generales del paciente 20

6.3.4. En la edificación y/o construcción civil 22

6.3.5 Aplicación patológica 28

6.3.6. Datos específicos de las lesiones 29

6.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente 35

6.3.8. Clasificación y origen de la(s) patología(s) 36

6.3.9. Datos generales del entorno 36

6.3.10 Arquitectura (descripción general) Calificación 43

6.3.11 Estructura (descripción general) Calificación 44

6.3.12 Suelos y Cimentaciones 46

7. FALLAS GEOLÓGICAS 96

8. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA. 110

9. ANÁLISIS DE RIEGOS ESTRUCTURALES 123

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS 135

11. PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 142

12. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 144
ANEXOS. 146

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo de evaluación patológica para el concreto según Cánovas, 1996. 7
Ilustración 2. Especificaciones técnicas esclerómetro utilizado. 31
Ilustración 3. Gráfica para interpolar la resistencia a la compresión. 32
Ilustración 4. Imagen satelital Municipio de Supatá. 37
Ilustración 5. Humedad por mes en el año 2020 municipio de Supata 40
Ilustración 6. Humedad por mes en el año 2020 municipio de Supata 41
Ilustración 7. Casas seleccionadas para realizar la patología. 42
Ilustración 8. Evidencia de las fisuras en la casa 7. 59
Ilustración 9. Fisuras en vigas de cimentación casa 6. 60
Ilustración 10. Fisuras en zonas de flejes en la casa 9. 61
Ilustración 10. Reparación a las fisuras en la casa 4. 62
Ilustración 11. Medición del recubrimiento del acero de refuerzo en las columnas de la casa 4. 64
Ilustración 12. Recubrimiento inferior al mínimo exigido por la NSR-10. 65
Ilustración 13. Musgo en placa de contrapiso de las viviendas en la manzana 3. 66
Ilustración 14. Hormigueo reparado en el concreto reforzado. 67
Ilustración 15. Elementos extraños embebidos en el concreto. 68
Ilustración 16. Elementos extraños embebidos en el concreto. 69
Ilustración 17. Elementos extraños embebidos en el concreto. 69
Ilustración 18. Hormigueo en casa modelo. 70
Ilustración 19. No coincidencia de losas de entrepiso. 71
Ilustración 20. Efecto del golpeteo en edificaciones. 71
Ilustración 21. Especificaciones técnicas esclerómetro utilizado. 85
Ilustración 22. Gráfica para interpolar la resistencia a la compresión. 86
Ilustración 23. Toma de ensayo con esclerómetro en la vivienda 10. 88
Ilustración 24. Toma de ensayo con esclerómetro en la vivienda 3. 88

Ilustración 25. Toma de ensayo de Ferroscan en la vivienda 6. 90
Ilustración 26. Toma del recubrimiento del acero de refuerzo en la vivienda 4. 91
Ilustración 27. Acero con corrosión y desprendimiento del concreto. 93
Ilustración 28. Ensayo de carbonatación. 94
Ilustración 29. Acero con corrosión y desprendimiento del concreto. 95
Ilustración 30. Nomenclatura y correlación estratigráfica de las unidades de Cundinamarca,
Ilustración 31. Principales rasgos tectónicos de Cundinamarca, INGEOMINAS (2002, pág. 69). . 97
Ilustración 32. Modelo en SAP 2000. 111
Ilustración 33. Deformada del modelo para el sismo de diseño en dirección X. 112
Ilustración 34. Estado de esfuerzos a flexión de la combinación de carga critica de diseño. 114
Ilustración 35. Estado de esfuerzos a cortante de la combinación de carga critica de diseño... 115
Ilustración 36. Ejes tomados para la vivienda. 122
Ilustración 37. Formato de inspección rápida Casa 1. 125
Ilustración 38. No coincidencia de losas de entrepiso. 126
Ilustración 39. Efecto del golpeteo en edificaciones. 127
Ilustración 40. Hormigueo reparado en el concreto reforzado. 127
Ilustración 41. Elementos extraños embebidos en el concreto. 128
Ilustración 42. Elementos extraños embebidos en el concreto. 128
Ilustración 43. Elementos extraños embebidos en el concreto. 129
Ilustración 44. Hormigueo en casa modelo. 129
Ilustración 45. Vista del modelo 3D de la memoria de cálculo, Pastran C. (2015). 130
Ilustración 46. Espectro tomado de la memoria de cálculo, Pastran C. (2015). 131
Ilustración 47. Espectro elaborado para el presente informe. 132
Ilustración 48. Cálculo de “R” tomado de la memoria de cálculo, Pastran C. (2015). 133
Ilustración 49. Recubrimiento en vigas tomado de la memoria del plano 2/3, Pastran C. (2015).
..... 135
Ilustración 50. Requisitos de separación del refuerzo transversal en columnas DMO. 136
Ilustración 51. Requisitos de separación del refuerzo transversal en vigas DMO. 137
Ilustración 52. Ejes tomados para la vivienda. 141

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Formato de inspección rápida Casa 1. 25
Tabla 2. Formato de inspección rápida Casa 2. 25
Tabla 3. Formato de inspección rápida Casa 3. 27
Tabla 4. Resultados del ensayo de esclerómetro. 33
Tabla 5. Valores para la evaluación cualitativa de la estructura en función del diseño y estado de la construcción. 45
Tabla 6. Anchos de fisuras esperados en estructuras, según ACI 224R-01. 63
Tabla 7. Formato de inspección rápida Casa 1. 74
Tabla 8. Formato de inspección rápida Casa 2. 75
Tabla 11. Formato de inspección rápida Casa 5. 78
Tabla 12. Formato de inspección rápida Casa 6. 79
Tabla 13. Formato de inspección rápida Casa 7. 80
Tabla 14. Formato de inspección rápida Casa 8. 81
Tabla 15. Formato de inspección rápida Casa 9. 82
Tabla 16. Formato de inspección rápida Casa 10. 83
Tabla 17. Formato de inspección rápida Casa 11. 84
Tabla 18. Resultados del ensayo de esclerómetro. 87
Tabla 19. Derivas máximas. 113
Tabla 20. Esfuerzos máximos a flexión y cortante en la vivienda. 116
Tabla 21. Valores para la evaluación cualitativa de la estructura en función del diseño y estado de la construcción. 118
Tabla 22. Nivel de flexibilidad. 119
Tabla 23. Índice de sobre esfuerzos a flexión. 120
Tabla 24. Índice de sobre esfuerzos a cortante. 121
Tabla 26. Nivel de flexibilidad. 138
Tabla 27. Índice de sobre esfuerzos a flexión. 139
Tabla 28. Índice de sobre esfuerzos a cortante. 140
Tabla 29. Desplazamientos máximos de la vivienda. 142

1. INTRODUCCIÓN

Las estructuras de concreto a lo largo de su vida útil pueden sobrellevar daños que afectan su desempeño. Algunas de estas deficiencias o daños pueden presentarse desde la etapa de diseño, construcción, o durante su vida útil.

Para poder identificar y caracterizar los defectos y/o daños (tipo y magnitud); así como delimitar su localización y cantidad en una estructura debe entonces acudirse a la patología del concreto. Esta disciplina de manera sistemática y ordenada permite desarrollar una serie de pasos secuenciales para llevar a cabo una investigación que permita elaborar un diagnóstico (con sus causas), de modo que este a su vez permita emitir un pronóstico del comportamiento de la estructura, bajo las condiciones de servicio esperadas hacia el futuro.

Según Cánovas, 1996, la patología del concreto puede manifestarse en el concreto con la presencia de manchas, fisuras, pérdidas de masa entre otros, las enfermedades según el modelo presentado en la ilustración 1 del mismo autor, se manifiestan mediante unos síntomas que están representados por fenómenos que exhibe el concreto, por ello, se adelanta una investigación de la estructura (estudio del enfermo), que incluye una investigación preliminar y una investigación profunda; las cuales comprenden un conocimiento previo, antecedentes o historial que rodea la estructura, el diseño, la vida útil, el proceso constructivo, las condiciones actuales, y el uso, cronología de daños, entre otras); una inspección visual; una «auscultación» de los elementos afectados; una exploración (remociones y sondeos); una evaluación o análisis estructural (chequeo de la capacidad estructural y determinación de la resistencia residual de la estructura mediante métodos empíricos, métodos analíticos o pruebas de carga); y, una extracción, ensayo

y análisis de muestras (ensayos de evaluación física, mecánica, química, biológica y/o microscópica, que permiten establecer mecanismos de daño).

Es decir que hay una patología clínica que se encarga del estudio de la enfermedad y una patología experimental que se encarga de realizar pruebas en el laboratorio y/o en el campo. Según el mismo modelo, posteriormente, se correlacionan los antecedentes; las inspecciones, mediciones, auscultamientos y exploraciones, realizados a los elementos afectados de la estructura; y, los resultados de los ensayos físicos, mecánicos, químicos, biológicos y petrográficos obtenidos de muestras extraídas, para establecer y diagnosticar apropiadamente el tipo, la magnitud y la cantidad, de los diferentes daños en los elementos y estructuras evaluadas, con sus más probables causas de ocurrencia.

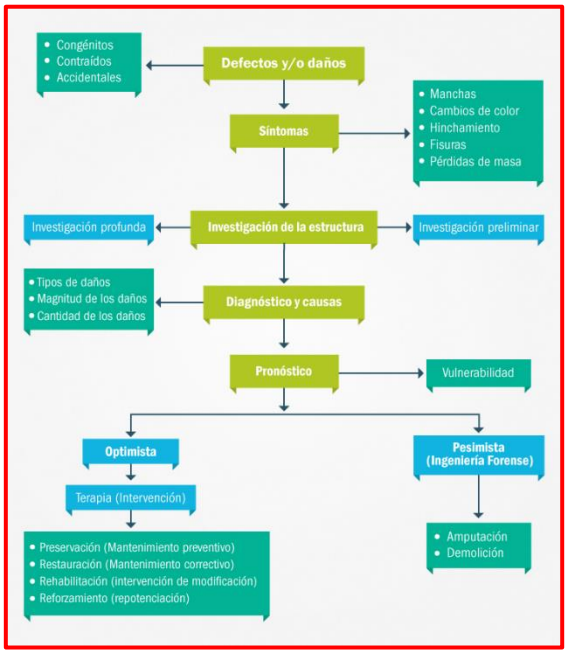


Ilustración 1. Modelo de evaluación patológica para el concreto según Cánovas, 1996.

Con base en el diagnóstico (estado en que se encuentra el enfermo), se evalúa la condición de servicio y se genera un pronóstico sobre el comportamiento futuro de los elementos afectados y

de la estructura en general. Según Fernández Cánovas, este pronóstico puede ser optimista o pesimista. En el pronóstico optimista, se puede aplicar una terapia apropiada (intervención) para lograr alguna de las siguientes acciones y condiciones, recomendadas por el comité ACI-364. IR: Preservación: Proceso de mantener una estructura en su condición presente y contrarrestar posteriores deterioros.

Restauración: Proceso de restablecer los materiales, la forma o la apariencia que tenía una estructura en una época determinada.

Reparación: Proceso de reemplazar o corregir materiales, componentes o elementos de una estructura, los cuales se encuentran deteriorados, dañados o defectuosos.
Rehabilitación: Proceso de reparar o modificar una estructura hasta llevarla a una condición deseada (intervención de modificación).

Reforzamiento: Proceso mediante el cual se incrementa la capacidad de una estructura o de una parte de ella, para resistir cargas.

En el pronóstico pesimista, es posible que la estructura tenga que sufrir amputaciones o la propia demolición. En estos casos, se está dando origen a la «Ingeniería Forense»; es decir, aquella rama de la Ingeniería que se encarga del estudio de los restos de los elementos o la estructura afectada.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se enfocará en estudiar el diagnóstico o estado en que se encuentra nuestro paciente o estructura. Se evaluarán las condiciones de servicio y se dará un pronóstico sobre el comportamiento futuro de los elementos afectados de las 11 viviendas ubicadas en la urbanización de San Antonio en el municipio de Supatá Cundinamarca. El proyecto se encuentra inhabilitado debido a los diferentes problemas patológicos que presenta y no ha podido ser terminado. De esta manera se analizará el estado de cada uno de los elementos de las casas afectadas para dar un veredicto final basado en conclusiones.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

- Realizar el estudio de las patologías y el análisis de vulnerabilidad sísmica para once (11) viviendas ubicadas en Supatá, Cundinamarca.

3.2 Objetivos específicos:

- Determinar las propiedades mecánicas de los materiales presentes en el sistema de resistencia sísmica de las viviendas seleccionadas para evaluar las patologías y vulnerabilidad sísmica.

- Recopilar la información necesaria para llevar a cabo el estudio de patología y vulnerabilidad sísmica.

- Calcular los índices de flexibilidad y sobre esfuerzos para las once (11) viviendas analizadas.

- Establecer la solución más favorable desde el punto de vista técnico y económico para las lesiones presentes.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Marco Teórico

El referente teórico que envuelve la presente investigación está sustentado en los métodos de elaboración de patologías sobre las cuales se reafirman el diseño y ejecución de un posterior ponderado que contribuya en el proceso de toma de decisiones para la intervención de reforzamiento estructural del paciente; En la inspección visual de las patologías de la urbanización San Antonio se evidencio fisuras en los elementos estructurales superiores a los límites de 0,30 mm en la zona de los estribos o flejes, dichas fisuras fueron originadas por poco recubrimiento en los elementos; Además se encontró corrosión en el acero la cual afecta directamente al concreto y la resistencia de los elementos esto debido a que la permeabilidad favorece la generación de la corrosión, reducción de los espesores de las armaduras y fallas por agrietamientos.

Estas patologías se presentan por retracción térmica al momento del curado del concreto; Sin embargo, pueden ser de origen físico por falta de soporte en la etapa temprana del curado del concreto. El fisuramiento por retracción se da por diferencia volumétrica de concreto mientras que el agrietamiento se da por asentamiento o pérdida de soporte.

También se presentó fisuración en las vigas, que se generaron por asentamientos plásticos los cuales se deben en su mayor parte a que una fracción del agua que hace parte del concreto migra hacia la superficie del material por su menor densidad es decir se trata de un desplazamiento vertical ocasionado por la acción de la gravedad.

Por otra parte, se encontraron Hormigueros que en la mayoría de los casos se presentan por la exposición del agregado grueso y vacíos irregulares en la superficie de concreto cuando el mortero presente en la mezcla no logra cubrir todo el espacio alrededor de los agregados, también se presenta vetas de color en la superficie del concreto las cuales pueden generarse debido a deficiencias en la mezcla y son manifestadas en forma de humedad y eflorescencias.

Para la medición de la carbonatación se estableció midiendo el PH del material, para ello se utilizaron trazadores de fenolftaleína cabe destacar que la carbonatación en el

concreto es la pérdida de PH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral. ¿Por qué es un problema la pérdida de pH? Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. Esta es la misma capa pasivadora que atacan los cloruros cuando alcanzan el acero de refuerzo expuesto a sales descongelantes y ambientes marinos.

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

En cuanto al ensayo de martillo de rebote se estable la resistencia a la compresión mediante la determinación de la dureza u homogeneidad de la superficie del concreto, y aunque no existe una relación directa entre la dureza y la resistencia del concreto, pueden definirse relaciones empíricas.

Finalmente se evidencio la presencia de musgos en el concreto de las placas de contrapiso, los musgos obtienen el agua y nutrientes a partir de la atmosfera saturada, ya que carecen de raíces verdaderas, pues los rizoides son apéndices que ayudan a fijar la planta, pero no absorben ni agua ni nutrientes del del sustrato de anclaje, estos también son sensibles al dióxido de sulfato de la atmosfera. Los rizoides pueden penetrar en el concreto hasta 10 mm, ocasionando una red de filamentos al interior de la masa del concreto, causando fisuras y grietas, facilitando el acceso de agentes agresores que promuevan la corrosión del acero de refuerzo, el musgo también favorece la presencia de materia orgánica en el sustrato, fomentando el desarrollo de bacterias, (De Guzmán, 2017).

4.2 Marco Legal

Dentro del Marco Legal en la Construcción de la urbanización San Antonio Primera Etapa consistió en:

- Contrato No. : 024-2015
- Clase de Contrato: Obra Publica
- Contratista: Consorcio urbanización p&c-105
- Contratante: Alcaldía Municipio de Supatá
- Objeto: construcción Primera Etapa urbanización San Antonio
- Plazo de Ejecución: Seis (6) Meses
- Valor: $1.499.529.101.00

El conjunto de leyes y normas que fundamentan la investigación de nuestro paciente son las siguientes:

- NSR-10 Titulo C – Concreto Estructural
- NSR-10 Titulo H- Estudios Geotécnicos
- NTC-3318 Producción de Concreto
- NTC 5551- Durabilidad de Estructuras de Concreto
- NTC 248 – Barras de Acero al Carbono, Lisas y Corrugadas, Para Refuerzo De Concreto
- NTC 2289- Barras Corrugadas y Lisas de Acero de Baja Aleación, Para Refuerzo de Concreto
- NTC 3692- Método de Ensayo Para Medir El Numero De Rebote Endurecido

- ASTM C876-09-Método De Ensayo Estándar Para Los Potenciales De Media Célula De Acero De Refuerzo Sin Recubrimiento En Hormigón
- NTC 3658- Método Para la Obtención y Ensayo De Núcleos Extraídos y Vigas De Concreto Aserradas
- NTC 3726- Método Para Determinar el Contenido de Cemento Pórtland del Concreto de Cemento Hidráulico Endurecido

4.3 Marco Histórico

Colombia es un país que presenta un alto riesgo sísmico al estar ubicado en la región Andina que hace parte del cinturón de fuego del pacifico, el cual se caracteriza por presentar una intensa actividad sísmica y volcánica debido a que allí se concentra algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo entre placas tectónicas (Aristizabal,2019); Debido al problema ocurrido en la ciudad de Popayán en 1983 y que afecto al eje cafetero en 1999 obligo al gobierno nacional a reglamentar el diseño y construcción de edificaciones con mayores niveles de seguridad ya que las víctimas humanas que se presentan durante los sismos en su gran mayoría están asociados con problemas en las construcciones.

Para los temas relacionados con concreto y acero la normativa Colombiana vigente, nace el 19 de agosto de 1997, año en el cual se creó la Ley 400, donde se establecen criterios y los requisitos mínimos que se debían cumplir en un proyecto de construcción, posteriormente , el 9 de enero de 1988 mediante el Decreto 33 de 1998, se reglamentaron los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes, entonces nace la NSR- 98 (Norma sismo resistente Colombiana), la cual recogió todos los protocolos y procedimientos en materia de obras civiles que hasta ese momento de cierta forma estaban desarticulados ayudando a normalizar y creando una conciencia constructiva en materia de seguridad al sismo la cual fue ratificada luego del sismo en el Eje cafetero que se mencionó anteriormente y esta fue modificada en el año 2010 con el propósito de incrementar la seguridad estructural frente a este tipo de eventualidades denominada como

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMORESISTRENTE , que actualmente se conoce como NSR-10.(Rojas,Monroy,Tovar y Espitia 2019, p.56.)

En el paciente de la patología escogida de dicho trabajo ubicada en Supatá Cundinamarca se pudo evidenciar diferentes consecuencias vulnerables en la estructura de las viviendas, consecuentes a malos procedimientos de colocación de concreto y desconocimientos de las normas colombianas vigentes para la construcción de obras civiles pero, desafortunadamente los problemas de patología no se encuentran reglamentados en Colombia las normas mencionadas anteriormente sólo están previstas para evaluar el comportamiento sísmico y el diseño de intervención, reparación y refuerzo de la estructura de edificaciones existentes dejando a un lado otros factores que son de importancia que generan daños en las edificaciones propios de los estudios de la patología constructiva como agentes atmosféricos, mecánicos, químicos, elección de material, la falta de mantenimiento entre otros. (Díaz, P 2014)

El termino Patología según la Real Academia Española (1983) Procede del griego "Pathos" enfermedad y "logos" estudio, si este término se lleva al campo del conocimiento de la Ingeniería civil se mantiene la relación semántica de forma similar como se presentan las dolencias de los seres vivos es decir que si se observan daños en las edificaciones frente a estos problemas se estudian los síntomas, mecanismos, las cusas y los orígenes de los defectos de la edificación para así poder establecer un diagnóstico. (Díaz, P 2014)

En general, la patología de la construcción es la ciencia que estudia e identifica los problemas que presentan los sistemas constructivos en su aspecto y funcionalidad.

Teniendo en cuenta lo anterior podemos relacionar la definición presentada en la tesis de grado de Margarita María Diaz (1996) quien expone que la "patología estructural debe estudiar los fallos, defectos y enfermedades que sufren los sistemas estructurales, pero además resalta que para comprender el deterioro y conservación de las obras se debe tener en cuenta dos aspectos fundamentales: prevenir y reparar", siendo el primero el más importante, ya que se puede realizar en las fases de proyecto y ejecución teniendo en cuenta básicamente cuatro puntos: La calidad de los materiales, la calidad de los planos de construcción, calidad de la ejecución y calidad de la supervisión técnica (Diaz, M 1996).

5. ALCANCE Y LIMITACIONES

Debido a que el presente documento tiene un carácter académico el alcance se da para identificar únicamente las patologías presentes en once (11) de las ciento cinco (105) casas construidas y con ellas caracterizar los mecanismos de deterioro generales y recurrentes en la urbanización.

El paciente analizado durante la ejecución del presente proyecto solamente constaba con el sistema de resistencia sísmica construido.

Las limitantes del proyecto se dan a partir de considerar únicamente los ensayos de esclerometría, carbonatación del concreto, medición de fisuras, ensayo de compresión de cilindros y ferroscan.

No se realizaron ensayos invasivos en la estructura porque no fueron permitidos por la secretaría de obras del municipio de Supatá.

Adicionalmente el análisis de la vulnerabilidad sísmica se basará en los ensayos de las propiedades mecánicas obtenidas por medio de los ensayos de compresión en cilindros.

6 METODOLOGÍA

6.1 Descripción de la selección del paciente

Nuestro paciente fue seleccionado debido al estado de deterioro de la estructura y las diversas patologías que presenta en el concreto la cuales derivan una serie de enfermedades causales del medio ambiente, la especificación del producto utilizado y la colocación del mismo ya que se obviaron normas tecnicas de construccion en el diseño y fabricacion del proyecto.

6.2 Preparación y planteamiento del estudio

- Inspección preliminar del paciente.

Se realiza una inspección visual antes de la toma de ensayos, debido a la no existencia de planos estructurales de las viviendas al inicio del estudio, se decide verificar el sistema estructural, por medio de ensayos no invasivos, uno para determinar si los elementos de resistencia sísmica contienen el refuerzo adecuado de acero corrugado, que es el ensayo por medio del FERROSCAN y un ensayo no invasivo para determinar rápidamente la resistencia a la compresión del material que se encuentra construido en la estructura, que es el ensayo del esclerómetro, el cual se encuentra basado en la energía de impacto aplicado directamente a las paredes laterales de la estructura. Durante la inspección visual se evidencia fisuras en los elementos estructurales superiores a los límites permisibles de 0.30 mm en la zona de los estribos o flejes, además se evidencia una reparación posterior a la fundida de los elementos estructurales, dicha reparación es notoria por el color en las paredes laterales de las columnas que difiere del concreto con el cual se fundieron las columnas, la reparación fue realizada en las zonas donde se localizan los estribos

- Recopilación de información necesaria para el estudio.

Se solicitó información a la entidad municipal que sirva como base para verificar el levantamiento de campo y que reposan como evidencia de la licencia de construcción otorgada por el municipio al consorcio urbanización C&P-105, dicha información fue allegada una vez se realizó la inspección preliminar y la toma de ensayos en campo y servirá de base para la verificación estructural y el análisis de vulnerabilidad sísmica que hará parte de la segunda etapa del proyecto integrador TPI 2.

- Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.

Se cuenta con los permisos por parte de planeación municipal y la alcaldía

del municipio para realizar el estudio.

- Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.

Ingeniero Jhon Sebastián Cortés García, análisis de vulnerabilidad

Ingeniero Carlos Andres Medina Angel, ensayos de campo

ingeniero Ariel Alexander Rodriguez Sanchez, análisis de patologías presentes.

- Definición de los medios para realizar la exploración.

El equipo de trabajo cuenta con los medios necesarios para realizar los ensayos de campo para el presente trabajo como lo son el esclerómetro, ferroscan PS-200 y la máquina de ensayos para fallar cilindros a compresión, por lo tanto, los medios son suministrados por los autores del TPI.

6. 3 Historia clínica

6.3.1. Los responsables del estudio son

Ingeniero Jhon Sebastian Cortes Garcia

Ingeniero Carlos Andres Medina Angel

ingeniero Ariel Alexander Rodriguez Sanchez

6.3.2. Fecha de la Realización del Estudio

17 de marzo de 2021

6.3.3. Datos generales del paciente

- Nombre PATOLOGÍAS Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA 11 VIVIENDAS UBICADAS EN SUPATÁ, CUNDINAMARCA.

- Localización (Departamento, municipio, vereda) Uso

El Municipio de Supatá se encuentra ubicado en el centro del Departamento de Cundinamarca y al Noroccidente de la Sabana de Bogotá, pertenece a la provincia del Gualivá y dista a 76 Kilómetros por vía del Distrito Capital. Geográficamente está delimitada por las siguientes coordenadas: Límites del municipio: Pacho, Vergara, Subachoque, La Vega y San Francisco Extensión total:127.7 Km2 Km2 Extensión área urbana:0.30% Km2 Extensión área rural:127.7 Km2 Km2 Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 1780 Temperatura media: 18º C Distancia de referencia: 76 km de Bogotá CARACTERISTICAS DEL ECOSISTEMA La hidrografía del municipio se presenta de acuerdo con la disposición del relieve, que ha dado lugar a la formación de numerosos

arroyos y quebradas que desembocan en el río Supatá y forman parte de la cuenca del río negro, y esta a su vez forma parte de la gran cuenta del rio magdalena.

- Fecha de construcción Sistema constructivo Técnica constructiva

Aproximadamente enero de 2017

- Uso actual y previsto del sector

La estructura será destinada para uso residencial

- Importancia del paciente

Grupo 1. Estructuras de ocupación normal. modifica el espectro y con ello las fuerzas de diseño,, de acuerdo con el grupo de uso a que esté asignada la edificación para tomar en cuenta que para edificaciones de los grupos II, III y IV deben considerarse valores de aceleración con una probabilidad menor de ser excedidos que aquella del diez por ciento en un lapso de cincuenta años. El valor del grupo uso I corresponde al coeficiente de importancia I = 1.00

- Sistema estructural y constructivo

El sistema estructural aporticado

- Normativa actual que lo rige

El presente diseño está basado en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10

6.3.4. En la edificación y/o construcción civil

- Tipo de cimentación:

La cimentación de la estructura es en vigas de cimentación de base 25 cm con una altura de 25 cm, sobre un mejoramiento en concreto ciclópeo de aproximadamente 40 cm de profundidad.

Las vigas se dimensionaron de acuerdo a las recomendaciones del estudio de suelos, la dimensión de las vigas es adecuada, sin embargo, se observan fisuras y agrietamiento en las mismas, que, al estar en contacto permanente con el subsuelo, pueden generar corrosión en el acero estructural.

- Altura:

La altura de las viviendas es de dos niveles cada uno con una altura de 2.45 metros de altura.

- Área (número de pisos)

Primer piso:

- Área total: área construida 31.5 metros cuadrados, área total 40.5 metros cuadrados.

Segundo piso:

- Área total: área construida 36 metros cuadrados, área total 36 metros cuadrados.

- Estado general de construcción:

Se realizó una inspección básica basada en el documento “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, tercera edición del año 2015. (FEMA P -154), donde mediante la visita de campo se elaboró un formato para determinar, si es necesario realizar un estudio detallado de la estructura, el formato está basado en el documento antes relacionado, esta metodología permite establecer a partir de unos criterios de calificación, predefinidos que tan vulnerable es ante un evento sísmico una estructura, el resultado de dicha evaluación se determina por un puntaje mínimo de 1.5, si la estructura analizada obtiene una calificación inferior se debe proceder a realizar un estudio detallado donde se evalué los índices de sobreesfuerzo y flexibilidad que la estructura, para así determinar qué tipo de reforzamiento debe realizarse o si definitivamente la edificación o estructura debe demolerse. Para todas las onces (11) viviendas analizadas de las urbanización San Antonio, fue necesaria la evaluación detalladas de los índices de flexibilidad y sobresfuerzo, como se puede apreciar en las ilustraciones de la 17 a las 28, donde se clasifico a las viviendas con una estructura de pórticos resistentes a momento “C1”, la estructura no presenta irregularidad ni en altura ni en planta, el tipo de suelo no es identificado dado que no se cuenta con un estudio de suelos detallado para la zona, por lo tanto se clasifica como un tipo de suelo “D”, por ser una edificación construida hace menos de diez (10) años, no tiene castigo por ser diseñada con un código de diseño desactualizado, además presenta un regular estado de su construcción, como se evidencio en el capítulo de inspección visual, por medio de la cual se encontraron patologías que pueden afectar el correcto funcionamiento de las casas, ante un evento sísmico y una posible ocurrencia de corrosión en el acero de refuerzo. Debido a la anterior clasificación se determinó que la estructura presenta debe ser analizada mediante una modelación matemática donde se evalúen los esfuerzos causados

ante las solicitaciones a las cuales va a estar expuesta durante su vida útil, considerando la condición de tanque lleno y tanque vacío, para estados de servicio de resistencia, evento extremo y servicio, se procede entonces a realizar un análisis detallado, por medio un software de elemento s finito SAP-2000, para analizar el estado de esfuerzos cortantes y de flexión generados en el sistema de resistencia sísmica y así determinar el nivel de sobresfuerzo al que se presume estaría exigida la estructural bajo las condiciones más críticas, como lo es un sismo.

A continuación, se muestra en las ilustraciones de la 37 a las 39, el formato de inspección rápida realizado para la estructura en estudio, únicamente para las viviendas 1, 2 y 3, basado FEMA P -154:

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 1, vivienda de dos niveles en concreto reforzado

actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 2'52.52"N

Longitud: 74°14'14.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

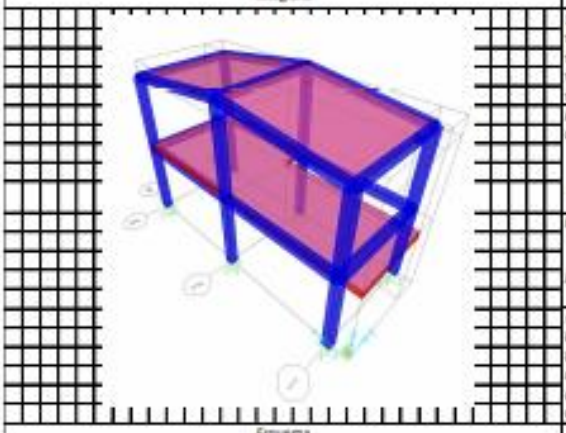
Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67.5 metros cuadrados.

fotografía



Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado* [X] (asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ No ☐ No identificado [X] Deslizamientos de tierra: Si ☐ No ☐ No identificado [X]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ No ☐ No identificado [X] Descripción: La evidencia una alta ocurrencia de aguas superficiales cuerpo aparentemente estable. (consultar a un geotecnista)

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: [illegible] plazas no tienen consistencia y únicamente poseen dos ejes en un sentido.

Juntas sísmica: Si ☐ No [X] Descripción: La junta sísmica faltante, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo.

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.8**	**2.6**	**2.8**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.8**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.8	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.4	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado a criterio del ingeniero de turno otra medida): 1.5

Nomenclatura: W (vivienda de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), URM (edificios existentes a mampostería), MR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 1. Formato de inspección rápida Casa 1.

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 2, vivienda de dos niveles en concreto reforzado

Actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'14.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

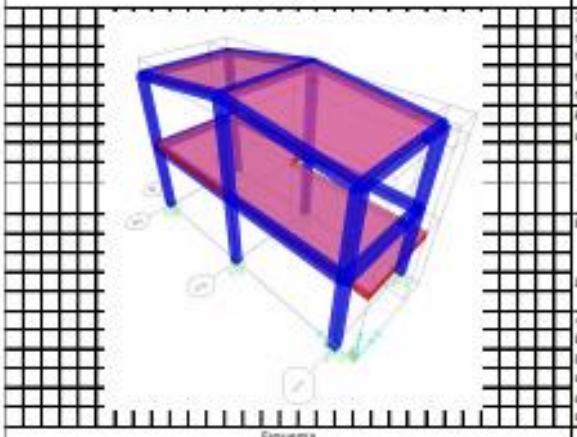
Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67.5 metros cuadrados.

fotografía



Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado*: X (asumo tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ No ☐ No identificado: X Deslizamientos de tierra: Si ☐ No ☐ No identificado: X

Ruptura superficial de falla: Si ☐ No ☐ No identificado: X Descripción: se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales

suelo aparentemente estable (consultar a un geotecnista)

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: [illegible] plazas no tienen continuidad y únicamente poseen dos ejes en un sentido.

Juntas sísmicas: Si ☐ No ☐ Descripción: La junta sísmica faltante, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo.

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

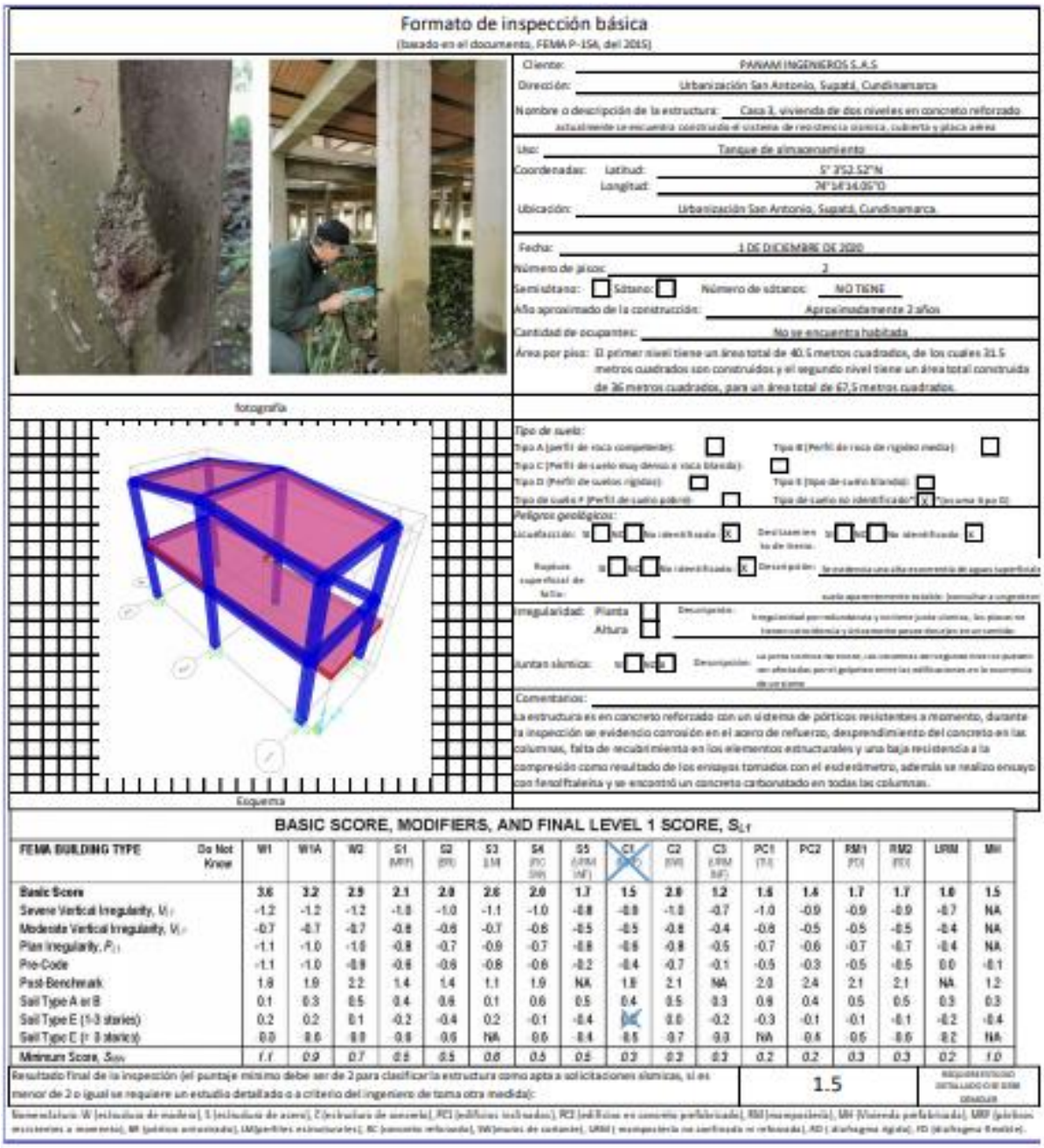
FEMA BUILDING TYPE — Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC)	C2 (RM)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (FD)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.8	1.5
Severe Vertical Irregularity, V_{1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{2}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.9	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	[illegible]	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 3 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5**

REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O DE OTRA MEDIDA

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 2. Formato de inspección rápida Casa 2.



Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Sugatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 3, vivienda de dos niveles en concreto reforzado

actualmente se encuentra construida el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74° 14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Sugatá, Cundinamarca

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

fotografía

Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado*: X (en una tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ No ☐ No identificado X Deslizamiento de tierra: Si ☐ No ☐ No identificado X

Ruptura superficial de falla: Si ☐ No ☐ No identificado X Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales

suelo aparentemente estable. Consultar a ingeniero

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, los pisos no tienen continuidad y únicamente pasan descalzos en un sentido

Juntas sísmicas: Si ☐ No ☐ Descripción: no posee ninguna de estas, las columnas del segundo nivel no quedan en alineadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (PD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.8	2.6	2.8	1.7	1.5	2.8	1.2	1.6	1.6	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V_{1f}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.8	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.8	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{1f}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.8	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{1f}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.9	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.8	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.9	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	[illegible]	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	0.0	-0.4	0.5	-0.7	0.0	NA	0.4	0.0	0.0	0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): 1.5

REQUERIMIENTO DETALLADO O NO SISMO RESISTIR

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), URM (pórticos resistentes a momento), MR (pórticos arriostrados), LM (perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), W (muros de contención), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 3. Formato de inspección rápida Casa 3.

Debido a los resultados obtenidos es necesario realizar un estudio detallado de vulnerabilidad de las edificaciones estudiadas.

- Información existente:

En la secretaría de planeación del municipio de Supatá reposa la siguiente información suministrada para el presente informe:

Estudio de suelos.

Diseño arquitectónico.

Diseño estructural.

- Fidelidad de los planos:

La fidelidad de los planos en cuanto a la parte arquitectónica y estructural es de un 50%, ya que se pudo corroborar que la propuesta arquitectónica no presenta modificación, sin embargo, la propuesta estructural está modificada en un 100%.

- Constatación del estado del paciente:

El estado del paciente está en estado de deterioro avanzado por la exposición al ambiente que lo rodea y el mecanismo de deterioro avanzado que presenta por el nulo recubrimiento que tienen los elementos de resistencia sísmica y la falta de adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto.

6.3.5 Aplicación patológica

- Pediátrica:

Debido a que la estructura cuenta con apenas 3 años de construida, cuenta con un diseño basado en los requisitos mínimos de la NSR-10, la cual es la que actualmente rige y se

encuentra en fase de culminación, por lo anterior se considera una aplicación patologia pediátrica.

6.3.6. Datos específicos de las lesiones

- Afectaciones:

1. Inadecuado recubrimiento del acero de refuerzo, por el grado de exposición y el tipo de sistema estructural el recubrimiento mínimo exigido según la NSR-10, para evitar la corrosión en el acero es de 4 cm en elemento que no estén en contacto permanente con el subsuelo y de 7.5 cm para elementos en contacto con el subsuelo, se encontraron en las 11 viviendas inspeccionadas, que NINGUNA cumple con este requisito mínimo, se encontraron recubrimientos de entre 10 mm a 0.8 mm, aumentando el riesgo de corrosión en el acero de refuerzo, por tal razón se hizo necesario realizar el ensayo de fenolftaleína.
2. Presencia de musgos en el concreto de las placas de contrapiso, los musgos obtienen el agua y nutrientes a partir de la atmósfera saturada, ya que carecen de raíces verdaderas, pues los rizoides son apéndices que ayudan a fijar la planta, pero no absorben ni agua ni nutrientes del del sustrato de anclaje, estos también son sensibles al dióxido de sulfato de la atmosfera. Los rizoides pueden penetrar en el concreto hasta 10 mm, ocasionando una red de filamentos al interior de la masa del concreto, causando fisuras y grietas, facilitando el acceso de agentes agresores que promuevan la corrosión del acero de refuerzo, el musgo también favorece la presencia de materia orgánica en el sustrato, fomentando el desarrollo de bacterias, (De Guzmán, 2017).

3. Hormigoneo y presencia de elementos extraños, en los elementos estructurales se evidencio, elementos extraños en las columnas y hormigoneros, patología que disminuye el núcleo resistente ocasionando una superficie de falla en el concreto reforzado ante solicitaciones extremas como un evento sísmico.
4. Ausencia de junta sísmica, debido a que las edificaciones no presentan junta sísmica, y las placas de entrepiso no tienen coincidencia, durante la ocurrencia de un evento las casas pueden golpearse entre sí y terminar afectando gravemente las casas adyacentes, derivando en daños estructurales severos o el desprendimiento de los elementos no estructurales.

- Localización y levantamiento de daños

- Evaluación física y mecánica y composición y estructura del concreto y/o materiales:

Se ejecutaron ensayos de no invasivos para la evaluación de las propiedades mecánicas, frente de carbonatación y detección del refuerzo estructural. Esclerómetro: Se utilizó un esclerómetro “SilverSchmidt”, marca PROCEQ, con las siguientes especiaciones técnicas:

Energía de impacto, modelo N	2.207 Nm (1.63 lbf)
Energía de impacto, modelo L	0.735 Nm (0.54 lbf)
Rango de resistencia a la compresión de hormigón, modelos N/L	De 10 a 100 MPa (de 1450 a 14500 psi)
Rango de resistencia a la compresión de hormigón, modelo L con punzón seta	De 5 a 30 MPa (de 725 a 4351 psi)
Dimensiones de la caja	55 x 55 x 255mm (2.16" x 2.16" x 9.84")
Peso	570 g (1.3 lb)
Impactos máx. por serie	99
Capacidad de memoria (sólo versión PC)	Aprox. 400 series de 10 impactos Aprox. 200 series de 20 impactos
Capacidad de memoria útil, versión ST	Las últimas 20 series pueden ser revisadas en la lista de datos
Pantalla	17 x 71 pixeles, gráfica
Vida de batería	>5000 impactos entre cargas
Conexión de cargador	USB tipo B (5 V, 100 mA)
Temperatura de servicio	De 0 a 50 °C (de 32 a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -10 a 70 °C (de 14 a 158 °F)
Clasificación IP	IP54

Ilustración 2. Especificaciones técnicas esclerómetro utilizado.

Se realizaron 6 ensayos en diferentes puntos de las 11 casas, los valores que se muestran a continuación son valores de energía de impacto los cuales fueron obtenidos en campo, para luego ser procesados por medio de la siguiente grafica característica del modelo y marca del esclerómetro:

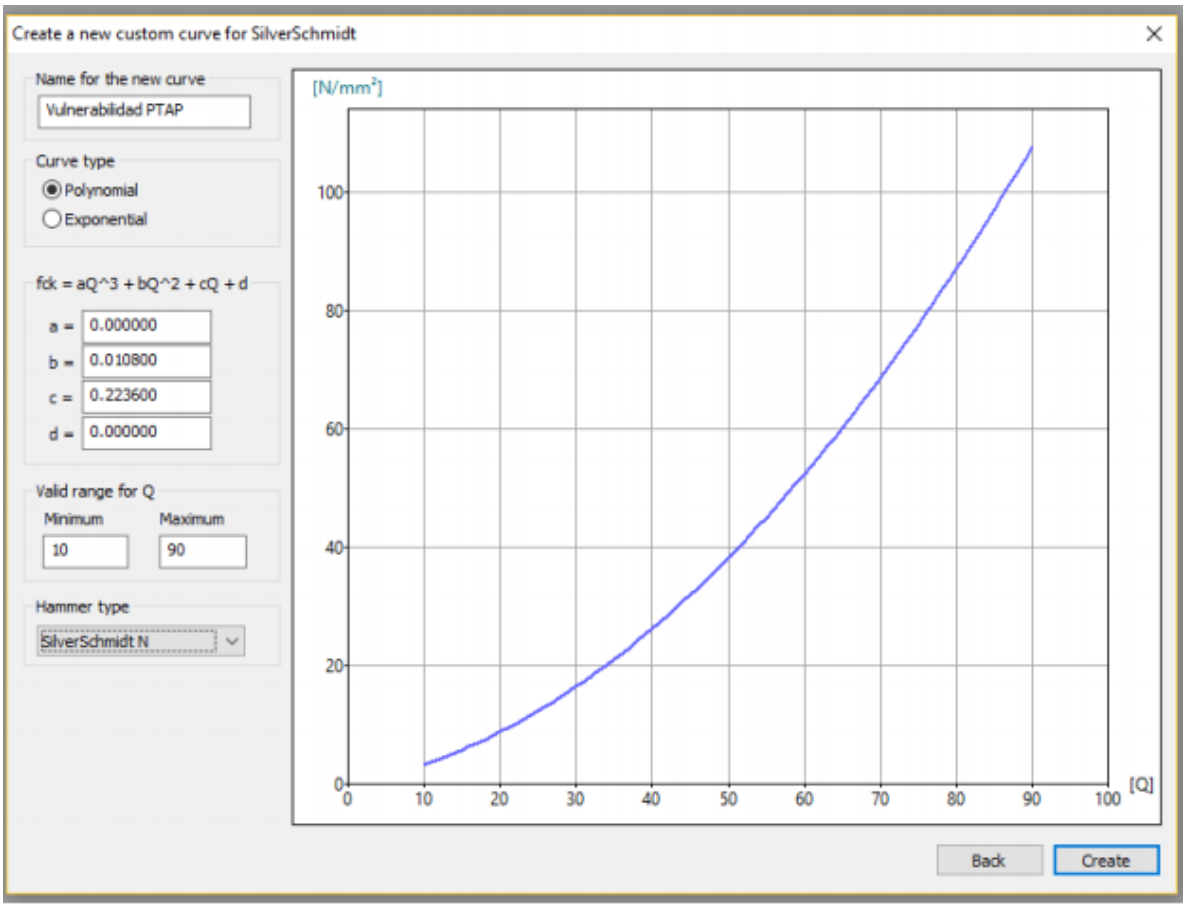


Ilustración 3. Gráfica para interpolar la resistencia a la compresión.

Luego de procesar los datos e interpolar por medio de la gráfica mostrada en la ilustración 7, se calculó la resistencia a la compresión promedio de cada una de las once (11) casas analizadas en el presente informe el promedio y los resultados del ensayo ejecutado en cada vivienda, se muestran a continuación:

CASA 1		CASA 2		CASA 3	
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)
Ensayo 1	12.5	Ensayo 1	12	Ensayo 1	10.5
Ensayo 2	12	Ensayo 2	9	Ensayo 2	12.5
Ensayo 3	10	Ensayo 3	8.5	Ensayo 3	13
Ensayo 4	14.5	Ensayo 4	9	Ensayo 4	16
Ensayo 5	14.5	Ensayo 5	8.5	Ensayo 5	12
Ensayo 6	13.5	Ensayo 6	9.5	Ensayo 6	13
Promedio	12.83	Promedio	9.42	Promedio	12.83
CASA 6		CASA 7		CASA 8	
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)
Ensayo 1	9.5	Ensayo 1	9	Ensayo 1	12.5
Ensayo 2	9	Ensayo 2	10.5	Ensayo 2	12.5
Ensayo 3	8	Ensayo 3	11	Ensayo 3	13.5
Ensayo 4	10	Ensayo 4	8	Ensayo 4	13
Ensayo 5	8	Ensayo 5	8.5	Ensayo 5	12.5
Ensayo 6	8.5	Ensayo 6	8.5	Ensayo 6	11
Promedio	8.83	Promedio	9.25	Promedio	12.50
CASA 9		CASA 4		CASA 5	
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)
Ensayo 1	11	Ensayo 1	10	Ensayo 1	8.5
Ensayo 2	11.5	Ensayo 2	13	Ensayo 2	8.5
Ensayo 3	14	Ensayo 3	13.5	Ensayo 3	9.5
Ensayo 4	17	Ensayo 4	12	Ensayo 4	10.5
Ensayo 5	16	Ensayo 5	13	Ensayo 5	8.5
Ensayo 6	13	Ensayo 6	11.5	Ensayo 6	10
Promedio	13.75	Promedio	12.17	Promedio	9.25
CASA 10		CASA 11			
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		
Ensayo 1	11	Ensayo 1	11		
Ensayo 2	8	Ensayo 2	8		
Ensayo 3	10.5	Ensayo 3	10.5		
Ensayo 4	10	Ensayo 4	10		
Ensayo 5	17	Ensayo 5	17		
Ensayo 6	12.5	Ensayo 6	12.5		
Promedio	11.50	Promedio	11.50		

Tabla 4. Resultados del ensayo de esclerómetro.

En la tabla 5, se muestra el valor promedio obtenido por medio del ensayo de esclerómetro para cada una de las viviendas analizadas, en promedio el valor de la resistencia a la compresión en el concreto obtenida mediante el ensayo corresponde a 11.26 MPa.

Ferroscan: Se realizó investigación del refuerzo existente en los muros de la estructura por medio de escáner de concreto PS-200, marca Hilti, el ensayo arrojo como resultado que las columnas de la vivienda tienen un refuerzo transversal de varillas N°3 en la zona confinada cada 20 cm y en la zona no confinada se encuentran distanciados a 30 cm, el refuerzo

longitudinal es de 4 varillas N°4 en cada una de las esquinas de la columna y las vigas tienen refuerzo transversal de varilla N°3 cada 20 cm y longitudinal de 4 varillas N°4 en las esquinas de la columna, con un recubrimiento de entre 1 cm a 0,8 cm, en cuanto a las dimensiones de los elementos estructurales todas las columnas tiene una sección transversal de 25 cm x 25 cm y las vigas áreas y de cimentación tiene unas dimensiones de 25 x 25 cm y las vigas de cubierta tienen una sección transversal de 18 cm x 25 cm.

Ensayo de carbonatación: La carbonatación en el concreto es la pérdida de PH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral (figura 1). ¿Por qué es un problema la pérdida de pH? Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. Esta es la misma capa pasivadora que atacan los cloruros cuando alcanzan el acero de refuerzo expuesto a sales descongelantes y ambientes marinos. Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar. Es muy importante identificar la presencia de la carbonatación cuando también hay cloruros en el concreto. En el concreto nuevo que tiene un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero

ahogado. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es significativamente menor -100 ppm o menos-. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación. Afortunadamente para los propietarios, especificadores y contratistas, la carbonatación es una condición relativamente sencilla de identificar y diagnosticar. La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación. Después de soplar todo el polvo residual del espécimen o del substrato, se pulveriza una solución de 1 o 2 por ciento de fenolftaleína en alcohol sobre el concreto. Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor de 9 a 9.5 adquirirán un color rosado brillante. Este cambio muy apreciable de color muestra cuán profundamente ha progresado el "frente" de carbonatación dentro del concreto. Existen otros métodos y otros indicadores para detectar la carbonatación, pero éste es, con mucho, el método más fácil y común de detección. Las agencias de prueba calificadas realizan estas pruebas rutinariamente como parte de una investigación de la condición en edificios y estructuras de concreto. Además de las pruebas de carbonatación, estas investigaciones de la condición incluyen con frecuencia pruebas de resistencia del concreto, valoraciones de la profundidad del recubrimiento, contenido de cloruro y permeabilidad del concreto (Concrete Repair Digest, 2000).

6.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente

La patología más relevante es la corrosión en el acero de refuerzo dado que en las 11 viviendas se ejecutó el ensayo de fenolftaleína, encontrando como resultado que el frente de carbonatación en el concreto reforzado de TODAS las estructuras llegaba al núcleo confinado

del concreto, este ensayo se ejecutó en las columnas del primer nivel únicamente, el cual fue ratificado con la corrosión presente en el acero de refuerzo debido la baja calidad del concreto utilizado en la obra, una relación agua cemento alta, lo cual permitió la permeabilidad del mismo permitiendo el paso de agentes corrosivos y un bajo nivel de recubrimiento del acero de refuerzo que está expuesto a el ambiente, lo que deriva en el descascaramiento del concreto reforzado y la baja resistencia del mismo, en las siguientes ilustraciones se muestra los ensayos ejecutados en las casas y el desprendimiento del concreto, junto con el acero corroído.

6.3.8. Clasificación y origen de la(s) patología(s)

Para este apartado se realizó una clasificación de las patologías presentes en las viviendas y su origen en las fichas patológicas adjuntas en el anexo 1. “Fichas patológicas”

6.3.9. Datos generales del entorno

En el Municipio de Supatá se suscribió un contrato para la ejecución de la primera etapa de la urbanización San Antonio con el contratista consorcio Urbanización P&C-105, con el cual a las 105 viviendas se les construiría lo siguiente:

1) Cubierta en fibrocemento #6.

2) Viga corona de cubierta en concreto reforzado.

3) Viga de amarre en concreto reforzado de la cimentación.

4) Concreto ciclópeo bajo vigas de cimentación.

5) Columnas en concreto reforzado.

6) Muros en de fachada en mampostería (Bloque número 4).

De lo anterior la única actividad que no se evidencio durante la inspección fue la ejecución de los muros de fachada en mampostería con bloque N° 4, las demás actividades fueron ejecutadas por el contratista en las 105 viviendas.

La localización de las estructuras es en la urbanización San Antonio del municipio de Supatá – Cundinamarca, a continuación, se muestra una imagen satelital del municipio:



Ilustración 4. Imagen satelital Municipio de Supatá.

La estructura será destinada para uso residencial, con dos (2) pisos de altura, el primer nivel será destinado a sala – comedor, baño social y patio de ropas, en el segundo nivel, se construirán 3 habitaciones y un baño, el primer nivel tiene un área total de 40.5 metros

cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

El sistema estructural es de pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado compuesto de columnas amarradas por medio de vigas encargadas de soportar las placas aéreas las cuales están compuestas de viguetas apoyadas sobre las mismas vigas, el sistema de entre piso que se utilizara es Placa con blóquelon de arcilla "Placa fácil", la cubierta tiene correas en perfiles metálicos rectangulares, cuyo espesor no fue posible de identificar durante la inspección realizada, sin embargo por ser parte de los elementos no estructurales de la vivienda se estimara el peso del mismo mas no se realizará la evolución estructural, el presente informe va a realizar al evaluación estructural de 11 viviendas en la urbanización del sistema de resistencia sísmica de cada una de las edificaciones.

Para el levantamiento de la información necesaria para ejecutar un peritaje del estado actual de las viviendas, se llevó a cabo una ficha de inspección rápida de cada una de las viviendas y ensayos no invasivos para evaluar la resistencia a la compresión del concreto, estimar el reforzamiento de los elementos de resistencia sísmica y evaluar la carbonatación presente en el concreto.

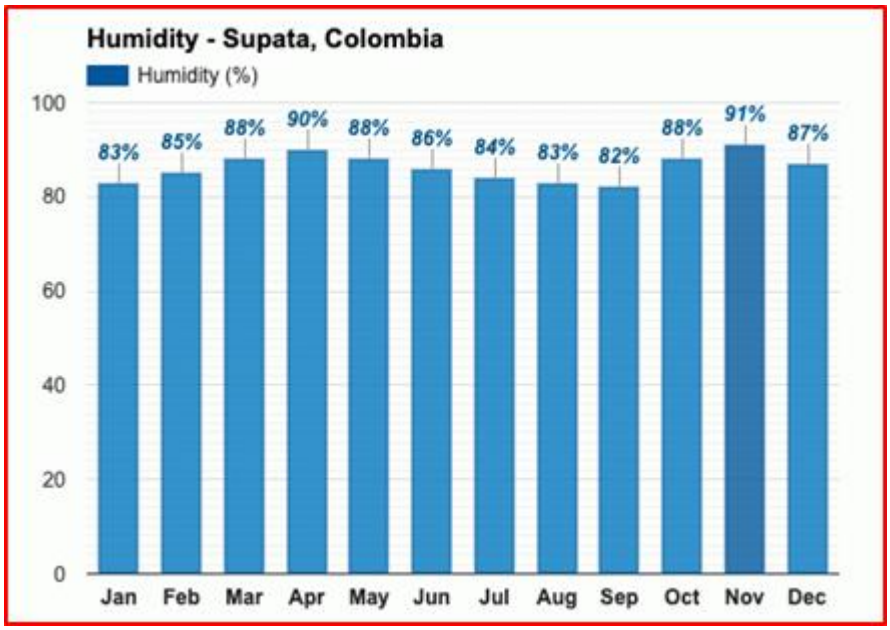
Las presentes memorias de cálculo contienen toda la información pertinente para la identificación de todas las patologías presentes en la estructura y el análisis de la vulnerabilidad de 10 viviendas de la Urbanización San Antonio en Supatá – Cundinamarca.

- **Humedad Relativa.**

De acuerdo a, Weather Atlas. (3 de mayo de 2021). Previsión meteorolestasensual Supata, Colombia. https://www.weather-atlas.com. La humedad relativa media corresponde al 86.25% (año 2020) como se muestra a continuación:

- Humedad media en enero: 83%
- Humedad media en febrero: 85%
- Humedad media en marzo: 88%
- Humedad media en abril: 90%
- Humedad media en mayo: 88%
- Humedad media en junio: 86%
- Humedad media en julio: 84%
- Humedad media en agosto: 83%
- Humedad media en septiembre: 82%
- Humedad media en octubre: 88%
- Humedad media en noviembre: 91%
- Humedad media en diciembre: 87%

Ilustración 5. Humedad por mes en el año 2020 municipio de Supata



Fuente: https://www.weather-atlas.com/es/colombia/supata-clima#humidity_relative, 2021

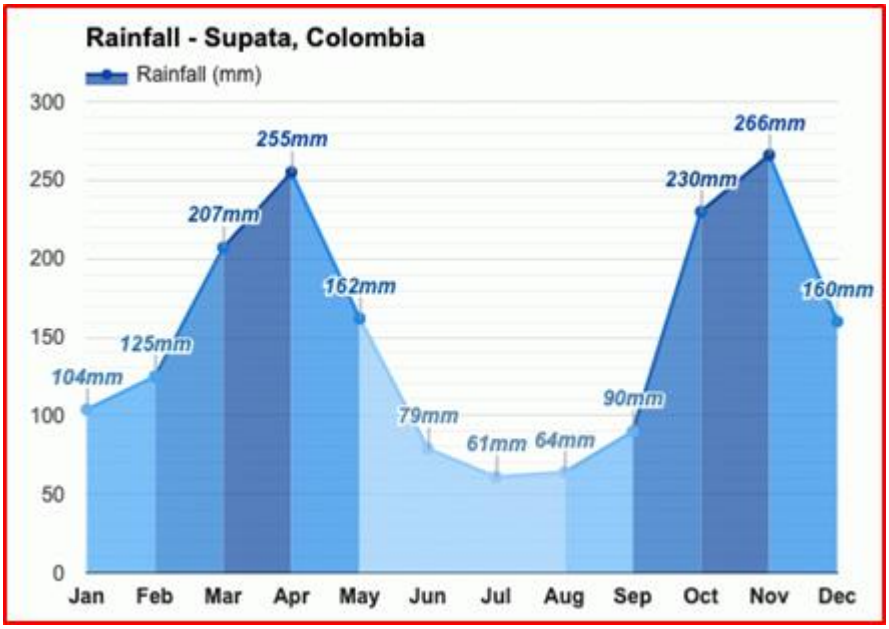
- **Precipitación media anual.**

De acuerdo a, Weather Atlas. (3 de mayo de 2021). Previsión meteorológica y clima mensual Supata, Colombia. https://www.weather-atlas.com. La precipitación media anual corresponde a un promedio de 133.58mm (año 2020) como se muestra a continuación:

- Precipitación media en enero: 104mm
- Precipitación media en febrero: 125mm
- Precipitación media en marzo: 207mm
- Precipitación media en abril: 255mm
- Precipitación media en mayo: 162mm

- Precipitación media en junio: 79mm
- Precipitación media en julio: 61mm
- Precipitación media en agosto: 64mm
- Precipitación media en septiembre: 90mm
- Precipitación media en octubre: 230mm
- Precipitación media en noviembre: 266mm
- Precipitación media en diciembre: 160mm

Ilustración 6. Humedad por mes en el año 2020 municipio de Supata



Fuente: https://www.weather-atlas.com/es/colombia/supata-clima#humidity_relative, 2021

- **AUSCULTAMIENTO Y/O EXPLORACIÓN.**

Para determinar las patologías que presentan las casas se tomó un 10% aproximadamente de la totalidad de las mismas (11 casas), para ejecutar ensayos de fenolftaleína que indican el frente de carbonatación presente en el concreto, ensayos de esclerometría para determinar el

valor aproximado de la resistencia a la compresión en el concreto y ensayos de scanner con un Ferroscan para identificar la separación de los flejes, diámetro del acero de refuerzo y recubrimiento del acero de refuerzo.

Las casas se tomaron aleatoriamente en las manzanas 3, 4, 5 y 6, tratando de cubrir la totalidad de la urbanización, a continuación, se muestra una ilustración con la identificación de cada una de las viviendas a las cuales se les realizo los ensayos:



Ilustración 7. Casas seleccionadas para realizar la patología.

Inspección visual de las patologías presentes:

Se realiza una inspección visual antes de la toma de ensayos, debido a la no existencia de planos estructurales de las viviendas, se decide verificar el sistema estructural, por medio de ensayos no invasivos, uno para determinar si los elementos de resistencia sísmica contienen el refuerzo adecuado de acero corrugado, que es el ensayo por medio del

FERROSCAN y un ensayo no invasivo para determinar rápidamente la resistencia a la compresión del material que se encuentra construido en la estructura, que es el ensayo de esclerómetro, el cual se encuentra basado en la energía de impacto aplicado directamente a las paredes laterales de la estructura.

Durante la inspección visual se evidencia fisuras en los elementos estructurales superiores a los límites permisibles de 0.30 mm en la zona de los estribos o flejes, además se evidencia una reparación posterior a la fundida de los elementos estructurales, dicha reparación es notoria por el color en las paredes laterales de las columnas que difiere del concreto con el cual se fundieron las columnas, la reparación fue realizada en las zonas donde se localizan los estribos, como se muestra en las siguientes fotografías:

6.3.10 Arquitectura (descripción general) Calificación

- Estilo arquitectónico

La estructura será diseñada con dos (2) pisos de altura, el primer nivel será destinado a sala – comedor, baño social y patio de ropas, en el segundo nivel, se construirán 3 habitaciones y un baño, el primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

- Contexto histórico, (social, económico, geográfico, ideológico político y jurídico)

Debido a la necesidad de vivienda en la población de Supatá se realiza el proyecto para 105 viviendas de interés social que fue desarrollado por la administración municipal.

- Materiales, sistema constructivo, proceso constructivo (técnico y tecnológico)

El sistema estructural es de pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado compuesto de columnas amarradas por medio de vigas encargadas de soportar las placas aéreas las cuales están compuestas de viguetas apoyadas sobre las mismas vigas, el sistema de entrepiso que se utilizara es Placa con bloquelon de arcilla “Placa fácil”, la cubierta tiene correas en perfiles metálicos rectangulares, cuyo espesor no fue posible de identificar durante la inspección realizada, sin embargo por ser parte de los elementos no estructurales de la vivienda se estimará el peso del mismo mas no se realizará la evolución estructural, el presente informe va a realizar la evaluación estructural de 11 viviendas en la urbanización del sistema de resistencia sísmica de cada una de las edificaciones

6.3.11 Estructura (descripción general) Calificación

De acuerdo al título A de la NSR-10, numeral 10.2.2, debe clasificarse el estado del sistema estructural de la estructura de una manera cualitativa, con base en la calidad del diseño y la construcción original y su estado actual. Calidad del diseño y la construcción de la estructura original: Esta calificación se define en términos de la mejor tecnología existente en la época en que se construyó la edificación. Al respecto se puede utilizar información tal como: registros de interventoría de la construcción y ensayos realizados especialmente para ello. Dentro de la calificación debe tenerse en cuenta el potencial de mal comportamiento de la edificación debido a distribución irregular de la masa o la rigidez, ausencia de diafragmas, anclajes, amarres y otros elementos necesarios para garantizar su buen comportamiento de ella ante las distintas solicitaciones. La calidad del diseño y la construcción de la estructura original deben calificarse como buena, regular o mala. Estado de la estructura: Debe hacerse una calificación del estado actual de la estructura de la edificación, basada en aspectos tales como: sismos que la puedan haber afectado, fisuración por cambios de temperatura, corrosión

de las armaduras, asentamientos diferenciales, reformas, deflexiones excesivas, estado de elementos de unión y otros aspectos que permitan determinar su estado actual. El estado de la estructura existente debe calificarse como bueno, regular o malo. Una vez realizada la evaluación cualitativa se procede a asignarle un valor de coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura "Φe" y coeficiente de reducción de resistencia por calidad del diseño y construcción de la estructura "Φc". De acuerdo a la tabla A.10.4-1 de la NSR-10, que se muestra a continuación:

Tabla A.10.4-1
Valores de ϕ_c y ϕ_e

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Tabla 5. Valores para la evaluación cualitativa de la estructura en función del diseño y estado de la construcción.

Coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura:

Φe = 0.6 (Mala)

Coeficiente de reducción de resistencia por calidad del diseño y construcción de la estructura:

Φc = 0.6 (Mala)

6.3.12 Suelos y Cimentaciones

6.3.12.1 Geología general del paciente

ESTRATIGRAFÍA DEL BLOQUE DEL ANTICLINORIO DE VILLETA

Se encuentra localizado en la parte centro - occidental del departamento, limitado al oeste por la Falla de Bituima - La Salina y al este por la base del escarpe prominente, generado por las arenitas del Grupo Guadalupe, que coincide en la mayoría de los sitios con un sistema de fallas de cabalgamiento entre las que se encuentran las fallas de Fusa-Quininí-Supatá, las cuales representan un importante nivel de despegue (Figura 8, Pág.69). A continuación, se describirán las diferentes unidades geológicas aflorantes en este bloque, desde la más antigua hasta la más joven:

Mesozoico

Las rocas más antiguas de esta región de Cundinamarca están constituidas, en la parte norte, por depósitos turbidíticos llamados formaciones Útica y Murca, mientras que en la parte sur de este bloque, la base está conformada por una unidad calcárea denominada Formación La Naveta. Estas unidades infrayacen al Grupo Villeta que está conformado por la mayor parte de las unidades que afloran en el bloque.

Formación Murca (Kim)

Nombre asignado por Moreno (1991), a una sucesión de arenitas subarcósicas y lodolitas negras, que afloran a lo largo de la carretera Pacho - La Palma, en la desembocadura del Río Murca en el Río Negro, donde el mismo autor estableció la localidad tipo de esta unidad. En trabajos previos la unidad fue denominada como Arenisca de Cáqueza por Champetier et al. (1961) y Bürgl y Campbell (1965).

En Cundinamarca, aflora en el núcleo de una gran estructura anticlinal, presente entre la localidades de Nimaima y Guayabal, por la carretera Villeta - La Vega y en una franja de dirección norte - sur, a lo largo del Río Negro. La unidad consta de tres segmentos de areniscas subarcósicas, en secuencias gradadas, separadas por dos segmentos intermedios, blandos, constituidos por lodolitas negras.

En el flanco occidental del Anticlinal de Nimaima - Guayabal, la secuencia aflorante de esta unidad alcanza un espesor de 924 m, aunque no se observa su base. El tope de la unidad está definido por la capa más alta de arenisca que suprayace a una secuencia espesa de lodolitas de la Formación Trincheras.

De acuerdo con Moreno (1989, 1990) y Pimpirev et al. (1992), la unidad corresponde a un depósito turbidítico. Moreno (1990), cita Berriasella colombiana , Pseudoosterella ubalaensis y con base en estos fósiles y otros le asigna una edad Valanginiano superior a la unidad. La Formación Murca se correlaciona cronológicamente con las formaciones Cumbre, Rosablanca y Útica.

Formación Útica (Kiut)

Hubach (1957b), Bürgl (1956), Thompson (1966) e Ingeominas (1975), al trabajar esta unidad la denominan Arenisca de Cáqueza, por analogía con el oriente de la Cordillera Oriental; Moreno (1989, 1990, 1991) la denomina informalmente Areniscas de Útica y Formación Útica.

En el departamento, la unidad aflora en los alrededores de la población de Quebrada Negra, formando el núcleo de un anticlinorio. Está constituida por areniscas subarcósicas y sublitoarenitas de grano fino a muy grueso y a veces conglomerados, en capas muy gruesas cuneiformes; a menudo se presentan intercalaciones rítmicas de limolitas y lodolitas negras. Calizas arenosas, biomicríticas y micríticas son frecuentes dentro de la unidad.

Moreno (1989, 1991), propone un depósito en condiciones marinas someras, Villamil (1988), propone un origen turbidítico, mientras Pimpirev et al. (1992), interpretan el depósito como de desborde de canales, en un ambiente de abanico turbidítico proximal.

La edad de la Formación Útica no está claramente definida: Moreno (1990, 1991), cita Sarasinella cf. hondata, con lo que asigna una edad Berriasiano superior. Thompson (1966) y Gallo (1977), basados en fósiles colectados por Bürgl (1961), le asignan una edad Hauteriviano. García (1983), reporta para la base de la unidad un fósil de edad Jurásico

medio (Nerinea decorate prette). Villamil (1988) con base en bivalvos le asigna una edad entre Berriasiano y Valanginiano.

Formación La Naveta (Kiln)

Hubach (1931), introdujo este término bajo la denominación de Horizonte de La Naveta, para designar un nivel de arenita cuarcítica, que presenta en la parte baja una caliza fosilífera, que a su vez reposa sobre una caliza coralina a la que denominó Horizonte de El Diamante. Cáceres y Etayo (1969), proponen utilizar el término con la categoría de formación, aplicándolo a todo el conjunto arenoso, cuya localidad tipo está situada sobre la margen norte del Río Bogotá.

La Formación La Naveta aflora al este de la población de Rafael Reyes (Apulo) y está constituida en su base, por una sucesión de capas gruesas de bioesparita, con intercalaciones de lodolitas negras; la suprayacen secuencias gradadas de conglomerados de cuarzo a arenitas medias de cuarzo, con cemento calcáreo y posteriormente una sucesión constituida por secuencias gradadas de arenitas a lodolitas de cuarzo y feldespato.

El contacto inferior de la unidad no se observa y el tope se colocó en el tope de la capa más alta de arenita de cuarzo, que infrayace a una secuencia de lodolitas y calizas de la Formación Trincheras.

Grupo Villeta

El término Villeta se atribuye a Hettner (1892), quien designó así a una secuencia conformada por "shales negros". Este término posteriormente se generalizó en todo el país, donde se observaran rocas con esas características. Cáceres y Etayo (1969), lo restringen a la franja que va desde Apulo hasta Muzo y así mismo, le reafirman el rango y lo delimitan entre la Formación La Naveta, en la base y el Grupo Guadalupe de Renzoni (1962, 1968), hacia el techo. En este trabajo se sigue y aconseja la delimitación y uso de esta unidad en el sentido de Cáceres y Etayo (1969) y Etayo (1979), quienes describen una unidad lodosa, en la que ocurren intercalaciones calcáreo - silíceas y se toman los cambios menores descritos por Martínez (1990) y Acosta y Ulloa (1996), para la cartografía de las planchas 246, 227 y 208.

• Formación Trincheras: puede ser dividida en los miembros El Tigre y Anapoima.

• Formación Socotá y su cambio facial hacia el norte, llamado informalmente Formación El Peñón. • Formación Capotes, denominada informalmente y constituida por los miembros Medio, Capotes y Horizontes de esferitas de Hubach (1931).

• Formación Hiló y sus cambios faciales hacia el norte: Formación Limolitas de Pacho y Areniscas de Chiquinquirá (Acosta 1993).

• Formación Simijaca.

• Formación La Frontera.

• Formación Conejo.

Rodríguez y Ulloa (1994a), al norte del departamento agruparon las cuatro unidades inferiores (formaciones Trincheras, Socotá, El Peñón y Capotes), denominándolas informalmente como Grupo La Palma. Debido a que la utilización del rango de grupo para una secuencia que está dentro de otro grupo no es permitido por el Código de Nomenclatura Estratigráfica, en este trabajo se denominará esa secuencia como Unidad Estratigráfica de La Palma y se hará una discusión acerca de su uso.

Formación Trincheras (Kitr)

Nombre propuesto por Cáceres y Etayo (1969), para designar la secuencia de lodolitas con intercalaciones de calizas y arenitas de la parte inferior del Grupo Villeta; su localidad tipo la ubican en la Quebrada Trincheras, al este de la Fábrica de Cemento Diamante en Apulo. Esos autores, dividen la unidad en dos segmentos: el inferior calcáreo - arcilloso, aflora al sur del bloque y el superior predominantemente arcilloso, al norte. Estos podrían corresponder con los horizontes de Trigonia subcrenulata y en parte con el horizonte de Colombiceras de Hubach (1931). Acosta et al (1997) y Acosta y Ulloa (1997), le asignan el rango de miembro a cada segmento y les dan la denominación de Miembro El Tigre y Miembro Anapoima, respectivamente. El miembro inferior desaparece hacia el norte del bloque y por lo tanto el superior descansa directamente sobre las formaciones Útica y Murca. En esta zona se empleó el nombre de Formación Trincheras indiferenciada. Esta unidad es correlacionable hacia el norte, con la Formación Paja. Aunque en este

trabajo se cartografió la unidad como un único conjunto, a continuación se hará la descripción de cada uno de los Miembros que la componen.

Miembro El Tigre (Kitrt)

Es el miembro Inferior de la Formación Trincheras, que aflora en los alrededores de las poblaciones de La Mesa, Anapoima y Apulo, constituye el núcleo de un gran anticlinorio en las dos primeras localidades y forma los flancos del Anticlinal de Apulo, en la tercera. Consiste en una secuencia alternante de lodolitas, a veces ligeramente calcáreas, de color negro, con intercalaciones de calizas biomicríticas y cuarzoarenitas de grano fino a conglomeráticas.

El contacto superior se ubicó en el techo de la capa de arenita de cuarzo, que infrayace a una secuencia monótona de lodolitas negras. El espesor estimado, según cortes geológicos y una sección levantada por la Quebrada El Tigre, donde no aflora su base, es de 400 m aproximadamente.

La edad sugerida por Cáceres y Etayo (1969), con base en Heinzia, Pseudohaploceras, Heminautilus etheringtoni y Cheloniceras, es Aptiano inferior. Esta unidad se depositó en una plataforma mixta (calcáreo - silícea), de aguas claras, bien oxigenadas, con alta energía.

Miembro Anapoima (Kitra)

Es la parte superior de la Formación Trincheras, la cual genera una morfología de valles amplios, por estar conformada por arcillolitas laminadas, de color gris oscuro a café - rojizo oscuro por meteorización; contiene algunos niveles calcáreos, físiles; ocasionalmente concreciones silíceas, ovaladas, de 1 a 5 cm de diámetro, que contienen algunos moldes de bivalvos. Hacia el tope ocurren bioesparitas y pelmicritas con abundantes restos de moluscos, equinoideos y briozoos.

El contacto inferior de la unidad se ubicó en el tope de la capa más alta de arenita de cuarzo que infrayace a una sucesión de lodolitas negras y el superior se definió en la base de la primera aparición de cuarzoarenitas calcáreas correspondientes a la Formación Socotá. El espesor de la unidad, con cortes geológicos regionales, se estimó en 600 m. No

se conocen datos acerca de su edad, pero por su posición estratigráfica se puede asumir que corresponde al Aptiano. Su depósito ocurrió posiblemente bajo condiciones de aguas más profundas, en comparación con el Miembro El Tigre.

Formación Socotá (Kis)

Nombre propuesto por Cáceres y Etayo (1969), para los conjuntos que de la base hacia el tope se diferencian así:

• "Miembro Socotá", conformado por areniscas calcáreas.

• "Miembro Medio", constituido por shales grises.

• "Miembro Capotes", compuesto por lutitas y margas fosilíferas.

• "Horizonte de Esferitas" de Hubach (1931).

Martínez (1990), propone el ascenso del Miembro Socotá a la categoría de formación, debido a que este es fácilmente cartografiable, mientras que los restantes, no son diferenciables cartográfica ni estratigráficamente, sin embargo esos tres Miembros pueden ser agrupados en una sola unidad (Formación Capotes), la cual sí es diferenciable.

La Formación Socotá aflora en franjas delgadas, conforman escarpes fuertes y sus exposiciones en el departamento se presentan desde el sur, en el Municipio de Viotá, hasta el norte, en el Municipio de Útica. Consta de una sucesión de cuarzoarenitas calcáreas, con intercalaciones de lodolitas calcáreas y calizas. El contacto inferior es neto y concordante y se ubicó en la base de la capa inferior de cuarzoarenitas calcáreas, la cual suprayace a una secuencia monótona de lodolitas. El contacto superior de igual forma es neto y concordante y se colocó en el techo de la última capa de cuarzoarenita calcárea, que infrayace a una secuencia de lodolitas.

El espesor, medido en una sección por la carretera Alto Ojo de Agua - Quipile, es de 255 m, aunque aparentemente se manifiestan grandes variaciones de espesor en secciones cercanas.

Polanía y Rodríguez (1978), interpretaron esta unidad como una variedad turbidítica, con áreas de aporte localizadas al N-NE y N-NW; sugieren además, "transporte

longitudinal y paralelo a la mayor elongación del depósito, el cual se efectuó bajo condiciones de corrientes densas, con gradiente bajo y predominio de flujo laminar".

Pimpirev (com. verb.) determina para esta formación un ambiente de plataforma submareal y manifiesta no haber encontrado las características que permitan considerarla de tipo turbidítico.

Formación El Peñón (Kipe)

Esta unidad fue designada inicialmente por Ulloa (1982), como un conjunto denominado margas del Peñón, cuya sección de referencia aflora en la vía el Peñón - Guayabal. La unidad está expuesta desde el oriente de la población de Bituima; hacia el norte forma franjas delgadas, con escarpes prominentes, que se destacan en el terreno. Consta de una secuencia de lodolitas y limolitas calcáreas, que presentan un contraste marcado en la topografía, con las formaciones infra y suprayacentes. El techo de la unidad se ubicó en el tope de la capa más alta de una limolita calcárea. El espesor estimado para la unidad, con cortes geológicos, es de 200 m aproximadamente.

Fósiles colectados en las planchas 208 y 189, determinados como Cheloniceras, Epicheloniceras sp. aff. carlosacostai, indican una edad Aptiano superior. El ambiente de depósito sugerido para la unidad, es de plataforma con aguas pocos profundas y tranquilas. Por su posición estratigráfica y la edad, se nota que corresponde a un cambio facial de la Formación Socotá, hacia el nororiente (Figura 5). Esta unidad puede ser correlacionable con la Formación Tablazo, expuesta en Boyacá y Santander

Formación Capotes (Kic)

Esta unidad reúne los miembros Medio, Capotes y Horizonte de Esferitas, ya que tales unidades no se pueden distinguir en campo, como se explicó anteriormente. Su cartografía se facilitó reuniendo los tres conjuntos en una sola unidad. Como localidad de referencia se propone la sección aflorante entre la Quebrada El Piñal y el km 155, sobre la carretera Bituima - Guayabal.

Consta de lodolitas calcáreas laminadas de color negro y arcillolitas lodosas no calcáreas en la base; hacia el techo de la unidad ocurren capas medias a delgadas de caliza

concrecional y concreciones micríticas de tamaño variable. El contacto inferior es concordante y se ubicó en el techo de la capa superior de cuarzo arenita calcárea de la Formación Socotá o sobre capa más alta de limolita calcárea de la Formación El Peñón. El contacto superior es concordante y se ubicó en la base de la capa más baja de limolitas de la Formación Hiló. El espesor de la sección de referencia es de 550 m. Etayo (1979), estudió la fauna de amonites del Miembro Capotes y definió la zona de Douvilleiceras solitae, Neodeshayesites columbianus, como de edad Albiano temprano.

Por el contenido de materia orgánica y la presencia de yeso, se sugiere una sedimentación en una cuenca cerrada de aguas tranquilas. La unidad puede ser correlacionable con la Formación Simití, de Santander.

Unidad Estratigráfica de La Palma (Kipa)

Rodríguez y Ulloa (1994a), proponen el nombre informal de Grupo La Palma en el norte del departamento (planchas 169 y 189), para representar una secuencia estratigráfica que infrayace a las Areniscas de Chiquinquirá, la cual correspondería con las formaciones Paja, Tablazo y Simití, que no pueden ser diferenciadas en esta parte de la cordillera, como sí lo han sido en los departamentos de Santander y Boyacá.

En la región comprendida entre San Antonio de Aguilera y Topaipí, la unidad consta de una serie monótona y espesa de limolitas, lutitas y arcillolitas grises claras a negras, moscovíticas, con intercalaciones de estratos delgados de areniscas arcillosas de color verde oscuro, de grano fino, en capas gruesas, con niveles delgados y esporádicos de arcillolitas calcáreas. Hacia la parte media de la secuencia, se presentan en las limolitas, nódulos huecos que alcanzan 30 cm de diámetro mayor.

El espesor total de la secuencia se estima que varía entre 1.200 y 1.400 m, con base en cortes geológicos. El contacto superior con la Formación Areniscas de Chiquinquirá es concordante, mientras que el inferior no se pudo determinar por encontrase afectado por fallas que ponen a esta unidad en contacto con el Grupo Guaguaquí.

De acuerdo con la fauna colectada, el Grupo La Palma abarca un intervalo de tiempo comprendido desde el Barremiano hasta el Albiano superior (Rodríguez y Ulloa,

1994a). Las características litológicas de estas rocas, donde se observa pirita y moscovita, así como su fauna, sugieren un ambiente de sedimentación marino, de aguas poco profundas y tranquilas, en un medio reductor (Rodríguez y Ulloa, 1994a).

Esta unidad fue designada inicialmente por Hubach (1931), como Horizonte de Hiló, para referirse a la secuencia silícea aflorante en proximidades del Caserío Boquerón de Hiló. Posteriormente, Cáceres y Etayo (1969) la ascienden al rango de formación y proponen como sección de referencia la carretera Apulo - Anapoima. La unidad es formalizada por Acosta (1993). Aflora en Cundinamarca, formando franjas alargadas, que se destacan en el relieve.

Está constituida por una secuencia de limolitas silíceas y calcáreas, en capas planas, con laminación plano paralela, interestratificadas con lodolitas calcáreas; a veces ocurren capas de chert y concreciones micríticas. Su contacto inferior es concordante y se marcó en la base de la capa más baja de limolita silícea; el contacto superior de igual forma es concordante y se trazó en el techo de la capa más alta de limolita silícea. En la sección medida por la carretera Guayabal - Bituima, se estableció un espesor de 470 m.

Bürgl (1957), con base en amonitas le asigna una edad Albiano medio a superior; sin embargo, Martínez (1990), con base en foraminíferos determina para esta formación una edad Albiano tardío - Cenomaniano temprano. Las características faciales sugieren el depósito de sedimentos pelágicos y hemipelágicos, como producto del ascenso relativo del nivel del mar.

Limolitas de Pacho (Kslp)

Ulloa (1982), utiliza el término informal de Limolitas de Pacho para designar la secuencia constituida por lodolitas y limolitas, que afloran cerca a la población de Pacho (Cundinamarca). Esta unidad se presenta como un cambio facial de la Formación Hiló y de la parte inferior de la Formación Simijaca que suprayace a la Formación Hiló, en el sur del departamento (Figura 6).

La unidad consta de una sucesión alternante de lodolitas con laminación ondulosa, intercaladas con limolitas silíceas y arenitas de cuarzo, en capas ondulosas, delgadas a

medias. Como rasgo especial se destacan concreciones de siderita hasta de 1,5 m de diámetro.

El contacto inferior de la unidad se ubicó en el techo de la capa más alta de limolita silícea con laminación plano - paralela, de la Formación Hiló. El contacto superior se ubica en el techo de la capa más alta de arenita de cuarzo de las Limolitas de Pacho. El espesor estimado, con cortes geológicos, es de 1.050 m. Por su posición estratigráfica, se asume una edad Albiano tardío - Cenomaniano temprano.

Formación Areniscas de Chiquinquirá (Kichi)

Nombre propuesto por Ulloa y Rodríguez (1991), en la región de Chiquinquirá para designar los estratos arenosos y lodolíticos, expuestos en la carretera Sutamarchán - Chiquinquirá.

La unidad aflora al norte del departamento y se presenta como un cambio facial de la parte superior de las Limolitas de Pacho y podría considerarse como una última progradación hacia el occidente, de la Formación Une (Acosta, 1993).

Consta de areniscas finas de cuarzo, de color gris claro, oscuro y negro, en capas delgadas a gruesas, con intercalaciones de lodolitas y limolitas. Su contacto inferior es concordante y se trazó a la base de la capa más baja de arenitas, que suprayace a las lodolitas y limolitas de las Limolitas de Pacho. Su contacto superior se trazó al tope de la capa más alta de arenitas, que infrayace a una espesa secuencia de lodolitas de la Formación Simijaca.

Con base en la información obtenida por Bürgl (1954) y Etayo (1968), Ulloa y Rodríguez (1991) proponen que la edad de esta unidad abarcaría desde el Albiano medio al Cenomaniano. Las características litológicas permiten interpretar ambientes litorales de alta energía.

Formación Simijaca (Kss)

Cáceres y Etayo (1969), en la parte sur del departamento, la denominaron informalmente como "Lodolitas Indenominadas"; sin embargo, Ulloa y Rodríguez (1991), asignan informalmente el nombre de Formación Simijaca, para designar a una sucesión de

lodolitas y limolitas de color gris oscuro, que se presenta bajo la Formación La Frontera, aflorante en la Quebrada de Don Lope al sur de la población de Simijaca. Por su posición estratigráfica, al estar ubicada debajo la Formación La Frontera y por representar la continuación del tren estructural desde el área de Chiquinquirá, podemos decir que es la misma unidad.

Consta principalmente de arcillolitas laminadas, de color negro a gris oscuro. Su contacto inferior está marcado en el techo de una limolita silícea de la Formación Hiló, en la parte sur y en el techo de una capa de arenita de cuarzo de las Limolitas de Pacho y de la Arenisca de Chiquinquirá. El contacto superior se colocó en el techo de una capa de limolita de cuarzo a cuarzoarenita de grano medio, con laminación ondulosa, paralela a no paralela, bioturbada con moldes de bivalvos, que infrayace a una secuencia de limolitas calcáreas y liditas de la Formación La Frontera. El espesor estimado, con cortes geológicos, es de 550 m.

Etayo (1979), sugiere una edad Cenomaniano. Las lodolitas posiblemente se depositaron en una cuenca cerrada; los terrígenos apoyarían la idea de una sedimentación de prodelta.

Formación La Frontera (Ksf) Hubach (1931),

asignó a las calizas y capas silíceas aflorantes en la cantera La Frontera (Municipio de Albán), el término de Miembro lidítico - calcáreo de la Frontera, Bürgl (1961), le asigna el nombre de Horizonte de la Frontera, mientras que Cáceres y Etayo (1969), lo elevan al rango de formación y proponen como localidad de referencia el sitio denominado la Gran Vía, en la carretera que de Alicachín conduce a El Colegio. Martínez (1990), propone como secciones de referencia las del Río Curí y la carretera Anolaima - La Florida.

La unidad se presenta en el departamento y genera franjas delgadas con relieves fuertes; está constituida por lodolitas calcáreas de color gris - café (por meteorización), en capas delgadas con laminación paralela, alternadas con capas de lidita y micrita de color

gris oscuro. Se presentan concreciones hasta de 60 cm; hacia el tope predominan limolitas silíceas ligeramente calcáreas y liditas.

El contacto inferior de la unidad se ubicó en la base de la capa inferior de lodolitas calcáreas, la cual suprayace una capa de arenitas de cuarzo. El contacto superior, se localiza en el techo de la capa más alta de limolitas silíceas, que infrayace a una sucesión de lodolitas de color gris oscuro. El espesor medido en las secciones es de 70 m.

Etayo (1979), propuso la zona de Mammites nodosoidesappelatus - Franciscoites suarezi, con la que asignó a La Frontera una edad Turoniano temprano. Martínez (1990), con base en foraminíferos y Didymotis roemeri variabilis le atribuye una edad Turoniano a la parte inferior de la unidad y Coniaciano medio para la parte alta.

El depósito de la unidad ocurrió en una zona con características pelágicas y hemipelágicas, como producto del ascenso relativo del nivel del mar.

Formación Conejo (Kscn)

Cáceres y Etayo (1969), en el sur del departamento denominan informalmente como "Lodolitas Grises Indenominadas", a una secuencia de lodolitas con algunos bancos de arenisca hacia el tope, que infrayace al Grupo Guadalupe de Renzoni (1962, 1968). Ulloa y Rodríguez (1991), denominan informalmente como Formación Conejo, a la unidad que tiene la misma posición estratigráfica en el área de Ubaté y Chiquinquirá. Por esta razón, se utiliza ese mismo nombre y rango.

Conforma amplios valles de relieves suaves y consta, de base a techo de una sucesión de arcillolitas y lodolitas laminadas, a veces calcáreas, con intercalaciones de arcillolitas no calcáreas en capas delgadas a medias, limolitas de cuarzo y cuarzoarenitas de grano fino a medio, especialmente hacia el tope de la unidad. El contacto inferior se ubicó en el techo de una limolita de cuarzo de la Formación La Frontera, mientras que el superior se marcó en la base de la capa más baja de arenita de cuarzo de la Formación Arenisca Dura. El espesor estimado, con cortes geológicos, es de 400 m.

Etayo (1979), señala la zona de Gloriaceras correai, Protexamites cucaitaense - Codazziceras scheibei para la unidad, asignando una edad Coniaciano temprano.

Intrusión de Tragarepas

En el cerro Tragarepas (plancha 208), Acosta y Ulloa (1996) mencionan la presencia de un cuerpo ígneo, con un radio no mayor a 20 m, compuesto por fenocristales de cuarzo, plagioclasa (Ca), anfíboles (hornblenda), micas, óxidos y presencia de sulfuros diseminados.



Ilustración 8. Evidencia de las fisuras en la casa 7.



Ilustración 9. Fisuras en vigas de cimentación casa 6.

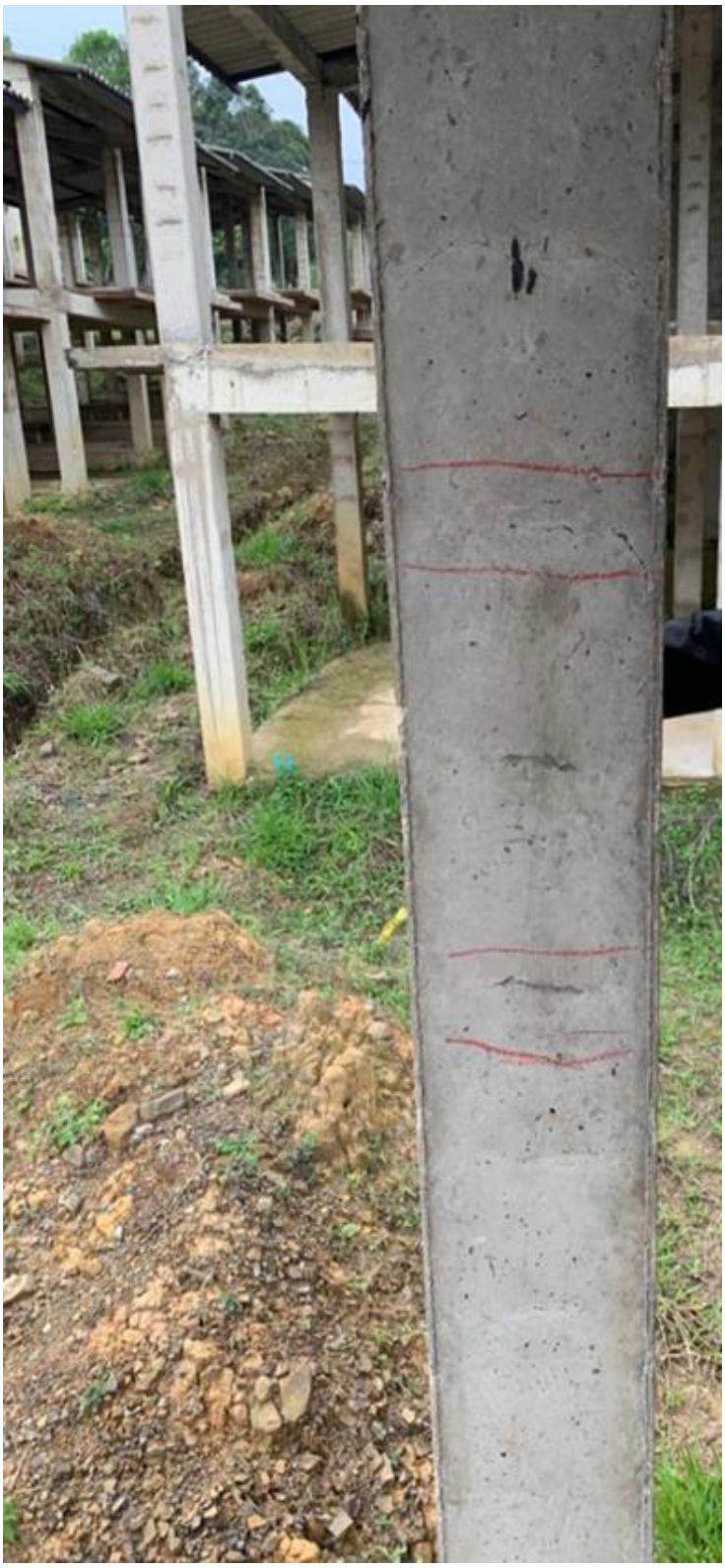


Ilustración 10. Fisuras en zonas de flejes en la casa 9.



Ilustración 10. Reparación a las fisuras en la casa 4.

En la ilustración 6 y 7, se observa que el tamaño de las fisuras sobrepasa el máximo permisible según el ACI 224R-01, existiendo la posibilidad que entren agentes agresores comunes del ambiente y afecten la funcionalidad de la estructura.

CONDICIÓN DE EXPOSICIÓN	ANCHO DE FISURA	
	pulg	mm
Aire seco o membrana protectora	0,016.	0,41
Humedad, aire húmedo, suelo	0,012	0,30
Químicos para deshielo	0,007	0,18
Agua de mar, zona de salpique, ciclo húmedo y seco	0,006	0,15
Estructuras de retención de agua*	0,004	0,10

Tabla 6. Anchos de fisuras esperados en estructuras, según ACI 224R-01.

En la tabla 1, se muestras los valores permisibles de fisuras en estructuras, en estructuras con una condición de exposición de humedad, aire húmedo o suelo, condición de las viviendas ubicadas en la urbanización San Antonio en Supatá, Cundinamarca, donde se muestra que la fisura máxima es de 0.3 mm, tamaño que se sobrepasa en las estructuras en estudio y que se trató de reparar por medio de un mortero con alto contenido de arena y no de reparación como debiera haberse realizado en estos casos.

Otras patologías que se pudieron evidenciar durante la inspección, fueron:

Inadecuado recubrimiento del acero de refuerzo, por el grado de exposición y el tipo de sistema estructural el recubrimiento mínimo exigido según la NSR-10, para evitar la corrosión en el acero es de 4 cm en elemento que no estén en contacto permanente con el subsuelo y de 7.5 cm para elementos en contacto con el subsuelo, se encontraron en las 11 viviendas inspeccionadas, que NINGUNA cumple con este requisito mínimo, se encontraron recubrimientos de entre 10 mm a 0.8 mm, aumentando el riesgo de corrosión en el acero de refuerzo, por tal razón se hizo necesario realizar el ensayo de fenolftaleína.



Ilustración 11. Medición del recubrimiento del acero de refuerzo en las columnas de la casa 4.



Ilustración 12. Recubrimiento inferior al mínimo exigido por la NSR-10.

Presencia de musgos en el concreto de las placas de contrapiso, los musgos obtienen el agua y nutrientes a partir de la atmosfera saturada, ya que carecen de raíces verdaderas, pues los rizoides son apéndices que ayudan a fijar la planta, pero no absorben ni agua ni nutrientes del del sustrato de anclaje, estos también son sensibles al dióxido de sulfato de la atmosfera. Los rizoides pueden penetrar en el concreto hasta 10 mm, ocasionando una red de filamentos al interior de la masa del concreto, causando fisuras y grietas, facilitando el acceso de agentes agresores que promuevan la corrosión del acero de refuerzo, el musgo también favorece la presencia de materia orgánica en el sustrato, fomentando el desarrollo de bacterias, (De Guzmán, 2017).



Ilustración 13. Musgo en placa de contrapiso de las viviendas en la manzana 3.

Hormigueo y presencia de elementos extraños, en los elementos estructurales se evidencio, elementos extraños en las columnas y hormigoneros, patología que disminuye le núcleo resistente ocasionando una superficie de falla en el concreto reforzado ante solicitaciones extremas como un evento sísmico.



Ilustración 14. Hormigueo reparado en el concreto reforzado.

En la ilustración 13, se observa una reparación a un hormigueo presente en el concreto reforzado, sin embargo, esta reparación se realizó con un mortero pobre, el cual al pasarle la mano se desborona, evidenciando la baja calidad del material empleado.



Ilustración 15. Elementos extraños embebidos en el concreto.



Ilustración 16. Elementos extraños embebidos en el concreto.



Ilustración 17. Elementos extraños embebidos en el concreto.



Ilustración 18. Hormigueo en casa modelo.

Ausencia de junta sísmica, debido a que las edificaciones no presentan junta sísmica, y las placas de entrepiso no tienen coincidencia, durante la ocurrencia de un evento las casas pueden golpearse entre sí y terminar afectando gravemente las casas adyacentes, derivando en daños estructurales severos o el desprendimiento de los elementos no estructurales, a

continuación, se ilustra la no coincidencia de las losas de entrepiso y los efectos producto de esta patología:



Ilustración 19. No coincidencia de losas de entrepiso.



Ilustración 20. Efecto del golpeteo en edificaciones.

Las patologías descritas en la inspección se presentaron en las 11 casas evaluadas dentro del presente informe.

Inspección rápida:

Se realizó una inspección básica basada en el documento “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, tercera edición del año 2015. (FEMA P -154), donde mediante la visita de campo se elaboró un formato para determinar, si es necesario realizar un estudio detallado de la estructura, el formato está basado en el documento antes relacionado, esta metodología permite establecer a partir de unos criterios de calificación, predefinidos que tan vulnerable es ante un evento sísmico una estructura, el resultado de dicha evaluación se determina por un puntaje mínimo de 1.5, si la estructura analizada obtiene una calificación inferior se debe proceder a realizar un estudio detallado donde se evalué los índices de sobreesfuerzo y flexibilidad que la estructura, para así determinar qué tipo de reforzamiento debe realizarse o si definitivamente la edificación o estructura debe demolerse.

Para todas las onces (11) viviendas analizadas de las urbanización San Antonio, fue necesaria la evaluación detalladas de los índices de flexibilidad y sobresfuerzo, como se puede apreciar en las ilustraciones de la 17 a las 28, donde se clasifico a las viviendas con una estructura de pórticos resistentes a momento “C1”, la estructura no presenta irregularidad ni en altura ni en planta, el tipo de suelo no es identificado dado que no se cuenta con un estudio de suelos detallado para la zona, por lo tanto se clasifica como un tipo de suelo “D”, por ser una edificación construida hace menos de diez (10) años, no tiene castigo por ser diseñada con un código de diseño desactualizado, además presenta un regular estado de su construcción, como se evidencio en el capítulo de inspección visual, por medio de la cual se encontraron patologías que pueden afectar el correcto funcionamiento de las casas, ante un evento sísmico y una posible ocurrencia de corrosión en el acero de refuerzo.

Debido a la anterior clasificación se determinó que la estructura presenta debe ser analizada mediante una modelación matemática donde se evalúen los esfuerzos causados ante las solicitaciones a las cuales va a estar expuesta durante su vida útil, considerando la condición de tanque lleno y tanque vacío, para estados de servicio de resistencia, evento extremo y servicio, se procede entonces a realizar un análisis detallado, por medio un software de elemento s finito SAP-2000, para analizar el estado de esfuerzos cortantes y de flexión generados en el sistema de resistencia sísmica y así determinar el nivel de sobresfuerzo al que se presume estaría exigida la estructural bajo las condiciones más críticas, como lo es un sismo.

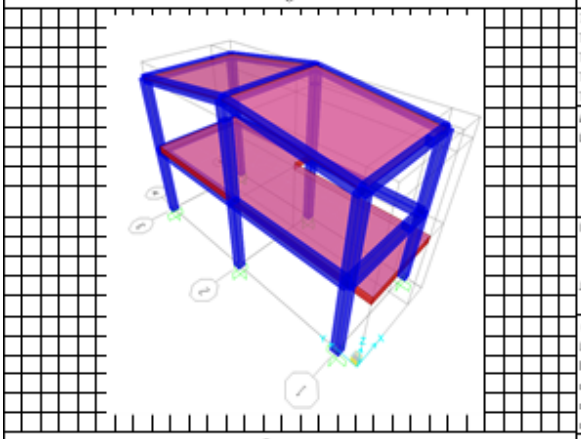
A continuación, se muestra en las figuras de la 19 a la 28, el formato de inspección rápida realizado para la estructura en estudio, basado FEMA P -154:

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)



Fotografía



Esquema

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 1, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [x] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente posee dos ejes en un sentido.

Juntas sísmicas: Si ☐ NO [x] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (~~C1~~)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	~~0.0~~	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5** — REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O DEBE DEMOLER

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 7. Formato de inspección rápida Casa 1.

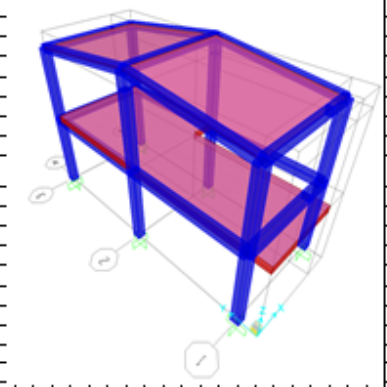
Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Fotografía



Esquema

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 2, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [X] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X] Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: irregularidad por redundancia y no tiene juntas sísmicas, las placas no tienen coincidencia y únicamente posee dos ejes en un sentido.

Juntas sísmicas: Si ☐ NO [X] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5** — REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O DEBE DEMOLER

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC(concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 8. Formato de inspección rápida Casa 2.

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





fotografía

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 3, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 35'2.5.2"N

Longitud: 74°14'4.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

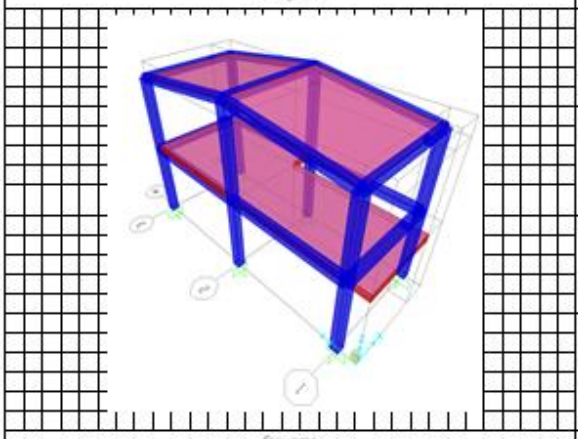
Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.



Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado* [X] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: SI ☐ NO ☐ No identificado: [X] Deslizamiento de tierra: SI ☐ NO ☐ No identificado: [X]

Ruptura superficial de falla: SI ☐ NO ☐ No identificado: [X] Descripción: se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable, consultar a un geotecnista

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen concordancia para con este poner dos ejes en un mismo eje.

Juntas sísmicas: SI ☐ NO [X] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo.

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5**

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de contante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 9. Formato de inspección rápida Casa 3.

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Fotografía

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 41, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

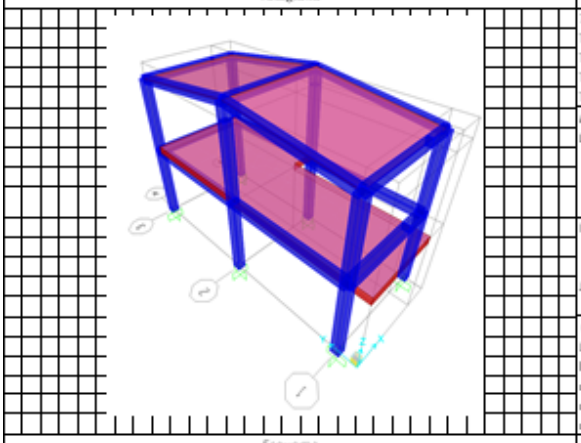
Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.



Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [X] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X] Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente posee dos ejes en un sentido.

Junta sísmica: Si ☐ NO [X] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC INF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5** REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O ESCOGER DEMOLER

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC(concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 10. Formato de inspección rápida Casa 4.

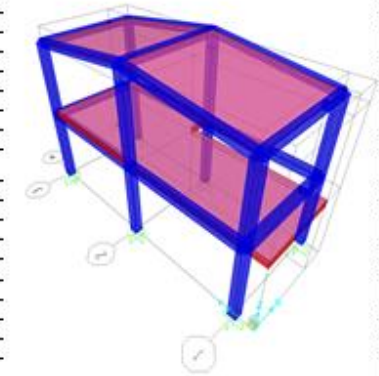
Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Fotografía



Esquema

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 5, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N
Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: X *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: SI ☐ NO ☐ No identificado: X

Deslizamiento de tierra: SI ☐ NO ☐ No identificado: X

Ruptura superficial de falla: SI ☐ NO ☐ No identificado: X Descripción: Se evidencia una alta concentración de agua superficial en el suelo aparentemente estable. (consultar a un geólogo)

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen concordancia y descansan por encima de vigas en un sentido.

Junta sísmica: SI ☐ NO X Descripción: La junta sísmica faltante, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5**

REQUIERE ESTUDIO DETALLADO CASOMAS DIRECTO

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC(concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 11. Formato de inspección rápida Casa 5.

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Fotografía

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 6, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

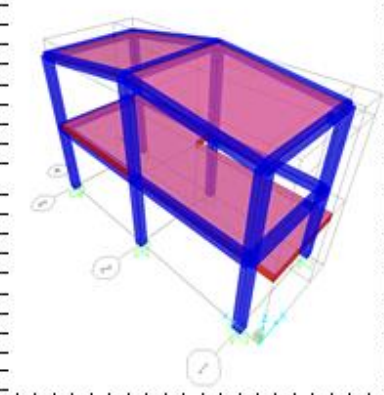
Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.



Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [x] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente posee dos ejes en un sentido.

Junta sísmica: Si ☐ NO [x] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): 1.5 — REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O ESCOGER OTRO SITIO

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 12. Formato de inspección rápida Casa 6.

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Fotografía

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 7, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

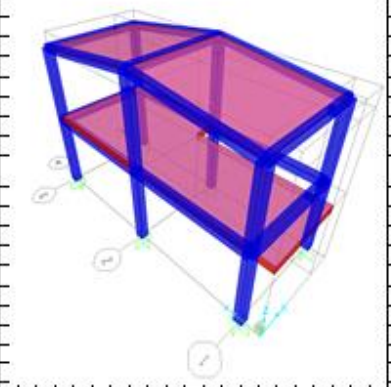
Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.



Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [x] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ No ☐ No identificado: [x] Deslizamiento de tierra: Si ☐ No ☐ No identificado: [x]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ No ☐ No identificado: [x] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales, suelo aparentemente estable. (consultar un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente posee dos ejes en un sentido.

Juntas sísmicas: Si ☐ No [x] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5** REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O ESCOGER OTRO ID

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 13. Formato de inspección rápida Casa 7.

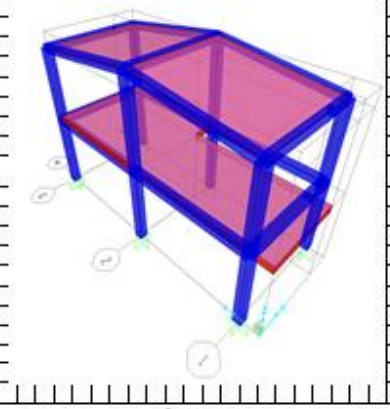
Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Fotografía



Esquema

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 8, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo desuelo no identificado *: X *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No identificado: X Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No identificado: X

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No identificado: X Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente poseen dos ejes en un sentido.

Juntas sísmicas: Si ☐ NO X Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.8	2.6	2.8	1.7	1.5	2.8	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado a criterio del ingeniero de toma de medida): **1.5** REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O ESCOGER DEMOLER

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC(concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

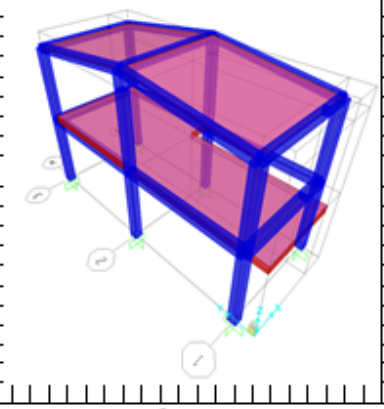
Tabla 14. Formato de inspección rápida Casa 8.

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)



Fotografía



Esquema

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 9, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [X] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X] Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No Identificado: [X] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente posee dos ejes en un sentido.

Junta sísmica: Si ☐ NO [X] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas de segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (RC INF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5**

REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O ESTÁ DISPONIBLE

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 15. Formato de inspección rápida Casa 9.

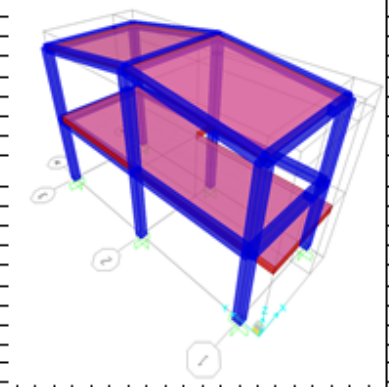
Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)





Fotografía



Esquema

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 10, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [x] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente poseen dos ejes en un sentido.

Juntas sísmicas: Si ☐ NO [x] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleina y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (CIP)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5** — REQUIRE ESTUDIO DETALLADO O DEBE DEMOLER

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC (concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

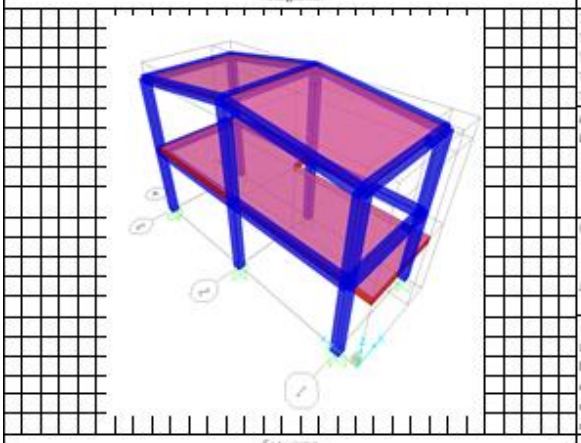
Tabla 16. Formato de inspección rápida Casa 10.

Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)



Fotografía



Esquema

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 11, vivienda de dos niveles en concreto reforzado actualmente se encuentra construido el sistema de resistencia sísmica, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 3'52.52"N

Longitud: 74°14'34.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67,5 metros cuadrados.

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente): ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media): ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda): ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos): ☐ Tipo E (tipo de suelo blando): ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre): ☐ Tipo de suelo no identificado *: [x] *(asuma tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Deslizamiento de tierra: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x]

Ruptura superficial de falla: Si ☐ NO ☐ No identificado: [x] Descripción: Se evidencia una alta escorrentía de aguas superficiales suelo aparentemente estable. (consultar a un geotecn

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: Irregularidad por redundancia y no tiene junta sísmica, las placas no tienen coincidencia y únicamente posee dos ejes en un sentido.

Junta sísmica: Si ☐ NO [x] Descripción: La junta sísmica no existe, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (CIP)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado o a criterio del ingeniero de toma otra medida): **1.5** — REQUIERE ESTUDIO DETALLADO O ESCUDE DIRECTO

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructura de concreto), PC1 (edificios inclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), MRF (pórticos resistentes a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(perfiles estructurales), RC(concreto reforzado), SW(muros de cortante), URM (mampostería no confinada ni reforzada), RD (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Tabla 17. Formato de inspección rápida Casa 11.

Ensayos ejecutados.

Se ejecutaron ensayos de no invasivos para la evaluación de las propiedades mecánicas, frente de carbonatación y detección del refuerzo estructural.

Esclerómetro:

Se utilizó un esclerómetro “SilverSchmidt”, marca PROCEQ, con las siguientes especiaciones técnicas:

Energía de impacto, modelo N	2.207 Nm (1.63 lbf)
Energía de impacto, modelo L	0.735 Nm (0.54 lbf)
Rango de resistencia a la compresión de hormigón, modelos N/L	De 10 a 100 MPa (de 1450 a 14500 psi)
Rango de resistencia a la compresión de hormigón, modelo L con punzón seta	De 5 a 30 MPa (de 725 a 4351 psi)
Dimensiones de la caja	55 x 55 x 255mm (2.16" x 2.16" x 9.84")
Peso	570 g (1.3 lb)
Impactos máx. por serie	99
Capacidad de memoria (sólo versión PC)	Aprox. 400 series de 10 impactos Aprox. 200 series de 20 impactos
Capacidad de memoria útil, versión ST	Las últimas 20 series pueden ser revisadas en la lista de datos
Pantalla	17 x 71 pixeles, gráfica
Vida de batería	>5000 impactos entre cargas
Conexión de cargador	USB tipo B (5 V, 100 mA)
Temperatura de servicio	De 0 a 50 °C (de 32 a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -10 a 70 °C (de 14 a 158 °F)
Clasificación IP	IP54

Ilustración 21. Especificaciones técnicas esclerómetro utilizado.

Se realizaron 6 ensayos en diferentes puntos de las 11 casas, los valores que se muestran a continuación son valores de energía de impacto los cuales fueron obtenidos en campo, para luego ser procesados por medio de la siguiente grafica característica del modelo y marca del esclerómetro:

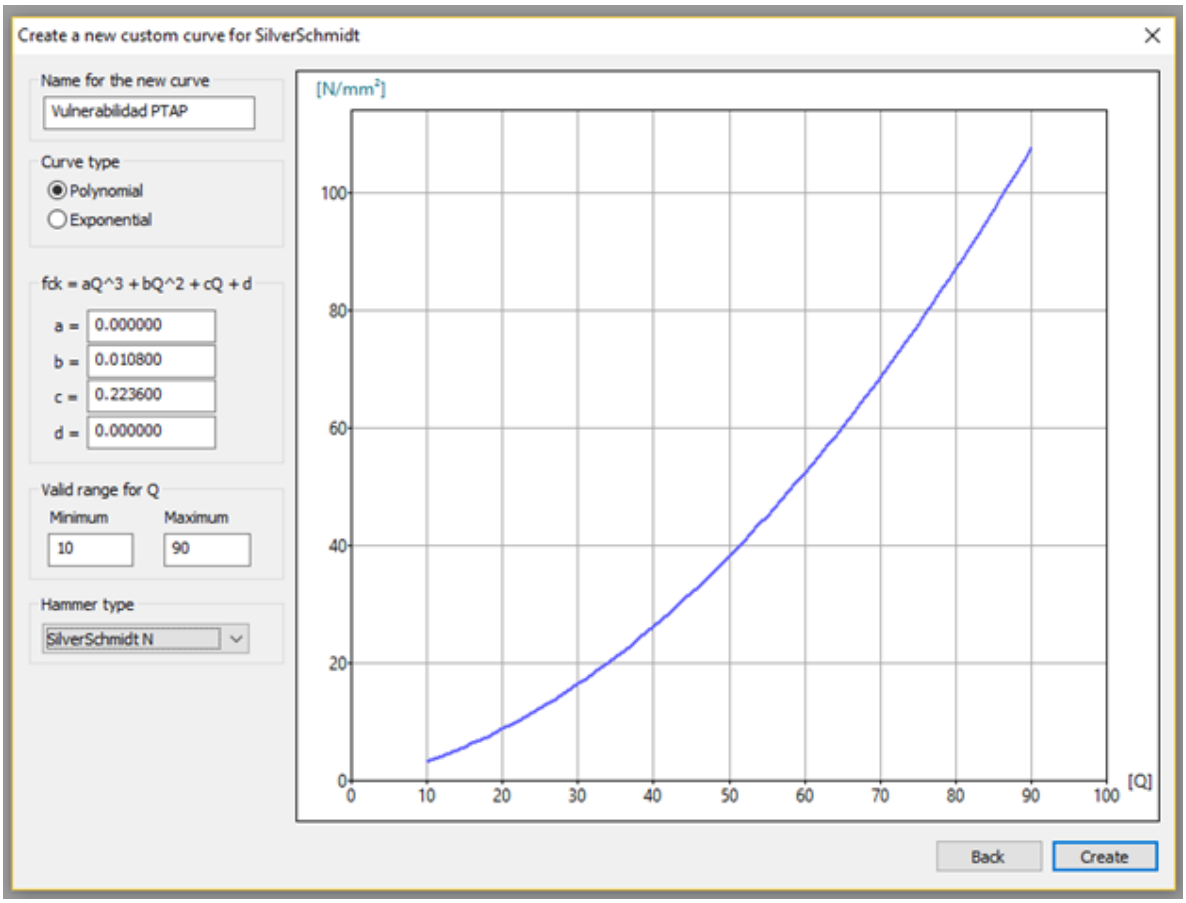


Ilustración 22. Gráfica para interpolar la resistencia a la compresión.

Luego de procesar los datos e interpolar por medio de la gráfica mostrada en la ilustración 7, se calculó la resistencia a la compresión promedio de cada una de las once (11) casas analizadas en el presente informe el promedio y los resultados del ensayo ejecutado en cada vivienda, se muestran a continuación:

CASA 1		CASA 2		CASA 3	
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)
Ensayo 1	12.5	Ensayo 1	12	Ensayo 1	10.5
Ensayo 2	12	Ensayo 2	9	Ensayo 2	12.5
Ensayo 3	10	Ensayo 3	8.5	Ensayo 3	13
Ensayo 4	14.5	Ensayo 4	9	Ensayo 4	16
Ensayo 5	14.5	Ensayo 5	8.5	Ensayo 5	12
Ensayo 6	13.5	Ensayo 6	9.5	Ensayo 6	13
Promedio	12.83	Promedio	9.42	Promedio	12.83
CASA 6		CASA 7		CASA 8	
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)
Ensayo 1	9.5	Ensayo 1	9	Ensayo 1	12.5
Ensayo 2	9	Ensayo 2	10.5	Ensayo 2	12.5
Ensayo 3	8	Ensayo 3	11	Ensayo 3	13.5
Ensayo 4	10	Ensayo 4	8	Ensayo 4	13
Ensayo 5	8	Ensayo 5	8.5	Ensayo 5	12.5
Ensayo 6	8.5	Ensayo 6	8.5	Ensayo 6	11
Promedio	8.83	Promedio	9.25	Promedio	12.50
CASA 9		CASA 4		CASA 5	
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)
Ensayo 1	11	Ensayo 1	10	Ensayo 1	8.5
Ensayo 2	11.5	Ensayo 2	13	Ensayo 2	8.5
Ensayo 3	14	Ensayo 3	13.5	Ensayo 3	9.5
Ensayo 4	17	Ensayo 4	12	Ensayo 4	10.5
Ensayo 5	16	Ensayo 5	13	Ensayo 5	8.5
Ensayo 6	13	Ensayo 6	11.5	Ensayo 6	10
Promedio	13.75	Promedio	12.17	Promedio	9.25
CASA 10		CASA 11			
	Resistencia a la compresión (MPa)		Resistencia a la compresión (MPa)		
Ensayo 1	11	Ensayo 1	11		
Ensayo 2	8	Ensayo 2	8		
Ensayo 3	10.5	Ensayo 3	10.5		
Ensayo 4	10	Ensayo 4	10		
Ensayo 5	17	Ensayo 5	17		
Ensayo 6	12.5	Ensayo 6	12.5		
Promedio	11.50	Promedio	11.50		

Tabla 18. Resultados del ensayo de esclerómetro.

En la tabla 5, se muestra el valor promedio obtenido por medio del ensayo de esclerómetro para cada una de las viviendas analizadas, en promedio el valor de la resistencia a la compresión en el concreto obtenida mediante el ensayo corresponde a 11.26 MPa.



Ilustración 23. Toma de ensayo con esclerómetro en la vivienda 10.



Ilustración 24. Toma de ensayo con esclerómetro en la vivienda 3.

Ferroscan:

Se realizó investigación del refuerzo existente en los muros de la estructura por medio de escáner de concreto PS-200, marca Hilti, el ensayo arrojo como resultado que las columnas de la vivienda tienen un refuerzo transversal de varillas N°3 en la zona confinada cada 20 cm y en la zona no confinada se encuentran distanciados a 30 cm, el refuerzo longitudinal es de 4 varillas N°4 en cada una de las esquinas de la columna y las vigas tienen refuerzo transversal de varilla N°3 cada 20 cm y longitudinal de 4 varillas N°4 en las esquinas de la columna, con un recubrimiento de entre 1 cm a 0,8 cm, en cuanto a las dimensiones de los elementos estructurales todas las columnas tiene una sección transversal de 25 cm x 25 cm y las vigas áreas y de cimentación tiene unas dimensiones de 25 x 25 cm y las vigas de cubierta tienen una sección transversal de 18 cm x 25 cm.



Ilustración 25. Toma de ensayo de Ferroscan en la vivienda 6.



Ilustración 26. Toma del recubrimiento del acero de refuerzo en la vivienda 4.

Ensayo de carbonatación:

La carbonatación en el concreto es la pérdida de PH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral (figura 1). ¿Por qué es un problema la pérdida de pH? Porque el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo ahogado contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. Esta es la misma capa pasivadora que atacan los cloruros cuando alcanzan el acero de refuerzo expuesto a sales descongelantes y ambientes marinos.

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto pueda requerir años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar.

Es muy importante identificar la presencia de la carbonatación cuando también hay cloruros en el concreto. En el concreto nuevo que tiene un pH de 12 a 13, se requieren aproximadamente de 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero ahogado. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es significativamente menor -100 ppm o menos-. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación.

Afortunadamente para los propietarios, especificadores y contratistas, la carbonatación es una condición relativamente sencilla de identificar y diagnosticar. La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación. Después de soplar todo el polvo residual del espécimen o del substrato, se pulveriza una solución de 1 o 2 por ciento de fenolftaleína en alcohol sobre el concreto. Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor de 9 a 9.5 adquirirán un color rosado brillante.3 Este cambio muy apreciable de color muestra cuán profundamente ha progresado el "frente" de carbonatación dentro del concreto. Existen otros métodos y otros indicadores para detectar la carbonatación, pero éste es, con mucho, el método más fácil y común de detección.

Las agencias de prueba calificadas realizan estas pruebas rutinariamente como parte de una investigación de la condición en edificios y estructuras de concreto. Además de las pruebas de carbonatación, estas investigaciones de la condición incluyen con frecuencia pruebas de resistencia del concreto, valoraciones de la profundidad del recubrimiento, contenido de cloruro y permeabilidad del concreto (Concrete Repair Digest, 2000).

En las 11 viviendas se ejecutó el ensayo de fenolftaleína, encontrando como resultado que el frente de carbonatación en el concreto reforzado de TODAS las estructuras llegaba al núcleo confinado del concreto, este ensayo se ejecutó en las columnas del primer nivel únicamente, el cual fue ratificado con la corrosión presente en el acero de refuerzo debido la baja calidad del concreto utilizado en la obra, una relación agua cemento alta, lo cual permitió la permeabilidad del mismo permitiendo el paso de agentes corrosivos y un bajo nivel de recubrimiento del acero de refuerzo que está expuesto a el ambiente, lo que deriva en el descascaramiento del concreto reforzado y la baja resistencia del mismo, en las siguientes ilustraciones se muestra los ensayos ejecutados en las casas y el desprendimiento del concreto, junto con el acero corroído.



Ilustración 27. Acero con corrosión y desprendimiento del concreto.



Ilustración 28. Ensayo de carbonatación.



Ilustración 29. Acero con corrosión y desprendimiento del concreto.

7. FALLAS GEOLÓGICAS

Por la localización del proyecto la estratigrafía del bloque del Anticlinorio de Villeta, es la que rige en cuanto a la geología colindante, la urbanización San Antonio se encuentra localizada en la parte centro - occidental del departamento, limitado al oeste por la falla de Bituima - la Salina y al este por la base del escarpe prominente, generado por las arenitas del grupo Guadalupe, que coincide en la mayoría de los sitios con un sistema de fallas de cabalgamiento entre las que se encuentran las fallas de Fusa-Quininí-Supatá, las cuales representan un importante nivel de despegue, a continuación se muestra la nomenclatura y la correlación estratigráfica de las unidades presentes en Cundinamarca para contextualizar lo anterior, según INGEOMINAS (2002, pág. 22).

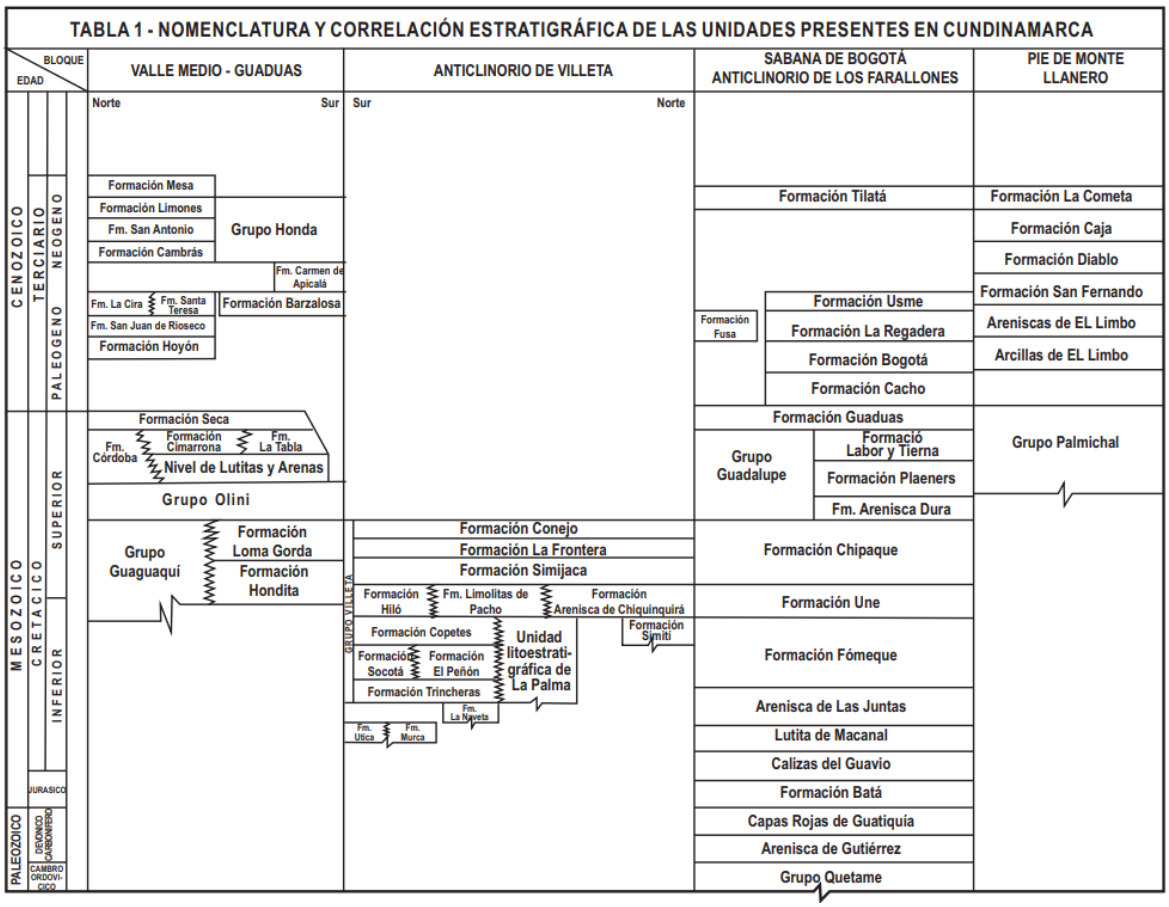


Ilustración 30. Nomenclatura y correlación estratigráfica de las unidades de Cundinamarca, INGEOMINAS (2002, pág. 22).

Los principales rasgos tectónicos que rigen a la urbanización San Antonio, se reflejan en la ilustración 3, en cuanto al proyecto se encuentra localizado en el bloque Magdalena guaduas, INGEOMINAS (2002, pág. 69):

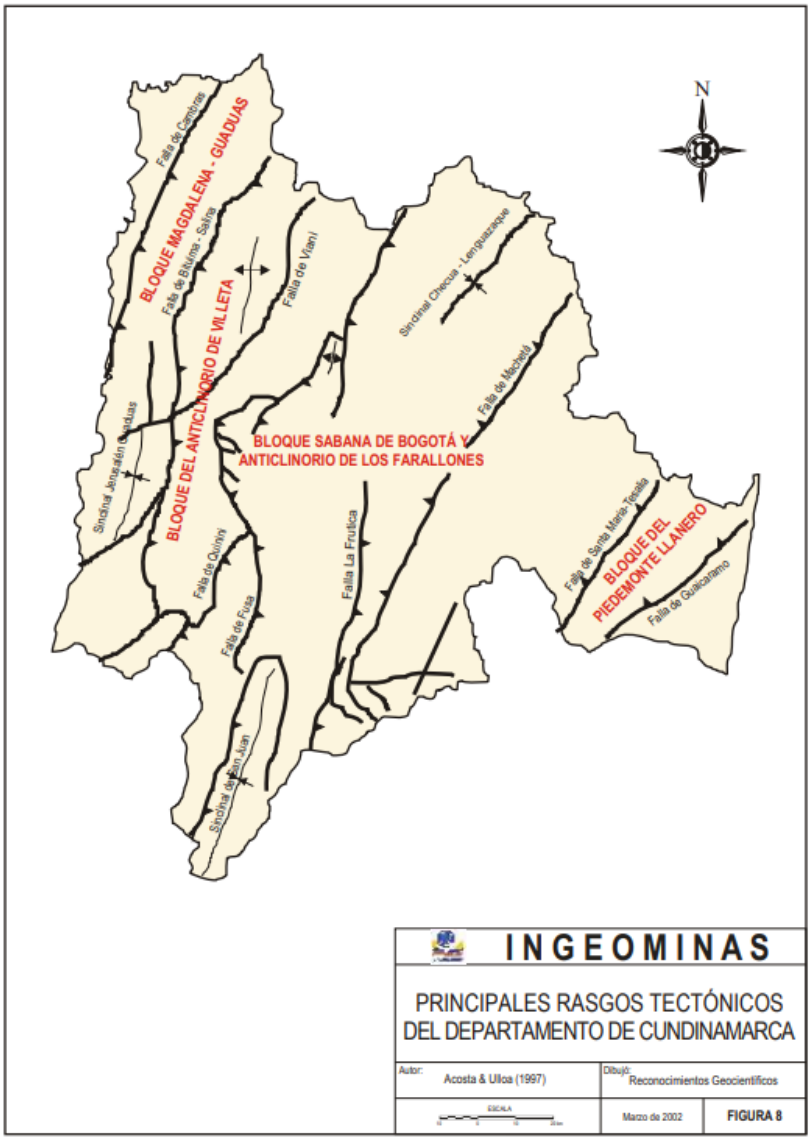


Ilustración 31. Principales rasgos tectónicos de Cundinamarca, INGEOMINAS (2002, pág. 69).

A continuación, se describirán las diferentes unidades geológicas aflorantes en este bloque, desde la más antigua hasta la más joven:

Mesozoico

Las rocas más antiguas de esta región de Cundinamarca están constituidas, en la parte norte, por depósitos turbidíticos llamados formaciones Útica y Murca, mientras que, en la parte sur de este bloque, la base está conformada por una unidad calcárea denominada Formación La Naveta. Estas unidades infrayacen al Grupo Villeta que está conformado por la mayor parte de las unidades que afloran en el bloque.

Formación Murca (Kim)

Nombre asignado por Moreno (1991), a una sucesión de arenitas subarcósicas y lodolitas negras, que afloran a lo largo de la carretera Pacho - La Palma, en la desembocadura del Río Murca en el Río Negro, donde el mismo autor estableció la localidad tipo de esta unidad. En trabajos previos la unidad fue denominada como Arenisca de Cáqueza por Champetier et al. (1961) y Bürgl y Campbell (1965).

En Cundinamarca, aflora en el núcleo de una gran estructura anticlinal, presente entre las localidades de Nimaima y Guayabal, por la carretera Villeta - La Vega y en una franja de dirección norte - sur, a lo largo del Río Negro. La unidad consta de tres segmentos de areniscas subarcósicas, en secuencias gradadas, separadas por dos segmentos intermedios, blandos, constituidos por lodolitas negras.

En el flanco occidental del Anticlinal de Nimaima - Guayabal, la secuencia aflorante de esta unidad alcanza un espesor de 924 m, aunque no se observa su base. El tope de la unidad está definido por la capa más alta de arenisca que suprayace a una secuencia espesa de lodolitas de la Formación Trincheras.

De acuerdo con Moreno (1989, 1990) y Pimpirev et al. (1992), la unidad corresponde a un depósito turbidítico. Moreno (1990), cita Berriasella colombiana , Pseudoosterella ubalaensis y con base en estos fósiles y otros le asigna una edad Valanginiano superior a la unidad. La Formación Murca se correlaciona cronológicamente con las formaciones Cumbre, Rosablanca y Útica.

Formación Útica (Kiut)

Hubach (1957b), Bürgl (1956), Thompson (1966) e Ingeominas (1975), al trabajar esta unidad la denominan Arenisca de Cáqueza, por analogía con el oriente de la Cordillera Oriental; Moreno (1989, 1990, 1991) la denomina informalmente Areniscas de Útica y Formación Útica.

En el departamento, la unidad aflora en los alrededores de la población de Quebrada Negra, formando el núcleo de un anticlinorio. Está constituida por areniscas subarcósicas y sublitoarenitas de grano fino a muy grueso y a veces conglomerados, en capas muy gruesas cuneiformes; a menudo se presentan intercalaciones rítmicas de limolitas y lodolitas negras. Calizas arenosas, biomicríticas y micríticas son frecuentes dentro de la unidad.

Moreno (1989, 1991), propone un depósito en condiciones marinas someras, Villamil (1988), propone un origen turbidítico, mientras Pimpirev et al. (1992), interpretan el depósito como de desborde de canales, en un ambiente de abanico turbidítico proximal.

La edad de la Formación Útica no está claramente definida: Moreno (1990, 1991), cita Sarasinella cf. hondata, con lo que asigna una edad Berriasiano superior. Thompson (1966) y Gallo (1977), basados en fósiles colectados por Bürgl (1961), le asignan una edad Hauteriviano. García (1983), reporta para la base de la unidad un fósil de edad Jurásico medio (Nerinea decorate prette). Villamil (1988) con base en bivalvos le asigna una edad entre Berriasiano y Valanginiano.

Formación La Naveta (Kiln)

Hubach (1931), introdujo este término bajo la denominación de Horizonte de La Naveta, para designar un nivel de arenita cuarcítica, que presenta en la parte baja una caliza fosilífera, que a su vez reposa sobre una caliza coralina a la que denominó Horizonte de El Diamante. Cáceres y Etayo (1969), proponen utilizar el término con la categoría de formación, aplicándolo a todo el conjunto arenoso, cuya localidad tipo está situada sobre la margen norte del Río Bogotá.

La Formación La Naveta aflora al este de la población de Rafael Reyes (Apulo) y está constituida en su base, por una sucesión de capas gruesas de bioesparita, con intercalaciones de lodolitas negras; la suprayacen secuencias gradadas de conglomerados de cuarzo a arenitas medias de cuarzo, con cemento calcáreo y posteriormente una sucesión constituida por secuencias gradadas de arenitas a lodolitas de cuarzo y feldespato.

El contacto inferior de la unidad no se observa y el tope se colocó en el tope de la capa más alta de arenita de cuarzo, que infrayace a una secuencia de lodolitas y calizas de la Formación Trincheras.

Grupo Villeta

El término Villeta se atribuye a Hettner (1892), quien designó así a una secuencia conformada por "shales negros". Este término posteriormente se generalizó en todo el país, donde se observarán rocas con esas características. Cáceres y Etayo (1969), lo restringen a la franja que va desde Apulo hasta Muzo y así mismo, le reafirman el rango y lo delimitan entre la Formación La Naveta, en la base y el Grupo Guadalupe de Renzoni (1962, 1968), hacia el techo. En este trabajo se sigue y aconseja la delimitación y uso de esta unidad en el sentido de Cáceres y Etayo (1969) y Etayo (1979), quienes describen una unidad lodosa, en la que ocurren intercalaciones calcáreo - silíceas y se toman los cambios menores descritos por Martínez (1990) y Acosta y Ulloa (1996), para la cartografía de las planchas 246, 227 y 208.

• Formación Trincheras: puede ser dividida en los miembros El Tigre y Anapoima.

• Formación Socotá y su cambio facial hacia el norte, llamado informalmente Formación El Peñón. • Formación Capotes, denominada informalmente y constituida por los miembros Medio, Capotes y Horizontes de esferitas de Hubach (1931).

• Formación Hiló y sus cambios faciales hacia el norte: Formación Limolitas de Pacho y Areniscas de Chiquinquirá (Acosta 1993).

• Formación Simijaca.

• Formación La Frontera.

• Formación Conejo.

Rodríguez y Ulloa (1994a), al norte del departamento agruparon las cuatro unidades inferiores (formaciones Trincheras, Socotá, El Peñón y Capotes), denominándolas informalmente como Grupo La Palma. Debido a que la utilización del rango de grupo para una secuencia que está dentro de otro grupo no es permitida por el Código de Nomenclatura Estratigráfica, en este trabajo se denominará esa secuencia como Unidad Estratigráfica de La Palma y se hará una discusión acerca de su uso.

Formación Trincheras (Kitr)

Nombre propuesto por Cáceres y Etayo (1969), para designar la secuencia de lodolitas con intercalaciones de calizas y arenitas de la parte inferior del Grupo Villeta; su localidad tipo la ubican en la Quebrada Trincheras, al este de la Fábrica de Cemento Diamante en Apulo. Esos autores, dividen la unidad en dos segmentos: el inferior calcáreo - arcilloso, aflora al sur del bloque y el superior predominantemente arcilloso, al norte. Estos podrían corresponder con los horizontes de Trigonia subcrenulata y en parte con el horizonte de Colombiceras de Hubach (1931). Acosta et al (1997) y Acosta y Ulloa (1997), le asignan el rango de miembro a cada segmento y les dan la denominación de Miembro El Tigre y Miembro Anapoima, respectivamente. El miembro inferior desaparece hacia el norte del bloque y por lo tanto el superior descansa directamente sobre las formaciones Útica y Murca. En esta zona se empleó el nombre de Formación Trincheras indiferenciada. Esta unidad es correlacionable hacia el norte, con la Formación Paja. Aunque en este trabajo se cartografió la unidad como un único conjunto, a continuación, se hará la descripción de cada uno de los Miembros que la componen.

Miembro El Tigre (Kitrt)

Es el miembro Inferior de la Formación Trincheras, que aflora en los alrededores de las poblaciones de La Mesa, Anapoima y Apulo, constituye el núcleo de un gran anticlinorio en las dos primeras localidades y forma los flancos del Anticlinal de Apulo, en la tercera. Consiste en una secuencia alternante de lodolitas, a veces ligeramente calcáreas, de color negro, con intercalaciones de calizas biomicríticas y cuarzoarenitas de grano fino a conglomeráticas.

El contacto superior se ubicó en el techo de la capa de arenita de cuarzo, que infrayace a una secuencia monótona de lodolitas negras. El espesor estimado, según cortes geológicos y una sección levantada por la Quebrada El Tigre, donde no aflora su base, es de 400 m aproximadamente.

La edad sugerida por Cáceres y Etayo (1969), con base en Heinzia, Pseudohaploceras, Heminautilus etheringtoni y Cheloniceras, es Aptiano inferior. Esta unidad se depositó en una plataforma mixta (calcáreo - silícea), de aguas claras, bien oxigenadas, con alta energía.

Miembro Anapoima (Kitra)

Es la parte superior de la Formación Trincheras, la cual genera una morfología de valles amplios, por estar conformada por arcillolitas laminadas, de color gris oscuro a café - rojizo oscuro por meteorización; contiene algunos niveles calcáreos, físiles; ocasionalmente concreciones silíceas, ovaladas, de 1 a 5 cm de diámetro, que contienen algunos moldes de bivalvos. Hacia el tope ocurren bioesparitas y pelmicritas con abundantes restos de moluscos, equinoideos y briozoos.

El contacto inferior de la unidad se ubicó en el tope de la capa más alta de arenita de cuarzo que infrayace a una sucesión de lodolitas negras y el superior se definió en la base de la primera aparición de cuarzoarenitas calcáreas correspondientes a la Formación Socotá. El espesor de la unidad, con cortes geológicos regionales, se estimó en 600 m. No se conocen datos acerca de su edad, pero por su posición estratigráfica se puede asumir que corresponde al Aptiano. Su depósito ocurrió posiblemente bajo condiciones de aguas más profundas, en comparación con el Miembro El Tigre.

Formación Socotá (Kis)

Nombre propuesto por Cáceres y Etayo (1969), para los conjuntos que de la base hacia el tope se diferencian así:

• "Miembro Socotá", conformado por areniscas calcáreas.

• "Miembro Medio", constituido por shales grises.

• "Miembro Capotes", compuesto por lutitas y margas fosilíferas.

• "Horizonte de Esferitas" de Hubach (1931).

Martínez (1990), propone el ascenso del Miembro Socotá a la categoría de formación, debido a que este es fácilmente cartografiable, mientras que los restantes, no son diferenciables cartográfica ni estratigráficamente, sin embargo, esos tres Miembros pueden ser agrupados en una sola unidad (Formación Capotes), la cual sí es diferenciable.

La Formación Socotá aflora en franjas delgadas, conforman escarpes fuertes y sus exposiciones en el departamento se presentan desde el sur, en el Municipio de Viotá, hasta el norte, en el Municipio de Útica. Consta de una sucesión de cuarzoarenitas calcáreas, con intercalaciones de lodolitas calcáreas y calizas. El contacto inferior es neto y concordante y se ubicó en la base de la capa inferior de cuarzoarenitas calcáreas, la cual suprayace a una secuencia monótona de lodolitas. El contacto superior de igual forma es neto y concordante y se colocó en el techo de la última capa de cuarzoarenita calcárea, que infrayace a una secuencia de lodolitas.

El espesor, medido en una sección por la carretera Alto Ojo de Agua - Quipile, es de 255 m, aunque aparentemente se manifiestan grandes variaciones de espesor en secciones cercanas.

Polanía y Rodríguez (1978), interpretaron esta unidad como una variedad turbidítica, con áreas de aporte localizadas al N-NE y N-NW; sugieren, además, "transporte longitudinal y paralelo a la mayor elongación del depósito, el cual se efectuó bajo condiciones de corrientes densas, con gradiente bajo y predominio de flujo laminar".

Pimpirev (com. verb.) determina para esta formación un ambiente de plataforma submareal y manifiesta no haber encontrado las características que permitan considerarla de tipo turbidítico.

Formación El Peñón (Kipe)

Esta unidad fue designada inicialmente por Ulloa (1982), como un conjunto denominado margas del Peñón, cuya sección de referencia aflora en la vía el Peñón - Guayabal. La unidad está expuesta desde el oriente de la población de Bituima; hacia la

norte forma franjas delgadas, con escarpes prominentes, que se destacan en el terreno. Consta de una secuencia de lodolitas y limolitas calcáreas, que presentan un contraste marcado en la topografía, con las formaciones infra y suprayacentes. El techo de la unidad se ubicó en el tope de la capa más alta de una limolita calcárea. El espesor estimado para la unidad, con cortes geológicos, es de 200 m aproximadamente.

Fósiles colectados en las planchas 208 y 189, determinados como Cheloniceras, Epicheloniceras sp. aff. carlosacostai, indican una edad Aptiano superior. El ambiente de depósito sugerido para la unidad, es de plataforma con aguas pocos profundas y tranquilas. Por su posición estratigráfica y la edad, se nota que corresponde a un cambio facial de la Formación Socotá, hacia el nororiente. Esta unidad puede ser correlacionable con la Formación Tablazo, expuesta en Boyacá y Santander

Formación Capotes (Kic)

Esta unidad reúne los miembros Medio, Capotes y Horizonte de Esferitas, ya que tales unidades no se pueden distinguir en campo, como se explicó anteriormente. Su cartografía se facilitó reuniendo los tres conjuntos en una sola unidad. Como localidad de referencia se propone la sección aflorante entre la Quebrada El Piñal y el km 155, sobre la carretera Bituima - Guayabal.

Consta de lodolitas calcáreas laminadas de color negro y arcillolitas lodosas no calcáreas en la base; hacia el techo de la unidad ocurren capas medias a delgadas de caliza concrecional y concreciones micríticas de tamaño variable. El contacto inferior es concordante y se ubicó en el techo de la capa superior de cuarzo arenita calcárea de la Formación Socotá o sobre capa más alta de limolita calcárea de la Formación El Peñón. El contacto superior es concordante y se ubicó en la base de la capa más baja de limolitas de la Formación Hiló. El espesor de la sección de referencia es de 550 m. Etayo (1979), estudió la fauna de amonites del Miembro Capotes y definió la zona de Douvilleiceras solitae, Neodeshayesites columbianus, como de edad Albiano temprano.

Por el contenido de materia orgánica y la presencia de yeso, se sugiere una sedimentación en una cuenca cerrada de aguas tranquilas. La unidad puede ser correlacionable con la Formación Simití, de Santander.

Unidad Estratigráfica de La Palma (Kipa)

Rodríguez y Ulloa (1994a), proponen el nombre informal de Grupo La Palma en el norte del departamento (planchas 169 y 189), para representar una secuencia estratigráfica que infrayace a las Areniscas de Chiquinquirá, la cual correspondería con las formaciones Paja, Tablazo y Simití, que no pueden ser diferenciadas en esta parte de la cordillera, como sí lo han sido en los departamentos de Santander y Boyacá.

En la región comprendida entre San Antonio de Aguilera y Topaipí, la unidad consta de una serie monótona y espesa de limolitas, lutitas y arcillolitas grises claras a negras, moscovíticas, con intercalaciones de estratos delgados de areniscas arcillosas de color verde oscuro, de grano fino, en capas gruesas, con niveles delgados y esporádicos de arcillolitas calcáreas. Hacia la parte media de la secuencia, se presentan en las limolitas, nódulos huecos que alcanzan 30 cm de diámetro mayor.

El espesor total de la secuencia se estima que varía entre 1.200 y 1.400 m, con base en cortes geológicos. El contacto superior con la Formación Areniscas de Chiquinquirá es concordante, mientras que el inferior no se pudo determinar por encontrase afectado por fallas que ponen a esta unidad en contacto con el Grupo Guaguaquí.

De acuerdo con la fauna colectada, el Grupo La Palma abarca un intervalo de tiempo comprendido desde el Barremiano hasta el Albiano superior (Rodríguez y Ulloa, 1994a). Las características litológicas de estas rocas, donde se observa pirita y moscovita, así como su fauna, sugieren un ambiente de sedimentación marino, de aguas poco profundas y tranquilas, en un medio reductor (Rodríguez y Ulloa, 1994a).

Esta unidad fue designada inicialmente por Hubach (1931), como Horizonte de Hiló, para referirse a la secuencia silícea aflorante en proximidades del Caserío Boquerón de Hiló. Posteriormente, Cáceres y Etayo (1969) la ascienden al rango de formación y proponen como sección de referencia la carretera Apulo - Anapoima. La unidad es formalizada por Acosta (1993). Aflora en Cundinamarca, formando franjas alargadas, que se destacan en el relieve.

Está constituida por una secuencia de limolitas silíceas y calcáreas, en capas planas, con laminación plano paralela, interestratificadas con lodolitas calcáreas; a veces ocurren capas de chert y concreciones micríticas. Su contacto inferior es concordante y se marcó en la base de la capa más baja de limolita silícea; el contacto superior de igual forma es concordante y se trazó en el techo de la capa más alta de limolita silícea. En la sección medida por la carretera Guayabal - Bituima, se estableció un espesor de 470 m.

Bürgl (1957), con base en amonitas le asigna una edad Albiano medio a superior; sin embargo, Martínez (1990), con base en foraminíferos determina para esta formación una edad Albiano tardío - Cenomaniano temprano. Las características faciales sugieren el depósito de sedimentos pelágicos y hemipelágicos, como producto del ascenso relativo del nivel del mar.

Limolitas de Pacho (Kslp)

Ulloa (1982), utiliza el término informal de Limolitas de Pacho para designar la secuencia constituida por lodolitas y limolitas, que afloran cerca a la población de Pacho (Cundinamarca). Esta unidad se presenta como un cambio facial de la Formación Hiló y de la parte inferior de la Formación Simijaca que suprayace a la Formación Hiló, en el sur del departamento.

La unidad consta de una sucesión alternante de lodolitas con laminación ondulosa, intercaladas con limolitas silíceas y arenitas de cuarzo, en capas ondulosas, delgadas a medias. Como rasgo especial se destacan concreciones de siderita hasta de 1,5 m de diámetro.

El contacto inferior de la unidad se ubicó en el techo de la capa más alta de limolita silícea con laminación plano - paralela, de la Formación Hiló. El contacto superior se ubica en el techo de la capa más alta de arenita de cuarzo de las Limolitas de Pacho. El espesor estimado, con cortes geológicos, es de 1.050 m. Por su posición estratigráfica, se asume una edad Albiano tardío - Cenomaniano temprano.

Formación Areniscas de Chiquinquirá (Kichi)

Nombre propuesto por Ulloa y Rodríguez (1991), en la región de Chiquinquirá para designar los estratos arenosos y lodolíticos, expuestos en la carretera Sutamarchán - Chiquinquirá.

La unidad aflora al norte del departamento y se presenta como un cambio facial de la parte superior de las Limolitas de Pacho y podría considerarse como una última progradación hacia el occidente, de la Formación Une (Acosta, 1993).

Consta de areniscas finas de cuarzo, de color gris claro, oscuro y negro, en capas delgadas a gruesas, con intercalaciones de lodolitas y limolitas. Su contacto inferior es concordante y se trazó a la base de la capa más baja de arenitas, que suprayace a las lodolitas y limolitas de las Limolitas de Pacho. Su contacto superior se trazó al tope de la capa más alta de arenitas, que infrayace a una espesa secuencia de lodolitas de la Formación Simijaca.

Con base en la información obtenida por Bürgl (1954) y Etayo (1968), Ulloa y Rodríguez (1991) proponen que la edad de esta unidad abarcaría desde el Albiano medio al Cenomaniano. Las características litológicas permiten interpretar ambientes litorales de alta energía.

Formación Simijaca (Kss)

Cáceres y Etayo (1969), en la parte sur del departamento, la denominaron informalmente como "Lodolitas Indenominadas"; sin embargo, Ulloa y Rodríguez (1991), asignan informalmente el nombre de Formación Simijaca, para designar a una sucesión de lodolitas y limolitas de color gris oscuro, que se presenta bajo la Formación La Frontera, aflorante en la Quebrada de Don Lope al sur de la población de Simijaca. Por su posición estratigráfica, al estar ubicada debajo la Formación La Frontera y por representar la continuación del tren estructural desde el área de Chiquinquirá, podemos decir que es la misma unidad.

Consta principalmente de arcillolitas laminadas, de color negro a gris oscuro. Su contacto inferior está marcado en el techo de una limolita silícea de la Formación Hiló, en

la parte sur y en el techo de una capa de arenita de cuarzo de las Limolitas de Pacho y de la Arenisca de Chiquinquirá. El contacto superior se colocó en el techo de una capa de limolita de cuarzo a cuarzoarenita de grano medio, con laminación ondulosa, paralela a no paralela, bioturbada con moldes de bivalvos, que infrayace a una secuencia de limolitas calcáreas y liditas de la Formación La Frontera. El espesor estimado, con cortes geológicos, es de 550 m.

Etayo (1979), sugiere una edad Cenomaniano. Las lodolitas posiblemente se depositaron en una cuenca cerrada; los terrígenos apoyarían la idea de una sedimentación de prodelta.

Formación La Frontera (Ksf) Hubach (1931),

asignó a las calizas y capas silíceas aflorantes en la cantera La Frontera (Municipio de Albán), el término de Miembro lidítico - calcáreo de la Frontera, Bürgl (1961), le asigna el nombre de Horizonte de la Frontera, mientras que Cáceres y Etayo (1969), lo elevan al rango de formación y proponen como localidad de referencia el sitio denominado la Gran Vía, en la carretera que de Alicachín conduce a El Colegio. Martínez (1990), propone como secciones de referencia las del Río Curí y la carretera Anolaima - La Florida.

La unidad se presenta en el departamento y genera franjas delgadas con relieves fuertes; está constituida por lodolitas calcáreas de color gris - café (por meteorización), en capas delgadas con laminación paralela, alternadas con capas de lidita y micrita de color gris oscuro. Se presentan concreciones hasta de 60 cm; hacia el tope predominan limolitas silíceas ligeramente calcáreas y liditas.

El contacto inferior de la unidad se ubicó en la base de la capa inferior de lodolitas calcáreas, la cual suprayace una capa de arenitas de cuarzo. El contacto superior, se localiza en el techo de la capa más alta de limolitas silíceas, que infrayace a una sucesión de lodolitas de color gris oscuro. El espesor medido en las secciones es de 70 m.

Etayo (1979), propuso la zona de Mammites nodosoidesappelatus - Franciscoites suarezi, con la que asignó a La Frontera una edad Turoniano temprano. Martínez (1990),

con base en foraminíferos y Didymotis roemeri variabilis le atribuye una edad Turoniano a la parte inferior de la unidad y Coniaciano medio para la parte alta.

El depósito de la unidad ocurrió en una zona con características pelágicas y hemipelágicas, como producto del ascenso relativo del nivel del mar.

Formación Conejo (Kscn)

Cáceres y Etayo (1969), en el sur del departamento denominan informalmente como "Lodolitas Grises Indenominadas", a una secuencia de lodolitas con algunos bancos de arenisca hacia el tope, que infrayace al Grupo Guadalupe de Renzoni (1962, 1968). Ulloa y Rodríguez (1991), denominan informalmente como Formación Conejo, a la unidad que tiene la misma posición estratigráfica en el área de Ubaté y Chiquinquirá. Por esta razón, se utiliza ese mismo nombre y rango.

Conforma amplios valles de relieves suaves y consta, de base a techo de una sucesión de arcillolitas y lodolitas laminadas, a veces calcáreas, con intercalaciones de arcillolitas no calcáreas en capas delgadas a medias, limolitas de cuarzo y cuarzoarenitas de grano fino a medio, especialmente hacia el tope de la unidad. El contacto inferior se ubicó en el techo de una limolita de cuarzo de la Formación La Frontera, mientras que el superior se marcó en la base de la capa más baja de arenita de cuarzo de la Formación Arenisca Dura. El espesor estimado, con cortes geológicos, es de 400 m.

Etayo (1979), señala la zona de Gloriaceras correai, Protexamites cucaitaense - Codazziceras scheibei para la unidad, asignando una edad Coniaciano temprano.

Intrusión de Tragarepas

En el cerro Tragarepas (plancha 208), Acosta y Ulloa (1996) mencionan la presencia de un cuerpo ígneo, con un radio no mayor a 20 m, compuesto por fenocristales de cuarzo, plagioclasa (Ca), anfíboles (hornblenda), micas, óxidos y presencia de sulfuros diseminados.

8. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.

El municipio de Supata NO cuenta con estudios de microzonificación sísmica, sin embargo, para efectos del TPI, se realizo la vulnerabilidad estructural para una vivienda en función de los parámetros mecánicos encontrados en campo, a continuación, se muestra y describe el trabajo realizado para encontrar los índices de sobre esfuerzo y flexibilidad de la estructura:

MODELACIÓN:

Para el análisis estructural se realizó un modelo con materiales, secciones y geometrías propias de cada elemento. En donde para las vigas, columnas y viguetas se utilizaron elementos tipos frame. Las losetas y placas se modelaron utilizando elementos tipo shell que sirven exclusivamente para cargar las vigas y viguetas utilizadas en el modelo, este elemento no proporciona rigidez a la estructura.

De acuerdo a que se consideraron todas las columnas dentro del sistema de resistencia sísmica, estos elementos se modelaron con el 100% de su capacidad para transmitir solicitaciones Axiales, Cortantes, a flexión y torsionales.

Dada las características del proyecto la cimentación se modelo utilizando apoyos empotrados debido a el confinamiento por las vigas de amarre y contrapeso.

La estructura se modelo con el valor promedio de la resistencia a la compresión del concreto obtenido en las 11 viviendas y con las secciones transversales medidas en campo, a continuación, se presenta un esquema del modelo computacional:

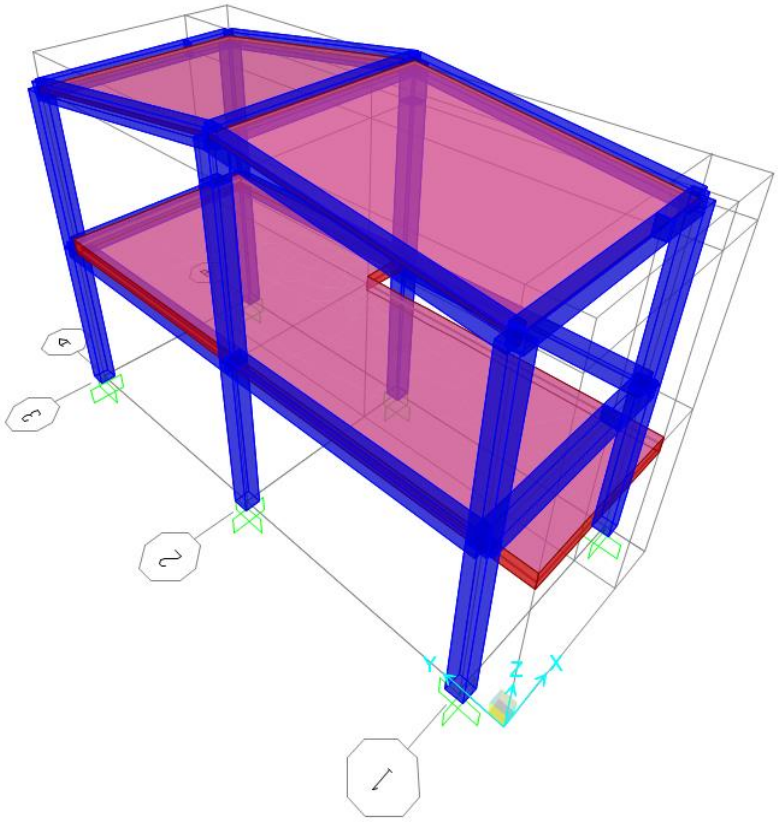


Ilustración 32. Modelo en SAP 2000.

Para considerar los pesos de las cargas sobre impuestas (Peso de la placa fácil, peso del espesor de la losa, peso de los acabado y peso de los muros divisorios) en cada uno de los pisos y la cubierta se asignó un espesor equivalente a una losa maciza para que fueran considerados dentro de la masa total de la edificación.

Con las cargas aplicadas en la estructura se evaluaros los esfuerzos y derivas en la dirección X y Y, inducidos debido a la acción de los efectos considerados en función de las combinaciones de cargas descritas anteriormente, el resultado del nivel de esfuerzos sobre la estructura se muestra a continuación:

Derivas:

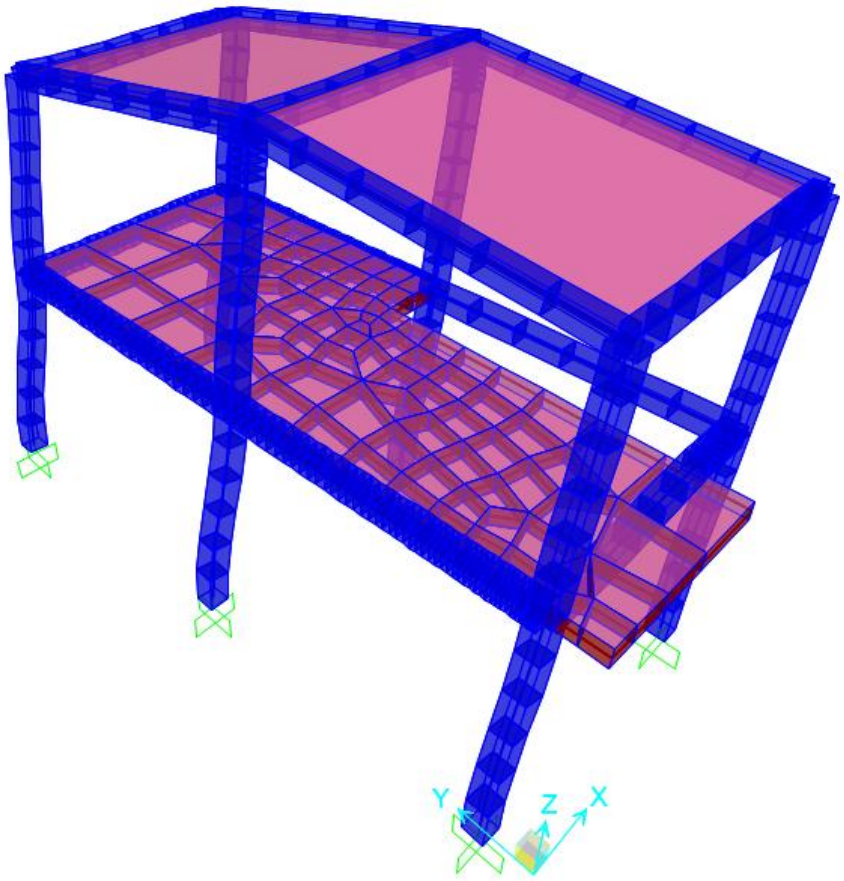


Ilustración 33. Deformada del modelo para el sismo de diseño en dirección X.

Para el cálculo de las derivas se tuvo encuentra el sismo actuando en las dos direcciones principales de la vivienda X y Y, sin reducción del sismo con una aceleración espectral de 0.5625g, se modelo la estructura con un concreto de 11.26 MPa, el cual fue el promedio de los ensayos obtenidos con esclerometría en las 11 viviendas de estudio, por tal razón el módulo de elasticidad del concreto fue calculado en función a la fórmula que estable la NSR-10, la cual es, Ec = $4700 * \sqrt{11.26}$ = 15771.3 MPa.

A continuación, se muestra una tabla en resumen de las derivas máximas que se obtuvieron en la modelación matemática:

Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift mm
Nivel cubierta	SISMO XD	X	2.976
Nivel cubierta	SISMO YD	Y	0.272
Nivel +5.0 m	SISMO XD	X	21.685
Nivel +5.0 m	SISMO YD	Y	18.553
Nivel +2.55 m	SISMO XD	X	19.251
Nivel +2.55 m	SISMO YD	Y	17.288

Tabla 19. Derivas máximas.

La deriva máxima para las viviendas de estudio es de 25.5 mm en el primer nivel y en el segundo nivel es de 24.5 mm, en el caso de las 11 viviendas por la sección transversal, la cual cumple con las dimensiones mínimas según la NSR-10 en las columnas, las edificaciones NO sobrepasan las derivas máximas exigidas por la normativa sismorresistente colombiana.

Esfuerzos cortantes y de flexión:

Con las combinaciones de diseño exigidas en el título A de la NSR-10, por el método de resistencia última, se evaluaron los esfuerzos de flexión y cortantes en los elementos de resistencia sísmica, para evaluar si estos sobrepasan los esfuerzos admisibles para el concreto que tiene unas propiedades mecánicas diferentes a la especificadas en el diseño estructural debido a los errores en la etapa constructiva que incidieron en la corrosión del acero de refuerzo de las viviendas.

Los esfuerzos admisibles a flexión y cortante para el concreto encontrado en las viviendas es de:

Esfuerzos admisibles por flexión Fb:

Fb = 0.45 * f'c = 0.45 * 11.26 MPa = 5.07 MPa

Esfuerzos admisibles a cortante Fv:

Fv = 0.10 * f'c = 0.10 * 11.26 MPa = 1.13 MPa

En las ilustraciones 6 y 7, se muestra un estado de esfuerzos para la envolvente de las combinaciones de carga de diseño, donde se evidencia los esfuerzos presentes en cada uno de los elementos estructurales:

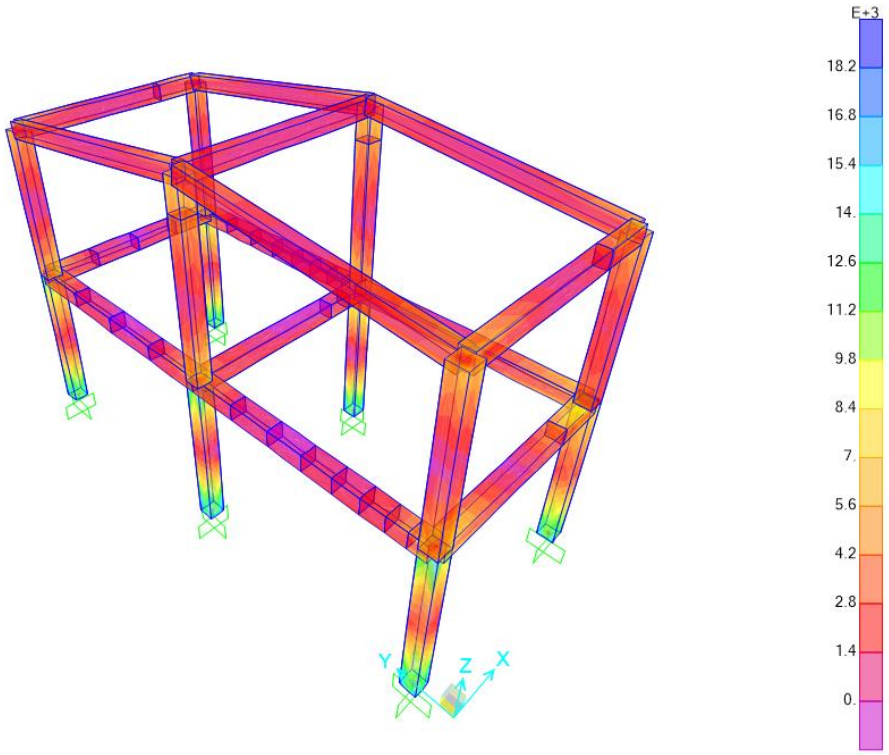


Ilustración 34. Estado de esfuerzos a flexión de la combinación de carga critica de diseño.

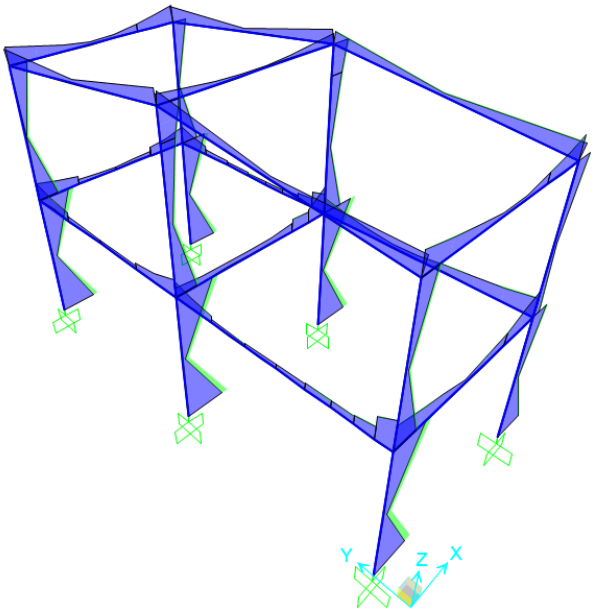


Ilustración 35. Estado de esfuerzos a cortante de la combinación de carga critica de diseño.

En la tabla 2, se discriminan los esfuerzos máximos obtenidos de la modelación matemática en todos y cada uno de los elementos de resistencia sísmica de la estructura, cada una de las vigas se identificó por nivel y por ejes, para una identificación más clara en la ilustración 8, se muestran los ejes a los cuales se hace referencia en la tabla como la identificación del elemento.

A continuación, se muestra en la parte izquierda de la tabla 1, los esfuerzos máximos presentes en la vivienda a cortante y en la parte derecha los esfuerzos máximos presentes a flexión en la vivienda tomando un promedio de las propiedades mecánicas obtenidas mediante el ensayo de esclerometría:

Esfuerzos cortantes	
Primer nivel	
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)
Columna 1-A	20.9
Columna 1-B	16.3
Columna 2-A	21.7
Columna 2-B	19.9
Columna 3-A	17.8
Columna 3-B	17.6
Viga A 1-2	10.8
Viga A 2-3	7.8
Viga B 1-2	8.6
Viga B 2-3	8.6
Viga 1 A-B	11
Viga 2 A-B	12.6
Viga 3 A-B	7.8
Segundo nivel	
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)
Columna 1-A	11.7
Columna 1-B	7.3
Columna 2-A	17.6
Columna 2-B	10.3
Columna 3-A	6.8
Columna 3-B	9.5
Viga A 1-2	6.9
Viga A 2-3	6.7
Viga B 1-2	6.2
Viga B 2-3	7.2
Viga 1 A-B	8.2
Viga 2 A-B	3.8
Viga 3 A-B	7.6

Esfuerzos a flexión	
Primer nivel	
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)
Columna 1-A	2.3
Columna 1-B	1.7
Columna 2-A	2.7
Columna 2-B	2.8
Columna 3-A	2.1
Columna 3-B	1.9
Viga A 1-2	1.8
Viga A 2-3	0.9
Viga B 1-2	0.6
Viga B 2-3	1.2
Viga 1 A-B	0.8
Viga 2 A-B	1
Viga 3 A-B	0.9
Segundo nivel	
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)
Columna 1-A	0.93
Columna 1-B	0.61
Columna 2-A	0.92
Columna 2-B	0.83
Columna 3-A	0.78
Columna 3-B	0.76
Viga A 1-2	0.47
Viga A 2-3	0.44
Viga B 1-2	0.41
Viga B 2-3	0.45
Viga 1 A-B	0.55
Viga 2 A-B	0.33
Viga 3 A-B	0.54

Tabla 20. Esfuerzos máximos a flexión y cortante en la vivienda.

ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

De acuerdo al título A de la NSR-10, numeral 10.2.2, debe clasificarse el estado del sistema estructural de la estructural de una manera cualitativa, con base en la calidad del diseño y la construcción original y su estado actual.

Calidad del diseño y la construcción de la estructura original:

Esta calificación se define en términos de la mejor tecnología existente en la época en que se construyó la edificación. Al respecto se puede utilizar información tal como: registros de interventoría la construcción y ensayos realizados especialmente para ello. Dentro de la calificación debe tenerse en cuenta el potencial de mal comportamiento de la edificación debido a distribución irregular de la masa o la rigidez, ausencia de diafragmas, anclajes, amarres y otros elementos necesarios para garantizar su buen comportamiento de ella ante las distintas solicitaciones. La calidad del diseño y la construcción de la estructura original deben calificarse como buena, regular o mala.

Estado de la estructura:

Debe hacerse una calificación del estado actual de la estructura de la edificación, basada en aspectos tales como: sismos que la puedan haber afectado, fisuración por cambios de temperatura, corrosión de las armaduras, asentamientos diferenciales, reformas, deflexiones excesivas, estado de elementos de unión y otros aspectos que permitan determinar su estado actual. El estado de la estructura existente debe calificarse como bueno, regular o malo.

Una vez realizada la evaluación cualitativa se procede a asignarle un valor de coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura “Φe” y coeficiente de reducción de resistencia por calidad del diseño y construcción de la estructura “Φc”.

De acuerdo a la tabla A.10.4-1 de la NSR-10, que se muestra a continuación:

Tabla A.10.4-1
Valores de ϕ_c y ϕ_e

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	**Regular**	**Mala**
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Tabla 21. Valores para la evaluación cualitativa de la estructura en función del diseño y estado de la construcción.

Coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura:

Φe = 0.6 (Mala)

Coeficiente de reducción de resistencia por calidad del diseño y construcción de la estructura:

Φc = 0.6 (Mala)

RESISTENCIA EFECTIVA

La resistencia efectiva **Nef** de los elementos o de la estructura en general debe evaluarse como el producto **Nex** (resistencia existente), multiplicada por los coeficientes de reducción de resistencia Φe y Φc, de acuerdo con la NSR-10, A.10.4.3.4, así:

Nef = Φe * Φc *** Nex (A.10-1).**

Con los coeficientes de reducción de resistencia se procede a realizar el cálculo de los esfuerzos admisibles a cortante y a flexión:

Esfuerzos admisibles por flexión Fb:

Fb = 0.45 * f'c = 0.45 * 11.26 MPa = 5.07 MPa * 0.6 * 0.6 = 1.82 MPa

Esfuerzos admisibles a cortante Fv:

Fv = 0.10 * f'c = 0.10 * 11.26 MPa = 1.13 MPa * 0.6 * 0.6 = 0.40 MPa

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El nivel de flexibilidad e índice de sobre esfuerzo a flexión y a cortante se calcularon en base a la modelación matemática y en función de la calidad de los diseños y calidad de la construcción, de tal manera que arrojaron los siguientes resultados:

Nivel	Caso de carga	Dirección	Máxima deriva	Deriva admisible	índice de flexibilidad
			mm	mm	
Nivel cubierta	SISMO XD	X	2.98	5	0.60
Nivel cubierta	SISMO YD	Y	0.27	5	0.05
Nivel +5.0 m	SISMO XD	X	21.69	24.5	0.89
Nivel +5.0 m	SISMO YD	Y	18.55	24.5	0.76
Nivel +2.55 m	SISMO XD	X	19.25	25.5	0.75
Nivel +2.55 m	SISMO YD	Y	17.29	25.5	0.68

Tabla 22. Nivel de flexibilidad.

Esfuerzos a flexión			
Primer nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	20.9	1.82	11.48
Columna 1-B	16.3	1.82	8.96
Columna 2-A	21.7	1.82	11.92
Columna 2-B	19.9	1.82	10.93
Columna 3-A	17.8	1.82	9.78
Columna 3-B	17.6	1.82	9.67
Viga A 1-2	10.8	1.82	5.93
Viga A 2-3	7.8	1.82	4.29
Viga B 1-2	8.6	1.82	4.73
Viga B 2-3	8.6	1.82	4.73
Viga 1 A-B	11	1.82	6.04
Viga 2 A-B	12.6	1.82	6.92
Viga 3 A-B	7.8	1.82	4.29
Segundo nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	11.7	1.82	6.43
Columna 1-B	7.3	1.82	4.01
Columna 2-A	17.6	1.82	9.67
Columna 2-B	10.3	1.82	5.66
Columna 3-A	6.8	1.82	3.74
Columna 3-B	9.5	1.82	5.22
Viga A 1-2	6.9	1.82	3.79
Viga A 2-3	6.7	1.82	3.68
Viga B 1-2	6.2	1.82	3.41
Viga B 2-3	7.2	1.82	3.96
Viga 1 A-B	8.2	1.82	4.51
Viga 2 A-B	3.8	1.82	2.09
Viga 3 A-B	7.6	1.82	4.18

Tabla 23. Índice de sobre esfuerzos a flexión.

Esfuerzos cortantes			
Primer nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	2.3	0.4	5.75
Columna 1-B	1.7	0.4	4.25
Columna 2-A	2.7	0.4	6.75
Columna 2-B	2.8	0.4	7
Columna 3-A	2.1	0.4	5.25
Columna 3-B	1.9	0.4	4.75
Viga A 1-2	1.8	0.4	4.5
Viga A 2-3	0.9	0.4	2.25
Viga B 1-2	0.6	0.4	1.5
Viga B 2-3	1.2	0.4	3
Viga 1 A-B	0.8	0.4	2
Viga 2 A-B	1	0.4	2.5
Viga 3 A-B	0.9	0.4	2.25
Segundo nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	0.93	0.4	2.33
Columna 1-B	0.61	0.4	1.53
Columna 2-A	0.92	0.4	2.30
Columna 2-B	0.83	0.4	2.08
Columna 3-A	0.78	0.4	1.95
Columna 3-B	0.76	0.4	1.90
Viga A 1-2	0.47	0.4	1.18
Viga A 2-3	0.44	0.4	1.10
Viga B 1-2	0.41	0.4	1.03
Viga B 2-3	0.45	0.4	1.13
Viga 1 A-B	0.55	0.4	1.38
Viga 2 A-B	0.33	0.4	0.83
Viga 3 A-B	0.54	0.4	1.35

Tabla 24. Índice de sobre esfuerzos a cortante.

En la tabla 4, se discriminan los valores de flexibilidad que la edificación tiene como resultado de la modelación matemática, debido a que cumple las viviendas tienen una sección transversal en sus columnas que cumple con lo mínimo exigido por la NSR-10, las casas NO tienen índices de flexibilidad superiores a 1, indicando que la rigidez lateral de la edificación es adecuada.

En la tabla 5 y 6, se ilustran los índices de sobre esfuerzo a flexión y cortante respectivamente, en función de los ejes de la estructura, para facilitar la interpretación, los ejes tomados y que se enuncian en las tablas anteriores corresponden a los mostrados en la ilustración 8, que se muestra a continuación:

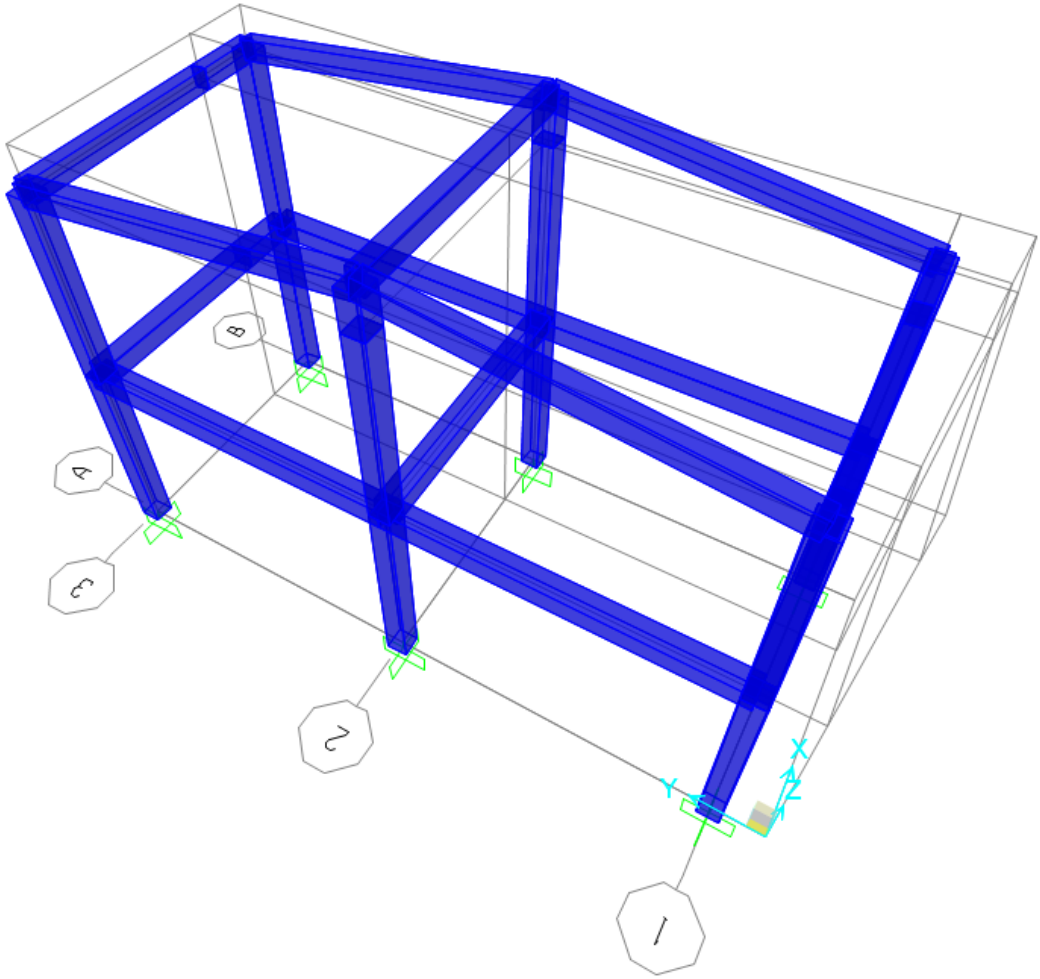


Ilustración 36. Ejes tomados para la vivienda.

El resultado dice que en TODOS los elementos de resistencia sísmica se sobrepasa en valor de los esfuerzos admisibles para la condición más crítica analizada en la modelación por elementos finitos a flexión y cortante, la condición más crítica analizada es en la ocurrencia de un sismo con una aceleración espectral establecida por la NSR-10 generando un riesgo de colapso ante la ocurrencia del sismo de diseño.

9. ANÁLISIS DE RIEGOS ESTRUCTURALES

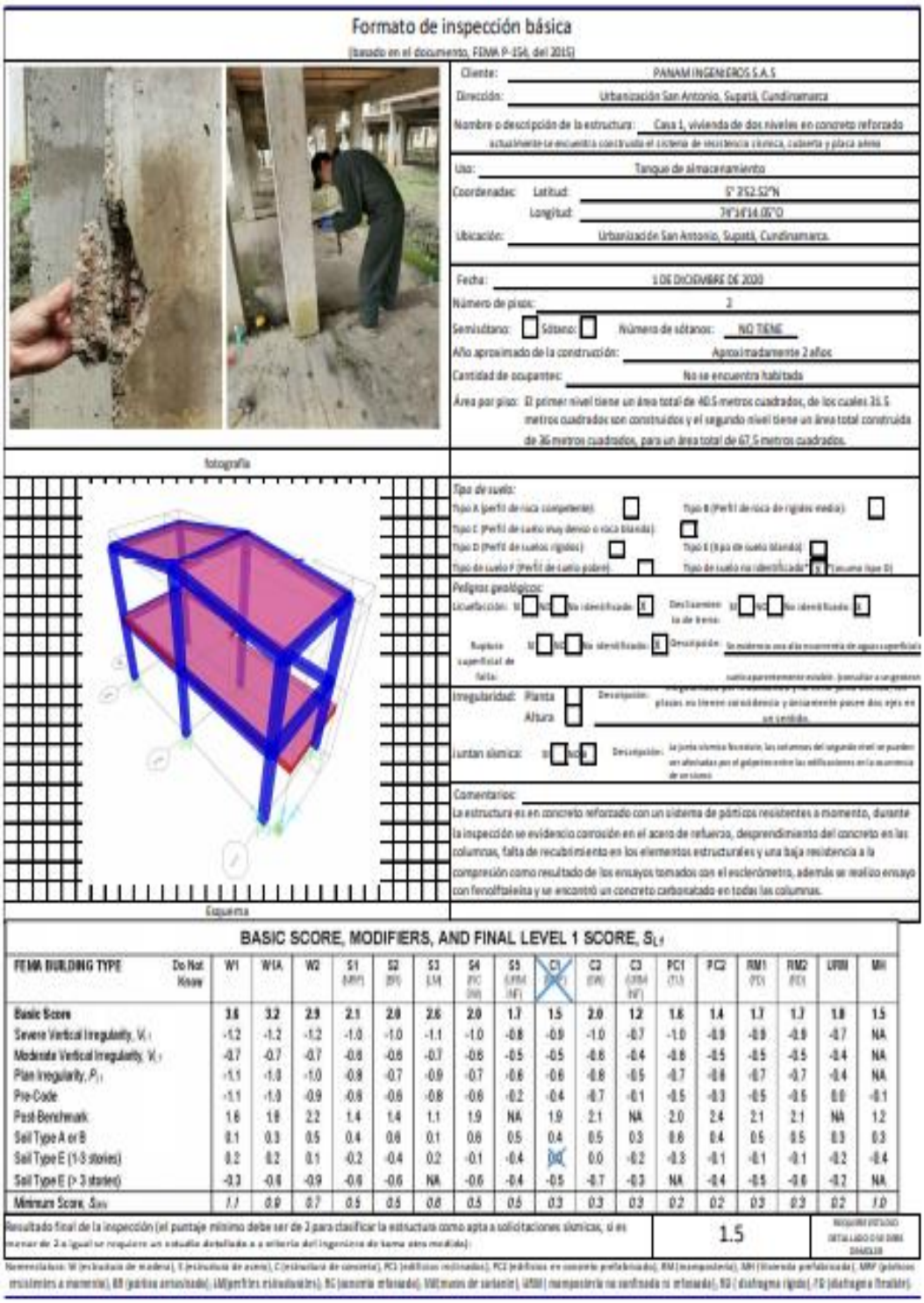
Para analizar los riegos estructurales de las 11 viviendas contempladas dentro de la investigación del TPI, se realizó una inspección básica basada en el documento "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook", tercera edición del año 2015. (FEMA P -154), donde mediante la visita de campo se elaboró un formato para determinar, si es necesario realizar un estudio detallado de la estructura, el formato está basado en el documento antes relacionado, esta metodología permite establecer a partir de unos criterios de calificación, predefinidos que tan vulnerable es ante un evento sísmico una estructura, el resultado de dicha evaluación se determina por un puntaje mínimo de 1.5, si la estructura analizada obtiene una calificación inferior se debe proceder a realizar un estudio detallado donde se evalué los índices de sobreesfuerzo y flexibilidad que la estructura, para así determinar qué tipo de reforzamiento debe realizarse o si definitivamente la edificación o estructura debe demolerse.

Para todas las onces (11) viviendas analizadas de las urbanización San Antonio, fue necesaria la evaluación detalladas de los índices de flexibilidad y sobresfuerzo, como se puede apreciar en las ilustraciones de la 17 a las 28, donde se clasifico a las viviendas con una estructura de pórticos resistentes a momento "C1", la estructura no presenta irregularidad ni en altura ni en planta, el tipo de suelo no es identificado dado que no se cuenta con un estudio de suelos detallado para la zona, por lo tanto se clasifica como un tipo de suelo "D", por ser una edificación construida hace menos de diez (10) años, no tiene

castigo por ser diseñada con un código de diseño desactualizado, además presenta un regular estado de su construcción, como se evidencio en el capítulo de inspección visual, por medio de la cual se encontraron patologías que pueden afectar el correcto funcionamiento de las casas, ante un evento sísmico y una posible ocurrencia de corrosión en el acero de refuerzo.

Debido a la anterior clasificación se determinó que la estructura presenta debe ser analizada mediante una modelación matemática donde se evalúen los esfuerzos causados ante las solicitaciones a las cuales va a estar expuesta durante su vida útil, considerando la condición de tanque lleno y tanque vacío, para estados de servicio de resistencia, evento extremo y servicio, se procede entonces a realizar un análisis detallado, por medio un software de elemento s finito SAP-2000, para analizar el estado de esfuerzos cortantes y de flexión generados en el sistema de resistencia sísmica y así determinar el nivel de sobresfuerzo al que se presume estaría exigida la estructural bajo las condiciones más críticas, como lo es un sismo.

A continuación, se muestra en las ilustraciones de la 9 a la 11, el formato de inspección rápida realizado para la estructura en estudio, únicamente para las viviendas 1, 2 y 3, basado FEMA P -154:



Formato de inspección básica

(basado en el documento, FEMA P-154, del 2015)

Cliente: PANAM INGENIEROS S.A.S

Dirección: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca

Nombre o descripción de la estructura: Casa 1, vivienda de dos niveles en concreto reforzado

actualmente se encuentra construida el sistema de resistencia cimenta, cubierta y placa aérea

Uso: Tanque de almacenamiento

Coordenadas: Latitud: 5° 2'52.52"N

Longitud: 74°34'14.05"O

Ubicación: Urbanización San Antonio, Supatá, Cundinamarca.

Fecha: 1 DE DICIEMBRE DE 2020

Número de pisos: 2

Semisótano: ☐ Sótano: ☐ Número de sótanos: NO TIENE

Año aproximado de la construcción: Aproximadamente 2 años

Cantidad de ocupantes: No se encuentra habitada

Área por piso: El primer nivel tiene un área total de 40.5 metros cuadrados, de los cuales 31.5 metros cuadrados son construidos y el segundo nivel tiene un área total construida de 36 metros cuadrados, para un área total de 67.5 metros cuadrados.

fotografía

Esquema

Tipo de suelo:

Tipo A (perfil de roca competente) ☐ Tipo B (Perfil de roca de rigidez media) ☐

Tipo C (Perfil de suelo muy denso o roca blanda) ☐

Tipo D (Perfil de suelos rígidos) ☐ Tipo E (tipo de suelo blando) ☐

Tipo de suelo F (Perfil de suelo pobre) ☐ Tipo de suelo no identificado? ☒ (asumo tipo D)

Peligros geológicos:

Licuefacción: SI ☐ NO ☐ No identificado ☒ Deslizamiento de tierra: SI ☐ NO ☐ No identificado ☒

Ruptura superficial de falla: SI ☐ NO ☐ No identificado ☒ Descripción: la existencia una alta ocurrencia de aguas superficiales cuerpo aparentemente estable (consultar a urgentemente

Irregularidad: Planta ☐ Altura ☐ Descripción: [illegible] placas no tienen coincidencia y únicamente poseen dos ejes en un sentido.

Juntas sísmicas: SI ☐ NO ☒ Descripción: La junta sísmica funciona, las columnas del segundo nivel se pueden ver afectadas por el golpeteo entre las edificaciones en la ocurrencia de un sismo.

Comentarios:

La estructura es en concreto reforzado con un sistema de pórticos resistentes a momento, durante la inspección se evidencio corrosión en el acero de refuerzo, desprendimiento del concreto en las columnas, falta de recubrimiento en los elementos estructurales y una baja resistencia a la compresión como resultado de los ensayos tomados con el esclerómetro, además se realizo ensayo con fenolftaleína y se encontró un concreto carbonatado en todas las columnas.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE (Do Not Know)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (SMRF)	C2 (IW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (FD)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V_{1}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{2}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.5	-0.5	-0.8	-0.4	-0.8	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark	1.6	1.8	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	[illegible]	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

Resultado final de la inspección (el puntaje mínimo debe ser de 2 para clasificar la estructura como apta a solicitaciones sísmicas, si es menor de 2 o igual se requiere un estudio detallado a criterio del ingeniero de turno otra medida): 1.5

Nomenclatura: W (estructura de madera), S (estructura de acero), C (estructural de concreto), PC1 (edificios reclinados), PC2 (edificios en concreto prefabricado), RM (mampostería), MH (Vivienda prefabricada), URM (edificios ensamblers a momento), BR (pórtico arriostrado), LM(portiers estabilizadores), RC (concreto reforzado), URMmuros de carbonio), URM (mampostería no confinada ni reforzada), ND (diafragma rígido), FD (diafragma flexible).

Ilustración 37. Formato de inspección rápida Casa 1.

Debido a los resultados obtenidos es necesario realizar un estudio detallado de vulnerabilidad de las edificaciones estudiadas, para detectar el riegos sísmico real de las viviendas, adicionalmente se evidencio un riesgo por golpeteo, hormigueo con presencia de elementos extraños y errores de diseño que se describe a continuación:

Ausencia de junta sísmica:

Debido a que las edificaciones no presentan junta sísmica, y las placas de entrepiso no tienen coincidencia, durante la ocurrencia de un evento las casas pueden golpearse entre sí y terminar afectando gravemente las casas adyacentes, derivando en daños estructurales severos o el desprendimiento de los elementos no estructurales, a continuación, se ilustra la no coincidencia de las losas de entrepiso y los efectos producto de esta patología:



Ilustración 38. No coincidencia de losas de entrepiso.



Ilustración 39. Efecto del golpeteo en edificaciones.

Hormigueo y presencia de elementos extraños:

En los elementos estructurales se evidencio, elementos extraños en las columnas y hormigoneros, patología que disminuye le núcleo resistente ocasionando una superficie de falla en el concreto reforzado ante solicitaciones extremas como un evento sísmico.



Ilustración 40. Hormigueo reparado en el concreto reforzado.

En la ilustración 14, se observa una reparación a un hormigueo presente en el concreto reforzado, sin embargo, esta reparación se realizó con un mortero pobre, el cual al pasarle la mano se desborona, evidenciando la baja calidad del material empleado.



Ilustración 41. Elementos extraños embebidos en el concreto.



Ilustración 42. Elementos extraños embebidos en el concreto.



Ilustración 43. Elementos extraños embebidos en el concreto.



Ilustración 44. Hormigueo en casa modelo.

Basándose en los resultados de las memorias de cálculo y planos de diseño del “Estudio estructural análisis y diseño memoria de cálculo” para el contrato “CONTRATO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE

LA URBANIZACIÓN SAN ANTONIO DE LA ZONA URBANA EN EL MUNICIPIO DE SUPATÁ”, elaborado por el Ing. Carlos Pastran Beltrán y presentado en enero del 2015, se concluye que este tiene los siguientes errores, omisiones y/o cambios con respecto a lo construido:

1. En la memoria de cálculo se diseño una estructura con columnas de 15x60 cm, lo anterior difiere de lo construido en campo que son columnas cuadradas de 25x25, como evidencia de lo anterior a continuación se presenta la vista en 3D, del modelo matemático elaborado para el diseño estructural de la vivienda.

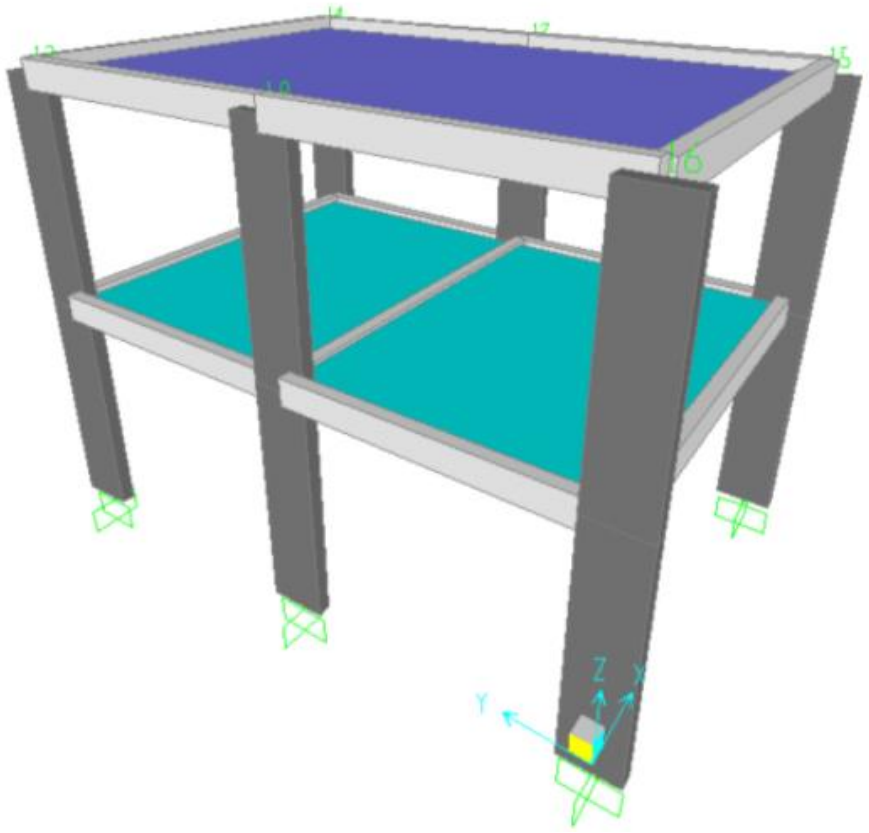
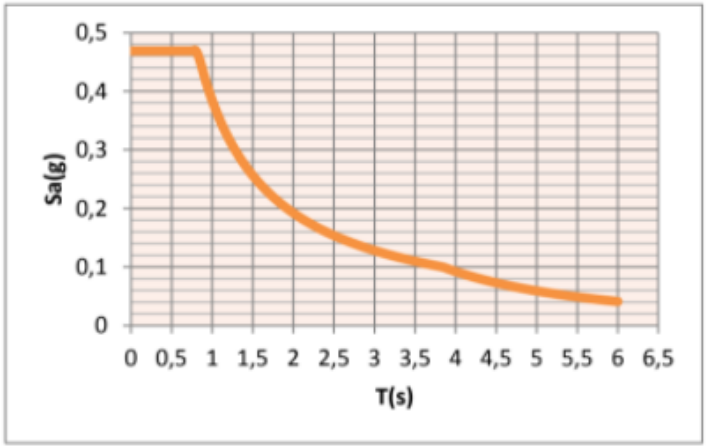


Ilustración 45. Vista del modelo 3D de la memoria de cálculo, Pastran C. (2015).

Errores de diseño

Los parámetros sísmicos presentado en la memoria de cálculo no coinciden con los parámetros mínimos dados por NSR-10 en el titulo A, para la construcción del espectro de diseño, lo que conlleva a tener una diferencia entre las aceleraciones máximas esperadas y por ende un cambio en el cortante basal que la estructura en función del tipo de suelo en la que va a estar construida puede tener durante un vento sísmico, a continuación se muestran dos ilustraciones, la ilustración 21 indica los parámetros tomados para el diseño estructural y la ilustración 22 indica los parámetros que se debieron tomar para el cálculo de la aceleración esperada en el sitio de construcción:



Para determinar las solicitaciones por sismo se realizó un análisis modal espectral; el espectro utilizado se puede apreciar en la Figura 3.

Tabla 3. Coeficientes y curva de diseño
Coef. de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos (Fa): 1.25
Coef. de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios Fv : 1.60
Período corto de umbral de daño (Tc): 0.82
Período largo de umbral de daño (TL) : 3.84
Aceleración horizontal pico efectiva del terreno para umbral de daño en superficie (Ao): 0.17

COEFICIENTE DE IMPORTANCIA
Grupo: I
I = 1

Ilustración 46. Espectro tomado de la memoria de cálculo, Pastran C. (2015).

Espectro de diseño	
Zona de Amenaza Sísmica=	INTERMEDIA
Coef. de acel. pico efectiva, Aa=	0.15
Coef. de acel. pico efectiva, Av=	0.2
Grupo de uso=	I
Tipo de suelo =	D
Coef. Periodos cortos, Fa=	1.5
Coef. Periodos intermedios, Fv=	2
Coef. de Importancia, I=	1
Coef. de amort. Crítico=	0.05
Período inicial, To=	0.177777778
Período corto, Tc=	0.853333333
Período largo, T_L=	4.8
Máx. acel. en el espectro=	0.56250

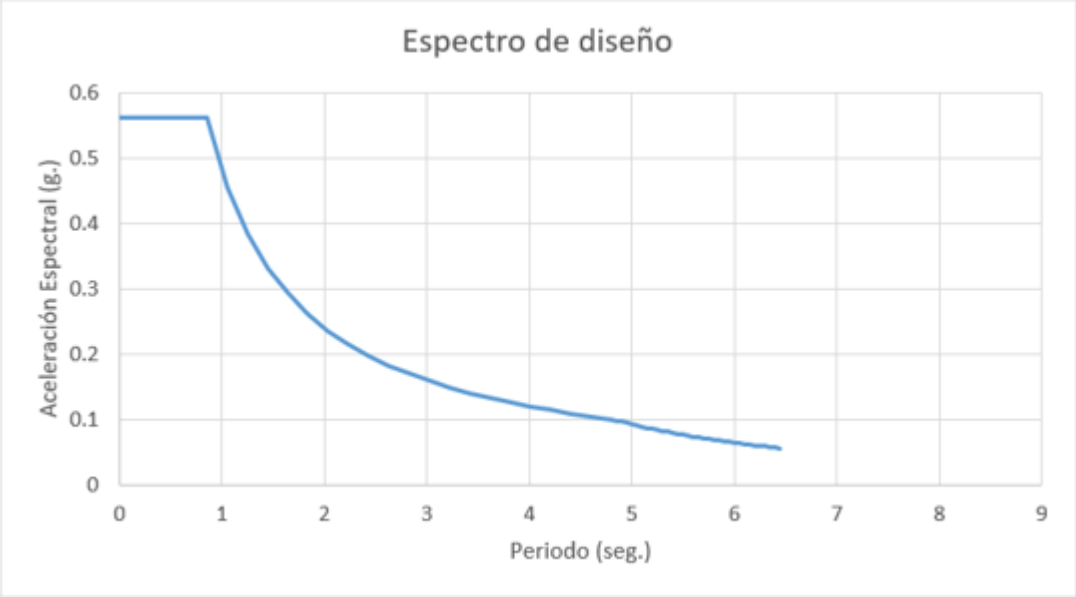


Ilustración 47. Espectro elaborado para el presente informe.

Del análisis de las ilustraciones 21 y 22, se puede ver que la aceleración tomada para el diseño es de 0.46875g y la encontrada en función del tipo de suelo para el presente informe es de 0.5625g, lo cual afecta los resultados finales del análisis y diseño estructural.

2. El cálculo del coeficiente de reducción de energía "R", no tiene en cuenta la reducción por la irregularidad presente de ausencia de redundancia en el sistema estructural, en la memoria de cálculo se toma un valor de φr = 1, cuando debido a la falta de redundancia del sistema estructural este coeficiente debe ser de φr = 0.75 y el resultado final del "R" es de 3.75 y no de 1 como se calculó en la memoria estructural, lo cual conduce a cambio en el análisis y diseño estructural presentado, debido a que la fuerza sísmica será mayor a la tomada para el modelo matemático.

$$\mathbf{R = Ro * \varphi_r * \varphi_a * \varphi_p = 3.75}$$

E = fuerzas sísmicas reducidas de diseño
Fx = fuerzas sísmicas horizontales
R = coeficiente de capacidad de disipación

Φ_p = grado de irregularidad en altura
Φ_a = grado de irregularidad en altura
Φr = coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia.

- Capacidad moderada de disipación de energía[6]: DMO, Ro = 5
- Grado de irregularidad en planta[7]:
- La estructura no presenta ningún tipo de irregularidad ϕp = 1.0
- Grado de irregularidad en altura[8]:
- La estructura no presenta ningún tipo de irregularidad ϕa = 1.0

Valor del factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia en el sistema estructural de resistencia sísmica, ϕr = 1.0

Ilustración 48. Cálculo de "R" tomado de la memoria de cálculo, Pastran C. (2015).

3. En las memorias de cálculo estructural, se evidencia en los datos de entrada del modelo matemático, vigas de 15 cm en su base y 30 cm de altura, lo cual incumple el titulo c de la NSR-10, C.21, en donde se indica que para una estructura con un sistema de disipación de energía mínima la base mínima de una viga es de 20 cm, como evidencia de lo anterior se adjunta el cuadro de los elementos FRAME modelados:

TABLE: Frame Section Assignments					
Frame	SectionType	AutoSelect	AnalSect	DesignSect	MatProp
Text	Text	Text	Text	Text	Text
1	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
2	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
3	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
4	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
5	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
6	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
7	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
8	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
9	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
10	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
11	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
12	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
13	Rectangular	N.A.	V15X30	V15X30	Default
14	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
15	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
16	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
22	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
23	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
24	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
25	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
26	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
27	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
28	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
29	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default
30	Rectangular	N.A.	C15X60	C15X60	Default

Tabla 25. Elementos FRAME utilizados en la modelación matemática tomado de la memoria de cálculo, Pastran C. (2015).

Como se muestra en la ilustración 24, se ven diferencias entre los planos (plano 2/3) y memorias de cálculo.

4. En los planos del diseño estructural NO se muestra un despiece de las columnas.

5. El recubrimiento que se muestra en los despieces del plano 2/3, para las vigas de sección transversal 15x30, es inferior al mínimo requerido por la NSR-10, que es de 4 cm y en los planos figura de apenas 3 cm, como se evidencia a continuación:

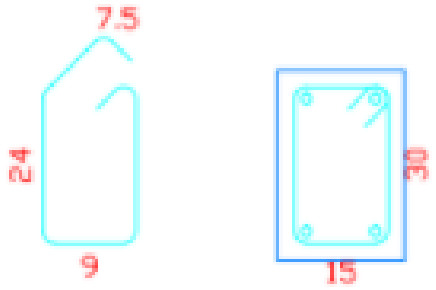


Ilustración 49. Recubrimiento en vigas tomado de la memoria del plano 2/3, Pastran C. (2015).

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se determinó la resistencia a compresión promedio en los elementos de resistencia sísmica que conforman la estructura de 11 viviendas, ubicadas en la urbanización San Antonio, con un resultado de 11.26 MPa, por medio del ensayo de esclerómetro.

Con el ensayo de Ferroscan, se determinó un refuerzo transversal y longitudinal en cada una las columnas y vigas de las viviendas y se encontró que tanto las columnas como las vigas tienen un refuerzo trasversal con estribos N°3, ubicados cada 20 cm y un refuerzo longitudinal con acero corrugado diámetro nominal N°4, en cada una de las esquinas de la sección transversal de los elementos estructurales anteriormente nombrados.

El recubrimiento del acero de refuerzo utilizado como protección para evitar la corrosión en el acero de refuerzo para vigas y columnas que no estén en contacto permanente con el subsuelo debe ser de mínimo 4 cm, sin embargo por los hallazgos realizados, se estableció que el recubrimiento se encontraba de entre 1 a 0.8 cm en 10 de las 11 viviendas analizadas, solo en la vivienda número 9, se halló un recubrimiento de aproximadamente 3 cm, es decir NINGUNA de las viviendas cumple con el requisito mínimo exigido por la NSR-10.

El ensayo de carbonatación en el concreto por medio de fenolftaleína dio como resultado que el frente de carbonatación en 10 de las 11 viviendas analizadas se encuentra con una profundidad que llega al núcleo de confinamiento de la sección transversal de las columnas, la única vivienda que presenta un frente de carbonatación fuera del núcleo de confinamiento es la vivienda N°9, la cual tiene mayor capa de recubrimiento, evidenciando que la patología que afecta a las viviendas es la corrosión por poca permeabilidad del concreto fundido en obra, indicador de poca calidad en la mezcla de concreto, lo cual está asociado a mezclas con

poca relación de Agua / material cementante y/o diseño inapropiado de la mezcla y recubrimientos inferiores a las especificados en la NSR-10.

La sección transversal de las columnas cumple con los requisitos mínimos exigidos en el titulo C de la NSR-10, así mismo las columnas cumplen con la cuantía exigida para el diseño estructural del refuerzo longitudinal, sin embrago en cuanto al refuerzo transversal, la separación en la zona confinada debe ser de inferior o igual de 15 cm, como se observa en la ilustración 39, debido a que por el nivel de amenaza sísmica la edificación debe diseñarse un grado de disipación de energía moderado, los requisitos anteriormente nombrados se basan en el título C, sección C.21.3.5.6 de la NSR-10.

La sección transversal de las vigas cumple con los requisitos mínimos exigidos en el titulo C de la NSR-10, pero únicamente en las vigas el primer nivel, dado que en las columnas del segundo nivel la base de los elementos estructurales es de 18 cm y lo exigido como mínimo por la NSR-10 es de 20 cm. Además, las vigas cumplen con la cuantía exigida para el diseño estructural del refuerzo longitudinal, sin embrago en cuanto al refuerzo transversal, la separación en la zona confinada debe ser de inferior o igual a d/4, como se observa en la ilustración 40, debido a que por el nivel de amenaza sísmica la edificación debe diseñarse un grado de disipación de energía moderado, siendo "d" la distancia medida desde la fibra superior de la viga hasta el centroide de los refuerzos inferiores, por lo tanto esta medida da como resultado 10 cm se separación, en los hallazgos de las 11 casas analizadas se encontró que en todas las columnas la separación de los flejes en vigas esta al doble de la distancia (20 cm) mínima exigida por los requisitos del título C, sección C.21.3.5.6 de la NSR-10.

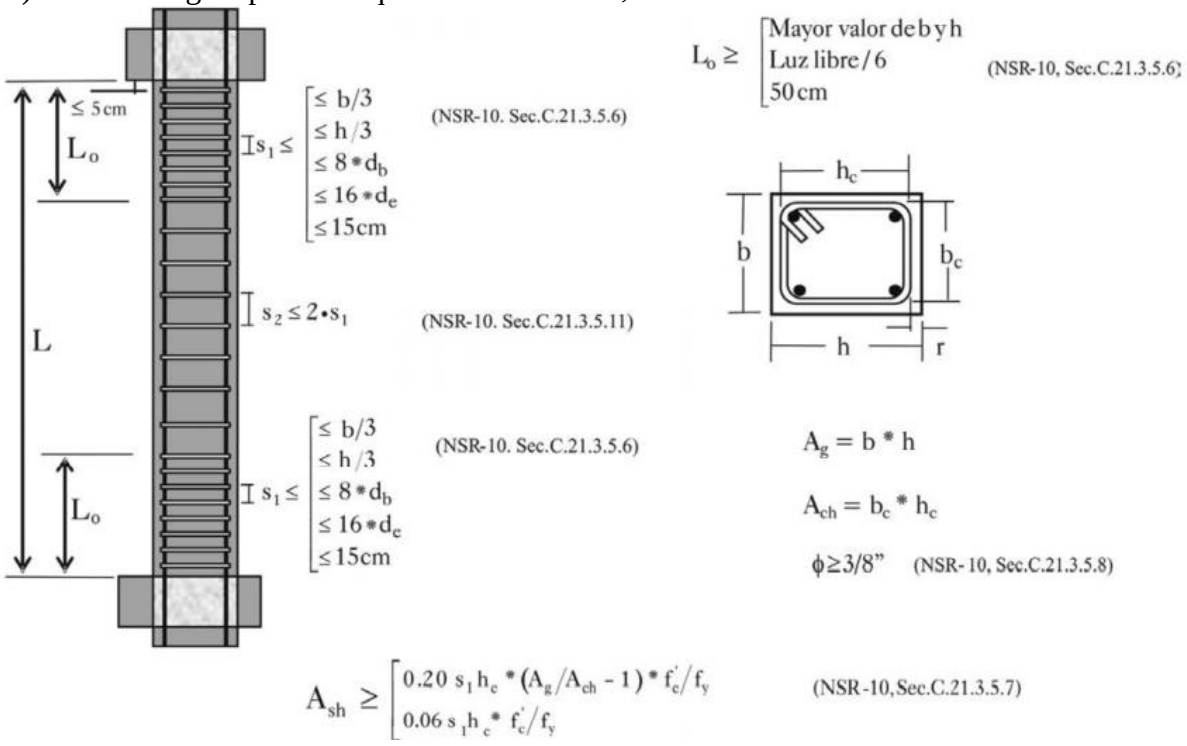


Ilustración 50. Requisitos de separación del refuerzo transversal en columnas DMO.

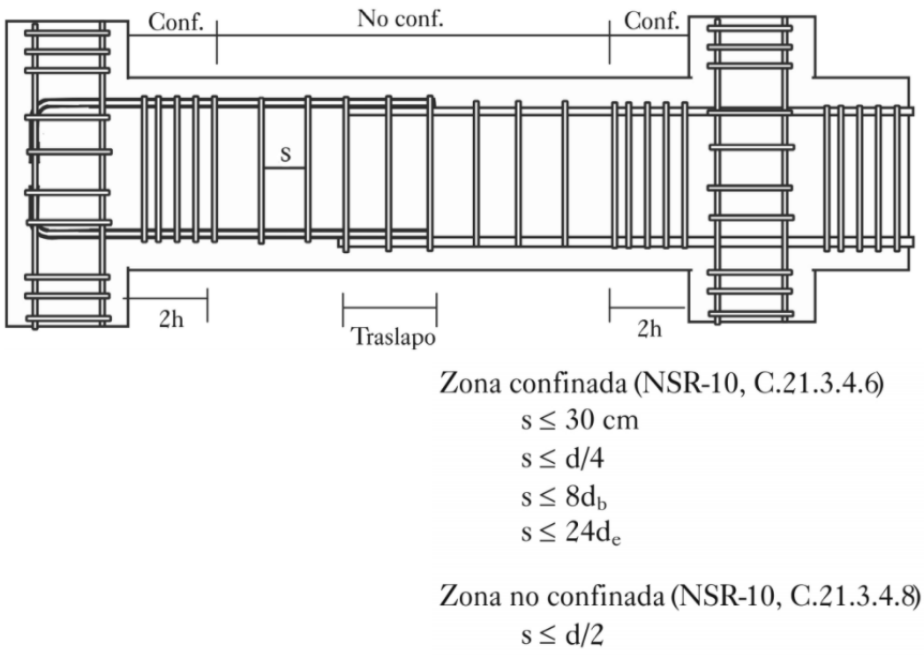


Ilustración 51. Requisitos de separación del refuerzo transversal en vigas DMO.

De acuerdo a los hallazgos por medio de la inspección y los ensayos se determinó:

Las fisuras presentadas en la estructura son superiores a lo mínimos admisibles según el ACI 224R-01.

El recubrimiento NO cumple con el mínimo exigido por la NSR-10, que es de 4 cm y en las estructuras se encuentra en 10 de las 11 viviendas analizadas entre 1 a 0.8 cm, solo una tiene un recubrimiento mayor, sin embrago es de 3 cm y no cumple con el mínimo exigido.

La resistencia a la compresión que se obtuvo arrojo como resultado 11.26 MPa, la cual es inferior a lo exigido en la NSR-10, C.21, que es de 21 MPa como mínimo para estructuras de uso residencial.

Por medio de la inspección rápida se obtuvo una puntuación de 1.5, según (FEMA, 2015), haciendo necesario un análisis detallado, por tanto, se elaboró una modelación matemática donde se pretende establecer el nivel de flexibilidad e índice de sobre esfuerzo a flexión y a cortante que la vivienda tiene, cuyos resultados en cuanto al nivel de sobre esfuerzos una vez calculada la capacidad de la estructura actual en función de la calidad de los diseños y calidad de la construcción, son los siguientes:

Nivel	Caso de carga	Dirección	Máxima deriva	Deriva admisible	índice de flexibilidad
			mm	mm	
Nivel cubierta	SISMO XD	X	2.98	5	0.60
Nivel cubierta	SISMO YD	Y	0.27	5	0.05
Nivel +5.0 m	SISMO XD	X	21.69	24.5	0.89
Nivel +5.0 m	SISMO YD	Y	18.55	24.5	0.76
Nivel +2.55 m	SISMO XD	X	19.25	25.5	0.75
Nivel +2.55 m	SISMO YD	Y	17.29	25.5	0.68

Tabla 26. Nivel de flexibilidad.

Esfuerzos a flexión			
Primer nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	20.9	1.82	11.48
Columna 1-B	16.3	1.82	8.96
Columna 2-A	21.7	1.82	11.92
Columna 2-B	19.9	1.82	10.93
Columna 3-A	17.8	1.82	9.78
Columna 3-B	17.6	1.82	9.67
Viga A 1-2	10.8	1.82	5.93
Viga A 2-3	7.8	1.82	4.29
Viga B 1-2	8.6	1.82	4.73
Viga B 2-3	8.6	1.82	4.73
Viga 1 A-B	11	1.82	6.04
Viga 2 A-B	12.6	1.82	6.92
Viga 3 A-B	7.8	1.82	4.29
Segundo nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	11.7	1.82	6.43
Columna 1-B	7.3	1.82	4.01
Columna 2-A	17.6	1.82	9.67
Columna 2-B	10.3	1.82	5.66
Columna 3-A	6.8	1.82	3.74
Columna 3-B	9.5	1.82	5.22
Viga A 1-2	6.9	1.82	3.79
Viga A 2-3	6.7	1.82	3.68
Viga B 1-2	6.2	1.82	3.41
Viga B 2-3	7.2	1.82	3.96
Viga 1 A-B	8.2	1.82	4.51
Viga 2 A-B	3.8	1.82	2.09
Viga 3 A-B	7.6	1.82	4.18

Tabla 27. Índice de sobre esfuerzos a flexión.

Esfuerzos cortantes			
Primer nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	2.3	0.4	5.75
Columna 1-B	1.7	0.4	4.25
Columna 2-A	2.7	0.4	6.75
Columna 2-B	2.8	0.4	7
Columna 3-A	2.1	0.4	5.25
Columna 3-B	1.9	0.4	4.75
Viga A 1-2	1.8	0.4	4.5
Viga A 2-3	0.9	0.4	2.25
Viga B 1-2	0.6	0.4	1.5
Viga B 2-3	1.2	0.4	3
Viga 1 A-B	0.8	0.4	2
Viga 2 A-B	1	0.4	2.5
Viga 3 A-B	0.9	0.4	2.25
Segundo nivel			
Elemento	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo admisible (MPa)	Índice de sobreesfuerzo
Columna 1-A	0.93	0.4	2.33
Columna 1-B	0.61	0.4	1.53
Columna 2-A	0.92	0.4	2.30
Columna 2-B	0.83	0.4	2.08
Columna 3-A	0.78	0.4	1.95
Columna 3-B	0.76	0.4	1.90
Viga A 1-2	0.47	0.4	1.18
Viga A 2-3	0.44	0.4	1.10
Viga B 1-2	0.41	0.4	1.03
Viga B 2-3	0.45	0.4	1.13
Viga 1 A-B	0.55	0.4	1.38
Viga 2 A-B	0.33	0.4	0.83
Viga 3 A-B	0.54	0.4	1.35

Tabla 28. Índice de sobre esfuerzos a cortante.

En la tabla 9, se discriminan los valores de flexibilidad que la edificación tiene como resultado de la modelación matemática, debido a que cumple las viviendas tienen una sección

transversal en sus columnas que cumple con lo mínimo exigido por la NSR-10, las casas NO tienen índices de flexibilidad superiores a 1, indicando que la rigidez lateral de la edificación es adecuada.

En la tabla 10 y 11, se ilustran los índices de sobre esfuerzo a flexión y cortante respectivamente, en función de los ejes de la estructura, para facilitar la interpretación, los ejes tomados y que se enuncian en las tablas anteriores corresponden a los mostrados en la ilustración 41, que se muestra a continuación:

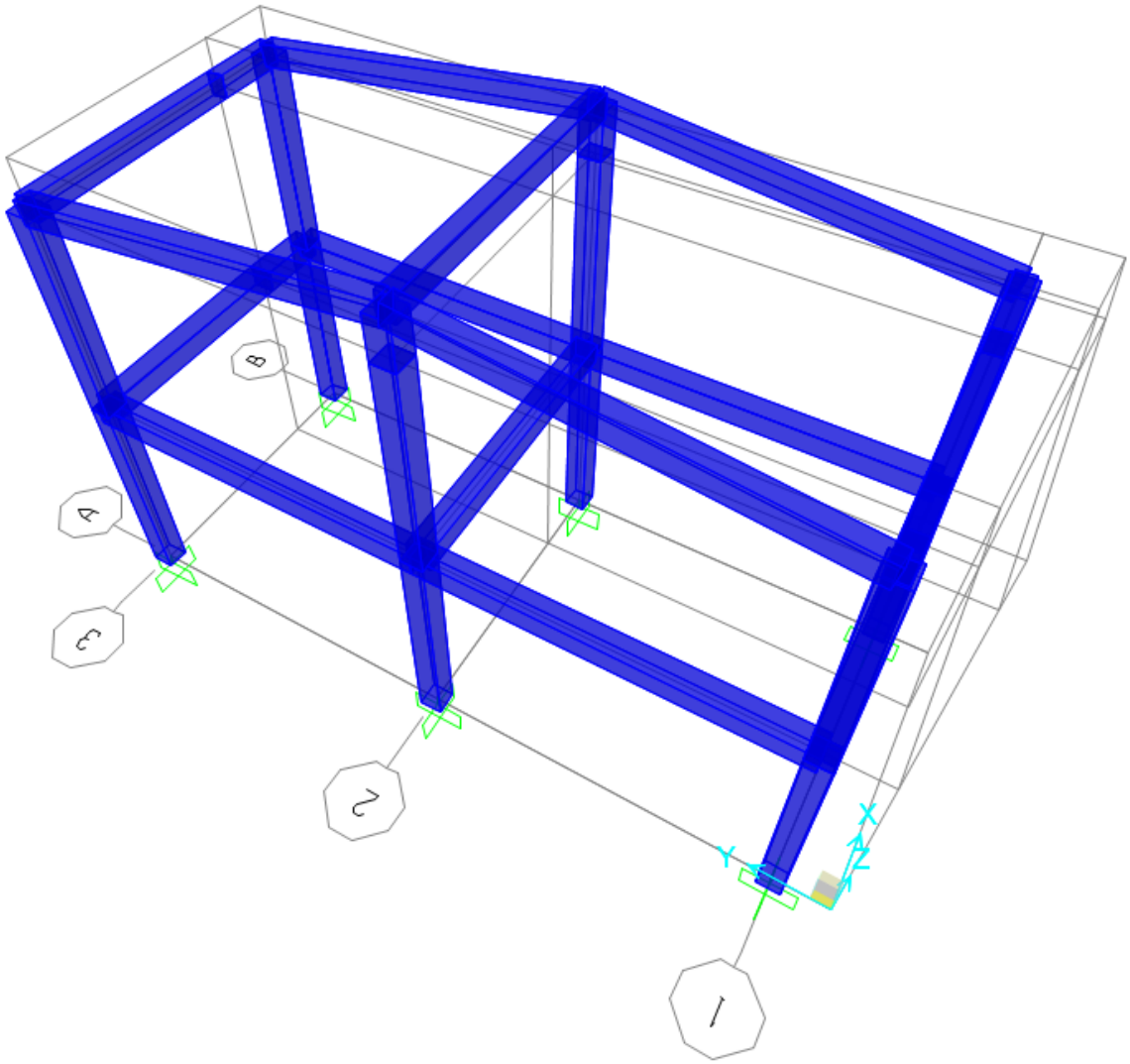


Ilustración 52. Ejes tomados para la vivienda.

Una vez calculados los esfuerzos máximos en cada una de las paredes laterales del tanque, se procede a calcular los índices de sobresfuerzo tanto a flexión como a cortante en función

de los admisibles encontrados en el numeral 11, el resultado dice que en TODOS los elementos de resistencia sísmica se sobrepasa en valor de los esfuerzos admisibles para la condición más crítica analizada en la modelación por elementos finitos a flexión y cortante, la condición más crítica analizada es en la ocurrencia de un sismo con una aceleración espectral establecida por la NSR-10 y que se calculó en el numeral 8 del presente documento.

En cuando a la junta sísmica que no está presente en las viviendas y puede generar la patología de golpeteo en edificaciones, se calculó los desplazamientos máximos de la vivienda teniendo en cuenta las propiedades mecánicas encontradas en campo como se muestra en la tabla 12.

Nivel	Caso de carga	Dirección	Máximo desplazamiento
			mm
Nivel +5.0 m	SISMO XD	X	40.936
Nivel +2.55 m	SISMO XD	X	19.251
Nivel +5.0 m	SISMO YD	Y	35.774
Nivel +2.55 m	SISMO YD	Y	17.288

Tabla 29. Desplazamientos máximos de la vivienda.

Se concluye entonces que la junta entre cada una de las edificaciones, debido a la no coincidencia de las losas de entrepiso debería ser de mínimo 9 cm entre casas, para evitar el colapso de los elementos no estructurales o golpes en zonas de altos esfuerzos cortantes que induzcan a ala falla de las columnas en edificaciones vecinas.

11. PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Basándose en los hallazgos encontrados a partir de los ensayos y análisis realizados se concluyo que la mejor alternativa de solución es realizar un reforzamiento estructural por medio de encamisado de columnas y recalce de la cimentación, el cual tiene un costo aproximado de sesenta y nueve millones novecientos dos mil novecientos pesos m/cte ($69.902.900.oo) por vivienda para garantizar el correcto funcionamiento ante un evento sísmico y mitigar las patologías por el medio en que se encuentra rodeada la estructura para garantizar así la vida útil de la estructura.

COSTO DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL POR VIVIENDA SUPATA

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA UNA VIVIENDA DE LA URBANIZACIÓN SAN ANTONIO

ID	DESCRIPCIÓN	UNID	Cantidad		
1	**PRELIMINARES Y DEMOLICIÓN**				**3,722,400**
1.1	LOCALIZACIÓN y REPLANTEO				500,000
1.1.1	Localización y Replanteo	Gl	0.50	1,000,000.00	500,000.00
1.2	DEMOLICIONES				3,222,400
1.2.1	Demolición placa de contrapiso en concreto (incluye cargue y transporte)	m2	27.20	40,000.00	1,088,000.00
1.2.2	Corte placa en concreto	ml	92.80	23,000.00	2,134,400.00
2	**CIMENTACIÓN**				**10,555,292**
2.1	PRELIMINARES DE CIMENTACIÓN				8,126,000
2.1.1	Escarificación Recubrimiento Vigas de Cimentación	m2	20.88	35,000.00	730,800.00
2.1.2	Anclajes de Ø 3/4" L=30cm, incluye perforación e inyección de epóxico	Und	24.00	80,000.00	1,920,000.00
2.1.3	Tratamiento superficial con epóxico para recalce	m2	20.88	40,000.00	835,200.00
2.1.4	Tratamiento superficial con epóxico anticorrosivo	mL	92.80	50,000.00	4,640,000.00
2.2	EXCAVACIÓN y RELLENOS				314,592
2.2.1	Excavación a mano zapatas, vigas, cimientos (incluye cargue y retiro a botadero)	m3	4.64	47,000.00	218,080.00
2.2.2	Rellenos en material común	m3	1.86	52,000.00	96,512.00
2.3	ACERO DE REFUERZO				1,365,600
2.3.1	Suministro, Figuración, Manejo Acero PDR-60 Vigas Cimentación	kg	92.80	8,000.00	742,400.00
2,3,2	Suministro, Figuración, Manejo Acero PDR-60 Vigas Cimentación Flejes	Kg	77.90	8,000.00	623,200.00
2.4	CONCRETOS CIMENTACIÓN				749,100
2.4.1	Armar, Formar y Fundir recalce Vigas Cimentación en concreto f'c=3000	m3	1.10	681,000.00	749,100.00
3	**ESTRUCTURA**				**42,993,300**
3.1	PRELIMINARES				16,424,500
3.1.1	Escarificación Recubrimiento Columnas y vigas	m2	47.26	35,000.00	1,654,100.00
3.1.2	Anclajes intermedios de Ø 1/2" incluye perforación e inyección de epóxico L= 30cm	und	144.00	80,000.00	11,520,000.00
3.1.3	Tratamiento superficial con epóxico para recalce	m2	47.26	40,000.00	1,890,400.00
3.1.4	Alquiler formaleta entrepiso para apuntalamiento estructura	m2	54.40	25,000.00	1,360,000.00
3.2	ACERO DE REFUERZO				4,868,800
3.2.1	Suministro, Figuración, Manejo Acero PDR-60 vigas aéreas	kg	385.60	8,000.00	3,084,800.00
3.2.2	Suministro, Figuración, Manejo Acero PDR-60 para Columnas encamisadas	kg	223.00	8,000.00	1,784,000.00
3.3	CONCRETOS ESTRUCTURA				21,700,000
3.3.1	Armar, Formar, Fundir vigas aéreas concreto f'c=3000 psi	m3	33.50	500,000.00	16,750,000.00
3.3.2	Armar, Formar, Fundir encamisado Columnas en concreto f'c=4000 psi	ml	33.00	150,000.00	4,950,000.00
4	**ASEO y LIMPIEZA**				**500,000**
4.1	ASEO GENERAL				500,000
4,1,1	Aseo final para entrega	GL	1.00	500,000.00	500,000.00
	COSTO DIRECTO				**57,770,992**
	ADMINISTRACION		10%		5,777,099
	IMPREVISTOS		7%		4,043,969
	UTILIDAD		4%		2,310,840
	COSTO TOTAL CORTE 01				**69,902,900**

12. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

1. Una vez realizado el análisis de vulnerabilidad sísmica para una casa tipo con las propiedades mecánicas encontradas en campo se establece que esta cumple con el índice de flexibilidad, es decir tiene una rigidez lateral adecuada, pero NO cumple con el índice de sobre esfuerzos en todos los elementos de resistencia sísmica, por lo tanto la edificación debe ser reforzada para resistir las solicitaciones extremas a las cuales se puede ver sometidas durante su vida útil, como o es un evento sísmico, de lo contrario la estructura es vulnerable ante una solicitación se similares características al sismo de diseño.

2. La vivienda NO CUMPLE con la resistencia mínima del concreto a la compresión a los 28 días, que debe ser 21 MPa, el concreto de las viviendas tiene una resistencia de apenas el 53% de lo mínimo exigido.

3. Las casas No cumplen con el requisito de recubrimiento mínimo exigido en la NSR-10, título C, capítulo C.7.7.

4. El refuerzo a cortante tanto en vigas y columnas NO cumple con los requisitos mínimo de la NSR-10, título C, capítulo C.21.3.4.6 y C.21.3.5.6, respectivamente.

5. La patología más crítica encontrada en las viviendas de la urbanización San Antonio es la corrosión en el acero de refuerzo, lo que causa desprendimiento del concreto por falta de adherencia, debido al alto nivel de carbonatación presente en los elementos estructurales, por una baja calidad en el concreto fundido en obra.

6. Las viviendas no presentan junta sísmica, aumentando el riesgo de golpeteo entre las edificaciones vecinas, por la no coincidencia de las losas de entrepiso, lo cual puede derivar en el colapso de un nivel de las viviendas y el desprendimiento de los elementos no estructurales.

7. Debido a lo anterior se concluye que la estructura NO es apta para funcionar como vivienda, debido a la vulnerabilidad que presenta, en función de sobrepasar los límites de esfuerzos admisibles en todos los elementos de resistencia sísmica, tanto a flexión como a cortante, además de no cumplir con la resistencia a la compresión mínima exigida y tener alto frente de carbonatación en las columnas, lo que ha conllevado a el desprendimiento del concreto de refuerzo y disminución de la cuantía de diseño estructural basado en los requisitos mínimos exigidos por la normativa vigente, NSR-10.
8. Se recomienda evaluación detallada en todas y cada una de las viviendas del frente de carbonatación para proceder con el reforzamiento estructural de las mismas en

función de reemplazar el concreto carbonatado y evaluar el potencial de corrosión en cada vivienda.

9. Debe utilizarse técnicas como protección catódica, o realcalinización como remedio para la patología presente, además de utilizar un recubrimiento anti carbonatación para detener el ingreso del dióxido de carbono a los elementos de resistencia sísmica de las viviendas.

10. Utilizar inhibidores de corrosión en el acero que presente síntomas y cuyo frente de carbonatación ha llegado al núcleo del concreto reforzado.

11. Se presentan errores en la modelación matemática que pueden derivar en cambios en el diseño estructural significativos como los indicados en el numeral 16 del informe.

12. Según el presupuesto aproximado para la rehabilitación de la estructura se deben invertir alrededor de sesenta y nueve millones novecientos dos mil novecientos pesos m/cte ($69.902.900.oo) por vivienda para garantizar el correcto funcionamiento ante un evento sísmico y mitigar las patologías dadas por el medio en que se encuentra rodeada la misma, de esta forma se puede mejorar la vida útil de la estructura.

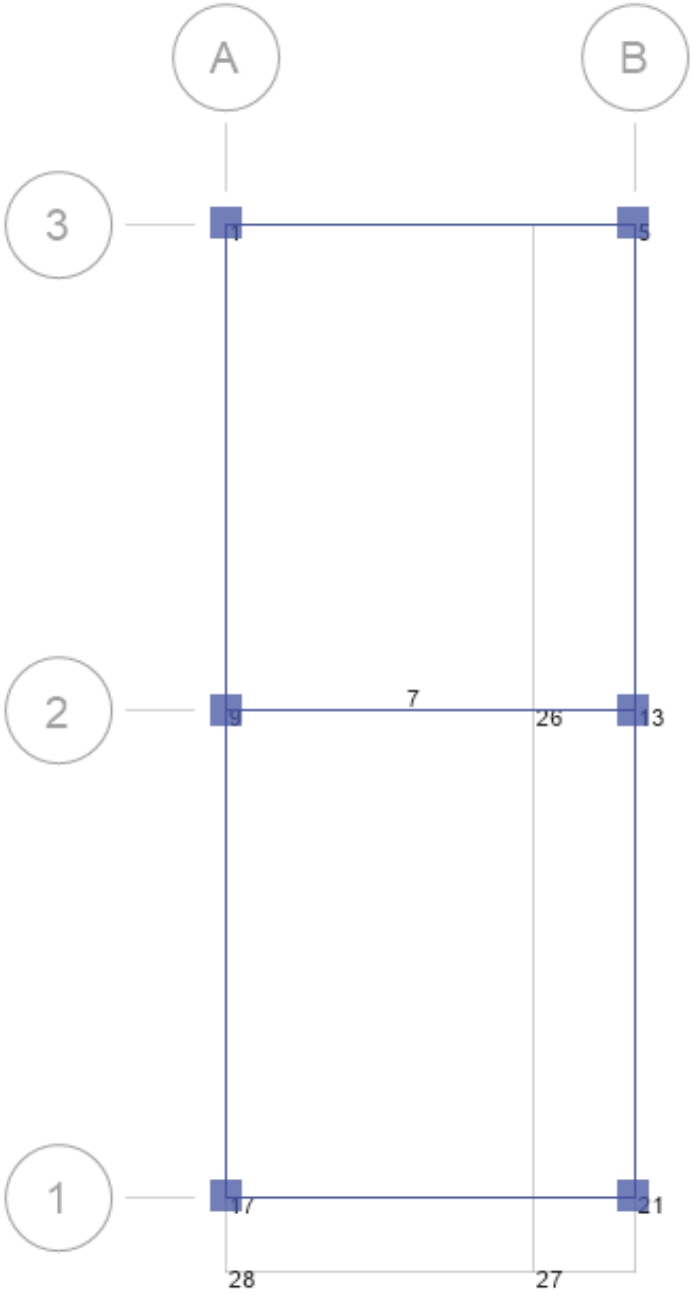
ANEXOS.

ANEXO 1. VERIFICACIÓN DE DERIVAS

Numeración de los “Unique Names”.

Plantas derivas

Piso 1 o story 1



Piso 2 o story 2

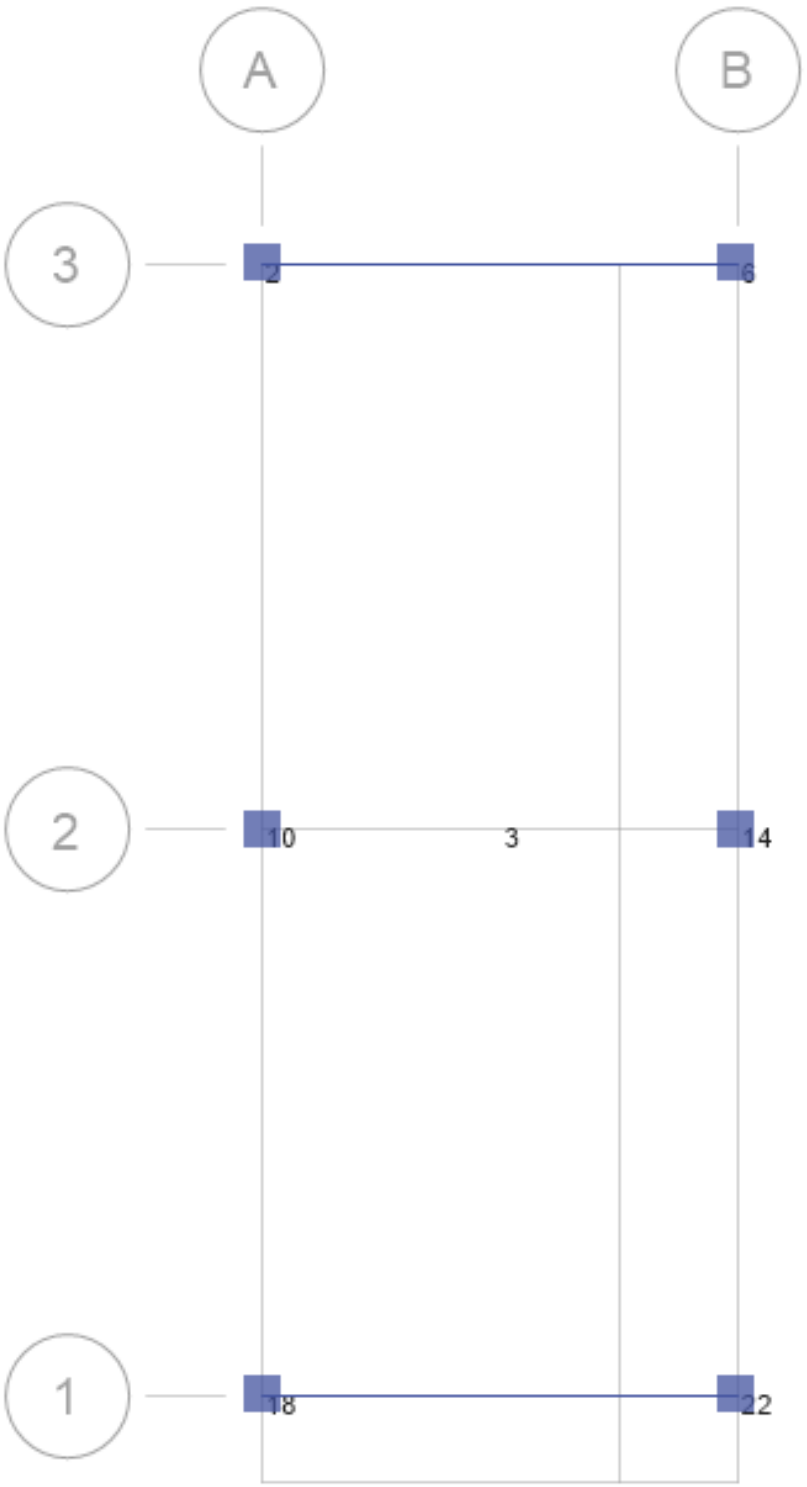
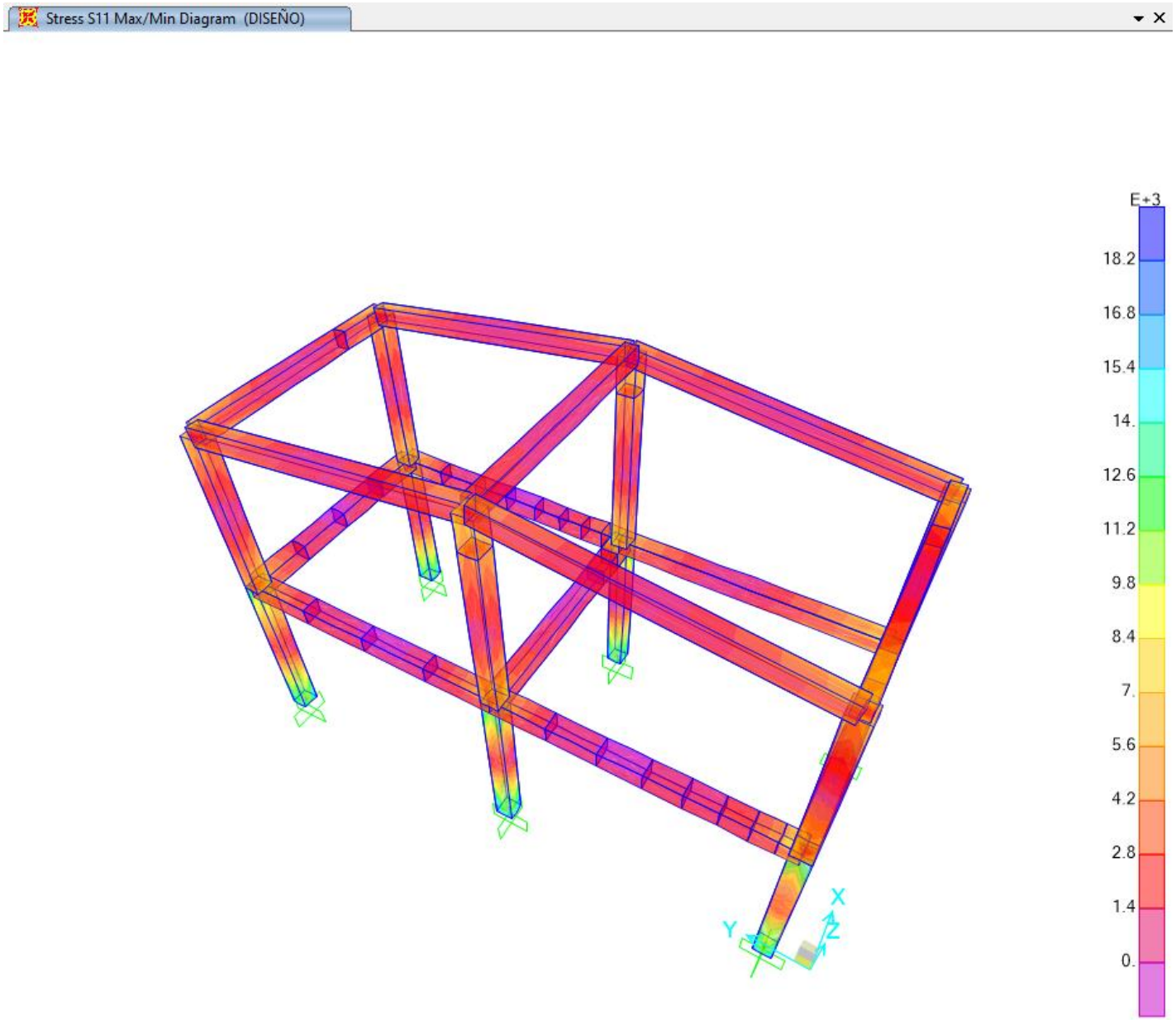


Tabla resumen de las derivas máximas:

Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift mm
Nivel cubierta	SISMO XD	X	2.976
Nivel cubierta	SISMO YD	Y	0.272
Nivel +5.0 m	SISMO XD	X	21.685
Nivel +5.0 m	SISMO YD	Y	18.553
Nivel +2.55 m	SISMO XD	X	19.251
Nivel +2.55 m	SISMO YD	Y	17.288

ANEXO 2. VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.


Stress S11 Max/Min Diagram (DISEÑO)
E+3
18.2
16.8
15.4
14.
12.6
11.2
9.8
8.4
7.
5.6
4.2
2.8
1.4
0.
X
Y
Z

ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRAFICO

CASA 1






FENOLFTALEINA





RDL



20
30




inch/mm
0.411
OFF
ON
ZERO


3






3

CASA 4




4




NIXON


5






20
30
40
50
60


6


7
7






8




22.0Ω
LO4
0.98








inch/mm
20.09
OFF
ON




10
inch/mm
ELECTRONIC
DIGITAL CALIPER
OFF
ON
ZERO


NIKON


A0
schmidt
22.0
LOW
0.99





