



**LA CASA DE TIPOLOGIA COLONIAL
Y LA INGENIERIA ESTRUCTURAL**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN OPTICOS

ING. WALBERTO RIVERA MARTINEZ
Profesor Auxiliar a Profesor Asistente

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS D, T y C.

2017



**LA CASA DE TIPOLOGIA COLONIAL
Y LA INGENIERIA ESTRUCTURAL**

ING. WALBERTO RIVERA MARTINEZ
Profesor Auxiliar a Profesor Asistente

**PRESENTADO AL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL PARA ASCENDER EN EL
ESCALAFON DOCENTE**

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS D, T y C.

2017



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	7
2. JUSTIFICACION	9
3. ESTADO DEL ARTE.....	11
4. OBJETIVOS.....	23
4.1 Objetivo General.....	23
4.2 Objetivos Específicos	23
5. METODOLOGIA	24
5.1 Técnicas para la recolección de la información.....	24
5.1.2 Investigación Documental:	24
5.1.3 Inspección visual detallada:	25
5.1.4 Levantamiento gráfico de daños:	25
5.1.5 Recuento fotográfico:	28
5.1.6 Planeamiento y definición de ensayos.	28
5.2. Técnicas para el análisis de la información	51
5.2.1 Diagnóstico de Patología:	51
5.2.3 Informe de la Inspección:	54
5.2.4 Técnicas de Intervención	54
5.2.4.1 Reparación:	54
5.2.4.2 Restauración:.....	54
5.2.4.3 Rehabilitación:	54
5.2.4.4 Prevención:.....	54
5.3. Análisis de Vulnerabilidad Sísmica de la Casa Colonial	55
5.3.1 Modelo matemático del análisis de vulnerabilidad:	55
5.3.2 Análisis de los datos obtenidos:.....	55
5.3.3 Recomendaciones	60
5.3.4 Informe de Vulnerabilidad.....	60
5.3.5 Técnicas de Intervención	60



6. MARCO TEORICO	61
6.1 El Marco Urbano, El Centro Historio De Cartagena De Indias.....	61
6.2 Contextualización artística, histórica y cultural del patrimonio arquitectónico del periodo Colonial.	62
6.2.1 Comienzo De La Arquitectura Colonial En Colombia.....	62
6.2.2 Arquitectura Colonial De Colombia	63
6.2.3 La Arquitectura Colonial Cartagenera.....	65
6.2.3.1 La arquitectura domestica en Cartagena de indias.....	65
6.2.3.2 Características Particulares de acuerdo al uso	67
6.2.3.3 ¿Por qué se llama arquitectura Colonial?.....	67
6.2.4 Aspectos históricos de la arquitectura Colonial Cartagenera	68
6.2.4.1 Cartagena en el período Colonial.....	68
6.2.4.2 Arquitectura Colonial en el centro histórico de Cartagena de Indias	69
6.3 Tipología de las edificaciones del periodo.....	70
6.3.1 Tipología de la Vivienda Colonial Cartagenera	70
6.4 Selección de un ámbito.	74
6.5 Características de la Arquitectura Cartagenera desde el Siglo XIX al XX75	
6.5.1 Materiales.....	75
6.5.2 Técnicas Constructivas	78
6.6 Reseña sismológica en Cartagena de Indias	80
6.7 Patologías Recurrentes en las Casas de Tipología Colonial en Cartagena.82	
7. PATOLOGIA	87
7.1 Definición de Patología	87
7.1.1 Lesiones	87
7.1.1.1 Lesiones Físicas	88
7.1.1.2 Lesiones Mecánicas	88
7.1.1.3 Lesiones Químicas	88



7.1 Patología recurrente en las edificaciones, caracterización, investigación, diagnóstico e intervención.	89
8. VULNERABILIDAD ESTÁTICA Y SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES. INGENIERÍA DE MATERIALES, CÁLCULO, ANÁLISIS, DISEÑO, REVISIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES.....	92
8.1 Vulnerabilidad Estática y Sísmica.....	92
8.2 Ingeniería de Materiales.....	92
8.2.1 División de los Materiales	92
8.2 Calculo Estructural de Vulnerabilidad de Edificaciones	93
8.4 Análisis de Vulnerabilidad Estructural de Edificaciones.....	93
8.5 Diseño de Vulnerabilidad Estructural de Edificaciones.....	94
8.6 Revisión de Vulnerabilidad Estructural de Edificaciones.....	94
9. APENDICES	95
9.1 Fotografías	95
9.2 Planimetrías	101
12. BIBLIOGRAFÍAS	102



ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA Y MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO ...	21
IMAGEN 2: CENTRO HISTÓRICO DE CARTAGENA DE INDIAS	61
IMAGEN 3: VISTA ISOMÉTRICA DE LA CASA COLONIAL BAJA	71
IMAGEN 4: VISTA EN PLANTA DE LA CASA COLONIAL BAJA	71
IMAGEN 5: VISTA ISOMÉTRICA DE LA CASA COLONIAL ALTA.....	72
IMAGEN 6: VISTA EN PLANTA DE LA CASA COLONIAL ALTA	72
IMAGEN 7: VISTA EN PLANTA DE LA CASA COLONIAL ALTA CON ENTRESUELO	73
IMAGEN 8: SECTOR CENTRO DEL CENTRO HISTÓRICO DE CARTAGENA DE INDIAS.	74
IMAGEN 9: MURO DE PIEDRA Y ARGAMASA DE CAL	75
IMAGEN 10: MURO DE PEDAZOS DE LADRILLO, PIEDRA Y CORAL TRITURADO.....	76
IMAGEN 11: MURO DE LADRILLO.....	76
IMAGEN 12: LADRILLO “PANELA” O “TOLETE”	77
IMAGEN 13: LADRILLO “TABLÓN”	77
IMAGEN 14: ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA Y MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO .	80
IMAGEN 15: PLANO CENTRO HISTÓRICO DE CARTAGENA DE INDIAS.	101

ÍNDICE DE TABLA

TABLA 1: RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA	22
TABLA 2: REPRESENTACIÓN PARA LEVANTAR DAÑOS	27
TABLA 3: TIPOS DE ENSAYOS	28
TABLA 4: RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA	81

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1: REPRESENTACIÓN NUMÉRICA DE LAS LESIONES FÍSICAS EN LOS MUROS DE LAS CASAS COLONIALES.	82
GRAFICA 2: REPRESENTACIÓN PORCENTUAL DE LAS LESIONES FÍSICAS EN LOS MUROS DE LAS CASAS COLONIALES.	83



1. INTRODUCCION

Colombia cuenta con una gran riqueza arquitectónica que fue heredada por los colonizadores, hoy día muchas de esas construcciones se han visto abandonadas, remodeladas o destruidas por desconocer las técnicas, materiales y métodos de intervenciones para su adecuada rehabilitación. Además El reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 no posee un capítulo dedicado a la conservación del patrimonio arquitectónico de las edificaciones del periodo colonial, por tal motivo se hace necesario que se conozcan las características mecánicas de los materiales, la patología y el comportamiento sísmico de las edificaciones para tener argumentos fundamentados al momento de realizar una intervención a cualquier casa de tipología colonial que lo requiera.

El gran valor histórico que tiene la arquitectura colonial ha motivado el interés tanto de ingenieros civiles como de arquitectos de conservar las condiciones iniciales de los materiales con que se construyeron las casas en el centro histórico de Cartagena de Indias, pero se desconocen los comportamientos mecánicos de los materiales que se utilizaron para la época.

Cartagena de Indias principal ciudad turística de Colombia fue declarada patrimonio cultural de la humanidad por la **UNESCO**, título otorgado en 1984. Fue fundada en 1533 por el español Pedro de Heredia y posee una morfología basada fundamentalmente en cuerpos de agua, elemento que caracteriza su paisaje urbano. La Ciudad cuenta con un patrimonio inmueble representado en una arquitectura militar, religiosa, civil y doméstica.

En sus orígenes Cartagena la constituía su centro histórico, conformado de la siguiente manera y nombrados en su orden de importancia, así: el Sector Centro, el Sector San Diego y el Sector Getsemaní. Las casas reflejaban la capacidad económica de sus dueños, esta es la razón por la que en el sector centro que hoy en día no es el centro geográfico de la ciudad cuenta con la gran mayoría de casas Altas o casas con balcones.



La arquitectura colonial utilizada en las casas de Cartagena se vio influenciada por las viviendas construidas en el sur de España y por la arquitectura del mediterráneo, pero a pesar de que son copias de las casas españolas de la época son únicas por el clima tropical de la ciudad, por los materiales utilizados, y por las técnicas de construcción que se implementaron.

La casa colonial Cartagenera posee un origen y trazado único e irregular, debido al emplazamiento urbano que los fundadores decidieron imponer, esto no se debió a caprichos de los colonizadores sino que fue consecuencia de los estrechos lotes donde se ubicaban los trazados para las viviendas,

“Cabe aclarar que las primeras casas que se construyeron en la ciudad fueron de materiales como: bahareque, madera y tablazón, las cuales fueron reemplazadas unas décadas más adelante debido al incendio que sufrió la ciudad en 1552 y en su lugar se construyeron casas con: piedra coralina, madera, cal, ladrillo y otros materiales de la región”. (SEMANA, 2011)

Conocer el comportamiento sismo resistente de las casas coloniales es de vital importancia, esto incluye realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica de la estructura de la casa colonial, además se hace necesario realizar un estudio patológico donde se clasifiquen y tipifiquen las lesiones para realizar las intervenciones con los argumentos científicos y técnicos necesarios, esto ayudará a la conservación del patrimonio arquitectónico de la ciudad, con el fin de que la arquitectura Colonial de Cartagena no pierda el reconocimiento que le otorgó la UNESCO de PATRIMONIO HISTÓRICO DE LA HUMANIDAD, sino que las tecnologías utilizadas sean las propicias y no alteren la originalidad de las estructuras.

Hoy en pleno siglo XXI donde contamos con técnicas, y normativas de construcción para las estructuras modernas que se diseñan no poseemos una normatividad en el Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10 que proponga la conservación del patrimonio arquitectónico de las edificaciones del periodo colonial en Cartagena de Indas, o en cualquier parte de Colombia donde se desee realizar una intervención o un estudio de vulnerabilidad sísmica sobre cualquier construcción colonial.



2. JUSTIFICACION

Desde sus comienzos Cartagena fue una de las ciudades más importante de la colonial española en América debido a la posición estratégica que posee la ciudad en el mar Caribe donde se defendían los intereses de España, este privilegio motivó el crecimiento de la ciudad y se inicia un asentamiento máximo de la clase pudiente española de la época, quienes construyeron las casas con la arquitectura que hoy se refleja en sus calles antiguas.

Con el paso de los años las casas del centro amurallado de Cartagena de indias han despertado un gran interés tanto en los entes nacionales como internacionales debido a su valor arquitectónico dentro de las construcciones coloniales, esto ha permitido que las intervenciones que se realizan para mantenerlas en adecuadas condiciones sean más continuas pero sin el conocimiento adecuado que se requiere, y se utilizan metodologías, técnicas y materiales inadecuados para dichas intervenciones, poniendo en peligro el rótulo de patrimonio histórico y de la humanidad concedido por la **UNESCO**.

Con el propósito de realizar las intervenciones necesarias y adecuadas sobre la arquitectura colonial en Cartagenera es de vital importancia contar con la normatividad adecuada donde se establezcan los parámetros a seguir a la hora de realizar una intervención ya sea superficial o profunda; Como la NSR-10 no contiene una normatividad donde se proponga un título dedicado a la conservación del patrimonio arquitectónico de las edificaciones del periodo colonial, se hace necesario que se conozcan las características mecánicas de los materiales y el comportamiento sísmico de las edificaciones para tener argumentos fundamentados al momento de realizar una intervención a cualquier casa de tipología colonial que lo requiera en la ciudad de Cartagena de Indias.

Además del conocimiento del comportamiento de la vulnerabilidad sísmica de la estructura de la casa colonial se hace necesario realizar un estudio patológico donde se clasifiquen y tipifique las lesiones para realizar una intervención con los



argumentos científicos y técnicos necesarios, esto ayudará a la conservación del patrimonio de la ciudad, con el fin de que la arquitectura Colonial de Cartagena no pierda el reconocimiento que le otorgó la UNESCO de PATRIMONIO HISTÓRICO DE LA HUMANIDAD, sino que las tecnologías utilizadas sean las propicias y no alteren la originalidad de las estructuras a intervenir.



3. ESTADO DEL ARTE

El patrimonio histórico de Cartagena está conformado en gran parte por la arquitectura colonial y la arquitectura del período republicano; en este proyecto nos ocuparemos en estudiar casas representativas construidas en el periodo colonial desde el punto de vista de la ingeniería civil, resaltando los resultados en un análisis de vulnerabilidad sísmica y en un diagnóstico patológico, ya que muchos de los trabajos de investigación que se han realizado sobre la arquitectura colonial lo han realizado los arquitectos.

Motivado por el hecho de que en Colombia no se han reglamentado o normalizado las técnicas de rehabilitaciones de las construcciones coloniales se han adelantado varios trabajos investigativos como base de este proyecto de investigación, con el objetivo de crear una base de información argumentada y basada en ensayos científicos, pues el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Tomo 2 título D capítulo D.9 donde se clasifican los muros de mampostería no reforzada, no se incluye los muros de tipología colonial, no existiendo así una reglamentación que sirva de parámetro para realizar las intervenciones necesarias sobre este tipo de arquitectura.

A continuación se presentan los trabajos adelantados sobre el tema de esta propuesta de investigación.

“Caracterización de las Patologías Recurrentes en las Fachas de las Casas de Tipología Colonial en el Centro Histórico de Cartagena de Indias”, Sainer M. Beltrán Pinto, José D. Rojas Fuentes. Director: Walberto Rivera Martínez. Universidad de Cartagena de Indias, Cartagena Colombia, trabajo de grado 2012.

Donde se determina por la investigación realizada que la orientación de las viviendas determina el comportamiento de las lesiones en las fachadas, lo que se relaciona con la disposición de las viviendas en el Centro Histórico y los vientos rasantes que actúan sobre el mar, arrastrando cloruro de sodio, el cual actúa sobre la superficie de las fachadas; con mayor incidencia en dirección al norte y noreste siendo los vientos predominantes, provocando que esta orientación sea la más afectada.



De igual forma el tipo de Casa Colonial incide en la aparición de determinadas lesiones, las lesiones de humedad, desprendimiento, fisuras, erosión y en menor medida las grietas y las deformaciones; aparecen de forma significativa en las fachadas de las casas estudiadas y se comportan diferente a las eflorescencias y suciedades que predominan en las casas coloniales que poseen balcón.

La caracterización efectuada del Centro Histórico en sus aspectos geomorfológicos y climáticos determina el comportamiento de las lesiones que presentan las fachadas de las viviendas coloniales Cartageneras, pudiendo con este análisis establecer prioridades para las intervenciones en función de los análisis efectuados.

“Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera Utilizada Como Viga de Entrepiso en las Viviendas Coloniales del Centro Histórico de la Ciudad de Cartagena”, Jhon Javier Ayola Ballesteros. Mauro José Matute Turizo. Director: Walberto Rivera Martínez. Universidad de Cartagena de Indias, Cartagena Colombia, Trabajo de grado 2013.

Las especies de madera que se utilizan en la actualidad como vigas de entrepiso son: Polvillo, Guayacán, Bálsamo, Almendro, Campano, Puy, Guayabo, Mangle, Ceiba Colorada o Tolúa y Carreto. Las propiedades físicas y mecánicas obtenidas no fueron comparables en su totalidad con las normas vigentes en Colombia, debido a las diferentes condiciones de Humedad y diferentes edades de la madera. Las especies de madera estudiadas clasificaron dentro los grupos estructurales estipulados por el manual de diseño para madera del pacto andino.

Las clases de madera que mejor comportamiento tuvieron en los ensayos realizados fueron: la madera Puy, Guayacán y Campano, destacándose de estas tres la madera Puy con esfuerzos admisibles a flexión de 25.30 (kg/cm²), compresión 366.90 (kg/cm²), tensión 1405.64 (kg/cm²) y cortante 41.69 (kg/cm²). No obstante la madera Puy en el esfuerzo admisible a cortante fue la que menor valor tuvo comparada con el Guayacán y el Campano. Se recomienda a quienes deseen realizar



futuras investigaciones relacionadas con el tema, trabajar con madera en estado verde, la cual permita controlar los parámetros físicos y mecánicos que estipula la norma.

Se sugiere tener certeza de los respectivos permisos y funcionamientos de equipos y/o maquinas que se van a utilizar en el transcurso de la investigación, para evitar futuros inconvenientes que puedan causar la no obtención de cada una de las propiedades que se desee estudiar. Para los ingenieros, arquitectos y personas que estén dedicadas a las intervenciones de las viviendas coloniales en la ciudad, es de gran importancia contar con información fundamentada en un estudio experimental, de cada una de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, que le permita ofrecer un adecuado funcionamiento estructural, sin que estas viviendas se vean afectadas debido a los diferentes cambios de uso que han sufrido a través del tiempo.

Debido al aceptable comportamiento mecánico que presentaron todas estas especies de madera en estado seco, es posible reutilizarla en otras luces más pequeñas, teniendo en cuenta todos los parámetros requeridos para su reutilización, como lo son: empalmes, patología, apariencia y funcionalidad entre otros. Es de gran importancia para las personas dedicadas a las obras de intervención de las viviendas coloniales, tener cada una de las propiedades físicas y mecánicas de las diferentes especies de madera que se utilizan como viga de entrepiso, pero se dificulta tener estos datos debido a que este material en estado verde tiene un alto costo en el mercado, al igual que las vigas reutilizables en el medio.

Los módulos de elasticidad para estos tipos de madera no fueron los esperados, ya que las condiciones de humedad y edad de la madera utilizada, alteraron directamente esta propiedad, provocando una disminución en su magnitud. Se recomienda para este tipo de viviendas utilizar en lo posible vigas de madera de las especies; Guayacán, Campano y Puy, ya que estas presentan un alto comportamiento a la flexión, esto no quiere decir que la madera Bálsamo y Balaústre no se puedan utilizar como vigas de entrepiso, debido que estas también ofrecen un buen rendimiento cuando son sometidas a esta condición.



Las preguntas de investigación se respondieron a través de la simulación de un entrepiso que cumple con las características propias de una vivienda colonial. Se pudo concluir que la madera estudiada al ser simulada no arrojó resultados favorables en cuanto a solicitudes de carga establecidas, debido a su uso a través del tiempo y a la reducción de sus propiedades físicas y mecánicas. Lo cual no permitió saber con certeza si las secciones y las luces de las vigas son las adecuadas en cuanto a las solicitudes de cargas requeridas.

“Evaluación y Diagnostico Patológico de la Casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar”, José M. Castillo Castellar, José F. Pineda Acosta. Director: Walberto Rivera Martínez. Universidad de Cartagena de Indias, Cartagena Colombia, Trabajo de grado 2013.

La presente investigación ha logrado identificar las patologías presentes en la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar, dato de suma importancia para mostrar detalladamente las condiciones físicas de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar. Siguiendo la metodología propuesta en el inicio del proyecto y en estudios previos, se logró localizar y caracterizar las enfermedades que fustigan el edificio y que colocan en tela de juicio su estabilidad a futuro. Se logró valorar el estado actual del inmueble y presentar un dictamen formal de la necesidad de implementar medidas de restauración en elementos de su estructura.

Con esta investigación, conforme con los objetivos planteados y las preguntas de investigación, se ha logrado determinar el estado actual de la casa, a través de la exposición de imágenes y fotografías detalladas de los elementos constructivos que la constituyen, se identificaron cualidades propias de los materiales, así como también patologías que permitieron describir patrones de afectación de los distintos materiales que conforman el área de estudio.

Se destaca la importancia de continuar un estudio más profundo en lo que concierne a patología de maderas estructurales, ya que solo con la inspección visual no alcanza para dictaminar la posibilidad un remplazo del elemento estructural, puesto que solo



distingue agentes que intervienen las propiedades físicas del elemento y no en las propiedades mecánicas que en mayor grado habilitan o no su estabilidad estructural. Por las limitaciones económicas y de permisos para modificar elementos de la casa no se propuso una patología con técnicas instrumentales y ensayos destructivos.

La no inclusión de datos por exploración directa, mediante ensayos destructivos, calas, extracción de núcleos y toma de muestras en general, obvia muchos datos necesarios que podrían modificar las recomendaciones técnicas expuestas en este documento. Muchos de los trabajos consultados como base teórica para este documento, tales como tesis de grado referentes a evaluaciones patológicas de edificios históricos y casas coloniales del centro de Cartagena, no lograron integrar el análisis de vulnerabilidad sísmica estructural y la evaluación patológica a estas edificaciones.

Este trabajo de grado enmarcado en la línea de seguridad estructural logró desarrollar una metodología de análisis a través de la modelación de la estructura de la casa en un software estructural. El análisis realizado se basó en una hipótesis de carga en la que intervienen las cargas verticales y el sismo, donde se mostraron en patrones gráficos las propiedades mecánicas ante dichas eventualidades en la estructura de la casa. Tanto ingenieros como arquitectos que estén dedicados a las intervenciones de las casas coloniales en la ciudad de Cartagena, pueden contar con un modelo de evaluación y diagnóstico patológico para todo tipo de vivienda colonial, además poseer un soporte científico y una ficha de caracterización para una futura evaluación o intervención.

No se encontraron resultados inesperados en cuanto a patologías a lo largo de la investigación ya que se esperaban datos acordes con los parámetros climáticos y las características de la zona de estudio, por ejemplo en los muros se esperaba que la suciedad y la erosión debido a la acción de los vientos y de las lluvias fueran los datos más representativos y así fue; siendo las humedades el mayor porcentaje de patologías encontradas en la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.



“Caracterización, Clasificación y Patología de las Especies de Maderas más Usadas en la Construcción como Elementos Estructurales Permanentes en la Ciudad de Cartagena”, Álvaro A. Bonfante Polo, Kevin A. Bustos Molina. Director: Walberto Rivera Martínez. Universidad de Cartagena de Indias, Cartagena Colombia, trabajo de grado 2013.

Tesis donde se adelantan los estudios para presentar el informe final de la investigación y presentar los resultados con las respectivas recomendaciones.

Con el propósito de argumentar este proyecto investigativo se realizó una búsqueda de información sobre el tema a tratar tanto a nivel local, nacional y mundial y se encontraron los siguientes trabajos realizados:

“Propiedades Mecánicas de la Mampostería Colonial Tipo III de Edificaciones de Uso Residencial en la Ciudad de Cartagena de Indias”, Arturo A. Cuevas Mercado, Clemente Herrera Corrales. Universidad de Cartagena de Indias, Cartagena Colombia, Trabajo de grado 2013.

Los resultados de la investigación y su análisis refutan completamente la concepción hasta el momento generalizada por el Código Colombiano Sismo Resistente (NSR-10) donde se establecen una relaciones que dependen de la resistencia a la compresión de la mampostería y con las cuales calculamos el módulo de elasticidad y el módulo de corte, esta investigación demuestra que esas relaciones empíricas son demasiado liberales para la mampostería de tipo colonial establecida como tipo III (Tableta militar y argamasa). Por tanto esta investigación propone nuevos lineamientos que permitan hallar parámetros de las propiedades mecánicas de la mampostería colonial más cercanos a la realidad.

- La mampostería colonial tipo III está constituida por tableta militar de arcilla cocida con dimensiones de 15 cm de ancho, 30 cm de largo y 4 cm de alto, pegadas o aglutinadas con una mezcla de argamasa compuesta por cal y arena en proporción 1:3.



- La resistencia a la compresión de los elementos constitutivos de la mampostería colonial tipo III se calculó para la tableta militar con una resistencia de 95 kg/cm² y para la argamasa una resistencia de 1.5 kg/cm².
- La resistencia a la compresión de la mampostería colonial tipo III (Tableta militar y argamasa) de edificaciones de uso residencial en la ciudad de Cartagena de Indias esta alrededor de los 36 kg/cm².
- El módulo de elasticidad de la mampostería colonial tipo III tiene un promedio de 18.350 kg/cm² y proponemos calcular este parámetro como 500 veces la resistencia a la compresión de la mampostería colonial ($E_m = 500 f_m$).
- Al calcular las deformaciones axiales y laterales se determinó la relación de Poisson de la mampostería colonial tipo III, este cálculo arrojó un factor de 0.27 (Relación de Poisson 0.27).
- El módulo de Corte de la mampostería colonial tipo III se calculó de manera indirecta con la Ecuación $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ que depende de los parámetros de módulo de elasticidad y Relación de Poisson el cual dio como resultado un módulo de corte promedio de 7215 kg/cm² y se propone calcular este parámetro como 200 veces la resistencia a la compresión de la mampostería ($G_m = 200 f_m$).
- El peso por unidad de volumen de la mampostería colonial tipo III tiene un promedio de 1685 kg/m³.
- La masa por unidad de volumen de la mampostería colonial tipo III tiene un promedio de 172 kg/m³.

“STRUCTURAL VULNERABILITY OF TWO ADITIONAL PORTUGUESE TIMBER STRUCTURAL SYSTEMS”, Antonio Murta, Jorge Pinto, Humberto Varum B. Engineering Failure Analysis 18 (2011) 776–782, contenido disponible en ScienceDirect.



En general, los edificios portugueses tradicionales muestran un nivel de deterioro no deseado y, en consecuencia, se requieren procesos urgentes de rehabilitación. Estos edificios necesitan mantenimiento y preservación, porque son una valiosa herencia portuguesa. Conocer y comprender estos edificios es el primer paso para el adecuado proceso de rehabilitación. Por lo general, estos edificios muestran el mismo patrón de patologías y la misma secuencia de fallos. Este trabajo de investigación se centra en el estudio de los sistemas estructurales de techo de madera de estos edificios y se propone resaltar estos aspectos. Una acelerada metodología de evaluación de la vulnerabilidad estructural de las estructuras tradicionales de techo de madera de los portugueses basadas en la teoría de la vulnerabilidad estructural es presentada.

Casos reales de las estructuras tradicionales de techo de madera de Portugal son utilizados. Se concluyó que el sistema de techo de madera en forma de cerchas parece menos robusto que el sistema de vigas de madera.

En general, las soluciones estructurales para el sistema de cubiertas tradicionales de Portugal son un sistema de madera formado por correas, vigas y cerchas de sistemas formados por correas y vigas. Las patologías más comunes son el rompimiento de las tejas de cerámica y el deterioro de los elementos de la estructura de madera. Generalmente estos problemas están asociados a falta de mantenimiento.

“Resistencia estructural de la mampostería de tipología colonial, cascoteo, en las estructuras de la ciudad de Cartagena de indias”, Jorge r. Gamarra Atencia, Isidro Martínez Domínguez Universidad de Cartagena de Indias, Cartagena Colombia, trabajo de grado 2011.

En este trabajo se determinó la resistencia a la compresión de la mampostería de tipología colonial “cascoteo” usada en las construcciones coloniales de la ciudad de Cartagena de Indias, mediante una serie de ensayos destructivos a los materiales (argamasa, piedra coralina, piedra caliza, y ladrillo) y al modelo escala que representa este tipo de muro.

Se elaboraron muretes con las dimensiones 0.25m x 0.25 x 0.25m, combinando las proporciones de argamasa (mezcla de arena, cal y cemento en proporción 2:1:1) y



mezcla de agregados grueso (piedra coralina, piedra caliza y ladrillo en iguales proporciones, los agregados se obtuvieron en una residencia con esa tipología y las proporciones de volúmenes diferentes: 10%-90%, 15%-85%, 20%-80%, 25%-75%, 30%-70%, 35%-65% (argamasa mezcla-mezcla de agregados).

En la construcción de los muretes, la proporción 10%-90% no se pudo realizar por la cantidad de argamasa o aglutinante que resulta del 10% por esta razón se realizaron 45 muretes (nueve de cada uno) con las demás combinaciones los cuales se ensayaron bajo parámetros de la norma NTC 673 a los 7 días, 14 días y 28 días. Se pudo notar que a medida que se aumentó el porcentaje de argamasa y se disminuyó el porcentaje de mezcla de agregados en el ciclópeo la resistencia de éste era mayor.

Como resultado se obtuvo las resistencias a la compresión desde 7.61 K/cm² hasta 56.11 k/cm. Porcentajes inferiores al 15% de la argamasa en el ciclópeo, no logran conformar un murete de prueba.

“Modelado y vulnerabilidad de los centros históricos de las ciudades en zonas sísmicas: un estudio de caso en Lisboa”, Luis F. Ramos, Paulo B. Laurenc. Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Minho, Azure'm, 4800-058 Guimara, Portugal, trabajo de grado 2004.

El sistema estructural implementado para los edificios del centro de la ciudad en Lisboa fue innovador para el período de reconstrucción. Tras el terremoto de 1755, las cuestiones relacionadas con la seguridad de los edificios fueron ampliamente estudiadas y, como resultado, se obtuvo un sistema de material compuesto con elementos estructurales de madera y de mampostería que fue desarrollado para los edificios, cuyo objetivo era proporcionar resistencia adecuada a la disipación de energía con respecto a acciones sísmicas.

A través del tiempo sucesivas y ocasionales modificaciones estructurales introducidas debilitaron el sistema estructural, en la disminución de la resistencia de los edificios a acciones sísmicas. Las modificaciones estructurales se han hecho con una clara ausencia de una política para realizar un análisis global de los materiales para usar las características mecánicas que no son compatibles con los materiales originales.



El análisis con elementos finitos confirmó que los mecanismos utilizados en los antiguos edificios de mampostería debido a las acciones sísmicas: presentarían vuelco del perímetro paredes, indicando que la seguridad contra acciones sísmicas es claramente insuficiente, donde el propietario debe abordar la cuestión de la adaptación de estas estructuras.

Como medidas preventivas, parece recomendable vincular a los edificios varillas de acero o fortalecer la madera de las plantas, sobre todo teniendo en cuenta las conexiones con los muros de mampostería.

Desde el punto de vista de modelado y análisis, deben tener en cuenta los siguientes aspectos: (a) la complejidad de edificios antiguos requiere que en los modelos simplificados se consideren las estructuras. En el caso de estructura en madera, la atención especial debe dedicarse al deterioro de la madera y las conexiones. Aquí, la madera de la estructura de los pisos se han descuidado y las modificaciones estructurales pueden ser el punto de vista de la conservación de las estructuras pero los códigos de seguridad modernos no son directamente aplicables a construcciones antiguas, (b) si la luz interna de las paredes presentan (espesor de 0,20-0,30 m), que puede ser que el propósito de análisis sísmico, debido a que su contribución es marginal, (c) los edificios antiguos del centro histórico de la ciudad suelen pertenecer a un bloque de edificios conectados mutuamente, con el propósito de análisis, es conservador considerar cada edificio de forma individual (hay que tener cuidado para que el análisis no sea excesivamente conservador).

Por último, una metodología para definir el enfoque a obras en los centros históricos de las ciudades en zonas sísmicas se define, incluyendo encuestas, análisis y definición de prioridades de acción. Cartagena de indias se encuentra ubicada en el mapa sísmico colombiano en la zona de amenaza baja, esto indica que los sismos que se presente en su mayoría serán de baja intensidad con coeficiente de aceleración y velocidad horizontal pico efectivo bajos. A_a y A_v respectivamente con valores de 0.1

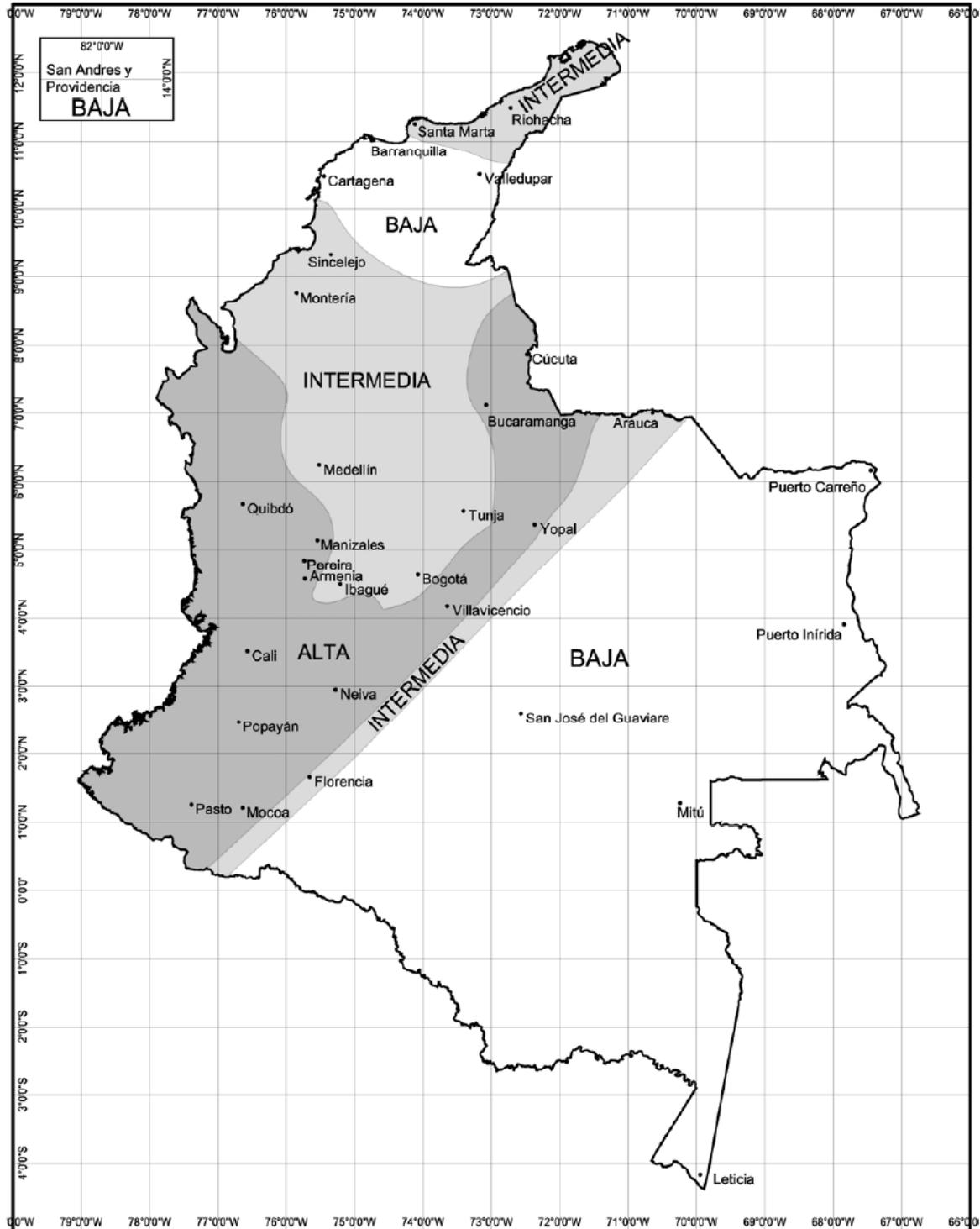


Imagen 1: Zonas de amenaza Sísmica y movimientos sísmicos de diseño
Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-17



Red Sismológica Nacional de Colombia								
Parámetros de Consulta								
Fecha Inicial		01/01/1973	DEPARTAMENTO		Bolívar	Total Registros		18
Fecha Final		14/06/2013	MUNICIPIO		Cartagena			
Fecha dd/mm/aa	Hora UTC hh:mm:ss	Magnitud MI	Longitud Grados	Latitud Grados	Departamento	Municipio	Profundidad Km	Estado
23/06/1998	01:36:29	5.7	-76.399	10.695	BOLIVAR	CARTAGENA	14	Revisado
23/06/1998	02:35:24	3.3	-76.22	10.584	BOLIVAR	CARTAGENA	40.1	Revisado
23/06/1998	03:45:45	3.5	-76.088	10.764	BOLIVAR	CARTAGENA	118.7	Revisado
23/06/1998	07:32:41	2.8	-75.82	10.568	BOLIVAR	CARTAGENA	44.1	Revisado
24/06/1998	08:34:48	4.6	-76.134	10.637	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado
24/06/1998	09:33:40	3.1	-76.124	10.398	BOLIVAR	CARTAGENA	100.2	Revisado
25/08/1998	21:39:21	4.3	-76.225	10.595	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado
29/07/2001	02:13:35	3.7	-75.846	10.843	BOLIVAR	CARTAGENA	44	Revisado
11/11/2001	18:25:17	3.2	-76.063	10.686	BOLIVAR	CARTAGENA	45.4	Revisado
20/06/2004	21:58:02	4.0	-76	10.812	BOLIVAR	CARTAGENA	24	Revisado
16/08/2005	06:10:40	3.5	-76.717	11.058	BOLIVAR	CARTAGENA	77.7	Revisado
08/09/2009	06:19:09	2.9	-75.825	10.407	BOLIVAR	CARTAGENA	12.9	Revisado
31/07/2010	08:26:23	2.7	-76.261	10.428	BOLIVAR	CARTAGENA	18	Revisado
24/01/2011	19:58:13	3.6	-76.45	10.475	BOLIVAR	CARTAGENA	78	Revisado
03/04/2011	12:20:19	3.2	-76.336	10.432	BOLIVAR	CARTAGENA	84	Revisado
02/04/2012	05:07:04	2.0	-76.147	10.373	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado
24/12/2012	07:25:00	2.3	-76.949	10.592	BOLIVAR	CARTAGENA	32.1	Revisado
24/12/2012	07:29:03	2.3	-76.814	10.648	BOLIVAR	CARTAGENA	32.1	Revisado

Tabla 1: Red Sismológica Nacional de Colombia

Fuente: http://bdrsnc.ingeminas.gov.co/paginas1/catalogo/consulta_general_3.php?dep=BOLIVAR

El registro sismológico de Cartagena en los últimos 10 años afirma lo expuesto en la Figura A.2.3.1 Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av. Ya que el único sismo superior a la media se presentó el 23/06/1998 con una magnitud de 5.7 MI.



4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar, diagnosticar y analizar la vulnerabilidad de una casa de tipología colonial alta en el centro histórico de Cartagena de Indias.

4.2 Objetivos Específicos

- Tipificar y calificar la patología de las edificaciones estudiadas con el fin de realizar una ficha técnica para cada lesión y obtener la caracterización de la vivienda.
- Determinar problemas estructurales existentes en las viviendas de tipología colonial para que se realice la intervención adecuada a cada problema determinado.
- Calcular la vulnerabilidad de la edificación estudiada de cara a las acciones sísmicas, de viento y cargas.
- Formular las alternativas de intervención más adecuadas con base a los resultados del análisis patológico y de vulnerabilidad.



5. METODOLOGIA

Como base para lograr los objetivos propuestos anteriormente se adelantaron varios trabajos investigativos, los cuales se complementaron con la realización de una investigación de carácter patológica con una fundamentación en el análisis de vulnerabilidad sísmica de las estructuras de las casas coloniales representativas, distinguiendo así las clases de inspección:

- ❖ Inspección Preliminar
- ❖ Inspección Detallada
- ❖ Inspección Especial
- ❖ Inspección Rutinaria o de mantenimiento.

El proyecto se desarrolló mediante una inspección detallada con un diagnóstico patológico cubriendo el siguiente conjunto de acciones en forma secuencial y programada, que se muestran a continuación:

Investigación Documental
Inspección visual detallada
Levantamiento gráfico de daños
Registro fotográfico
Planeamiento y definición de ensayos
Diagnóstico de Patologías
Informe de la Inspección

5.1 Técnicas para la recolección de la información.

Según las labores mencionadas anteriormente que hacen parte de la inspección a realizadas en este proyecto de investigación, las técnicas para la recolección de la información fueron las siguientes:

5.1.2 Investigación Documental: Esta investigación consistió en hacer una recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al



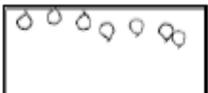
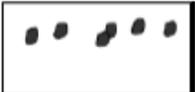
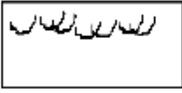
proyecto de estudio que en este caso son las viviendas de tipología colonial en la ciudad de Cartagena.

5.1.3 Inspección visual detallada: se realizó un detallado inventario de los daños mediante un levantamiento para determinar el grado de compromiso de la estructura por tales efectos además de permitir la cuantificación de la intervención que se realizó.

5.1.4 Levantamiento gráfico de daños: Se hizo un levantamiento gráfico de las causas asociadas con las patologías existentes en la vivienda estudiada, siguiendo una metodología que parte de la definición de un conjunto de convenciones como las mostradas en la **Tabla (Representación para levantar daños)**.

Tipo de Daños	Representación Grafica	
Fisuras		<p>Separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas. Su identificación se realizará según su dirección, ancho y profundidad utilizando los siguientes adjetivos: longitudinal, transversal, vertical, diagonal, o aleatoria. Los rangos de los anchos de acuerdo con el ACI son los siguientes:</p> <p style="text-align: center;">Fina: menos de 1mm</p> <p style="text-align: center;">Mediana: entre 1 y 2 mm</p> <p style="text-align: center;">Ancha: más de 2 mm</p>
Desintegración		<p>Deterioro en pequeños fragmentos o partículas por causa de algún deterioro.</p>
Distorsión		<p>Cualquier deformación anormal de su forma original.</p>



Eflorescencia		Depósito de sales, usualmente blancas que se forman en las superficies.
Exudación		Líquido o material como gel viscoso que brota de los poros, fisuras o aberturas de las superficies.
Incrustaciones		Costra o película generalmente dura que se forma en la superficie de concreto o de la mampostería.
Picaduras		Desarrollo de cavidades generalmente pequeñas en la superficie, debido a fenómenos tales como la corrosión, la cavitación o desintegración localizada.
Cráteres		Salida explosiva de pequeñas porciones de la superficie de concreto, debido a presiones internas en el concreto que permite en la superficie la formación típicamente cónica.
Escamas		Presencia de escamas cerca de la superficie del concreto o mortero.
Estalactita		Formación hacia abajo de materiales provenientes del interior del concreto.



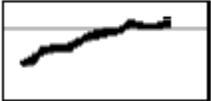
Estalagmita		Formación hacia arriba de materiales provenientes del interior del concreto.
Polvo		Desarrollo de material de polvo sobre la superficie dura.
Corrosión		Desintegración o deterioro del acero por el fenómeno electroquímico de la corrosión.
Goteras		Humedad causada por las aguas lluvias bajo la cubierta.

Tabla 2: Representación para Levantar daños

Fuente: Evaluación de Patologías en estructuras de Concreto Harold Alberto Muñoz M. Modificado por los autores.

Para este proceso no fue necesario definir la causa del daño. Es decir, se realizó un levantamiento de daños para transcribirlo de la mejor manera posible al dibujo del elemento en consideración. Por ejemplo, En una construcción tradicional una viga puede contener un conjunto de fisuras que sin importar si son por causa de la flexión, el esfuerzo cortante u otro motivo, se transcriben de acuerdo con su localización y posición al dibujo del elemento estructural sin asociarlas al fenómeno al que pertenecen.



5.1.5 Recuento fotográfico: Se realizó un recuento fotográfico detallado y concordante con el levantamiento de daños mediante fotografías que sustentaron cada patología con una breve descripción de ella señalando como referencia el lugar que le corresponde dentro del área en consideración.

5.1.6 Planeamiento y definición de ensayos. En esta etapa del estudio se definió los posibles lugares y tipo de labores a realizar, tomando en consideración circunstancias tan variadas como por ejemplo si la vivienda está habitada o no, o si está siendo intervenida.

TIPOS DE ENSAYOS	PROPOSITO
Prueba de Carbonatación	Determinar la profundidad del frente de disminución del pH.
Materia Orgánica	Determinar el contenido de materia orgánica.
Prueba de Humedad Relativa	Evaluar la humedad en los poros de los muros
Prueba de Contenido de Cloruro	Determinar la cantidad de cloruro soluble en los muros.
Pistola de Winsord	Determinar la resistencia asociada a la dureza.
Esclerómetro Schmidt	Determinar la resistencia asociada al golpe de un martillo.
Ensayo a Cortante y Compresión	Determinar la fuerza de cortante que soportan los muros y el esfuerzo a compresión de estos.

Tabla 3: Tipos de ensayos

Fuente: Evaluación de Patologías en estructuras de Concreto Harold Alberto Muñoz M. Modificado por el autor.

Para cada uno de los ensayos relacionados en la tabla anterior, en el marco teórico se encuentran debidamente comentados y descritos los procedimientos que para su ejecución se seguirán.



A continuación se presentan los pasos para obtener el informe final de esta investigación:

1. Caracterización de la Patología de casa colonial por medio de una ficha técnica de inspección.
2. Evaluación y diagnóstico patológico de la casa colonial.
3. Análisis de la Información de Campo.
4. Análisis de Vulnerabilidad Sísmica e interpretación de los resultados.



FICHA GENERAL DE LA CARACTERIZACION DE LA PATOLOGIA DE LAS CASAS DEL CENTRO HISTORICO DE CARTAGENA DE INDIAS																
 <p>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL</p> 		DATOS GENERALES		CLASIFICACION DE LA CASA				CLASIFICACION DE LAS VENTANAS				N° de la Casa Según el Plano				
												Manzana		N° de la Casa		
		Lugar				Casa Colonial Baja				Ventana de Reja						
		Dirección				Casa Colonial Alta				Ventana de Caja				RANGO DE LAS FOTOS		
Fecha				Casa Colonial Alta Con Entresuelo				Ventana de Panza								
DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA							PORTADAS									
Uso de la Estructura		SI		NO		Entorno (Ambiente Exterior)			Clasificación de las Portadas				Observaciones Directas:			
Familiar	Hotel	Restaurante	Institucional	Comercial	Otros	Clima			Portadas Pequeñas		Portadas Grandes					
						Seco		Lluvioso		Portadas Medianas		Portadas Rinconadas				
CLASIFICACION DE LOS BALCONES																
Balcones de Tribuna			Balcones Cubiertos de Esquina					Balcones Cubiertos								
								De 1 Modulo		De 3 Módulos Iguales		De 4 Módulos Iguales		De 5 Módulos Iguales		
Clasificación de los Balcones de Tribuna			Clasificación de Balcones de Esquinas													
Con Baranda a Ras de Muro			Con 2 Módulos en cada Cara		Con 4 Módulos en cada Cara			De 2 Modulo		De 3 Módulos Desiguales		De 4 Módulos Desiguales		De 5 Módulos Desiguales		
En Voladizo Sobre Canes			Con 3 Módulos en cada Cara													
CLASIFICACION PATOLOGICA EN LOS MUROS																
LESIONES FISICAS				LESIONES MECANICAS			LESIONES QUIMICAS				Observaciones Directas					
Humedad Capilar		Erosión		Deformaciones		Eflorescencias										
Humedad de Filtración				Grietas		Organismos										
Humedad de Condensación		Suciedad		Fisuras		Animales	Plantas	Mohos	Hongos							
Humedad Accidental				Desprendimientos												
Agentes Patógenos							Criterio de Intervención									
CLASIFICACION PATOLOGICA EN LAS VENTANAS																
LESIONES FISICAS				LESIONES MECANICAS			LESIONES QUIMICAS				Observaciones Directas					
Humedad Capilar		Erosión		Deformaciones		Eflorescencias										
Humedad de Filtración				Grietas		Organismos										



Humedad de Condensación		Suciedad	Fisuras		Animales	Plantas	Mohos	Hongos	
Humedad Accidental			Desprendimientos						
Agentes Patógenos								Criterio de Intervención	
CLASIFICACION PATOLOGICA EN LAS PORTADAS									
LESIONES FISICAS			LESIONES MECANICAS		LESIONES QUIMICAS				Observaciones Directas
Humedad Capilar		Erosión	Deformaciones		Eflorescencias				
Humedad de Filtración			Grietas		Organismos				
Humedad de Condensación		Suciedad	Fisuras		Animales	Plantas	Mohos	Hongos	
Humedad Accidental			Desprendimientos						
Agentes Patógenos								Criterio de Intervención	
CLASIFICACION PATOLOGICA EN LOS PORTONES									
LESIONES FISICAS			LESIONES MECANICAS		LESIONES QUIMICAS				Observaciones Directas
Humedad Capilar		Erosión	Deformaciones		Eflorescencias				
Humedad de Filtración			Grietas		Organismos				
Humedad de Condensación		Suciedad	Fisuras		Animales	Plantas	Mohos	Hongos	
Humedad Accidental			Desprendimientos						
Agentes Patógenos								Criterio de Intervención	
CLASIFICACION PATOLOGICA EN LOS BALCONES									
LESIONES FISICAS			LESIONES MECANICAS		LESIONES QUIMICAS				Observaciones Directas
Clasificación de la Humedad		Erosión	Deformaciones		Eflorescencias				
Humedad de Filtración			Grietas		Organismos				
Humedad Accidental		Suciedad	Fisuras		Animales	Plantas	Mohos	Hongos	
			Desprendimientos						
Agentes Patógenos								Criterio de Intervención	



CLASIFICACION PATOLOGICA EN LOS TEJADILLOS										
LESIONES FISICAS			LESIONES MECANICAS			LESIONES QUIMICAS				Observaciones Directas
Clasificación de la Humedad		Erosión	Deformaciones		Eflorescencias		Organismos			
Humedad de Filtración			Grietas							
Humedad Accidental		Suciedad	Fisuras		Animales	Plantas	Mohos	Hongos		
			Desprendimientos							
Agentes Patógenos						Criterio de Intervención				
INFLUENCIA DE LA CIMENTACION DE LA FACHADA SOBRE LOS MUROS										
Asentamiento		Fisuras		Grietas		OBSERVACIONES:				
NOTA:										



**Evaluación y Diagnóstico Patológico Típico de una casa de Tipología Colonial
Alta con Entresuelo.**

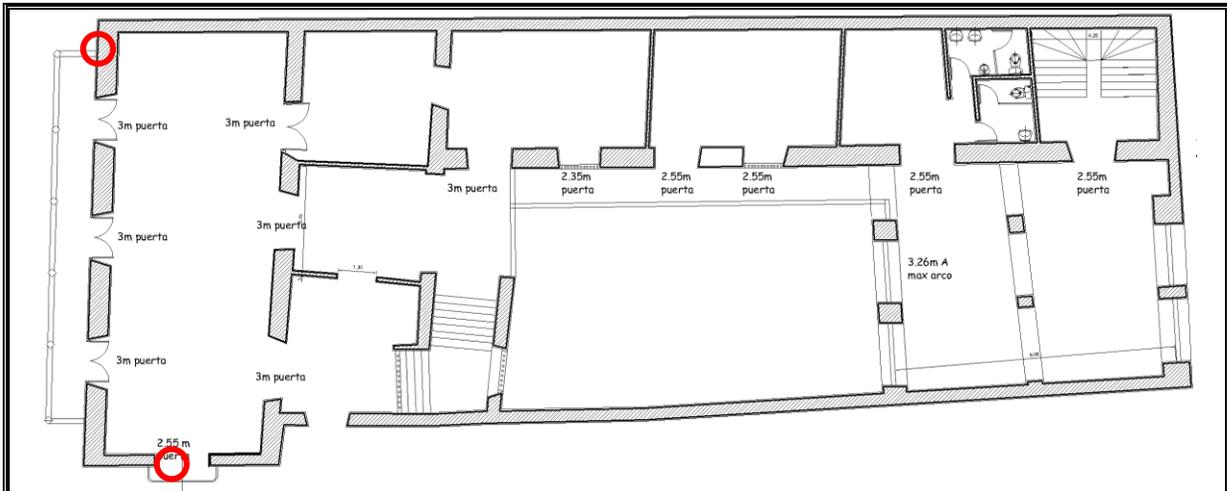
<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 1</p>		<p>Lesiones físicas por humedad en muros. Humedad por condensación.</p>
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>		<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>

Fuente: Autores

La mayoría de estas fallas fueron identificadas por la particularidad de la lesión, desde fisuras muy leves hasta abultamientos en su etapa más avanzada. También se identificaron en la parte exterior del muro lesiones físicas como la erosión y suciedad,



ya que al estar al contacto con la intemperie es más vulnerable al ataque erosivo del viento.



<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 2</p>	<p>Lesiones físicas por erosión en muros. Izq. Erosión que dio paso a una eflorescencia.</p>	
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>	

Fuente: Autores

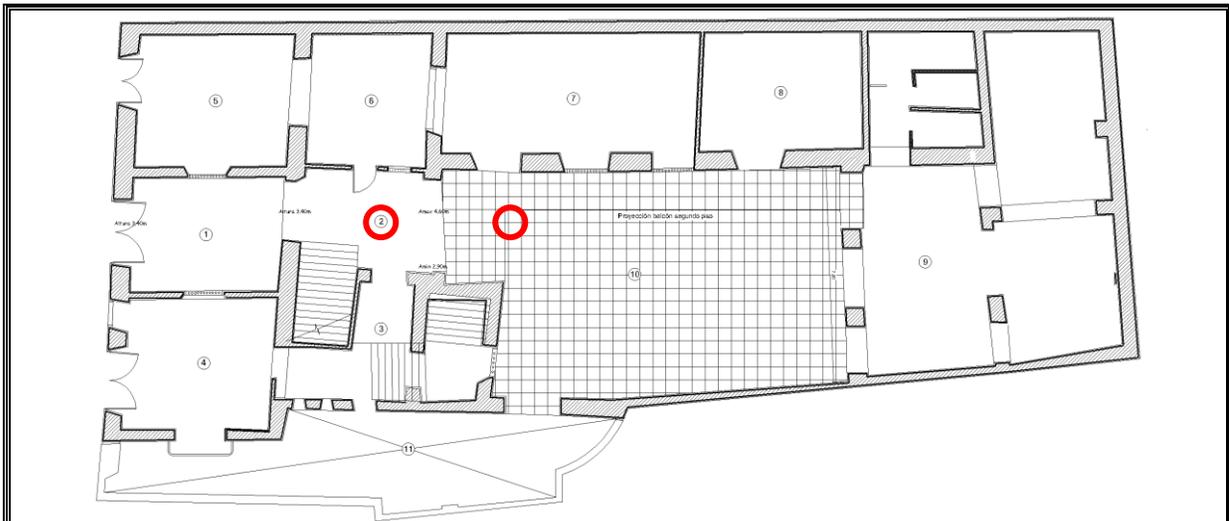
En cuanto a la verticalidad de los muros se pudo precisar que no cuentan con desplomes mayores al 2%. Las leves inclinaciones que presentan los muros se deben a la disminución de la sección a medida que ganan altura. Estructuralmente los muros



están en buen estado, no presentan signos de asentamientos diferenciales. A pesar de presentar un buen comportamiento mecánico se notó la presencia de lesiones menores en algunos tramos de los muros, tales como fisuras que no sobrepasan los 2mm de grosor, en algunos casos muchas de estas fisuras fueron resanadas en el transcurso de la investigación.

<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 3</p>	<p>Lesiones mecánicas en muros. Izq. Grieta de 1 mm. Der. Fisura de 13 cm de largo.</p>	
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>	

Fuente: Autores



Recuento Fotográfico de Patologías No. 4

Pavimentos del Primer Piso y Patio Principal.

José María Castillo Castellar

José Fabio Pineda Acosta

Director: Walberto Rivera M.

Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.

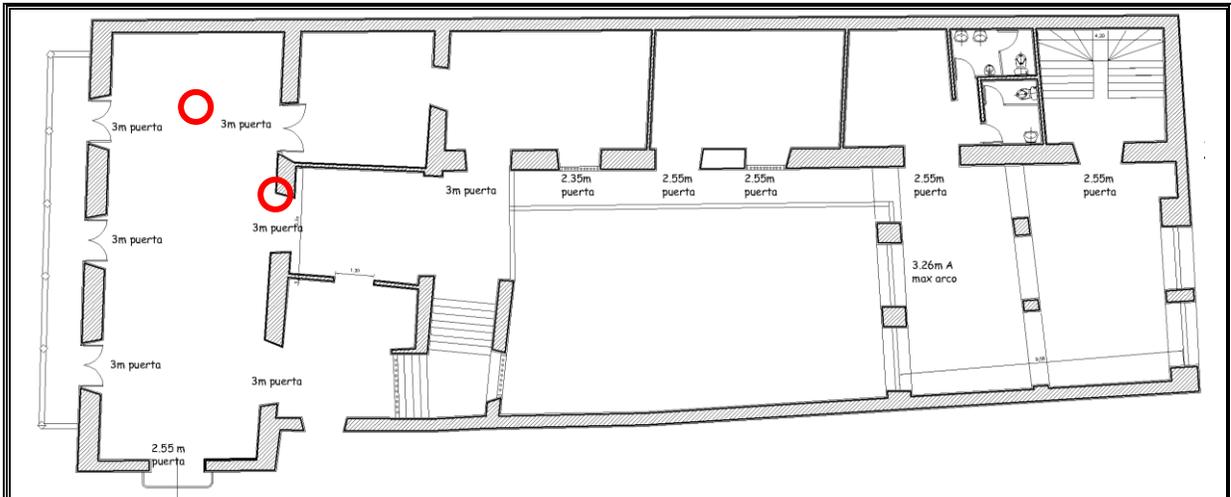


Fuente: Autores

En el segundo nivel del inmueble el estado de afectación de los pisos es severo, esto se debe al grado de fisuración del embaldosado. Gran parte de las baldosas presentan desprendimientos y erosiones mecánicas severas, esto en gran medida por el efecto que causan las deflexiones del entrepiso al embaldosado, perdiendo la adherencia entre la baldosa y el mortero y en algunos tramos produciéndose fisuras, desprendimientos del material cerámico y ahuellamientos de la superficie. Los



movimientos entre juntas producidos por las deformaciones del conjunto de elementos del entrepiso son también causantes de fracturas en los pisos.



Recuento Fotográfico de Patologías No. 5

Fisuras en Baldosas segundo Piso.

José María Castillo Castellar
José Fabio Pineda Acosta
Director: Walberto Rivera M.

Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.



Fuente: Autores

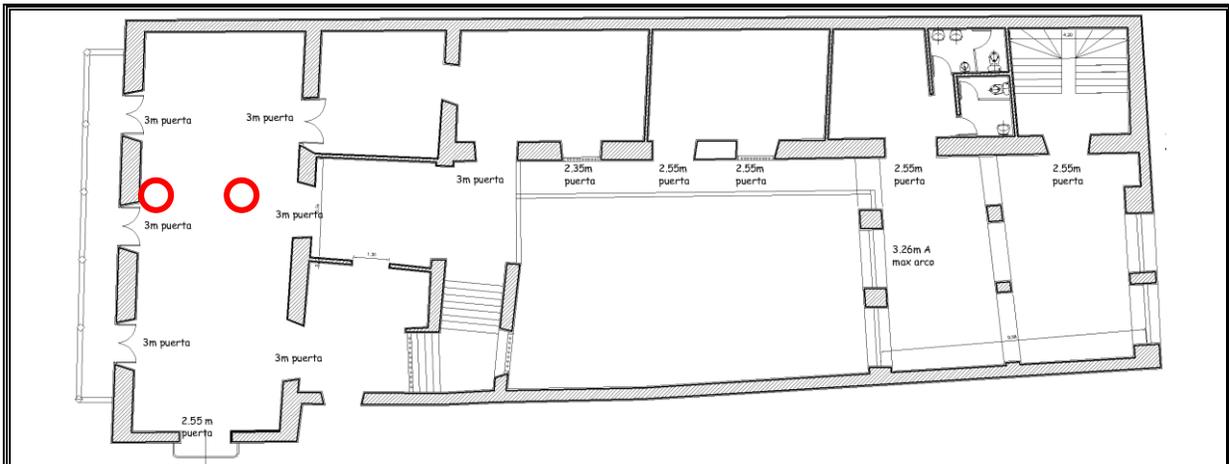
Los pisos del tercer nivel se encuentran en buen estado y recientemente remodelados. No se detalla ningún tipo de deformaciones o deflexiones, tampoco erosión mecánica o eflorescencias.



En la zona del mirador el piso es heterogéneo, a pesar de no tener un recubrimiento especial contra la filtración, los ladrillos que componen el pavimento solo presentan erosión mecánica debido al viento y la abrasión, también lesiones químicas y suciedades que le torna en tonalidades oscuras en algunos lugares.

<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 6</p>	<p>Tercer Piso y Cubierta Mirador.</p>
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>

Fuente: Autores



Recuento Fotográfico de Patologías No. 7

Vigas de Entrepiso con signos de ataque de Xilófagos. Perdida de sección del elemento.

José María Castillo Castellar

José Fabio Pineda Acosta

Director: Walberto Rivera M.

Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.



Fuente: Autores

Debido a la humedad relativa y las altas temperaturas (mayores de 30°C) la casa mantiene un hábitat ideal para el ataque de los insectos xilófagos, que por lo general necesitan un ambiente húmedo y temperaturas altas para su expansión.

Se nota este tipo de ataques en las vigas de entrepiso porque presentan taladramientos y orificios en los cuales los insectos tienen su guarnición. Las larvas en estado avanzado de edad hacen un trazado de sus galerías dejando un rastro de material, esto



hace fácil la identificación del tipo de especie que ataca la madera. Algunas especies de isópteros encontradas en la casa son la termita o comején.

<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 8</p>	<p>Vigas de Entrepiso con signos de ataque de Xilófagos. Perdida de sección del elemento.</p>	
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>	

Fuente: Autores



<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 9</p>	<p>Vigas de Entrepiso con signos de ataque de Xilófagos. Termitas y Comején.</p>
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>

Fuente: Autores

La madera estructural representada en vigas, tablas y tablillas, y en general toda la madera correspondiente a estructura y ornamentación de los entresijos, presenta problemas por la exposición a la luz solar y a los embates de los agentes atmosféricos. Gran parte de las maderas del patio interior sufren un cambio de la coloración, que inicialmente toma un tono marrón y posteriormente color grisáceo, y



la aparición de grietas superficiales, debido a la diferencia de contenidos de humedad en la zona superficial y zona interior.

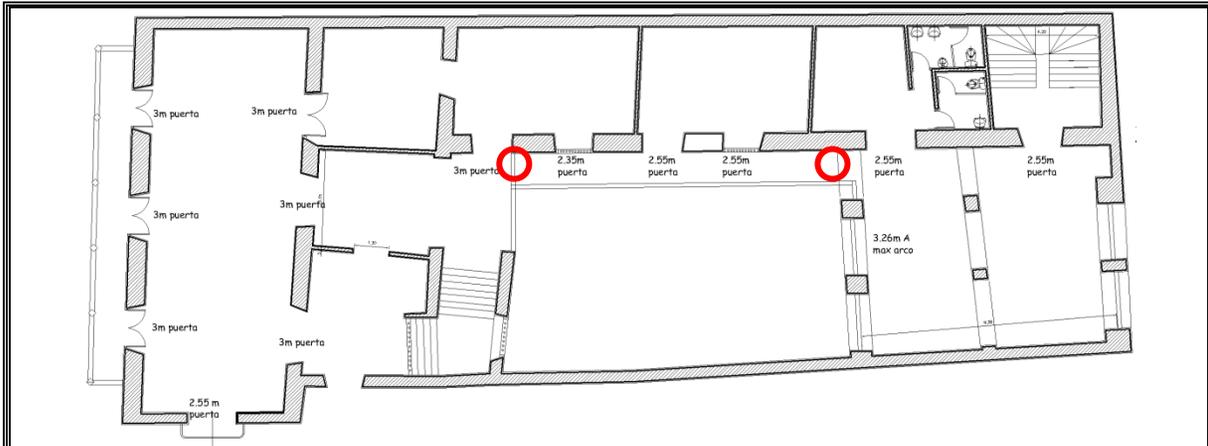
<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 10</p> <p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p>Vigas de Entrepiso con decoloración por diferencia de humedades.</p> <p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>

Fuente: Autores

El efecto del agua lluvia sobre la madera del entrepiso expuesta al proceso repetitivo del clima, provoca pérdida de material de cobertura de la superficie y favorece el fenómeno de aparición de fisuras. Pero estas fisuras no representan un problema de cuidado a corto plazo, ya que el deterioro de la madera expuesta a la intemperie es



muy lento y la pérdida de la secciones de la madera es muy pequeña. La degradación que produce es superficial y generalmente no afecta las propiedades mecánicas de manera significativa.



Recuento Fotográfico de Patologías No. 11

Maderas expuestas a intemperie, presentan grietas, manchas y humedades.

José María Castillo Castellar

José Fabio Pineda Acosta

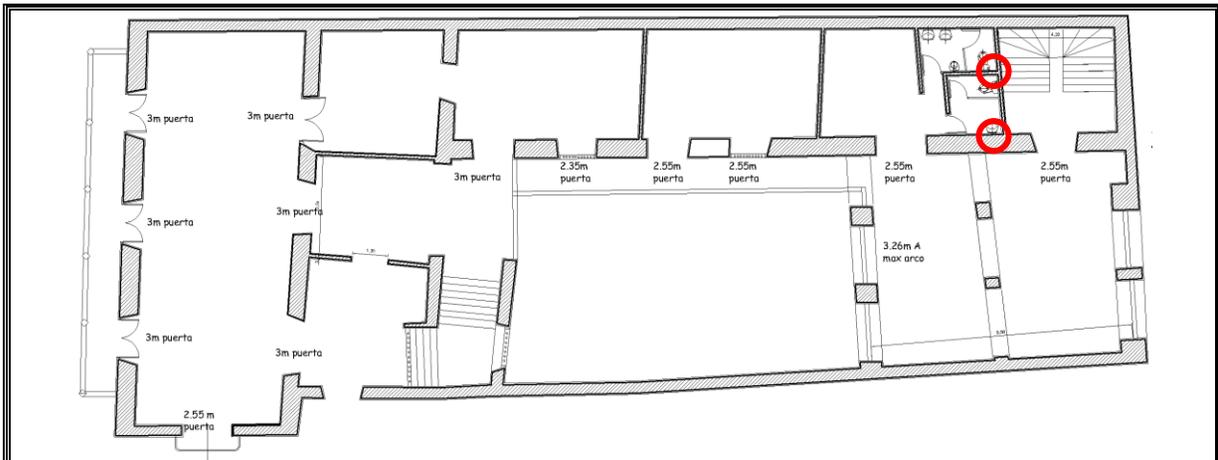
Director: Walberto Rivera M.

Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.



Fuente: Autores

También hay que tener en cuenta el efecto de la edad de la estructura del entrepiso, ya que se estima que ha sido cambiado a lo largo de su uso y diferentes ampliaciones hechas al inmueble.



Recuento Fotográfico de Patologías No. 12

Efectos del tiempo de uso de la edificación.
Sucedad, Alteración y deterioro de elementos.

José María Castillo Castellar

José Fabio Pineda Acosta

Director: Walberto Rivera M.

Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.



Fuente: Autres



<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 13</p>	<p>Se aprecia la acumulación de suciedad, verdin y moho en la cubierta desde el ala occidental.</p>	
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>	

Fuente: Autores

La patología que presenta la cubierta en su parte externa se debe a humedades e infiltraciones. Las tejas de barro, por su porosidad y alta exposición a la humedad, no están exentas de sufrir problemas de goteras y fisuración. En general, todo el tejado muestra una constante saturación incluso proceso que se evidencia por los mohos que se observan.



<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 14</p>	
<p>Cubierta tipo Hilera del gran Salón.</p>	
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>

Fuente: Autores

La estructura interna de la cubierta en hilera del gran salón está en buen estado, las maderas no estructurales están nuevas producto de remodelaciones hechas hace pocos años. Donde se ve un poco más comprometida la evaluación es en las maderas estructurales, que presentan pérdidas de sección en algunos tramos y cabezales dañados, producto de ataque de xilófagos y humedades.



<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 15</p>	<p>Detalle de patologías encontradas en la Fachada, Erosiones y Eflorescencias.</p>	
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>	

Fuente: Autores

La patología recurrente que se reflejan en las fachadas de las casa del centro histórico por lo general son lesiones físicas, la suciedad es la lesión que más afecta a las fachadas, le sigue la erosión causada por los vientos predominantes en la ciudad de Cartagena que son norte y noreste, vientos marinos que azotan el centro histórico; unido a ello aparecen la humedad Capilar y la humedad de Condensación, pero es de notar que las lesiones son más representativas en las Casas Altas Son el impacto de los vientos y la intensidad de las lluvias los causantes de las erosiones.



Recuento Fotográfico de Patologías No. 16		Detalle de patologías encontradas en la Fachada, Suciedades y Eflorescencias.
José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.	<i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i>	

Fuente: Autores

La humedad capilar es representativa también en las casas del centro histórico, porque en este sector el nivel freático se ve influenciado por la elevación de las mareas; dejando a los muros de las casas expuestos a contacto directo con el agua de infiltración. Esto se denota por manchas oscuras hasta los 50 cms del suelo, algunas de estas manchas son originadas por hongos cromógenos y/o mohos.



<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 17</p>	<p>Detalle de patologías encontradas en la Fachada, maderas deterioradas y Eflorescencias.</p>	
<p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>	

Fuente: Autores

La madera arquitectónica representada en barandas de los balcones, ventanas, puertas, pasamanos y en general toda la madera correspondiente a ornamentación, presenta problemas por la exposición a la luz solar y a los embates de los agentes atmosféricos. Sufren un cambio de la coloración, que inicialmente toma un tono marrón y posteriormente color grisáceo, y la aparición de grietas superficiales, debido a la diferencia de contenidos de humedad en la zona superficial y zona interior.



<p>Recuento Fotográfico de Patologías No. 17</p> <p>José María Castillo Castellar José Fabio Pineda Acosta Director: Walberto Rivera M.</p>	<p>Detalle de patologías encontradas en la Fachada, Suciedad en la Portada y Erosión.</p> <p><i>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar.</i></p>	

Fuente: Autores

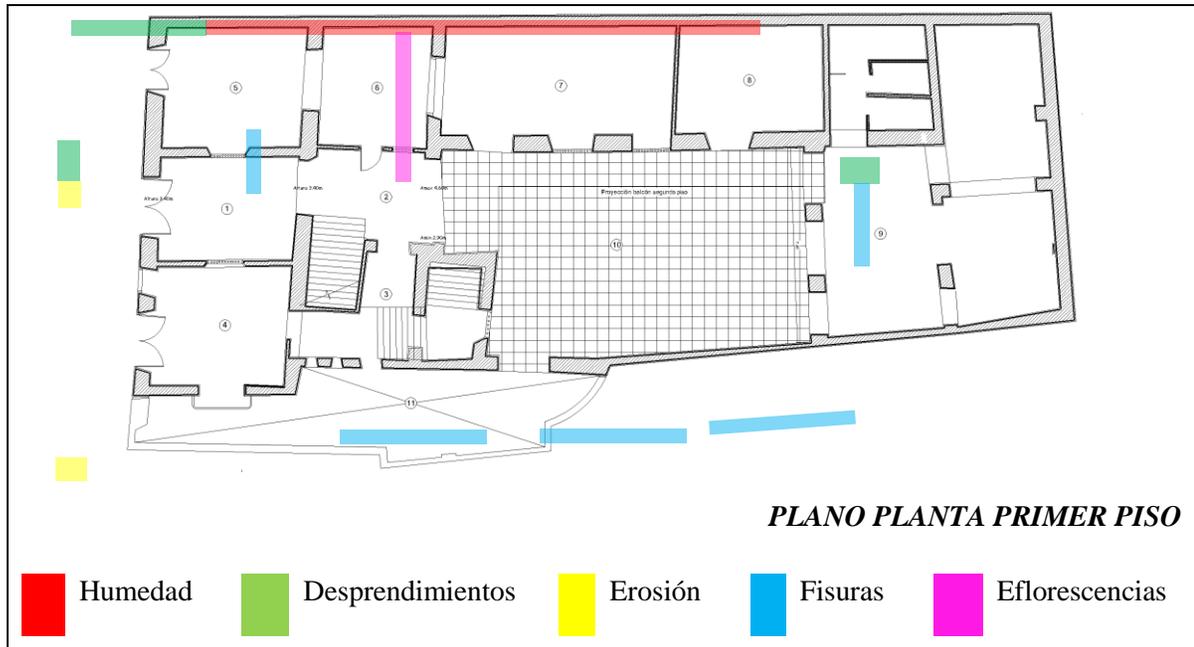
El ensuciamiento u oscurecimientos que presentan los portones se presenta por la falta de aseo de las partículas que arrastra el viento y se adhieren a la pared o por acción de la humedad, ya que la rugosidad de la roca calcárea crea un lugar acogedor para la adhesión de microorganismos como el moho.



5.2. Técnicas para el análisis de la información

Según las labores mencionadas anteriormente que hacen parte de la inspección a realizar en este proyecto de investigación, se encuentran para las técnicas de análisis de la información las siguientes:

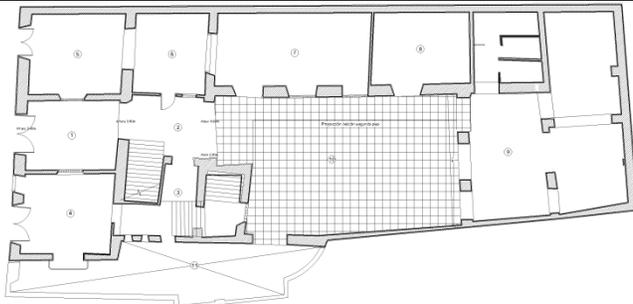
5.2.1 Diagnóstico de Patología: Se clasificó y se calificaron los daños con el fin de tipificarlos tanto del daño en sí como de los posteriores procedimientos de obra para lo cual, basados en los esquemas del levantamiento de daños se procederá a formular las técnicas de intervención convenientes que la edificación requiera.

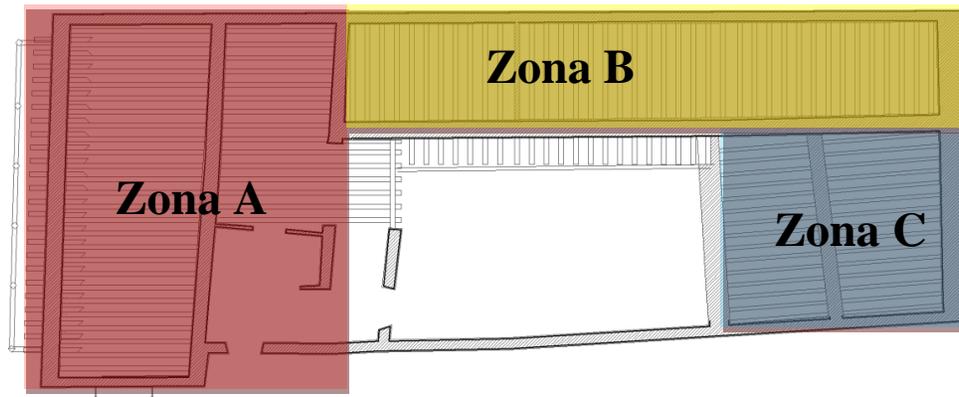


En los muros portantes se identificaron tres tipos de lesiones recurrentes tales como; físicas, mecánicas y químicas. La humedad es el tipo de lesión física que más se encontró en los muros portantes de la casa. Equivale al 32% de las lesiones encontradas en los muros portantes.

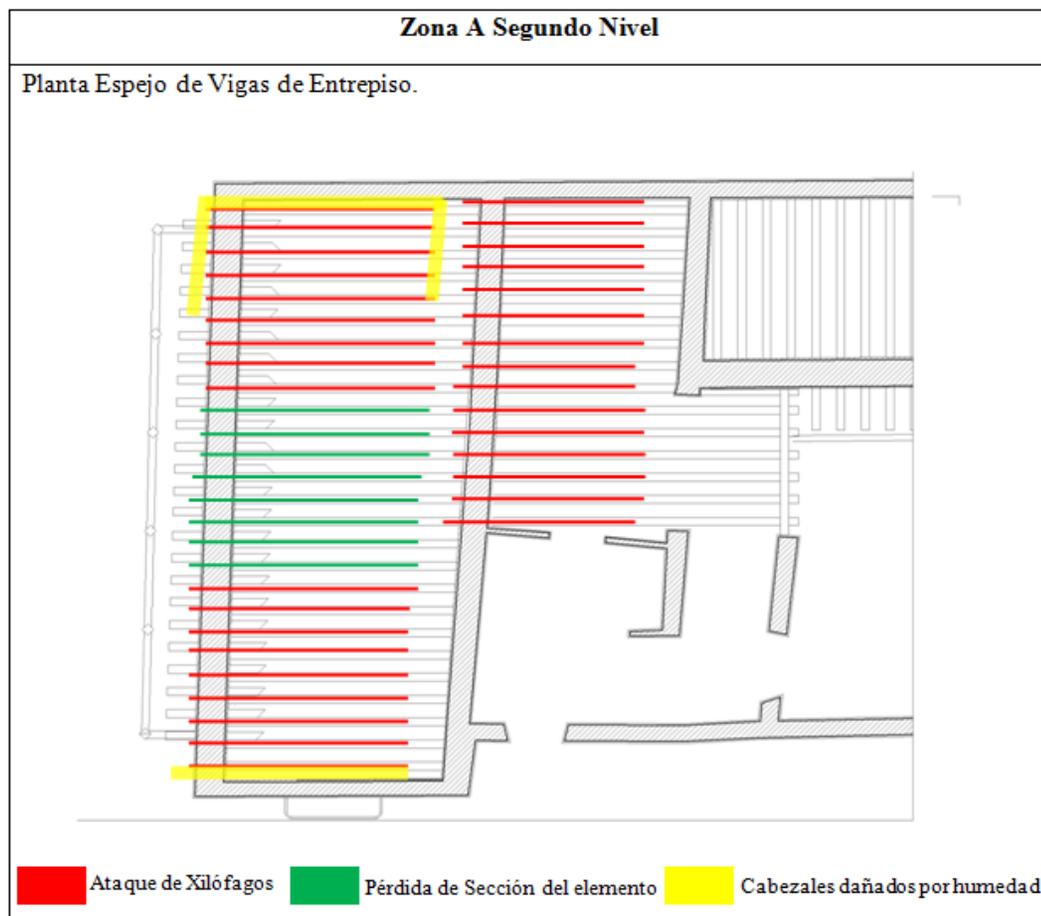
Se puede concluir que el grado de afectación en los muros es leve. Puesto que las lesiones mecánicas y químicas no son significativas con un 23% y 11% respectivamente de las lesiones totales en los muros, pero ahí la necesidad de intervenciones para mejorar el estado actual y prevenir lesiones más complejas.



		UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL			
DATOS GENERALES		CLASIFICACION DE LA CASA			
Lugar	Centro	Casa Colonial Baja			
Dirección	Casa 33-81	Casa Colonial Alta			
Fecha	10 de JULIO de 2013	Casa Colonial Alta Con Entresuelo	X		
Edificio	Casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar				
DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA					
Uso de la Estructura		SI	X	NO	
Familiar	Hotel	Restaurante	Institucional	Comercial	Otros
			X		
Entorno (Ambiente Exterior)		Director		Walberto Rivera Martínez	
Clima			Autores	José Castillo Castellar	
Seco	X			José Pineda Acosta	
Lluvioso					
					
VALORACION VISUAL					
ELEMENTO	MURO PORTANTE		LESIONES ENCONTRADAS		
ACFECTACIÓN DE DAÑO	SEGURIDAD		HUMEDADES	X	
	FUNCIONALIDAD		DESPRENDIMIENTOS	X	
	ASPECTO	X	GRIETAS	X	
NIVEL DE RECUPERACIÓN	IMPRESINDIBLE		FISURAS	X	
	NECESARIA		EROSIÓN	X	
	CONVENIENTE	X	SUCIEDAD	X	
GRADO DE LESIÓN	LEVE	X	EFLORESCENCIAS	X	
	MODERADO		DESGASTE-ABRASION		
	FUERTE		XILOFAGOS – HONGOS – MOHO		
	SEVERO		PERDIDA DE MATERIAL	X	



Se dispuso de 3 zonas de identificación de vigas de entrecimso para el segundo nivel de la edificación, la Zona A, Zona B y Zona C. Se identificaron estas zonas porque las vigas cuentan con secciones, orientaciones y separaciones similares.



Fuente: Autores



5.2.3 Informe de la Inspección: Por la trascendencia que tiene un Informe de Patología a la hora de intervenir una estructura, se transcribió de manera parcial los apartes o la información que se recopiló y analizado, posteriormente se realizó un informe que contiene cada uno de los aspectos analizados durante la Inspección para interrelacionar una patología con su naturaleza.

5.2.4 Técnicas de Intervención

5.2.4.1 Reparación: La reparación es un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamiento y aplicación de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad arquitectónica original. Solo comenzaremos el proceso de reparación una vez descrito el proceso patológico, con su origen o causa y la evolución de la lesión.

5.2.4.2 Restauración: Cuando la reparación se centra en un elemento concreto o en objeto de decoración hablamos de restauración. La restauración entraña una gran dificultad para resultar coherente con el valor del edificio entendido como una entidad individual, tanto desde el aspecto arquitectónico, histórico y artístico que permita la transmisión de sus valores a la posteridad.

5.2.4.3 Rehabilitación: La rehabilitación comprende una serie de posibles fases: un proyecto arquitectónico para nuevos usos; un estudio patológico con diagnósticos parciales; reparaciones de las diferentes unidades constructivas dañadas, y una restauración de los distintos elementos y objetos individuales.

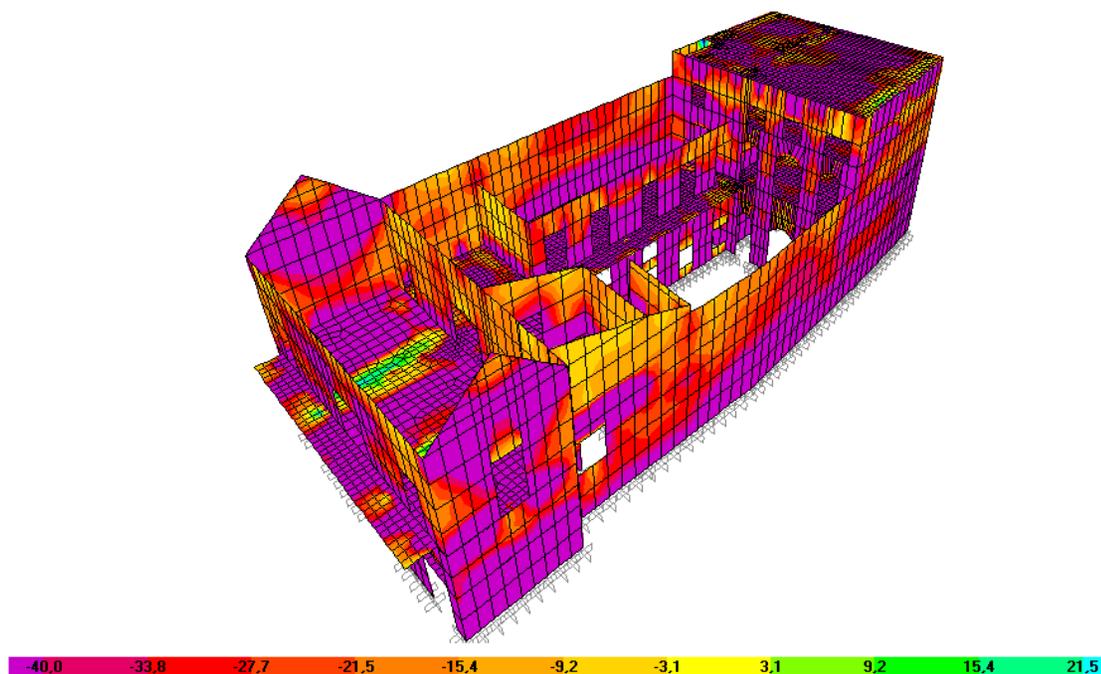
5.2.4.4 Prevención: El estudio de los procesos patológicos y, sobre todo de sus causas, nos permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos. En la prevención habrá que considerar, sobre todo, la eliminación de las causas indirectas, que afectan a la fase previa del proyecto y ejecución, así como al mantenimiento.



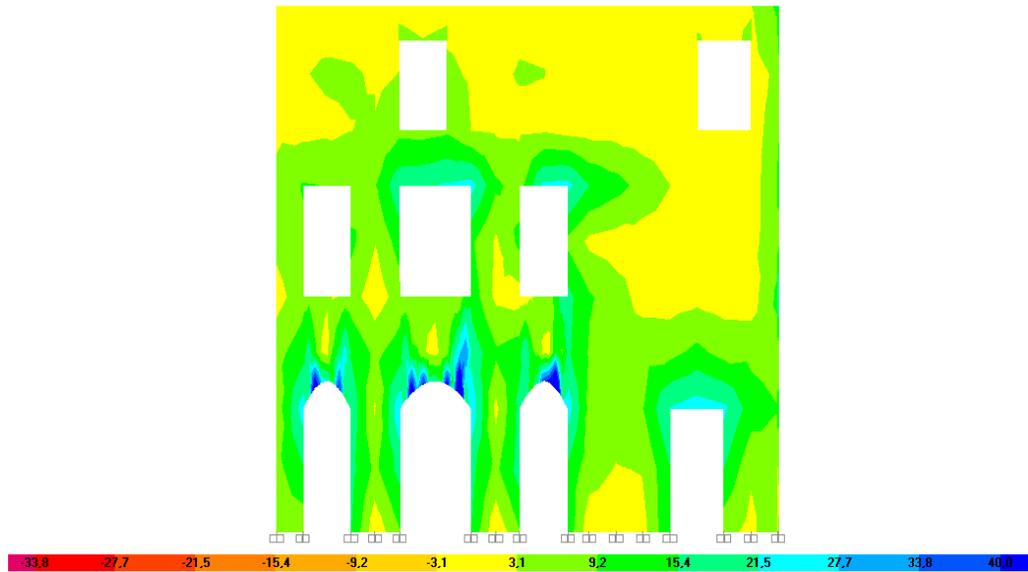
5.3. Análisis de Vulnerabilidad Sísmica de la Casa Colonial

Se realizó un análisis de vulnerabilidad sísmica con los parámetros que exige el Capítulo A.10 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 con el propósito de conocer los esfuerzos de falla de las estructuras de la casa colonial cartagenera con el fin de obtener datos reales para realizar el diagnóstico de la vulnerabilidad y las intervenciones que estas casas requieran con base a la normalización encontrada en los ensayos realizados a los muros que componen las casas, los pasos a seguir serán:

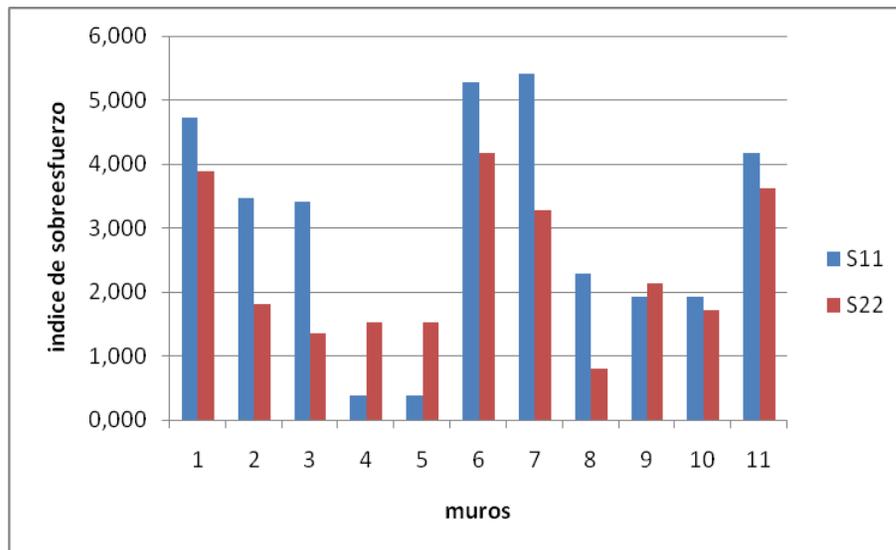
5.3.1 Modelo matemático del análisis de vulnerabilidad: Con el fin de obtener un análisis ideal del comportamiento sísmico de la casa colonial se realizó un modelo matemático de las estructuras de los muros.



5.3.2 Análisis de los datos obtenidos: los datos obtenidos arrojaron el grado de desempeño del muro de tipología colonial, determinando éste cual será el paso a seguir en el orden de la intervención patológica que la estructura requiera, reparación, restauración, rehabilitación, prevención o construcción.



Esfuerzos de Tracción en algunos arcos de la estructura



Índice de sobreesfuerzo a la tracción

Al observar la tabla nos percatamos de que en la mayoría de los muros se presentan sobreesfuerzos de tracción.

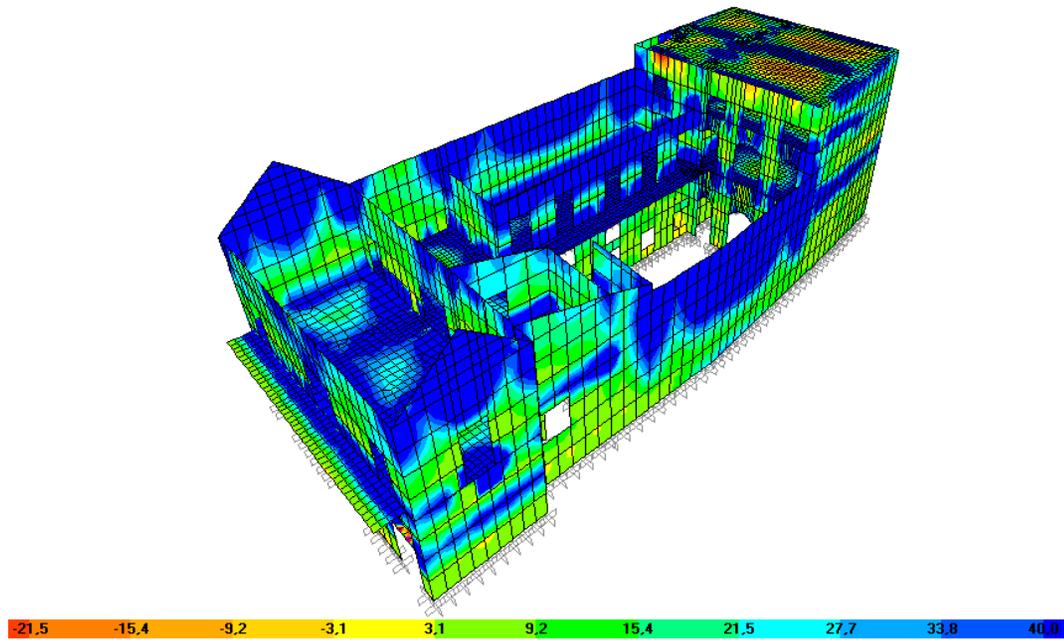
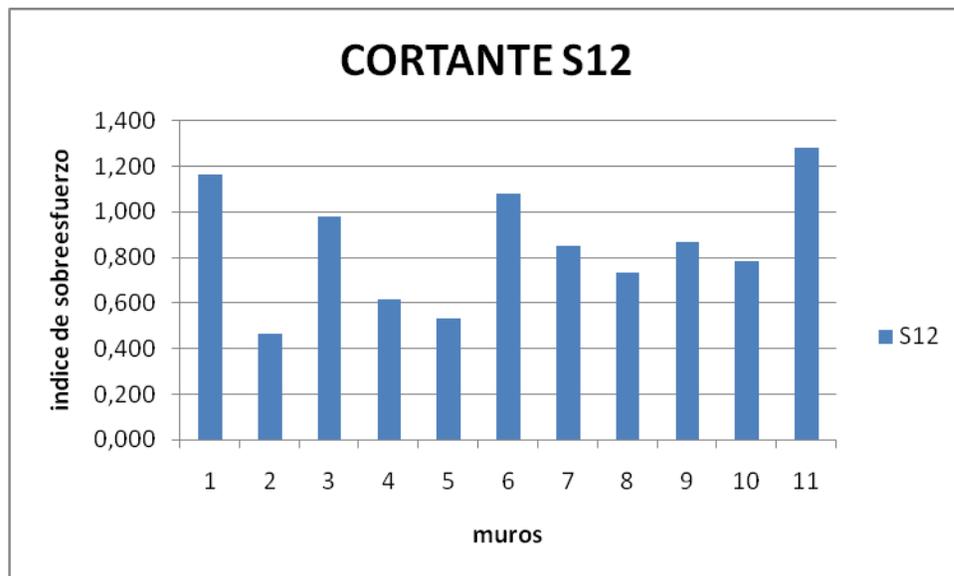


Diagrama general de la estructura bajo esfuerzos de tracción.



Índice de sobreesfuerzo por cortante

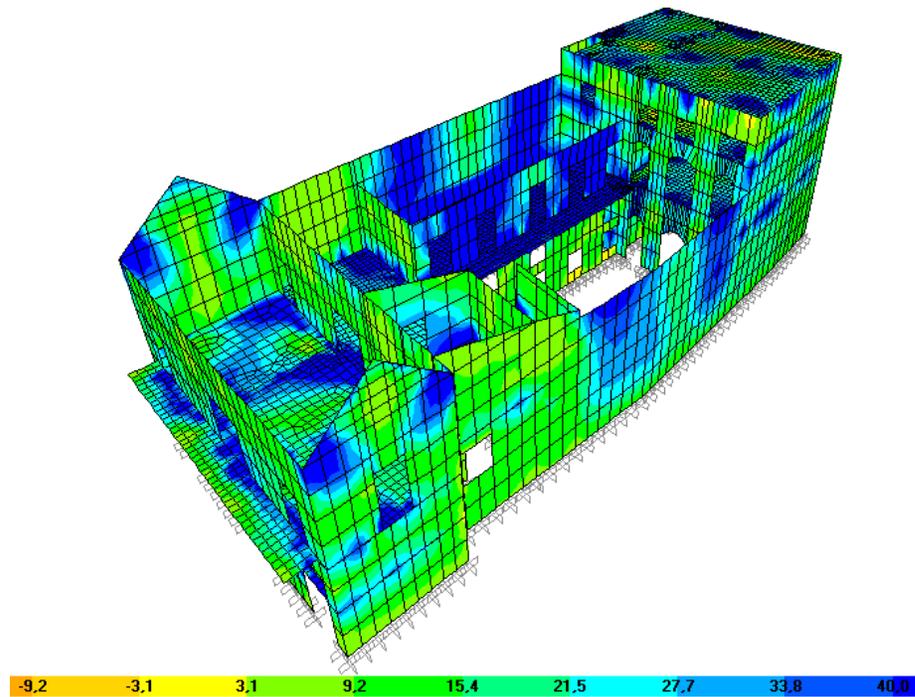
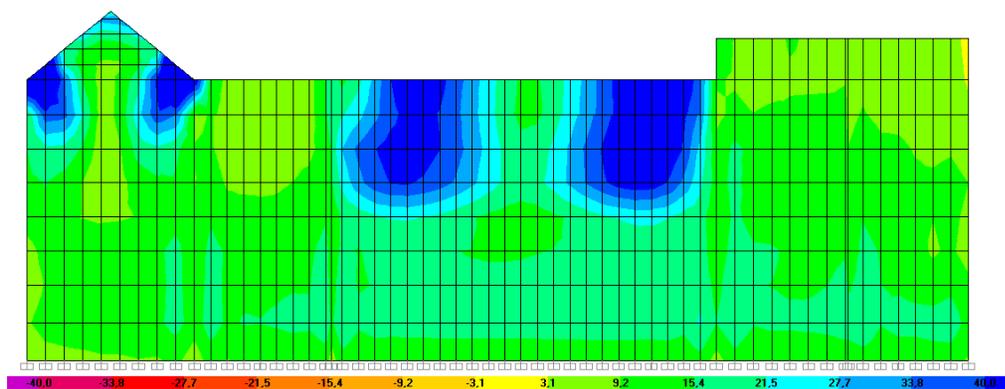
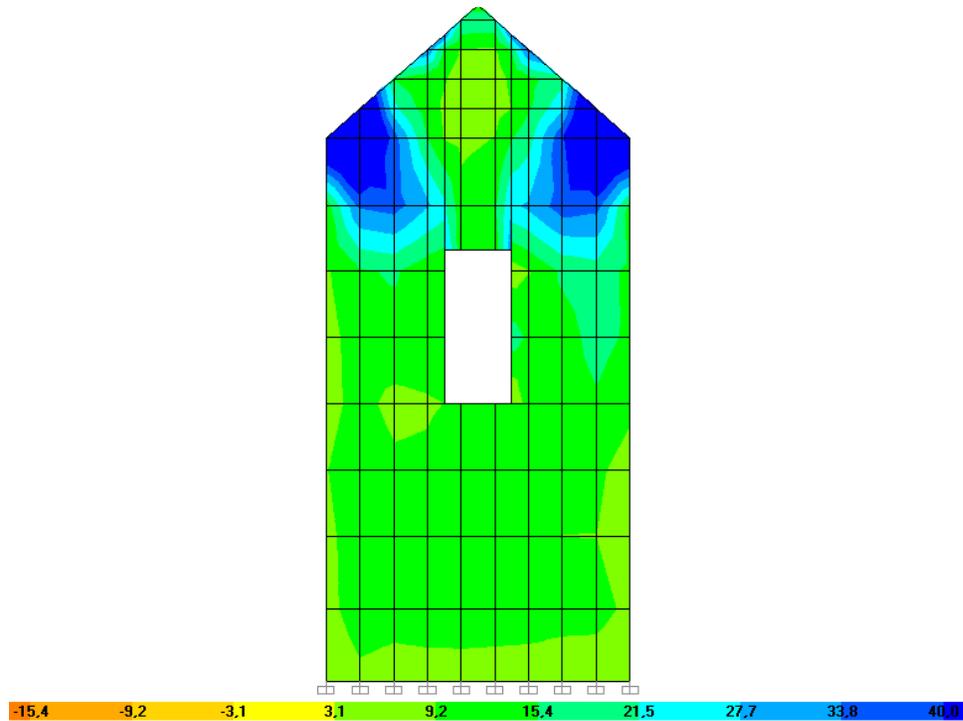


Diagrama general de la estructura bajo esfuerzos de cortante.

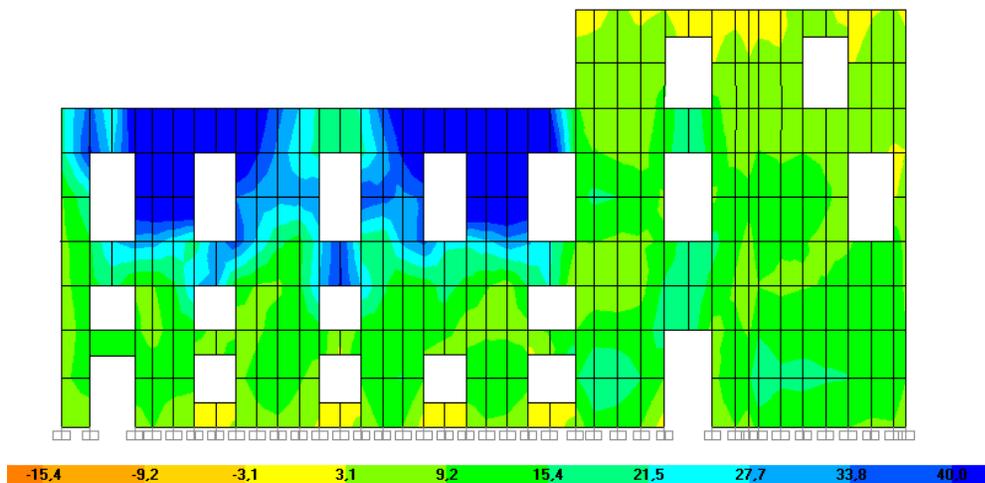
En los muros de la estructura también se presentaran aumentos de los esfuerzos cortantes con la introducción de las combinaciones de carga con solicitaciones laterales. En la figura se muestran los lugares en donde existen estos sobreesfuerzos, más exactamente en los muros 1, 6 y 11.



Muro 1. Afectado por el esfuerzo cortante. Las zonas azules representan los lugares donde hay sobreesfuerzo por cortante,



Muro 6. Afectado por sobreesfuerzo cortante.



Muro 11. Afectado por sobreesfuerzo cortante.

Cabe destacar que en la mayoría de los lugares que señala el análisis como los más vulnerables debido a la gran concentración de esfuerzos que se presentan en ellos, no presentan daños estructurales visibles en la realidad, esto se puede deber a que hay



esfuerzos que en gran parte son generados por las cargas sísmicas, y es claro que la estructura está ubicada en una zona de amenaza sísmica baja en donde prácticamente no ha afrontado un evento de este tipo.

5.3.3 Recomendaciones: Con base a los resultados obtenidos se realizaron las recomendaciones necesarias para la adecuada intervención de una casa de tipología colonial en Cartagena de Indias.

5.3.4 Informe de Vulnerabilidad: Con el análisis realizado se obtuvo el grado de desempeño o la capacidad de esfuerzos admisibles de la estructura de la casa de tipología Colonial. Estos niveles o grados de desempeño admisibles fueron verificados durante el diseño. En la actualidad existen propuestas diferentes para realizar la evaluación del punto de desempeño de una estructura y cada una de ellas presenta sus ventajas y desventajas.

5.3.5 Técnicas de Intervención: Con base al grado de desempeño de la estructura analizada, es decir, conociendo el grado de capacidad de fuerza admisible que soporta la estructura se determinó qué clase de intervención se realizara, pues dependiendo de la capacidad de carga del muro y de que tan comprometido está, se decidirá realizar una: reparación, restauración, rehabilitación, prevención o construcción.



6. MARCO TEORICO

6.1 El Marco Urbano, El Centro Historio De Cartagena De Indias



Imagen 2: Centro Histórico de Cartagena de Indias

Fuente: <http://www.cartagenacaribe.com/arquitectura/plazasy calles/mplocalizacion.htm>



6.2 Contextualización artística, histórica y cultural del patrimonio arquitectónico del periodo Colonial.

6.2.1 Comienzo De La Arquitectura Colonial En Colombia (FRANCO, 2011)

La arquitectura cartagenera tiene una variada y larga Historia, a través de cinco siglos, dejando su testimonio silencioso, pero contundente, que nos revela, elocuentemente, las costumbres y formas de vida de sus habitantes, por medio de sus manifestaciones representadas en la Arquitectura: Precolombina, Vernácula, Colonial, Decimonónica, Republicana, de Transición, Moderna y Contemporánea las cuales explicaremos resumidamente, en varios capítulos.

Arquitectura precolombina anterior a 1533.

Los orígenes de la arquitectura cartagenera se remontan a la época nebulosa de la Pre-historia, cuando los Mocanaes, una tribu de la etnia Caribe, se asentaron en el sitio más prominente de la isla Karamairi, donde construyeron sus bohíos, de un solo espacio, multifuncional., con un sistema estructural y de cerramiento, conformado por un tejido de ramas y bejucos, apoyado pilares de madera, llamado bahareque, con un solo vano o hueco, de acceso; un piso de tierra apisonada y una cubierta cónica, de palma marga; el cual cercaron con árboles espinosos, para protegerse de los depredadores y de sus enemigos. Su gran sentido de la vida en comunidad los llevó a desconocer la propiedad privada, y la diferenciación entre esta y el espacio público, todo lo contrario a los valores culturales y ancestrales de los colonizadores españoles, quienes al conquistarlos, transformaron radicalmente, su forma de vida.

Arquitectura vernácula: De 1533 hasta nuestros días.

Esta modalidad constructiva, de los aborígenes, que aún perdura, en muchas poblaciones de la Región Caribe colombiana, fue mejorada por los Conquistadores españoles, quienes pañetaron el entramado vegetal, con una mezcla de arcilla y boñiga, la cual encalaron, con el doble propósito, de desinfectarla y de mejorar su apariencia, conservando su techumbre, de palma o de paja, la cual, mucho años



después, en algunos lugares del interior del país, fue reemplazada por la teja de arcilla o barro, cocida, conocida también, como teja árabe, teja de cañón, o teja colonial. El trazado circular de los indígenas fue reemplazado por el rectangular, y el espacio interior fue compartimentado para adecuarlo a un uso especializado. Así mismo se multiplicaron las aperturas en los vanos para puertas y ventanas con rejas de protección, y el piso de tierra fue embaldosado o encementado, optimizando este sistema constructivo.

Arquitectura colonial: De 1.533 a 1.811.

Los españoles, se instalaron provisionalmente, en el caserío abandonado por los indígenas, el cual fue transformado paulatinamente, para adecuarlo a su forma de vida. Después de realizar el trazado de San Sebastián de Calamarí, nombre que Don Pedro de Heredia le dio a su fundación, se las ingeniaron para edificar sus viviendas, empleando los materiales y técnicas de la Arquitectura Vernácula, ya descrita, antes de que se instalaran en la ciudad y su entorno, las canteras de piedra y de cal, junto con las ladrilleras y tejares de arcilla cocida, que sirvieron para la construcción del mayor y mejor sistema de fortificaciones de América. Solo, después del incendio, que la arrasó a las pocas décadas de fundada, la ciudad colonial, comprendió la necesidad de construir con materiales menos inflamables y más perdurables, hasta conformar el estilo Colonial Cartagenero, el cual, para los expertos, se diferencia claramente, de la Arquitectura Colonial del resto del país, como veremos en nuestro próximo Capítulo.

De acuerdo al uso de las edificaciones, la Arquitectura Colonial cartagenera se subdivide en: Domestica, Civil, Religiosa y Militar.

6.2.2 Arquitectura Colonial De Colombia (COLOMBIANA)

Las edificaciones levantadas por los españoles en tierras americanas seguían los principios constructivos y tipológicos de la metrópoli, adaptándolos más o menos a las condiciones del lugar y a su función en un medio natural, social y económico diferente. Las iglesias, con su lenguaje espacial de naves, capillas, bóvedas, cúpulas y



campanarios, continuaban la tradición establecida desde los principios de la cristiandad, aplicando en la composición de estos elementos los principios renacentistas y posteriormente barrocos vigentes en España.

En cuanto a la arquitectura doméstica, las casas neogranadinas, construidas como estancias alrededor de uno o varios patios, reflejaban no solamente la proveniencia andaluza o extremeña, en su mayor parte, de los conquistadores, sino al mismo tiempo la herencia árabe y, antes que ésta, romana y griega de las casas de dichas regiones peninsulares. Vale la pena notar, como lo afirma el arquitecto e historiador Germán Tellez, ² que los componentes de la arquitectura doméstica urbana del sur de España se encuentran tanto la arquitectura doméstica urbana como en la rural de la Nueva Granada; en vano –afirma Tellez–, se deben buscar los antecedentes de esta última en las casas rurales de Andalucía o Extremadura, puesto que los modelos de explotación agrícola de las haciendas en las cuales dichas casas se asentaban eran esencialmente diferentes.

Las características de la arquitectura colonial neogranadina están marcadas por su condición de colonia con una economía de subsistencia, donde la explotación de oro y plata no jugó el importante papel que tuvo en Nueva España (México) o Perú, joyas de la corona española. Esto se hace patente en la comparativa sobriedad de las fachadas de las catedrales de Santa Fe (Bogotá), Popayán o Cartagena, donde los recursos no daban para la grandiosidad de las fachadas barrocas de sus pares en Lima, México o Puebla. Digno de mención, entre los arquitectos de este período, son el alemán Simón Schenherr quien construyó iglesias de estilo barroco como la de los jesuitas en Cartagena de Indias y la iglesia de La Encarnación en Popayán.



6.2.3 La Arquitectura Colonial Cartagenera

Las manifestaciones arquitectónicas, producidas por la Corona Española en tierras americanas o en sus provincias de ultramar durante la dominación hispana en este continente, entre los siglos XV al XVIII, se le denomina Arquitectura Colonial.

Sus características responden al trasplante de una cultura europea, mezcla de celtas, iberos, romanos y visigodos, con moros del norte de África y el aporte aborigen de los pueblos más cultos de esta parte del continente, al cual se agregó posteriormente, el sudor y la sangre de los esclavos negros traídos del continente africano.

6.2.3.1 La arquitectura domestica en Cartagena de indias (MORENO)

Una vez superada las dificultades de los primeros años, en los que la ciudad debía estar formada por una serie de chozas de bahareque, y como consecuencia del auge de su puerto, se levantaron edificaciones importantes y gran número de casas para albergar a la creciente población.

Aunque en la ciudad abundan diversos tipos de casas, en líneas generales las viviendas de Cartagena se pueden agrupar en dos modelos: las de una sola planta, características del arrabal de Getsemaní, del barrio de San Diego y otras zonas extramuros, y las grandes casas de dos y tres pisos, residencias de familias acaudaladas y situadas en la zona intramuros.

La casa de un piso se caracteriza casi siempre por tener la puerta de acceso a un lado de las fachadas, generalmente enmarcada por pilastras y entablamentos.

Las ventanas, dispuestas lateralmente, sobresalen del plano de la fachada y se apoyan sobre basas a modo de repisas que llegan hasta el suelo, cerrándose con rejas y rematándose con un tejadillo.

Tras atravesar el zaguán llegamos al vestíbulo, al que da acceso directo a la sala principal. El resto de las habitaciones se desarrollan en los costados, alrededor del patio, siendo frecuente la existencia de un traspatio al fondo de la vivienda.



Por su parte, las casas de la zona intramuros solían constar de dos pisos principales y un entresuelo, destinándose la planta baja a usos comerciales y depósito, mientras que las superiores se disponían las habitaciones. A través del zaguán se llega a un vestíbulo abierto sobre el patio, en donde arranca la escalera de tipo claustral, dispuesta en ángulo. Al igual que en las casas más modestas, era frecuente la existencia de un traspatio en donde se localizaban las habitaciones de la servidumbre y las caballerizas.

Al patio, con arquerías en dos o tres de sus costados dan todas las dependencias del primer piso; el salón y las habitaciones principales se asoman hacia la calle, en donde se abren balcones corridos. En otros costados del patio, y siempre detrás de una galería, se ubican el resto de habitaciones del piso alto, de menor importancia. Sobre las cubiertas es frecuente encontrar miradores orientados al mar, a manera de torres. Asimismo, debido a la escasez de agua potable, se construyeron numerosos aljibes bajo el patio.

Usándose en contados casos el mármol traído de Europa para la construcción de las baldosas. Sus pisos se apoyan en vigas de madera que sobresalen a manera de canes para soportar los balcones y las galerías. Las cubiertas, realizadas con teja, descansan sobre armaduras de par y nudillo.

Pese a que en los últimos años se han restaurado un numeroso número de casonas, la exploración estratigráfica de sus muros no se inició hasta la década de los 90. Desde entonces múltiples pinturas han aparecido, convirtiéndose en una verdadera revelación tanto por su temática como por sus particulares técnicas artísticas.

En palabras de Vallín, «pinturas en frisos, con leones, micos y otros animales, diseños florales, caracoles y personajes diversos, forman múltiples conjuntos de motivos que decoran la arquitectura doméstica colonial de la ciudad, mostrando una temática, una concepción y una ejecución que difieren de otras regiones de Colombia. En Cartagena



predominaron los dibujos a carboncillo y las pinturas monocromas con una especial manejo de los tonos sepias y, hasta el siglo XVIII, se continuaron utilizando los pañetes de cal. En el interior del país, por el contrario, se da preferencia a las policromías y los pañetes de cal fueron reemplazados por los de arcilla, de menor calidad y con mayor riesgo de deterioro».

Son muchas las casas de Cartagena de Indias en donde se han encontrado restos pictóricos. Muchas de ellas reciben su actual nombre derivado de la familia que la ocupa o de la decoración mural descubierta.

Destacaremos la *Casa de los Barcos*, antigua casona del siglo XVII en cuyos muros se han encontrado hasta 36 embarcaciones de diverso tipo (galeones, carabelas y galeras), que salpican cada uno de los rincones de la vivienda. Todo parece indicar que fueron realizados durante varias épocas, y por varios artistas.

6.2.3.2 Características Particulares de acuerdo al uso

El uso de la de la arquitectura colonial, establecen una marcada diferencia entre las diversas categorías arquitectónicas que de acuerdo a su uso tienen las edificaciones, por ejemplo: la arquitectura militar, la civil, la religiosa, y la domestica, que en nuestro caso es la que nos interesa.

6.2.3.3 ¿Por qué se llama arquitectura Colonial?

Se define arquitectura colonial a las edificaciones que se realizaron en los pueblos hispanos sobre las ruinas de los asentamientos indígenas. Se llama arquitectura colonial porque su construcción se desarrolló en las colonias que tenía España en América, y estaba basada en las modas y parámetros de la metrópoli. Por lo tanto las variantes serán las mismas que en Europa, pero con la diferencia que contaban con elementos locales que la distingue incluso entre las mismas colonias americanas.



Estas manifestaciones arquitectónicas surgieron en América Latina desde el descubrimiento del continente, en 1492, hasta mediados de 1930 cuando empiezan a parecer las construcciones republicanas.

6.2.4 Aspectos históricos de la arquitectura Colonial Cartagenera

6.2.4.1 Cartagena en el período Colonial

Cuando los conquistadores españoles al mando de Rodrigo de Bastidas llegaron a la bahía de Cartagena en la primera mitad del siglo XVI, encontraron que una isla llamada Calamarí estaba habitada por abundante población indígena de la tribu mocanaes perteneciente a la familia Caribe. Treinta y dos años después, en 1533, Pedro de Heredia fundó sobre el caserío indígena la ciudad de Cartagena. La fundación, como todas las fundaciones Hispanoamericanas, mezclaba los esquemas de la estética urbana europea con los requisitos legales para las ciudades indianas. Se trazaron calles, cuadras, plazas, y se repartieron solares, debidamente distribuidos, para los primeros pobladores.

Durante el período colonial Cartagena se convirtió en el centro más importante de la trata de esclavos que se introducían para la explotación de las minas de Antioquia, Chocó y Cauca unos, y otros para las actividades agropecuarias y el servicio doméstico en las casas de los peninsulares españoles. Este hecho resultó fundamental en el siglo XVIII, cuando el mestizaje había penetrado con fuerza el paisaje humano, para que la Cartagena esclavista proyectase un cuadro etnográfico de mayoría de negros, pardos y mulatos, al lado de blancos criollos y peninsulares.

Por su situación estratégica, emplazada en una bahía de excelentes condiciones favorables para la navegación comercial y de pasajeros, Cartagena se convirtió en uno de los más importantes puertos de España en América durante todo el período colonial. A él llegaban toda suerte de mercaderías que se introducían al Nuevo Reino de Granada y constituyó la puerta de entrada al virreinato de migrantes europeos y del Caribe, así como de los funcionarios oficiales. Así mismo, en el camino de un contacto económico, político y cultural con Europa la aristocracia neogranadina



pasaba necesariamente por Cartagena. De esta manera la ciudad unía las funciones de puerto y plaza fuerte, donde se congregaban el poder civil, el eclesiástico y el militar; una especie de sede alterna del gobierno virreinal que produjo una gran cantidad de hechos urbanos como arquitectura, reconocidos hoy día como patrimonio cultural de la humanidad.

6.2.4.2 Arquitectura Colonial en el centro histórico de Cartagena de Indias (MORENO J. M., 2000)

Una vez superada las dificultades de los primeros años, en los que la ciudad debía estar formada por una serie de chozas de bahareque, y como consecuencia del auge de su puerto, se levantaron edificaciones importantes y gran número de casas para albergar a la creciente población.

Aunque en la ciudad abundan diversos tipos de casas, en líneas generales las viviendas de Cartagena se pueden agrupar en dos modelos: las de una sola planta, características del arrabal de Getsemaní, del barrio de San Diego y otras zonas extramuros, y las grandes casas de dos y tres pisos, residencias de familias acaudaladas y situadas en la zona intramuros.

La casa de un piso se caracteriza casi siempre por tener la puerta de acceso a un lado de las fachadas, generalmente enmarcada por pilastras y entablamentos. Las ventanas, dispuestas lateralmente, sobresalen del plano de la fachada y se apoyan sobre basas a modo de repisas que llegan hasta el suelo, cerrándose con rejas y rematándose con un tejadillo.

Tras atravesar el zaguán llegamos al vestíbulo, al que da acceso directo a la sala principal. El resto de las habitaciones se desarrollan en los costados, alrededor del patio, siendo frecuente la existencia de un traspatio al fondo de la vivienda. Por su parte, las casas de la zona intramuros solían constar de dos pisos principales y un entresuelo, destinándose la planta baja a usos comerciales y depósito, mientras que



las superiores se disponían las habitaciones. A través del zaguán se llega a un vestíbulo abierto sobre el patio, en donde arranca la escalera de tipo claustral, dispuesta en ángulo.

Al igual que en las casas más modestas, era frecuente la existencia de un traspatio en donde se localizaban las habitaciones de la servidumbre y las caballerizas. Al patio, con arquerías en dos o tres de sus costados dan todas las dependencias del primer piso; el salón y las habitaciones principales se asoman hacia la calle, en donde se abren balcones corridos. En otros costados del patio, y siempre detrás de una galería, se ubican el resto de habitaciones del piso alto, de menor importancia. Sobre las cubiertas es frecuente encontrar miradores orientados al mar, a manera de torres.

Asimismo, debido a la escasez de agua potable, se construyeron numerosos aljibes bajo el patio. En ambos casos presentaban muros de piedra y ladrillo, usándose en contados casos el mármol traído de Europa para la construcción de las baldosas. Sus pisos se apoyan en vigas de madera que sobresalen a manera de canes para soportar los balcones y las galerías. Las cubiertas, realizadas con teja, descansan sobre armaduras de par y nudillo.

6.3 Tipología de las edificaciones del periodo.

6.3.1 Tipología de la Vivienda Colonial Cartagenera (MARIA, 1995)

Las posibilidades de la técnica constructiva al igual que el “ambiente espacial”, fueron adoptadas de modelos españoles; La importancia de la vivienda dependía del estrato social de su propietario.

Estas viviendas se clasifican en:

1. Vivienda Colonial Baja.
2. Vivienda Colonial Alta.
3. Vivienda Colonial Alta con entresuelo.

Además se dio la vivienda accesoria.



VISTA ISOMETRICA DE LA CASA COLONIAL BAJA

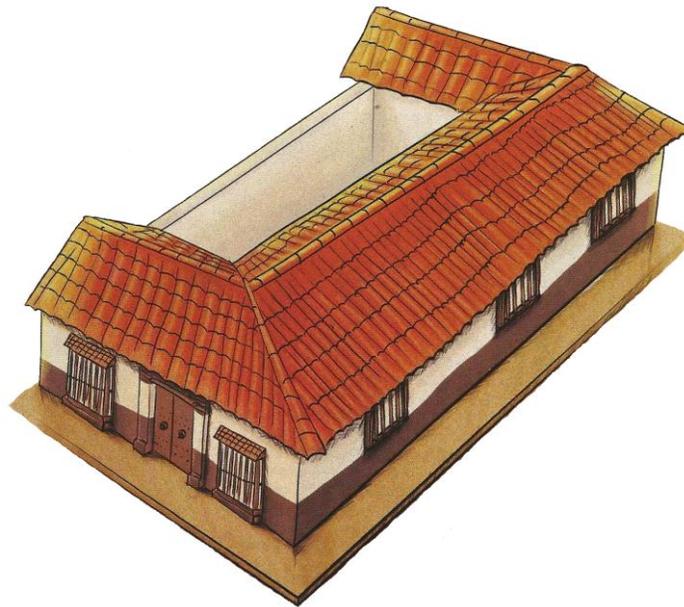


Imagen 3: Vista Isométrica de la Casa Colonial Baja

Fuente: Cartagena Pregón de la Libertad – Bicentenario Cartagena de Indias 1811-2011 TOMO II.

VISTA EN PLANTA DE LA CASA COLONIAL BAJA

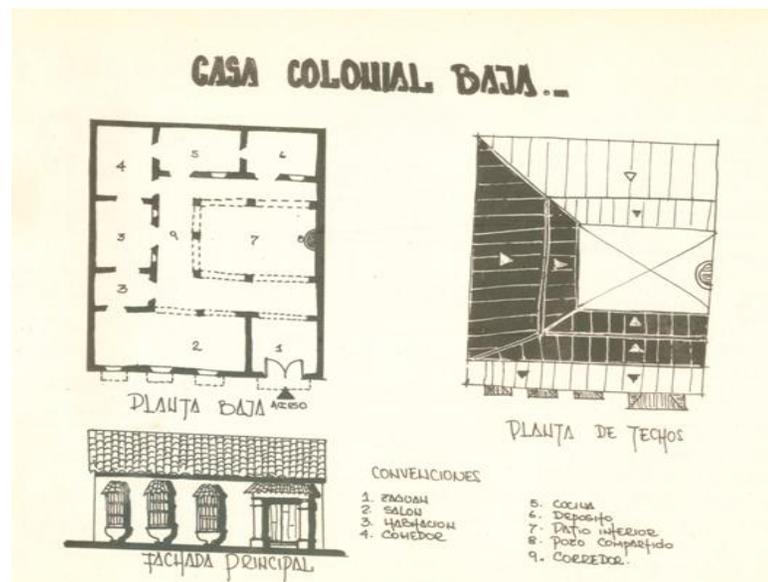


Imagen 4: Vista en Planta de la Casa Colonial Baja

Fuente: El Clima, La Vivienda y el Espacio público en Cartagena de Indias- Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano-Edurbe y XII Hábitat.



VISTA ISOMETRICA DE LA CASA COLONIAL ALTA

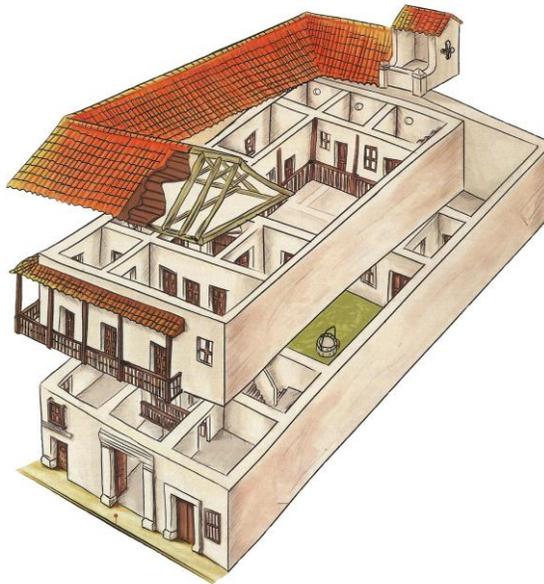


Imagen 5: Vista Isométrica de la Casa Colonial Alta

Fuente: Cartagena Pregón de la Libertad – Bicentenario Cartagena de Indias 1811-2011 TOMO II.

VISTA EN PLANTA DE LA CASA COLONIAL ALTA

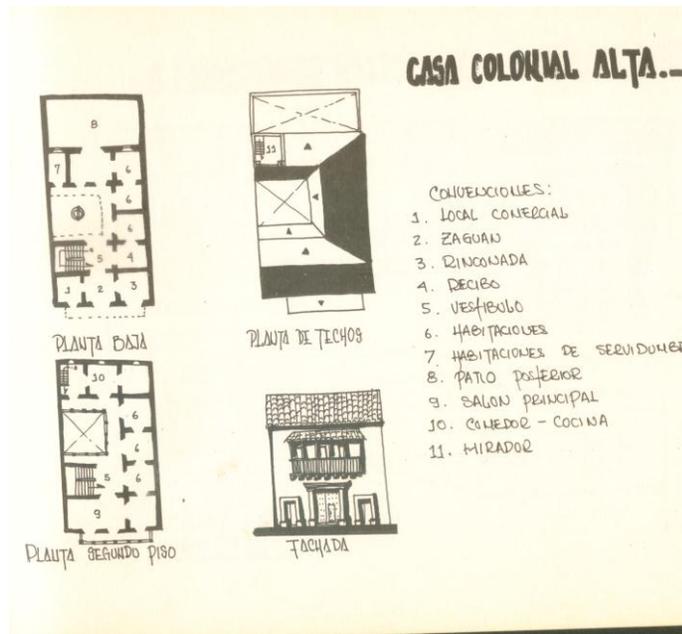


Imagen 6: Vista en Planta de la Casa Colonial Alta

Fuente: El Clima, La Vivienda y el Espacio público en Cartagena de Indias- Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano-Edurbe y XII Hábitat.



VISTA EN PLANTA DE LA CASA COLONIAL ALTA CON ENTRESUELO

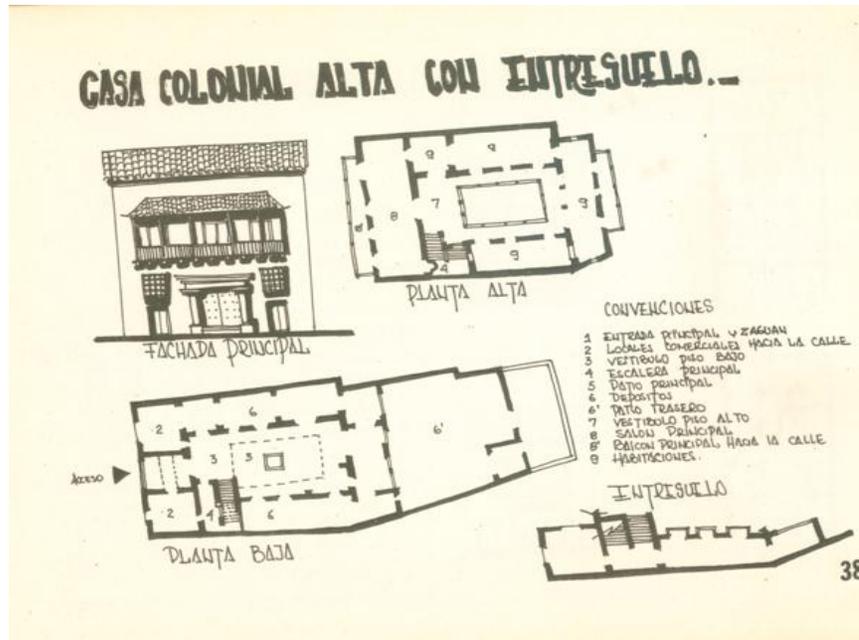


Imagen 7: Vista en Planta de la Casa Colonial Alta con Entresuelo

Fuente: El Clima, La Vivienda y el Espacio público en Cartagena de Indias- Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano- Edurbe y XII Hábitat.

“El miedo a posibles incendios estaba presente en la mente de todos y así un gran número de edificaciones “eran de piedra, teja y azotea”, comenzando a perfilarse ya claramente el tipo de construcciones que iba a darse en años venideros.

Se construyeron casas de dos plantas –la de abajo destinada a oficina-, con su portada en piedra o ladrillo revocado, según los “posibles” de sus dueños, zaguán de entrada, vestíbulo, patio porticado, escaleras, salas, galería, artesonados, cubiertas de teja o azotea, y un traspatio, en donde se mezclaban las habitaciones de la servidumbre con las aves de corral y a veces con un pequeñísimo huerto, por último, el balcón, podía aparecer volado, a ras de muro, cubierto o sin cubrir, pero sería el voladizo el que prestara una característica especial a la casa cartagenera”. (PLÁ)



6.4 Selección de un ámbito.



Imagen 8: Sector Centro del Centro Histórico de Cartagena de Indias

Fuente: <http://www.cartagenacaribe.com/arquitectura/plazasy calles/mplocalizacion.htm>

Con el propósito de suplir la falta de información que se tiene de las casas coloniales del centro histórico de Cartagena con relación a la NSR-10 analizaremos el comportamiento que poseen las casas del sector centro frente a la vulnerabilidad sísmica y normalizaremos los parámetros que se pueden utilizar a la hora de intervenir estructuralmente una de estas casas con el fin de evitar las posibles patologías que se puedan presentar sino se realiza un adecuado tratamiento a la hora de una intervención.



6.5 Características de la Arquitectura Cartagenera desde el Siglo XIX al XX (Torres, 1988)

6.5.1 Materiales

En Cartagena se utilizó ampliamente la piedra de origen coralino, de poca dureza y alta porosidad. En las armaduras de cubiertas, de parhlera y par y nudillo, se emplearon gruesas, pesadas y resistentes maderas tropicales, caracterizadas por sus inusitadas dimensiones. En la cobertura final se utilizó teja de barro cocido en las edificaciones más prominentes, y paja en las de la periferia.

El tipo de arcilla existente en la región impidió la elaboración de un buen ladrillo, que resistiera la usura y la intemperie por tal motivo las construcciones que realizaron los colonos tienen muros formados por:

- a) **DE PIEDRA Y ARGAMASA DE CAL**, Hasta que se subió el precio de la piedra que fue sustituida por el ladrillo.

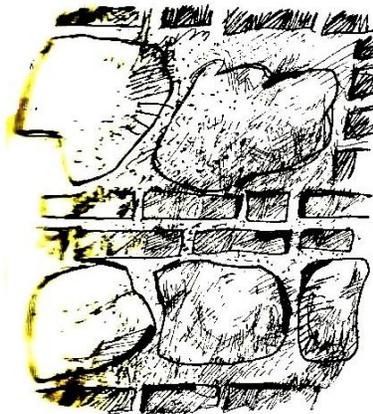


Imagen 9: Muro de Piedra y Argamasa de Cal

Fuente: La Casa Colonial Cartagena. Javier Covo Torres-El Ancora Editores

- b) **DE PEDAÇOS DE LADRILLO PIEDRA Y CORAL TRITURADO**, Que formaba con la argamasa una mezcla muy compacta. Este fue el tipo de muro más utilizado en la construcción domestica Cartagenera.



Imagen 10: Muro de Pedazos de Ladrillo, Piedra y Coral Triturado

Fuente: La Casa Colonial Cartagena. Javier Covo Torres-El Ancora Editores

- c) **DE LADRILLO**, Muchas veces este muro se fabricaba mezclado con retal de coral y siempre se utilizaba una junta gruesa de argamasa.

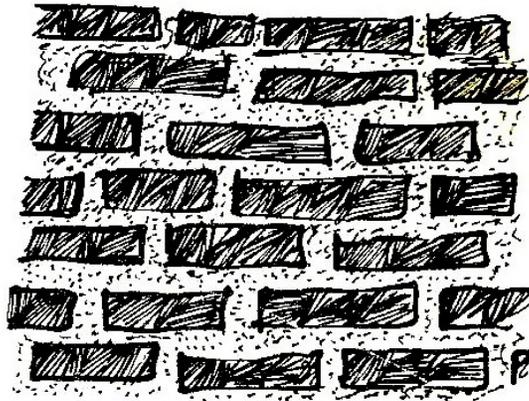


Imagen 11: Muro de Ladrillo

Fuente: La Casa Colonial Cartagena. Javier Covo Torres-El Ancora Editores



Los anchos más usuales de los muros son: (1/2, 2/3, 3/4, 1, 1+1/3, 1+1/2) Varas ósea (0,428-0,57-0,642-0,856-1,14 y 1,28) mts. “Una vara del Rey es igual a 0,856”.

El ladrillo que se usó en Cartagena es igual a los dos tipos de ladrillos más usados en todo el reino de la nueva granada.

a) LADRILLO “PANELA” o “TOLETE”

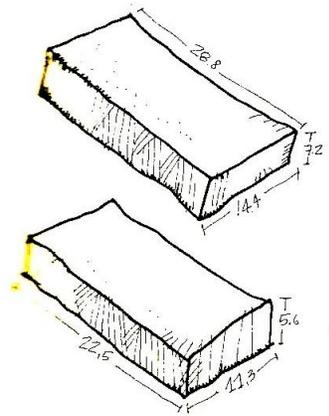


Imagen 12: Ladrillo “Panela” o “Tolete”

Fuente: La Casa Colonial Cartagena. Javier Covo Torres-El Ancora Editores

b) LADRILLO “TABLON”

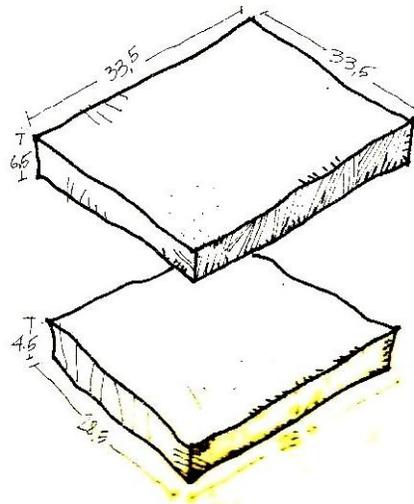


Imagen 13: Ladrillo “Tablón”

Fuente: La Casa Colonial Cartagena. Javier Covo Torres-El Ancora Editores



En vista de la mala calidad del ladrillo, los españoles hicieron unos pañetes muy gruesos. Estos pañetes se hacían con una mezcla de Cal y arena lavada, a la que a veces le añadían alumbre, yeso, ceniza y fibras vegetales.

6.5.2 Técnicas Constructivas (SEMANA, 2011)

El voraz incendio de 1552 que arrasó prácticamente con todos los bohíos pajizos de Cartagena de Indias, casi veinte años después de su fundación, quizás haya sido el detonante principal para convencer a los habitantes de la necesidad de edificar sus casas en materiales duraderos. Una decisión no tan fácil si se consideran las condiciones en las cuales se erigió el poblado: una isla de arena coralina, tupida de manglares y sin ríos o quebradas que la surtieran de agua consumible.

Los nativos que allí vivían al momento de la conquista habían sorteado estas dificultades con viviendas hechas en un entramado de cañas verticales y horizontales recubierto de barro y rematado con una techumbre de palma, un sistema constructivo fresco y de bajo costo.

Estas casas de bahareque y también las de madera o tablazón, basadas especialmente en el modelo básico del rectángulo usado en Europa, fueron del todo favorables para aquellos colonos que aún no se hacían a la idea de permanecer en suelo cartagenero o americano. Fue así como el poblado fue paulatinamente tomando forma de asentamiento urbano con el trabajo de los indígenas, quienes en sus canoas traían los materiales de caña, palma y madera de islas vecinas como Barú y, con su mano de obra, construyeron una a una las casas de sus conquistadores.

Estas edificaciones sencillas, de un piso y sin mayores divisiones en su interior, se erigían en medio de una ciudad de baja densidad, pero con problemas, como las de sus calles de arena donde los habitantes botaban la basura, las vacas transitaban sin control, y la maleza invadía todos sus rincones, o la falta de agua, que obligó a construir pozos y jagüeyes para surtir a la población de tan necesario líquido.

La labor de construir en materiales resistentes al fuego, la humedad, la lluvia o a los ataques de los piratas, dependía de encontrar depósitos naturales de piedras. Las casas



se hicieron de diferentes materiales. Al estar el poblado en un entorno marítimo en el que abundaban las de formación coralina, un elemento no muy sólido, se requería el esfuerzo de ladrillos y maderas finas, de las que existían varias especies. Terminada la estructura, esta se coronaba con tejas.

Para fabricar ladrillos y tejas se necesitaba de buena arcilla, la que no era fácil de conseguir en las inmediaciones de Cartagena. Se traían de sitios lejanos como Mompox o incluso en las embarcaciones que navegaban por el mar, pues servían de lastres en las naves. Así mismo, los ladrillos y tejas junto con la cal, que mezclada con arena servía como pega de los materiales, requerían de hornos para cocerlos. Varios de ellos fueron levantados en las islas de Tierra Bomba y de Barú, operados por los africanos esclavizados.

El uso de estos materiales transformó la estructura y espacialidad de las casas y con ellas la imagen de la ciudad. El poblado pajizo dejó de ser un sitio de aspecto transitorio y deslucido, y condujo a aumentar la preocupación por mantener y proteger la emergente ciudad-puerto. Pero también se empezaron a hacer distintivas unas casas de otras, lo que diferenciaba así también una familia de la otra: las de los encomenderos descendientes de los conquistadores; de los escribanos, médicos, barberos, boticarios, plateros, herreros, sastres, zapateros, entre otros.

Con esos materiales resistentes se pudieron construir casas de dos y tres pisos, ampliar y modificar sus espacios según los gustos y necesidades de sus moradores, engalanar sus fachadas con ventanas y balcones volados a la manera que se lucían en España. De igual manera adornar sus interiores con azulejos y pinturas murales. Se construyeron aljibes propios para almacenar las aguas lluvias. Todo ello fue posible por la presencia de albañiles y canteros expertos en el trabajo en piedra, oficios que en su mayoría dominaban los emigrantes Españoles. También se requirió de diestros carpinteros, tejeros y caleros, trabajos artesanales que fueron aprendidos o perfeccionados por los esclavos y horros traídos de África y, en menor número por los indígenas.



6.6 Reseña sísmológica en Cartagena de Indias

Cartagena de Indias se encuentra ubicada en el mapa sísmico colombiano en la zona de amenaza baja, esto indica que los sismos que se presente en su mayoría serán de baja intensidad con coeficiente de aceleración y velocidad horizontal pico efectivo bajos. A_a y A_v respectivamente con valores de 0.1

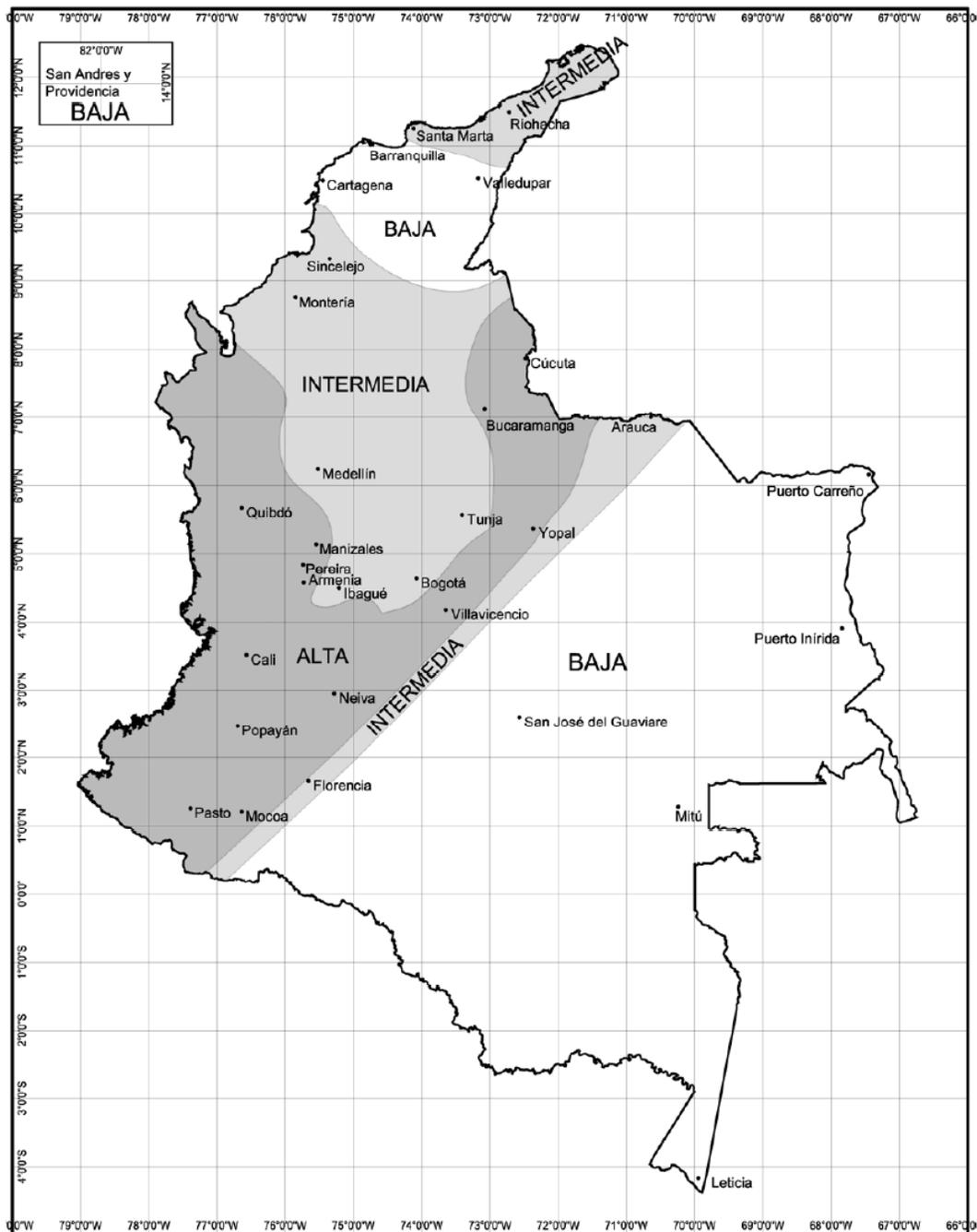


Imagen 14: Zonas de amenaza Sísmica y movimientos sísmicos de diseño

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NRS-10-Tomo I A-17



Red Sismológica Nacional de Colombia								
Parámetros de Consulta								
Fecha Inicial		01/01/1973	DEPARTAMENTO		Bolívar	Total Registros		18
Fecha Final		14/06/2013	MUNICIPIO		Cartagena			
Fecha dd/mm/aa	Hora UTC hh:mm:ss	Magnitud MI	Longitud Grados	Latitud Grados	Departamento	Municipio	Profundidad Km	Estado
23/06/1998	01:36:29	5.7	-76.399	10.695	BOLIVAR	CARTAGENA	14	Revisado
23/06/1998	02:35:24	3.3	-76.22	10.584	BOLIVAR	CARTAGENA	40.1	Revisado
23/06/1998	03:45:45	3.5	-76.088	10.764	BOLIVAR	CARTAGENA	118.7	Revisado
23/06/1998	07:32:41	2.8	-75.82	10.568	BOLIVAR	CARTAGENA	44.1	Revisado
24/06/1998	08:34:48	4.6	-76.134	10.637	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado
24/06/1998	09:33:40	3.1	-76.124	10.398	BOLIVAR	CARTAGENA	100.2	Revisado
25/08/1998	21:39:21	4.3	-76.225	10.595	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado
29/07/2001	02:13:35	3.7	-75.846	10.843	BOLIVAR	CARTAGENA	44	Revisado
11/11/2001	18:25:17	3.2	-76.063	10.686	BOLIVAR	CARTAGENA	45.4	Revisado
20/06/2004	21:58:02	4.0	-76	10.812	BOLIVAR	CARTAGENA	24	Revisado
16/08/2005	06:10:40	3.5	-76.717	11.058	BOLIVAR	CARTAGENA	77.7	Revisado
08/09/2009	06:19:09	2.9	-75.825	10.407	BOLIVAR	CARTAGENA	12.9	Revisado
31/07/2010	08:26:23	2.7	-76.261	10.428	BOLIVAR	CARTAGENA	18	Revisado
24/01/2011	19:58:13	3.6	-76.45	10.475	BOLIVAR	CARTAGENA	78	Revisado
03/04/2011	12:20:19	3.2	-76.336	10.432	BOLIVAR	CARTAGENA	84	Revisado
02/04/2012	05:07:04	2.0	-76.147	10.373	BOLIVAR	CARTAGENA	0	Revisado
24/12/2012	07:25:00	2.3	-76.949	10.592	BOLIVAR	CARTAGENA	32.1	Revisado
24/12/2012	07:29:03	2.3	-76.814	10.648	BOLIVAR	CARTAGENA	32.1	Revisado

Tabla 4: Red Sismológica Nacional de Colombia

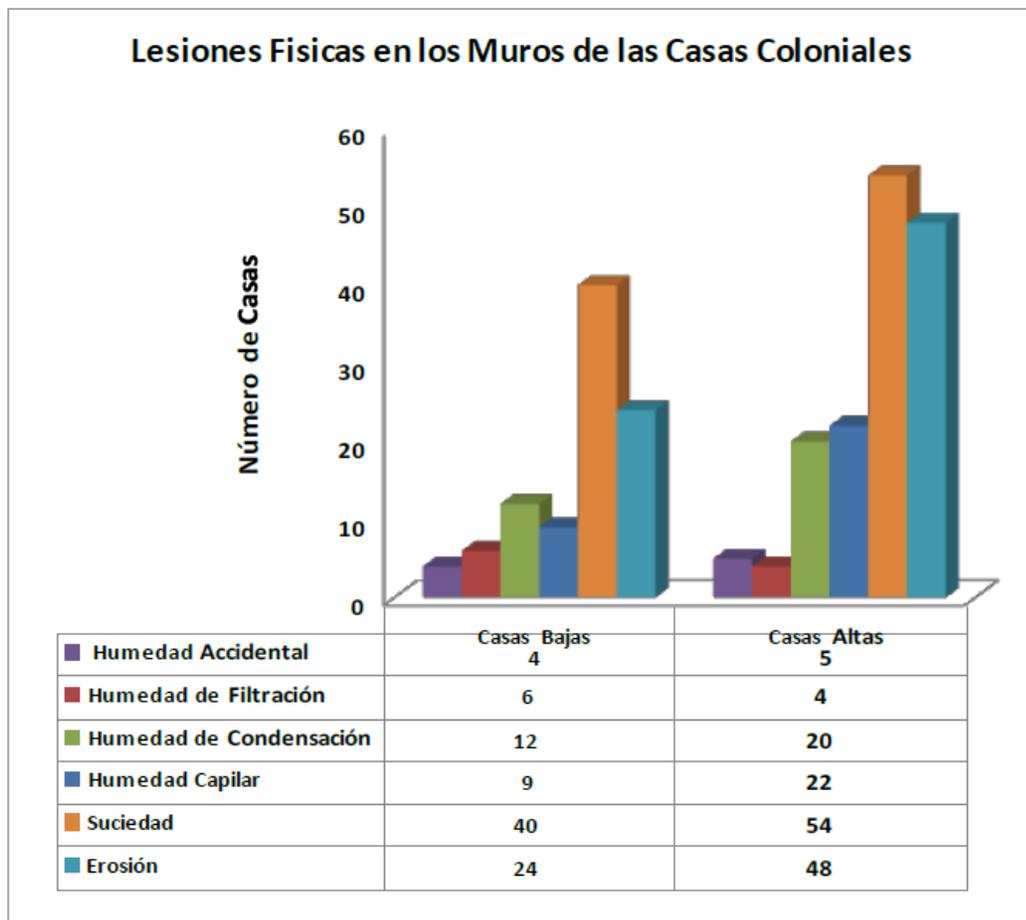
Fuente: http://bdrsnc.ingeminas.gov.co/paginas1/catalogo/consulta_general_3.php?dep=BOLIVAR

El registro sismológico muestra que en Cartagena en los últimos 10 años los sismos que se presentados han sido escasos, que el año en que se presentaron más movimientos sísmicos es el 1998, esto afirma lo expuesto en la Figura A.2.3.1 Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av. Donde se ubica a Cartagena en zona sísmica baja, resaltando que el único sismo superior a la media se presentó el 23/06/1998 con una magnitud de 5.7 MI.



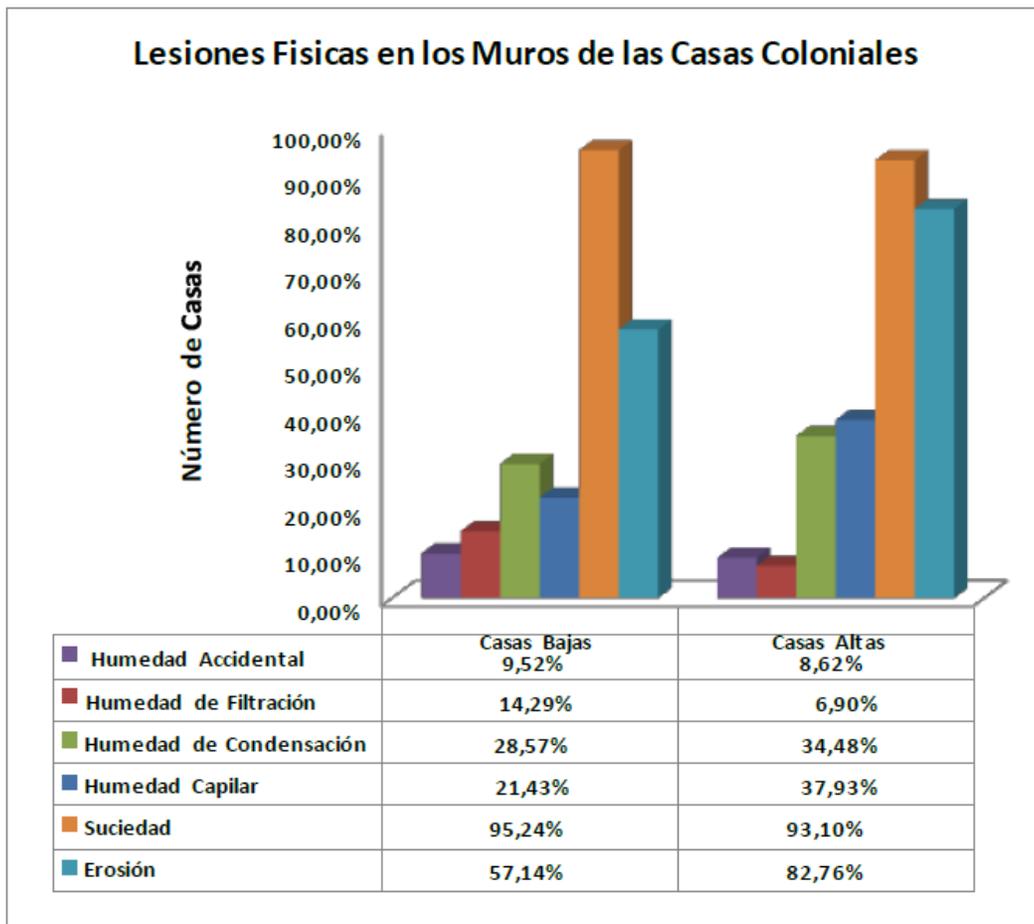
6.7 Patologías Recurrentes en las Casas de Tipología Colonial en Cartagena.

Basándose en el comportamiento del medio ambiente del centro histórico de Cartagena de indias y analizando el impacto que este genera sobre la costa Caribe Colombiana se verificaron las lesiones presentes en los elementos pertenecientes de las fachadas de las casas coloniales, se relacionaron las que aparecieron de forma significativa en todas las fachadas estudiadas.



Grafica 1: Representación Numérica de las Lesiones Físicas en los Muros de las Casas Coloniales.

Fuente: Caracterización de las Patologías Recurrentes en las Fachas de las Viviendas de Tipología Colonial en el Centro Histórico de Cartagena de Indias.



Grafica 2: Representación Porcentual de Las Lesiones Físicas en los Muros de las Casas Coloniales.

Fuente: Caracterización de las Patologías Recurrentes en las Fachas de las Viviendas de Tipología Colonial en el Centro Histórico de Cartagena de Indias.

Las casas coloniales ubicadas en el Sector Centro del contexto histórico reflejan en sus lesiones datos más altos que las casas ubicadas en San Diego y Getsemaní; esto se debe a los parámetros antes descritos, ya que la mayor parte de las Casas Coloniales que se encuentran ubicadas en el Sector Centro son Casas coloniales Altas y estas son más vulnerables a los impactos de los vientos que soplan sobre el centro histórico por tener más alturas que las casas Coloniales Bajas, por tal motivo las frecuencias de las lesiones Físicas, mecánicas y químicas , **en las graficas 1 y 2** se muestra la frecuencia con que aparecen estas lesiones por el tipo de casa (Casa Colonial Alta o Casas Colonial Baja).



Como puede observarse de las lesiones físicas, la **suciedad** es la lesión que más afecta a las fachadas en los tipos de casas, le sigue la **erosión** causada por los vientos predominantes en la ciudad de Cartagena que son norte y noreste, vientos marinos que azotan el centro histórico; unido a ello aparecen la **humedad Capilar y la humedad de Condensación**, pero es de notar que las lesiones son más representativas en las Casas Altas que en las Casas Bajas, esto se debe a que las Casas Altas están ubicadas en su mayoría en el sector Centro y reciben el impacto directo de los vientos que llegan a la ciudad, pues en el estudio se contabilizaron 52 Casas Altas en el sector Centro, 2 en San Diego y 4 en Getsemaní.

La mayoría de las Casas Bajas están ubicadas en los sectores de San Diego y Getsemaní, por tal motivo no reciben el impacto directo de los vientos que llegan a Cartagena que son hasta de 28,2 m/seg. Son el impacto de los vientos y la intensidad de las lluvias los causantes de las erosiones que reflejan las fachadas de las casas coloniales, la humedad capilar es más representativa en las Casas altas motivo de la ubicación de éstas y porque en este sector el nivel freático se ve influenciado por la elevación de las mareas; los muros de las casas del sector Centro están más influenciados por el medio ambiente Cartagenero ya que en este sector las casas más representativas se encuentra ubicadas en la dirección del viento, y éstas por ser de una altura considerable tiene mayor área de contacto tanto con la lluvia como con los viento.

A continuación se presentan algunos criterios de intervención con sus respectivas recomendaciones en el momento de aplicarlos en las lesiones que se presentan en las casas de tipología colonial.

Criterios de intervención:

Para los mampuestos que están visiblemente representadas en las portadas se debe realizar un proceso de limpieza adecuado aplicando métodos húmedos o mecánicos, para el método húmedo es recomendable utilizar el chorro de agua a presión y para el mecánico la limpieza manual. Pero antes de este proceso de limpieza de ser necesario se debe aplicar pre- consolidación y desalinización. En cuanto a la pre-consolidación



como son construcciones de alto valor histórico y artístico se debe utilizar para aquellas portadas que se encuentren en un estado avanzado de deterioro. Y para aquellas donde existieran sales solubles en la piedra es recomendable utilizar la desalinización.

Para los balcones que están contruidos en madera una de las medidas estructurales más representativas para su seguridad, estabilidad y vida media es la consolidación cuyo principal objetivo es la recuperación de la capacidad resistente inicial para lo cual se emplea elementos de madera, esto es saneando las partes dañadas y utilizando prótesis de madera en intima unión.

Como Cartagena se encuentra en una zona con clima tropical y tiene una alta humedad la aparición de insectos xilófagos es indiscutible, los llamados comején. Para su desinfección será más eficaz si primero se procede a una limpieza cuidadosa de las estructuras. Ahora si después de esto una alternativa de solución es seguir el camino de los insectos, encontrar su nido y dejarlo al descubierto. Luego el procedimiento es preparar una mezcla de una sustancia activa apropiada a razón de 50 a 70 gramos por hectolitro de agua y se rocía en abundancia. El tratamiento se completa vaporizando XILAMON o similares en los puntos atacados y a lo largo de las galerías de los insectos que se dirigen hacia el nido.

En cuanto a los balcones que presenten pudriciones se debe eliminar primero cualquier origen de humedad, posteriormente secar la madera, luego esterilizar y tratar con líquidos fungicidas. Los muros de las casas presentaban generalmente tres tipos de humedad: humedad capilar, de filtración y de condensación. Para tratar las humedades por capilaridad una opción es implementar un proceso de drenaje con la técnica de aireación por puntos que consiste en hacer una perforación en la base del muro. En cuanto a las humedades por filtración de agua como en estas casas es importante mantener el aspecto original de la fachada se deben utilizar productos hidrofugantes a base de siloxanos que son transparentes, estos se deben aplicar sobre el muro seco.



En el tratamiento de las humedades por condensación el punto clave es evitar que se alcance la temperatura de saturación o de rocío en ningún punto del cerramiento o muro. Esto se logra incrementando la temperatura general en el interior de la sección del muro; disminuyendo la temperatura de rocío o disipando el vapor de agua que cruza el muro.



7. PATOLOGIA

7.1 Definición de Patología (ENCICLOPEDIA BROTO)

La palabra patología, etimológicamente hablando, procede de las raíces griegas pathos y logos, y se podría definir, en términos generales, como el estudio de las enfermedades. Por extensión la patología constructiva de la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en algunas de las unidades con posterioridad a su ejecución.

Usaremos exclusivamente la palabra “patología” para designar la ciencia que estudia los problemas constructivos, su proceso u sus soluciones, y no en plural, como suele hacerse, para referirnos a esos problemas concretos, ya que en realidad son estos el objeto de estudio de la patología de la construcción.

7.1.1 Lesiones

Son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo, es decir, el síntoma final del proceso patológico. Es de primordial importancia conocer la tipología de las lesiones porque es el punto de partida de todo estudio patológico, y de su identificación depende la elección correcta del tratamiento.

En muchas ocasiones las lesiones pueden ser de origen de otras y no suelen aparecer aisladas sino confundidas entre sí. Por ello conviene hacer una distinción y aislar en primer lugar las diferentes lesiones. “la lesión primaria” es la que surge en primer lugar y la lesión o lesiones que aparecen como consecuencia de ésta se denominan “lesiones secundarias”.

El conjunto de lesiones que pueden aparecer en un edificio es muy extenso debido a la diversidad de materiales y unidades constructivas que se suelen utilizar. Pero, en líneas generales, se pueden dividir en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico: físicas, mecánicas y químicas.



7.1.1.1 Lesiones Físicas

Son todas aquellas en que la problemática patológica se produce a causa de fenómenos como heladas, condensaciones, etc. Y normalmente su evolución dependerá también de estos procesos físicos. Las causas físicas más comunes son:

- a) **Humedad**
- b) **Erosión**
- c) **Suciedad**

7.1.1.2 Lesiones Mecánicas

Aunque las lesiones mecánicas se podrían englobar entre las lesiones físicas puesto que son consecuencias de acciones físicas, suelen considerarse un grupo aparte debido a su importancia. Definimos como lesión mecánica aquella en la predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. Podemos dividir este tipo de lesiones en cinco apartados diferenciados.

7.1.1.3 Lesiones Químicas

Son las lesiones que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico, y aunque éste no tiene relación alguna con los restantes procesos patológicos y sus lesiones correspondientes, su sintomatología en muchas ocasiones se confunde.

El origen de las lesiones químicas suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad.



7.1 Patología recurrente en las edificaciones, caracterización, investigación, diagnóstico e intervención.

Las casas coloniales de Cartagena de Indias ubicadas en el Sector Centro del contexto histórico reflejan en sus lesiones datos más altos que las casas ubicadas en el sector San Diego y Getsemaní; esto se debe a que la mayor parte de las Casas Coloniales que se encuentran ubicadas en el Sector Centro son Casas coloniales Altas y éstas son más vulnerables a los impactos de los vientos que soplan sobre el centro histórico por tener más alturas que las casas Coloniales Bajas, por tal motivo las frecuencias de las lesiones Físicas, mecánicas y químicas con que aparecen estas lesiones por el tipo de casa (Casa Colonial Alta o Casas Colonial Baja).

La **suciedad** es la lesión que más afecta a las fachadas en los tipos de casas, le sigue la **erosión** causada por los vientos predominantes en la ciudad de Cartagena que son norte y noreste, vientos marinos que azotan el centro histórico; unido a ello aparecen la **humedad Capilar** y la **humedad de Condensación**, pero es de notar que las lesiones son más representativas en las Casas Altas que en las Casas Bajas, esto se debe a que las Casas Altas están ubicadas en su mayoría en el en sector Centro y reciben el impacto directo de los vientos que llegan a la ciudad, pues en el estudio se contabilizaron 52 Casas Altas en el sector Centro, 2 en San Diego y 4 en Getsemaní.

La mayoría de las Casas Bajas están ubicadas en los sectores de San Diego y Getsemaní, por tal motivo no reciben el impacto directo de los vientos que llegan a Cartagena que son hasta de 28,2 m/seg. Son el impacto de los vientos y la intensidad de las lluvias los causantes de las erosiones que reflejan las fachadas de las casas coloniales, la humedad capilar es más representativa en las Casas altas motivo de la ubicación de éstas y porque en este sector el nivel freático se ve influenciado por la elevación de las mareas; los muros de las casas del sector Centro están más influenciados por el medio ambiente Cartagenero ya que en este sector las casas más representativas se encuentra ubicadas en la dirección del viento, y éstas por ser de una



altura considerable tiene mayor área de contacto tanto con la lluvia como con los viento.

A continuación se presentan algunos criterios de intervención con sus respectivas recomendaciones en el momento de aplicarlos en las lesiones que se presentan en las casas de tipología colonial.

Criterios de intervención:

Para los mampuestos que están visiblemente representadas en las portadas se debe realizar un proceso de limpieza adecuado aplicando métodos húmedos o mecánicos, para el método húmedo es recomendable utilizar el chorro de agua a presión y para el mecánico la limpieza manual. Pero antes de este proceso de limpieza de ser necesario se debe aplicar pre- consolidación y desalinización. En cuanto a la pre-consolidación como son construcciones de alto valor histórico y artístico se debe utilizar para aquellas portadas que se encuentren en un estado avanzado de deterioro. Y para aquellas donde existieran sales solubles en la piedra es recomendable utilizar la desalinización.

Para los balcones que están contruidos en madera una de las medidas estructurales más representativas para su seguridad, estabilidad y vida media es la consolidación cuyo principal objetivo es la recuperación de la capacidad resistente inicial para lo cual se emplea elementos de madera, esto es saneando las partes dañadas y utilizando prótesis de madera en intima unión.

Como Cartagena se encuentra en una zona con clima tropical y tiene una alta humedad la aparición de insectos xilófagos es indiscutible, los llamados comején. Para su desinfección será más eficaz si primero se procede a una limpieza cuidadosa de las estructuras. Ahora si después de esto una alternativa de solución es seguir el camino de los insectos, encontrar su nido y dejarlo al descubierto. Luego el procedimiento es preparar una mezcla de una sustancia activa apropiada a razón de 50 a 70 gramos por hectolitro de agua y se rocía en abundancia. El tratamiento se



completa vaporizando XILAMON o similares en los puntos atacados y a lo largo de las galerías de los insectos que se dirigen hacia el nido.

En cuanto a los balcones que presenten pudriciones se debe eliminar primero cualquier origen de humedad, posteriormente secar la madera, luego esterilizar y tratar con líquidos fungicidas. Los muros de las casas presentaban generalmente tres tipos de humedad: humedad capilar, de filtración y de condensación. Para tratar las humedades por capilaridad una opción es implementar un proceso de drenaje con la técnica de aireación por puntos que consiste en hacer una perforación en la base del muro. En cuanto a las humedades por filtración de agua como en estas casas es importante mantener el aspecto original de la fachada se deben utilizar productos hidrofugantes a base de siloxanos que son transparentes, estos se deben aplicar sobre el muro seco.

En el tratamiento de las humedades por condensación el punto clave es evitar que se alcance la temperatura de saturación o de rocío en ningún punto del cerramiento o muro. Esto se logra incrementando la temperatura general en el interior de la sección del muro; disminuyendo la temperatura de rocío o disipando el vapor de agua que cruza el muro.



8. VULNERABILIDAD ESTÁTICA Y SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES. INGENIERÍA DE MATERIALES, CÁLCULO, ANÁLISIS, DISEÑO, REVISIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES.

8.1 Vulnerabilidad Estática y Sísmica

El Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo A.10 ítems A.10.5 Presenta la metodología a utilizar para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica.

8.2 Ingeniería de Materiales

El Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo C.3 Presenta la metodología a utilizar para realizar el análisis de los materiales a utilizar en las construcciones.

C.3.1- Ensayos de materiales

C.3.1.1- Para asegurarse que los materiales utilizados en la obra sean de la calidad especificada, deben realizarse los ensayos correspondientes sobre muestras respectivas de los materiales de la construcción.

C.3.1.2- Los ensayos de materiales y del concreto deben hacerse de acuerdo con las normas técnicas colombianas, NTC, promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC indicadas en C.3.8. A falta de ellas deben seguirse las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM).

8.2.1 División de los Materiales

Los materiales de construcción en la ingeniería civil se dividen en:

- a) Materiales Pétreos
- b) Materiales Cerámicos



- c) Maderas
- d) Elementos Metálicos
- e) Hormigón
- f) Aglomerantes y conglomerantes

8.2 Calculo Estructural de Vulnerabilidad de Edificaciones

El cálculo estructural de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones busca determinar el nivel de daño que causa el sismo en la estructura de una edificación.

8.4 Análisis de Vulnerabilidad Estructural de Edificaciones

El análisis de vulnerabilidad sísmica de una edificación existente bajo la NSR-10 consiste en los siguientes aspectos:

- a) Determinación de los índices de sobreesfuerzo individual de todos los elementos estructurales de la edificación, considerando las relaciones entre la demanda sísmica de esfuerzos y la capacidad de resistirlos,
- b) Formulación de una hipótesis de secuencia de falla de la edificación con base en la línea de menor resistencia, identificando la incidencia de la falla progresiva de los elementos, iniciando con aquellos con un mayor índice de sobreesfuerzo,
- c) Definición de un índice de sobreesfuerzo general de la edificación, definido con base en los resultados de
 - (b). El inverso del índice de sobreesfuerzo general expresa la vulnerabilidad de la edificación como una fracción de la resistencia que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión del Reglamento, y
- d) Obtención de un índice de flexibilidad general de la edificación, definido con base en el procedimiento definido en A.10.4.3.5. El inverso del índice de flexibilidad general expresa la vulnerabilidad sísmica de la edificación como una fracción de la rigidez que tendría una edificación nueva construida de acuerdo con los requisitos de la presente versión del Reglamento.



8.5 Diseño de Vulnerabilidad Estructural de Edificaciones

El diseño de la vulnerabilidad sísmica de una edificación se base en la modelación de la estructura que es conservadora donde se incluyen las secciones de los elementos estructurales con prediseño, donde los materiales están afectados por un factor de reducción.

8.6 Revisión de Vulnerabilidad Estructural de Edificaciones

El reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo A.10 contempla la evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento, presentando el propósito y el alcance del capítulo a la hora de realizar una intervención.

En el momento en que se necesita realizar una revisión estructural a las casas de tipología colonial nos encontramos frente al hecho de que en Colombia no existe una normatividad para realizar tal revisión, esto debido a que la NRS-10 en el TITULO D capitulo D.2 ítems D.2.1.4 Presenta la mampostería no reforzada pero no contempla un aparte de los muros de tipología colonial, aunque la norma posee el capítulo D.9 donde se tratan las especificaciones de muros de mampostería no reforzada se excluyen los muros de la viviendas de la época de la colonia.



9. APENDICES

9.1 Fotografías



Casa Colonial Baja con ventanas de reja y portada mediana.



Casa Colonial Baja con ventanas de panza y portada mediana.



Casa Colonial Baja con ventanas de reja y portada grande.



Casa Colonial Alta con balcón de tribuna, balcón cubierto de dos módulos y ventanas de reja.



Casa Colonial Alta con balcón cubierto de tres y dos módulos con ventanas de reja y portada grande.



Casa Colonial Alta con balcón cubierto de cuatro módulos, balcón de tribuna y portadas grandes.



Casa Colonial Alta con balcón cubierto de seis módulos, balcón de tribuna, portadas grandes y portadas medianas.



Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de dos módulos en cada cara, portadas rinconadas pequeñas, ventanas de reja y ventanas de caja.



Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de tres módulos en cada cara, portadas rinconadas pequeñas, ventanas de reja y portada mediana.



Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de cuatro módulos en cada cara, balcón de tribuna, portadas rinconadas pequeñas y ventanas de reja.



Casa Colonial Alta con balcón cubierto de esquina de cinco módulos en cada cara, portadas rinconadas grandes, ventanas de reja.



9.2 Planimetrías

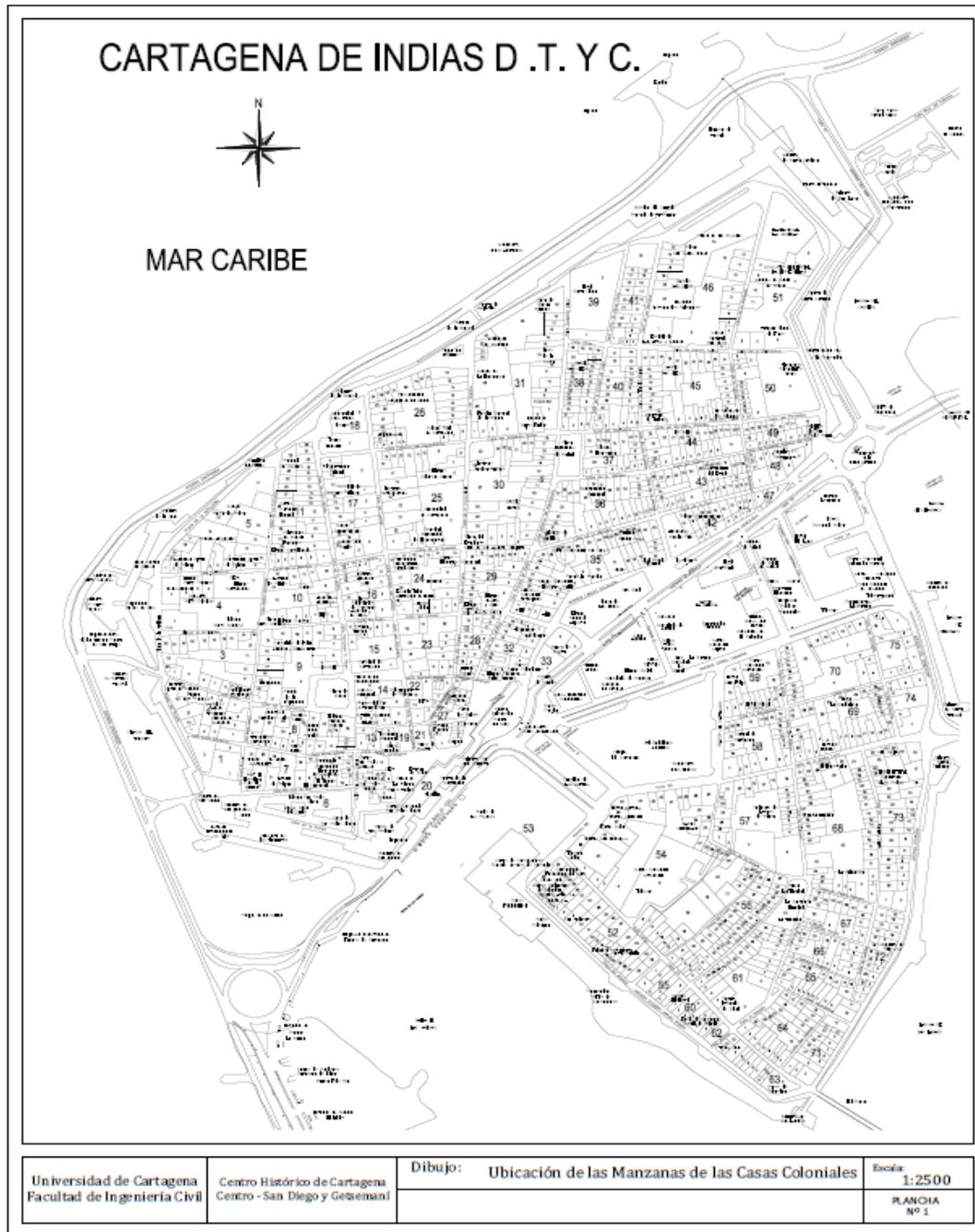


Imagen 15: Plano Centro Histórico de Cartagena de Indias.
Fuente: Caracterización de las Patologías Recurrentes en las Fachas de las Viviendas de Tipología Colonial en el Centro Histórico de Cartagena de Indias.



10. BIBLIOGRAFÍAS

- 1 BALLESTEROS, J. J., & TURIZO, M. J. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera Utilizada Como Viga de Entrepiso en las Viviendas Coloniales del Centro Histórico de la Ciudad de Cartagena*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- 2 BELTRAN, S. M., & ROJAS, J. D. (2012). *Caracterización de las Patologías Recurrentes en las Fachas de las Casas de Tipología Colonial en el Centro Histórico de Cartagena de Indias*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- 3 CASTILLO, J. M, & PINEDA, J. F. (2013). *Evaluación y Diagnóstico de la Casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- 4 COLOMBIANA, A. (s.f.). *Arquitectura Colombiana*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/137857257/Arquitectura-Colombiana-pdf>.
- 5 ENCICLOPEDIA BROTO, D. L. *Patologías de la Construcción*.
- 6 FRANCO, R. L. (18 de Diciembre de 2011). Cartagena 5 siglos de historia. *EL UNIVERSAL* .
- 7 GAMARRA, J. R., & DOMINGUEZ, I. M. (2011). *Resistencia estructural de la mampostería de tipología colonial, cascoteo, en las estructuras de la ciudad de Cartagena de indias*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- 8 MARIA, A. (1995). *El Clima, la Vivienda y el Espacio Público en Cartagena de Indias*. Cartagena de indias: UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO, EDURBE.



- 9 MERCADO, A. A., & CORRALES, C. H. (2013). *Propiedades Mecánicas de la Mampostería Colonial de Edificaciones en la Ciudad de Cartagena de Indias*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- 10 MODOS Y COMSTUMBRES DE LAS COLONIAS ESPAÑOLAS
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/modosycostumbres/mvica/mvica04.htm>.
- 11 MORENO, J. M. (2000). *Arquitectura Dómicstica en el Nuevo reino de Granada*. Sevilla, España: Universidad Pablo de Olavide.
- 12 MOURE, G. T. (1982). *Repertorio Formal de Arquitectura Doméstica Cartagena de Indias - Epoca Colonial* . Bogotá-Colombia: Corporación Nacional de Turismo.
- 13 MURTA, A., PINTO, J., & VARUM, H. (2011). *structural vulnerability of two aditional portuguese timber structural systems*. Lisboa: ScienceDirect.
- 14 PLÁ, M. D. *Urbanismo y Poder en la Cartagena Indiana de Felipe II*.
- 15 RAMOS, L. F., & LAURENCO, P. B. (2004). *Modelado y vulnerabilidad de los centros históricos de las ciudades en zonas sísmicas: un estudio de caso en Lisboa*. Guimara-Portugal: Universidad de Minho, Azure´m.
- 16 SEMANA, R. (2011). *Cartagena Pregón de la Libertad Tomo I*. Cartagena de Indias: Revista Semana.
- 17 TEMPO, R. (1999). *Familia y Vida Cotidiana en Cartagena de Indias Siglo XVIII*. Rio de Janeiro: Revista Tempo.
- 18 TORRES, J. C. (1988). *La casa Colonial Cartagenera*. Bogotá: El Ancora Editores.