

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA  
IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DE CARTAGENA DE INDIAS**

**Grupo de investigación  
OPTICOS**

**Línea de investigación  
PATOLOGIA ESTRUCTURAL**

**Investigadores  
EFRAIN ANTONIO VARELA RAMIREZ  
IRVING DAVID ZETIEN SILVA**

**Director  
ING. WALBERTO RIVERA MARTINEZ  
MSC. ESTRUCTURAS**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
CARTAGENA D.T y C**

**2013**

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA  
IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DE CARTAGENA DE INDIAS



Propuesta de trabajo de grado para optar el título de:  
INGENIERO CIVIL

Investigador

EFRAIN ANTONIO VARELA RAMIREZ  
IRVING DAVID ZETIEN SILVA

Director

ING. WALBERTO RIVERA MARTINEZ  
MSC. ESTRUCTURAS

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
CARTAGENA D.T y C

2013



## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS .....	VI
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
1. INTRODUCCION .....	9
RESUMEN: .....	9
ABSTRACT:.....	10
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
3. MARCO TEORICO .....	16
3.1. ELEMENTO ESTRUCTURAL .....	16
3.2. ELEMENTO ARQUITECTONICO.....	16
3.3. MAMPOSTERÍA.....	16
3.4. PATOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	17
3.5. REPARACIÓN ESTRUCTURAL .....	17
3.6. INSPECCIÓN PRELIMINAR .....	17
3.7. INSPECCIÓN VISUAL DETALLADA .....	18
3.8. DURABILIDAD .....	19
3.8.1. Factores Determinantes de la Durabilidad .....	19
3.8.2. Acciones que Pueden Deteriorar una Estructura .....	20
3.9. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS .....	20
3.9.1 Ensayo de Esclerómetro: .....	21
3.10. Fisura.....	23
3.10.1. Patrón de Fisuración .....	24



3.11.	TIPOS DE FISURA .....	25
3.11.1.	Fisuras Inevitables .....	25
3.11.2.	Fisuras Necesarias .....	27
3.11.3.	Fisuras Patológicas .....	27
3.12.	DETERIOROS .....	28
3.12.1.	Eflorescencia .....	28
3.12.2.	Picaduras .....	29
3.12.3.	Corrosión.....	29
3.12.4.	Goteras .....	30
4.	ANTECEDENTES.....	31
5.	ESTADO DEL ARTE:.....	33
6.	MARCO LEGAL: .....	36
7.	METODOLOGIA .....	39
	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA.....	40
	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA .....	40
	LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	41
	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR .....	42
	DIAGNÓSTICO DETALLADO.....	43
	DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA ANTE LAS CARGAS DE SERVICIO .....	47
	Construcción del Modelo. ....	47
	Asignación de Cargas al Modelo.....	48
	Validación del Modelo. ....	50
	Ejecución del análisis. ....	51
	RECOMENDACIONES PARA INTERVENCION DE PROBLEMAS ESTRUCTURALES ....	52
8.	RESULTADOS.....	53
	CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	53



EVALUACION PATOLÓGICA DE LA CASA CURAL DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO .....	55
FACHADA .....	55
CUBIERTA.....	59
COLUMNAS .....	62
VIGAS .....	69
LOSAS.....	74
MUROS .....	78
PRUEBA DE ESCLEROMETRO EN CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.....	81
DEMOLICION DE LA PLACA EN LA CASA CURAL DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO .....	95
ANALISIS DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.....	100
9.    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
10.   BILIOGRAFIA .....	118



## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Daños más comunes según norma ACI 364. Fuente: ACI 364 .....	37
Tabla 2- Formato de análisis patológico.....	45
Tabla 3- Formato de registro fotográfico para Anexos .....	46
Tabla 4 Propiedades de los materiales .....	48
Tabla 5 Características sísmicas .....	49
Tabla 6 Parámetros sísmicos .....	49
Tabla 7 Resultado de prueba de esclerometro en columnas.....	91
Tabla 8 Características de los elementos estudiados .....	91



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo. Fuente: El autor .....	14
Ilustración 2 Distribución Relativa de incidencias en manifestaciones patológicas estructurales. Fuente: Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. ....	20
Ilustración 3 Prueba de Esclerómetro Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio Columna C-1 Fuente: El autor.....	23
Ilustración 4 Muestra de Eflorescencias con pérdida de alcalinidad y corrosión de armaduras. Fuente: Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. ....	29
Ilustración 5 Corrosión de barras de acero en la cara inferior de una losa. Montevideo, Uruguay. Fuente: Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto .....	30
Ilustración 6- Distribución parcial de las fotografías tomadas en cada una de las zonas patológicas seleccionadas luego de la inspección visual. Fuente: El autor. ....	43
Ilustración 7 Espectro de diseño. Fuente: Autores.....	49
Ilustración 8- Fachada casa cural de santo Toribio de Mogrovejo siendo restaurada luego de sufrir afectaciones por construcciones vecinas .....	56
Ilustración 9- Columna demolida perteneciente al segundo nivel .....	62
Ilustración 10- Viga demolida que muestra la composición del refuerzo estructural en acero.....	69
Ilustración 11- Vigas apuntaladas por su alto riesgo de fallar estructuralmente .....	70
Ilustración 12- Perfil de losa en la casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo. ....	74
Ilustración 13- Espesor de Muros Arquitectónicos.....	78
Ilustración 14 Columna C1. Preparación de superficie para prueba de martillo de rebote.....	89
Ilustración 15 Prueba de martillo de rebote durante demolición de 44 m2 de placa .....	92
Ilustración 16 Prueba de martillo de rebote en columnas de pasillo de segundo nivel.....	93
Ilustración 17 Columna de segundo nivel. Descascaramiento de material, sin embargo la lectura de esclerometro fue de 3900 psi en la parte inferior del elemento .....	94
Ilustración 18 Área de placa demolida. Habitación de sacerdote y seminaristas. Fuente: El autor ...	95
Ilustración 19 Estructura de placa antigua. Fuente: El autor.....	96
Ilustración 20 Tarima de demolición y personal cortando aceros de refuerzo de la placa antigua....	97
Ilustración 21 Muro de mampostería de 0.50 m que servirá de soporte a la nueva placa de 0.15m..	98
Ilustración 22 Modelo Tridimensional Etabs 9.7.3 .....	99
Ilustración 23 Diagrama de momentos de muro de mampostería.....	99
Ilustración 24 Modelo 3D, Etabs 2013.....	100



Ilustración 25 Diagrama de momentos general de la estructura bajo esfuerzos de compresión...	101
Ilustración 26 Esfuerzos de tracción en algunos arcos de la estructura. ....	102
Ilustración 27 Esfuerzos de compresión en algunos arcos de la estructura. ....	103
Ilustración 28 Recomendaciones de refuerzo en muros, zona de vigas .....	103
Ilustración 29 Diagrama de momentos de losa de 0.15 m de la casa cural .....	104
Ilustración 30 Zona crítica de la losa en cuanto a momentos positivos.....	105



## **RESUMEN:**

El presente estudio tiene como objetivo realizar una evaluación cualitativa y diagnóstico patológico de la Casa Cural de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias. Este estudio es de vital importancia debido a que una cantidad considerable de elementos estructurales de la edificación se encuentran fisurados y en colapso inminente. A partir de los resultados de esta investigación se tomarán medidas para iniciar acciones de rehabilitación con el objetivo de conservar la estructura de la casa. Inicialmente se realizó una inspección visual detallada y una serie de ensayos no destructivos del inmueble, comprendiendo un estudio de tipo no experimental, lo cual permitió conocer las verdaderas causas de las fallas presentadas en la vivienda. En general, se encontraron patologías características de las construcciones de tipo republicano y edificaciones del sector: los elementos de madera de la cubierta presentaban ataque de xilófagos, también humedad considerable en los muros de mampostería estructural y no estructural. Se encontró falta de recubrimiento y corrosión en las losas de concreto reforzado, de igual forma en las columnas circulares de la casa. Ante los resultados obtenidos se determinó que las losas de concreto deben ser demolidas para evitar accidentes graves, ya que no solo presentaban las patologías mencionadas, sino que registraban deflexiones considerables. De igual forma, algunos muros por la dimensión de las grietas también deben ser demolidos. Elementos como las columnas circulares alguno de mampostería estructural dieron buenas resistencias en los ensayos, y pueden ser útiles en el proceso de rehabilitación. Aunque son muchas las patologías encontradas, no son lo suficientemente graves para constituirse como la causa de los movimientos que presentó la edificación en el último año. Por esto, y conociendo la situación de otras viviendas del sector, la obra Adecuación del Bastión de Reyes que aun se encuentra en construcción desde enero del año pasado, se constituye como la principal causa de los movimientos.

Palabras clave: Diagnóstico patológico, rehabilitación, construcción de tipo republicano



## **ABSTRACT:**

The present study has the purpose to make a qualitative and a pathological diagnosis of the rectory of the Church of Santo Toribio de Mogrovejo of Cartagena de Indias. This study is of vital importance because a considerable amount of structural elements of the building are cracked and imminent collapse. From the results of this research to initiate measures for rehabilitation in order to preserve the structure of the house is taken. Initially a detailed visual inspection and a series of non-destructive testing of the property was made a non-experimental study comprising, allowing to know the real causes of the failures presented in housing. In general, characteristics of buildings pathologies Republican type and sector buildings were found: those wooden deck xylophages attack had also considerable moisture in masonry walls and non-structural. Lack of coating and corrosion in reinforced concrete slabs, just as in the circular columns of the house was found. Given the results it was determined that the concrete slabs will be demolished to avoid serious accidents, because not only had the above conditions, but considerable deflections recorded. Similarly, some of the walls by the dimension of the cracks also must be demolished. Elements like circular structural columns any masonry got good resistance in the trials, and may be useful in the rehabilitation process. Although many diseases found are not severe enough to constitute itself as the cause of the movements that provided the building in the last year. For this, and knowing the status of other housing sector, the work Adequacy Kings Bastion which is still under construction since January last year, is established as the main cause of the movements.

**Keywords:** pathological diagnosis, rehabilitation, construction type Republican



## INTRODUCCION

Los estudios patológicos han permitido a lo largo de la historia el mantenimiento de estructuras con valor patrimonial en todo el mundo. En Egipto por ejemplo, estudios demostraron que la presencia de turistas en las pirámides aumenta considerablemente la humedad interna en la estructura, erosionando las paredes y generando grietas. Con base en este estudio se tomaron medidas de control de acceso a los turistas para la conservación del patrimonio (ARES, 2009). Un caso más cercano es el presentado en la ciudad de Medellín, donde la fundación ferrocarril de Antioquia realiza continuos análisis a las estructuras de este departamento para aplicar las medidas necesarias para la conservación del patrimonio. (Fundación ferrocarril de Antioquia, 2012)

El centro histórico de Cartagena de indias, declarado patrimonio histórico de la humanidad (UNESCO, 1984), es un claro ejemplo de la utilidad de estos estudios. El castillo san Felipe de Barajas, las murallas, la catedral de Santa Catalina de Alejandría y así muchos otros monumentos han recibido un especial cuidado con medidas de conservación aplicadas con base en estudios patológicos.

Sin embargo, muchos de estos estudios aplicados en la ciudad de Cartagena (BUSTAMANTE, 2012) se enfocan en estructuras construidas en la época colonial. Cartagena de indias ha demostrado tener más de 150 edificaciones de alto valor patrimonial a nivel nacional construidas en la época republicana, un claro ejemplo son el banco de la república, la gobernación de Bolívar, el teatro Heredia (Ahora denominado Adolfo Mejía), entre otros. Estas edificaciones requieren un especial cuidado ya que por contener elementos de fácil corrosión como las armaduras de acero son vulnerables a presentar patologías a nivel estructural.

Dentro de estas estructuras encontramos la casa cural de la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo, en la cual nos enfocaremos en este estudio.

La iglesia de Santo Toribio fue construida a principios del siglo XVIII. Fue la última iglesia en levantarse durante la época colonial. La Casa Cural fue construida años después de la



estructura parroquial y pertenece al conjunto de estructuras de corriente arquitectónica republicana.

A pesar de ser construida años después de la parroquia, la casa cural presenta una serie de grietas, fisuras, reacciones químicas, entre otras, que amenazan la estabilidad y permanencia de la estructura, que aun la estructura anteriormente mencionada no presenta. Todo esto debido a la diferencia de corrientes arquitectónicas y de la intervención de factores externos a la edificación como lo es la adecuación del Bastión de los Reyes, estructura vecina.

Estas grietas y fisuras se expresan en la estructura de manera alarmante en los elementos estructurales, lo cual es proclive a causar la posterior falla de toda la edificación produciendo en el peor de los casos su derrumbe y con él la pérdida de un patrimonio histórico de la ciudad de Cartagena. Teniendo en cuenta lo establecido por la norma ACI 364, las estructuras de concreto pueden presentar una gran cantidad de patologías, en el caso de la casa cural se debe evaluar un proceso de rehabilitación de la estructura que permita soportar las cargas de servicio de la edificación sin ningún tipo de riesgo.

Luego de entender todos los factores previos, ¿Se considera realmente necesaria una intervención inmediata de la estructura?, ¿Las causas de los fallos y deterioro son las patologías de los materiales o los movimientos que se han realizado en sus alrededores?

El objetivo de este trabajo de grado es realizar un estudio patológico y un levantamiento de daños de la Casa Cural de la Parroquia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de indias mediante un inventario de grietas y fallas a lo largo de la estructura con el fin de brindar un diagnóstico acerca del estado de la misma, y proponer soluciones preliminares a nivel estructural que permitan rehabilitar la edificación, haciendo un aporte a la sostenibilidad y posible perduración de la misma.

Por todos estos aspectos antes mencionados, los habitantes de la casa cural de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo han tomado medidas para prevenir accidentes graves como el



apuntalamiento de elementos estructurales, el establecimiento de zonas restringidas, el sellamiento de grietas en muros mampostería, entre otros. Todo esto sin ningún estudio previo y guía profesional que avale la efectividad de estas soluciones empíricas.

En este trabajo de grado se presentará un informe de las patologías existentes en la edificación, causas y localización en una serie de planos en los que se identifiquen cada una de ellas. Se elaboraran fichas técnicas para la toma de fotografías y evidencias, que justifiquen el estudio. Y finalmente, se establecerán una serie de recomendaciones como solución preliminar a los problemas que presenta actualmente la estructura.

En los últimos años la actividad comercial, turística y hotelera en la ciudad de Cartagena de Indias ha crecido rápidamente, debido a esto se están adelantando numerosas construcciones con es tipo de usos. En el lote vecino de la casa cural de la Iglesia de Santo Toribio se esta llevando a cabo una edificación con fines hoteleros que posiblemente se convierta en un factor detonante para los problemas que presenta la antigua vivienda(EL UNIVERSAL , 2012)y hace necesario esta investigación. Por otro lado Las reparaciones y rehabilitaciones estructurales requieren un estudio detallado antes de intervenir estos monumentos, esto permite conservar la historia y la hermosura de este importante sector de la ciudad.

Los análisis fueron realizados tomando como fuente de datos la recolección y reconocimiento de grietas y fisuras a lo largo de la estructura. Además la realización de ensayos no destructivos con esclerómetro.

Las estructuras de alto valor patrimonial son un portal al pasado para las generaciones futuras, y es indispensable su conservación, se convierten en parte de la identidad de las ciudades y su gente. La casa cural de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo en su condición de estructura patrimonial merece ser atendida de manera inmediata ya que algunos de sus elementos estructurales se encuentran en estado de colapso inminente. El presente estudio sustenta la necesidad de intervención de la estructura con base a una



inspección preliminar y plantea un proceso de rehabilitación y mantenimiento de la vivienda.



**Ilustración 1 Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo. Fuente: El autor**



## **1. OBJETIVOS**

### **1.1.OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio patológico y un levantamiento de daños de la Casa Cural de la Parroquia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de indias mediante un inventario de grietas y fallas a lo largo de la estructura con el fin de brindar un diagnóstico acerca del estado de la misma, y proponer soluciones preliminares a nivel estructural que permitan rehabilitar la edificación

### **1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar y localizar las lesiones que presenta la estructura de la casa cural de la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias.
- Determinar si las obras vecinas han generado lesiones en la casa cural de la iglesia de santo Toribio de Mogrovejo.
- Realizar la cuantificación y clasificación de los daños en la estructura de la casa cural de la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias.
- Determinar el estado actual de los materiales de construcción utilizados en la casa cural de la iglesia de santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias.
- Proponer soluciones preliminares a nivel estructural que permitan iniciar un proceso de rehabilitación.



## 2. MARCO TEORICO

### 2.1.ELEMENTO ESTRUCTURAL

Se define como elemento estructural a aquel elemento que hace parte de la estructura de una edificación y tiene como objetivo recibir, soportar y transmitir cargas horizontales y verticales al suelo. El conjunto de elementos estructurales se denomina sistema estructural y se clasifican en subestructura (pilotes, zapatas, pedestales, vigas de amarre, muros de contención) y superestructura (columnas, vigas, viguetas, losas, muros, escaleras, cubiertas). (Universidad Nacional de Colombia, 2012). Ya que estos elementos soportan las cargas aplicadas a la estructura, reconocerlos podemos saber que tan vulnerable es la estructura con respecto a las fallas que presenta.

### 2.2.ELEMENTO ARQUITECTONICO

Son componentes de una edificación que no cumplen una labor estructural con respecto a las cargas de la estructura, no hacen parte de la estructura o la cimentación. Son también conocidos como elementos no estructurales o acabados (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Entre los elementos arquitectónicos que componen una edificación de tipo republicano, se destacan las cornisas, capiteles, balaustres y molduras hasta los calados.

### 2.3.MAMPOSTERÍA

Se denomina mampostería a la unión de bloques o ladrillos de arcilla o de concreto con mortero para conformar sistemas monolíticos tipo muro, que están diseñados para resistir reacciones producidas por las cargas de gravedad o las acciones tipo sismo o viento. En Cartagena de Indias se pueden identificar 4 tipos de mampostería:



- Mampostería tipo I: Llamada de tipo cascoteo, esta conformada por ladrillo, piedra coralina, piedra de coral y argamasa.
- Mampostería tipo II: Piedra coralina y argamasa.
- Mampostería tipo III: Muros en ladrillo o tabletas militares de 15cm x 30cm x 4cm y argamasa.
- Mampostería tipo IV: Muro en piedra coralina (tableta militar, piedra coralina y argamasa. (ESPAÑA & ALMANZA, 2009)

## **2.4.PATOLOGÍA ESTRUCTURAL**

La patología es el estudio de las enfermedades como procesos anormales por causas conocidas o desconocidas. Para probar la existencia de una enfermedad, se examina la existencia de una lesión en sus niveles estructurales. Este concepto general puede ser aplicado a las estructuras, encontrando así una definición acertada de patología estructural. Se entiende, entonces, por patología estructural como el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición. (SANCHEZ, 2011)

## **2.5.REPARACIÓN ESTRUCTURAL**

Se denomina reparación estructural al conjunto de medidas correctivas aplicadas para recuperar el nivel de servicio original de una estructura o mejorar el comportamiento de aquellas que presenten evidencia de fallas. (CARPIO, 2008)

## **2.6.INSPECCIÓN PRELIMINAR**

Consiste en la realización de un recorrido en un inmueble mediante una fundamentada observación para formarse una idea clara y precisa del estado general y evaluar el tipo de problemas que la afectan (MUÑOZ, 2001). Su propósito es evaluar de manera inicial las



condiciones en que se encuentra la edificación. Como resultado, en la inspección preliminar se obtiene la apariencia general de los daños, las áreas afectadas, tipos de grieta registradas, estado de los puntos más importantes del elemento o la estructura.

## 2.7.INSPECCIÓN VISUAL DETALLADA

La inspección visual detallada se define como la evaluación minuciosa de la estructura. Se realiza después de ubicar las zonas afectadas por fallas y deterioros estructurales. En esta inspección se lleva a cabo la caracterización y clasificación de las patologías que afectan la estructura mediante la realización de distintos ensayos.

Como resultados de la inspección visual detallada obtenemos un levantamiento gráfico de las patologías en la estructura. El propósito este levantamiento gráfico es determinar el grado de vulnerabilidad de la estructura por tal patología, además permite la cuantificación de la rehabilitación (MUÑOZ, 2001). La ejecución de este levantamiento gráfico tiene lugar después de la elaboración de planos de la estructura a escala. Con los planos se realiza un detallado levantamiento de daños transcribiendo en ellos todas las afectaciones que presente la edificación. Se deben aplicar cortes a la estructura donde puede ser visiblemente claro el elemento de estudio y la falla que este presenta, ya sea representada por figuras o colores. Como anexo al levantamiento gráfico debe estar un cuadro de leyendas donde se indique el método de clasificación aplicado. Se deben efectuar las anotaciones lo más precisas posibles indicando el área afectada, la longitud que cubre el daño, tamaño de las fisuras, características principales, zonas de humedades y manifestaciones externas de daño.

La inspección visual detallada abarca también un reconocimiento cuidadoso de cada uno de los elementos, realizando este análisis con precaución y la marcación concreta de las fallas ya detectadas. Una inspección bien ejecutada permite hacer un barrido general del estado de la edificación, permitiendo dar paso a ensayos que detecten patologías no expresadas en la superficie.



Los elementos se clasificarán de acuerdo a la patología presentada y el grado de daño que esta falla aporta a la estructura. Teniendo en cuenta que ciertos elementos presentarán patologías en común, es recomendable utilizar indicadores de color que zonifiquen los daños presentados y sirvan como clasificador inmediato de las fallas de los elementos.

## **2.8.DURABILIDAD**

Capacidad del material de comportarse satisfactoriamente a la acción del clima, a los agentes químicos, a la erosión o cualquier otro proceso destructivo, manteniendo en forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto al medio ambiente(SANCHEZ, 2011).

El concepto de durabilidad se maneja a lo largo del estudio ya que el análisis patológico aplicado en la casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo se enfoca en cómo los procesos destructivos han debilitado los elementos estructurales de la estructura, tales como exposición a salitre, cambios de temperatura, humedades, movimientos de tierra, entre otros.

Todas las variables anteriores deben permitir que la estructura conserve durante su vida de servicio y hasta el final de la misma, un coeficiente de seguridad de un valor aceptable.

### **2.8.1. Factores Determinantes de la Durabilidad**

- Medio ambiente
- Materiales empleados
- Diseño y cálculo estructural
- Prácticas constructivas
- Protección y curado



### 2.8.2. Acciones que Pueden Deteriorar una Estructura

- Físicas
- Biológicas
- Mecánicas
- Químicas

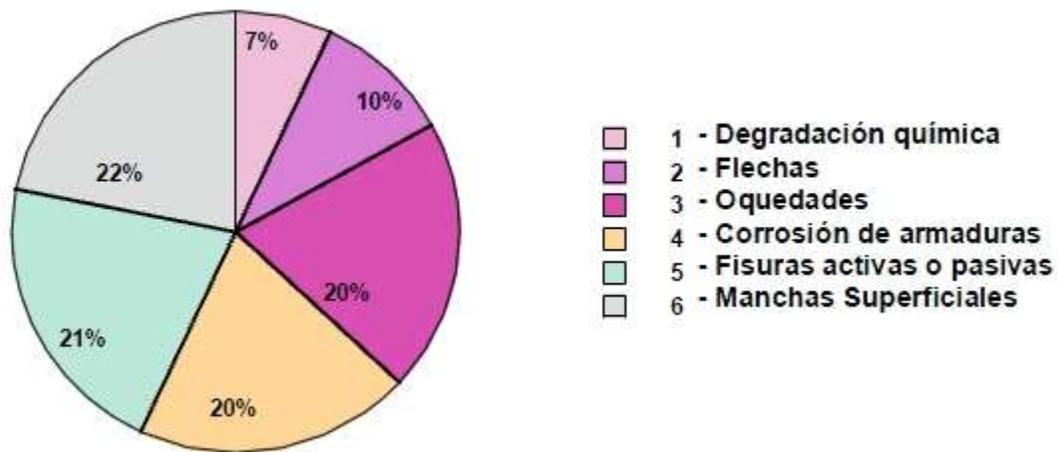


Ilustración 2 Distribución Relativa de incidencias en manifestaciones patológicas estructurales. Fuente: Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto.

## 2.9. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los Ensayos no Destructivos son Las herramientas fundamentales y esenciales para el control de calidad de cada uno de los materiales de ingeniería, procesos de manufactura, confiabilidad de productos en servicio y mantenimiento son denominados ensayos no destructivos.

Se definen como todos aquellos métodos de ensayo utilizados con el fin de examinar o inspeccionar un material o un sistema sin impedir la utilidad futura del mismo.



(Alba Obrutsky, 2006).

Se plantea un objeto que se va a ensayar, que en este caso es cada uno de los elementos estructurales pertenecientes a la casa cural de la parroquia de Santo Toribio de Mogrovejo.

Investigan específicamente la integridad material del objeto ensayado para permitir establecer el desempeño futuro del mismo.

Son de fundamental importancia para la detección, análisis y evaluación de discontinuidades, defectos y para la caracterización de los mismos, permitiendo una clasificación más acertada de las fallas detectadas en la inspección visual detallada.

### **3.9.1 Ensayo de Esclerómetro:**

El número de rebote determinado por este método puede ser usado para determinar la uniformidad del concreto en sitio, para delinear zonas o regiones de pobre calidad o de concreto deteriorado en estructuras, y para indicar cambios con el tiempo de las características del concreto tales como las causadas por la hidratación del cemento.

Se sostiene firmemente el instrumento en una posición que permita que el embolo golpee perpendicularmente la superficie ensayada. Se incrementa la presión sobre el embolo hasta que el martillo golpee. Después del impacto, se registra el número de rebote hasta dos cifras significativas. Después del impacto se debe verificar que no se hayan provocado lesiones o fisuras en el material para que el ensayo tenga validez.

El elemento concreto sometido a prueba está fijo en la estructura, teniendo como mínima dimensión 100 mm, de espesor. Los especímenes más pequeños deberán ser sujetados rígidamente. En el caso de probetas. Se aconseja fijarlas entre los cabezales de la máquina de compresión.

El área en la cual se podrá efectuar una determinación, por el promedio de una serie de pruebas comprenderá aproximadamente una circunferencia de 150 mm de diámetro.



Deberá efectuarse el pulido superficial en la zona de prueba de los especímenes, hasta una profundidad de 5 mm, en los concretos de más de 6 meses de edad, en texturas rugosas, en las húmedas y cuando se encuentran en proceso de carbonatación. Al efecto se utilizará una piedra abrasiva de carburo de silicio, o material equivalente, con textura de grano medio. Aditamento que forma parte del equipo provisto por el fabricante.

La posición del aparato, en casos de 4 ensayos comparativos, deberá tener la misma dirección. La posición normal del aparato es horizontal. De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba. El accionar angular dará resultados intermedios.

Para efectuar el ensayo se apoya firmemente el instrumento, con el émbolo perpendicular a la superficie, incrementando gradualmente la presión hasta que el martillo impacte y se tome la lectura. Los impactos deben efectuarse a por lo menos 2.5 cm de distancia.



Ilustración 3 Prueba de Esclerómetro Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio Columna C-1 Fuente: El autor

## 2.10. Fisura

Se denomina fisura la 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. Se deben utilizar comparadores de fisuras o fisurómetros para medirlas y monitorearlas. (MUÑOZ, 2001).

Las fisuras son un indicativo común de fallas patológicas en las estructuras. Por ser un elemento abundante dentro de los estudios patológicos es preciso incluir su concepto en el estudio aplicado a la casa cural para clasificar las fisuras presentes en elementos estructurales y/o arquitectónicos según su ubicación, ancho y profundidad.



### 2.10.1. Patrón de Fisuración

El patrón de Fisuración es un indicador sobre la cantidad de las fisuras sobre la superficie, pudiendo ser localizada, media o amplia (TEJADA, 1997).

Razones para limitar el ancho y número de fisuras:

- Durabilidad: Resistir acciones químicas y biológicas
- Funcionabilidad: Ciertos tipos de estructuras requieren de mayor control
- Estética: La apariencia estética de la edificación evita la reducción de su valor económico
- Riesgos psicológicos: El usuario asocia las fisuras con una manifestación patológica de la estructura.

Anchos máximos de fisura según la norma técnica colombiana define siete clases de exposición y los valores máximos de anchos de fisuras (NTC 5551).

- Clase 1.- Ambientes sin riesgos de corrosión, tal como interiores de edificios no sometidos a condensaciones, protegidos de la intemperie.

Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.

- Clase 2.- Edificaciones donde se presentan condiciones de humedad alta y media, procesos de humedecimiento y secado, tal como sótanos no ventilados, donde se puede presentar corrosión inducida por carbonatación.

Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.

- Clase 3.- Estructuras marinas por encima del nivel del mar, estructuras sumergidas o en zona de cambio de marea, donde se pueda presentar corrosión inducida por cloruros del agua de mar.

Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.



- Clase 4.- Estructuras en contacto con cloruros diferentes al agua de mar, sometidas a humedad moderada debido a exposición directa a salpicadura con cloruros, provenientes de procesos industriales; ciclos de humedecimiento y secado de aguas con contenidos de cloruros (Piscinas, plantas de tratamiento, etc.).

Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.

- Clase 5.- Estructuras expuestas al fenómeno de hielo y deshielo.

Valor de abertura máxima de fisura 0.2 mm.

- Clase 6.- Estructuras expuestas a ataque químico.

Valor de abertura máxima de fisura 0.2 mm.

- Clase 7.- Estructuras sometidas a desgaste superficial, abrasión o cavitación, como pilas de puentes, vertederos, diques, pavimento, etc.

Valor de abertura máxima de fisura 0.6 mm. (NTC 5551)

## **2.11. TIPOS DE FISURA**

Los tipos de fisuras además de ser clasificados por su ancho, profundidad y dirección también se clasifican en dos grupos principales según su procedencia. Estas pueden ser inevitables, patológicas o necesarias.

### **2.11.1. Fisuras Inevitables**

Suelen presentarse por cambios volumétricos y/o temperatura, que se manifiestan y tienen características propias según el tipo de concreto utilizado, contenido y tipo de cemento, cantidad de aire incorporado, cuantías y tipo de refuerzo, proceso de curado, etc.



Esos cambios de acuerdo a las restricciones internas se traducen en esfuerzos o tensiones, con manifestaciones que dependen de la edad del concreto ya sea recién colocado, durante su endurecimiento o endurecido. (TEJADA, 1997)

La casa cural de santo Toribio de Mogrovejo está ubicada en el centro histórico de Cartagena de indias, ciudad que solo presenta prácticamente un tipo estación climática al año. Los cambios de temperatura sin embargo pueden ser tomados en cuenta confrontando la época de lluvias con la época de verano y el cambio en la temperatura entre el día y la noche en la ciudad.

Los cambios volumétricos por expansión propia del material generan fisuras y grietas en las estructuras, hecho que será estudiado para el caso de la casa cural.

En las fisuras inevitables tenemos antes y durante el endurecimiento:

- Asentamientos plásticos
- Contracción plástica
- Movimientos base
- Movimientos formaleta

Después del endurecimiento, en el aspecto físico encontramos cambios de humedad y cambios de temperatura.

En los cambios de humedad, las fisuras se presentan cuarteaduras, contracción por secado, etc. En los cambios de temperatura, las fisuras se presentan contracción térmica inicial, dilatación y contracción por temperatura, ataque por fuego, acción de hielo y deshielo, etc.



### 2.11.2. Fisuras Necesarias

Se presentan como expresión de un comportamiento estructural previsto y controlado. En general las estructuras de concreto reforzado se dimensionan y diseñan para admitir fisuras desde un estado de servicio de cargas. No se puede interpretar todas las fisuras como un síntoma de que la edificación ha sido mal proyectada o mal construida.(TEJADA, 1997)

Las fisuras necesarias no son incluidas dentro del grupo de fallas patológicas, sin embargo su inclusión dentro del estudio tiene el fin de separar estas últimas del resto de fisuras que marcan una tendencia de la procedencia de los daños.

Las Fisuras debidas a acciones Mecánicas son consideradas por efecto de las fisuras de esfuerzos de:

- Tracción pura
- Flexión simple y compuesta
- Torsión
- Cortante

### 2.11.3. Fisuras Patológicas

Se presentan como sintomatología de problemas estructurales. Estas fisuras pueden originarse por sobrecargas, acciones químicas, acciones biológicas. Representan en cualquiera de los casos un problema que requiere de inmediata intervención (TEJADA, Pedro; 1997). Las fisuras patológicas se presentan por diversos tipos de fallas entre esas tenemos:

- Falla por compresión simple en columnas
- Fallas por Flexión en vigas de pórtico



- Falla de columna por Flexo-Compresión
- Falla por Flexión y Cortante
- Falla por Pandeo
- Retracción plástica en cabeza de columnas
- Fisuras patológicas por acciones químicas

## 2.12. DETERIOROS

Se denomina deterioro cualquier cambio adverso de los mecanismos normales, de las propiedades físicas o químicas o ambas en la superficie o en el interior del elemento generalmente a través de la separación de sus componentes. (MUÑOZ, 2001)

### 2.12.1. Eflorescencia

Depósito de sales, usualmente blancas que se forman en las superficies. En muchos casos estas irregularidades en el color, las cuales generalmente son descritas como decoloración se pueden atribuir a la eflorescencia del calcio (BUCHNER, 2012). Ocurre cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí un depósito de mineral. Aunque la eflorescencia no es un problema estructural, puede ser estéticamente objetable.

En la estructura en estudio, luego de aplicada una inspección visual detallada, se detectó en ciertas zonas una decoloración propia de las producidas por eflorescencia. Aplicar el concepto en el estudio permitió aumentar la efectividad en el reconocimiento de este tipo de falla patológica, común en ambientes con constante exposición salina como lo es Cartagena de indias.



**Ilustración 4** Muestra de Eflorescencias con pérdida de alcalinidad y corrosión de armaduras. Fuente: Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto.

### **2.12.2. Picaduras**

Desarrollo de cavidades relativamente pequeñas en la superficie debido a fenómenos tales como la corrosión o cavitación o desintegración localizada. El picado está caracterizado por la aparición de pequeños puntos de óxido fácilmente observables en áreas poco afectadas por la corrosión. (MUÑOZ, 2001)

### **2.12.3. Corrosión**

Desintegración o deterioro del concreto o del refuerzo por el fenómeno electroquímico de la corrosión. La corrosión del hormigón por agentes químicos suele ser la que mayores daños ocasiona en las estructuras. La durabilidad de un hormigón se puede medir por la velocidad con la que el mismo se descompone como resultado de acciones químicas. En la



mayor parte de los casos, el ataque de los agentes agresivos químicos se produce sobre el cemento; en otras ocasiones el ataque se producirá sobre los áridos. Las diferentes acciones de tipo químico que se producen en el hormigón se pueden ser: ataque por sulfatos, cloruros, carbonatos y otros iones; ataque por ácidos; reacción árido-álcalis; re-acción en áridos con sulfuros susceptibles de oxidarse, etc. (MUÑOZ, 2001)



**Ilustración 5** Corrosión de barras de acero en la cara inferior de una losa. Montevideo, Uruguay. Fuente: *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto*

#### **2.12.4. Goteras**

Humedad causada por las aguas lluvias bajo la cubierta Las goteras pueden obedecer a varias causas pero lo general es que se deban a desorganización del tejado o a rotura de algunas tejas. (MUÑOZ, 2001).

El estado actual de la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo contempla una cubierta en regular estado que nunca ha sido intervenida desde su instalación. La antigüedad de la misma aporta un grado de riesgo a filtraciones que se traducen finalmente en goteras.



### **3. ANTECEDENTES**

En Agosto de 1999 Castillo, José para determinar los principales agentes deteriorantes en los materiales antiguos de construcción, analiza la Catedral Santa Catalina de Alejandría de Cartagena de Indias. En este estudio se realizaron diferentes pruebas químico-biológicas, que brindaron como resultado una serie de agentes invasivos, como algas verdes unicelulares, a causa de la humedad al interior de la iglesia. (CASTILLO, 1999)

La Catedral se encuentra ubicada, al igual que la casa cural de la parroquia santo Toribio de Mogrovejo, en el centro histórico de la ciudad de Cartagena de indias. Este estudio marca un hito para estudios químico-biológicos en el centro histórico, que por ser zona cercana a cuerpos de agua presenta usualmente patologías relacionadas con la humedad.

El diagnóstico realizado en la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo incluye el análisis químico-biológico de la estructura, teniendo en cuenta todo tipo de daños causados por agentes tanto internos como externos (humedad, agentes biológicos, entre otros) tomando como referencia la secuencia de análisis aplicada por Castillo en el estudio a la catedral de Santa Catalina de Alejandría.

A nivel de tesis de grado encontramos también en el 2012 un estudio realizado por Bustamante, G. Este estudio denominado “Evaluación y diagnóstico patológico de la iglesia santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de indias”, enfocó el estudio en la aplicación de la siguiente metodología: investigación histórica del monumento, Levantamiento arquitectónico, recolección de datos, análisis de información y conclusiones. Básicamente el enfoque realizado encuentra su pieza principal entre el levantamiento arquitectónico y la recolección de datos, ya que el estudio gira en torno al inventario de todos aquellos factores producto de patologías actuantes en la estructura. (BUSTAMANTE, 2012)



La parroquia Santo Toribio es la estructura vecina a la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo. Ya que la casa cural fue construida años después, en el periodo republicano presenta una variedad distinta de materiales de construcción. Sin embargo, las estructuras esta expuestas a los mismos factores externos (condiciones climáticas, humedad, factores biológicos).

El estudio aplicado a la parroquia de santo Toribio de Mogrovejo es tomado como punto de referencia al ejecutar análisis patológicos en estructuras con alto valor patrimonial, dejando como legado para el actual estudio la metodología aplicada y los conceptos resaltados a lo largo de todo el análisis.



#### 4. ESTADO DEL ARTE:

Diversos diagnósticos patológicos realizados en diferentes partes del mundo aplicados en estructuras de valor patrimonial, han demostrado la importancia del mantenimiento en las edificaciones, además han permitido identificar fuentes de los factores que afectan estas estructuras para generar soluciones que las conserven en el buen estado que merecen como tesoro histórico.

En 1996 Useche L.A. en la Iglesia Mayor de villa de Leyva realizó un estudio enfocado en pañetes, morteros y maderas. Como conclusión menciona la importancia de la caracterización de los materiales constructivos en toda intervención dirigida a la conservación de los monumentos. Por otro lado, para intervenir estas estructuras de manera eficiente se deben tener en cuenta los factores que producen deterioro en dichos materiales para filtrar la intervención a acciones restauradoras que protejan la estructura en un futuro contra aquellos factores. En el caso de la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo podría ser aplicado este estudio solo en algunas zonas de la edificación, ya que el tratarse de un edificio republicano presenta un bajo porcentaje de maderas y un alto contenido de concreto armado. (USECHE, 1993)

Huerta Fernández, Santiago y López Manzanares, Gema en 1999 ejecutaron un informe sobre estudios estructurales realizados previos a la restauración de la iglesia parroquial de Malvás (Pontevedra). En este análisis en específico se realizó un estudio enfocado en los siguientes aspectos: Estudio de origen de patologías observadas y conclusión de probabilidad de peligro de ruina y el estudio de la posibilidad de apoyo a una nueva techumbre sobre los arcos perpiaños. Pontevedra se encuentra a 20 metros sobre el nivel del mar, a diferencia de Cartagena la cual se encuentra a solo 2. Esta condición promueve un terreno más sano para la construcción, ya que evita que las edificaciones lidien con el nivel freático.(HUERTAS, 2004)



En un estudio realizado en Tucumán, Argentina, en la casa del obispo Columbres por profesores de la universidad Nacional de Tucumán, en el cual se tenía como objetivo realizar propuestas de intervención para la restauración del edificio, se ejecutó una metodología que constó de los siguientes 6 pasos: Recopilación de datos, análisis de materiales y proceso constructivo, Inspección visual de los defectos, revelamiento fotográfico de lesiones, Diagnostico y propuestas de intervención.

Se concluyó que la casa del obispo columbres se encontraba en este estado de deterioro a causa de factores climatológicos y el desgaste por el paso del tiempo, resaltando que ningún material natural o sintético puede resistir a su acción con una falta de mantenimiento constante. Igualmente, se le suma la acción vandálica de ciertos ciudadanos que tienen fácil acceso al edificio debido a la falta de un control permanente. Aunque Cartagena de indias presenta problemas en invierno con las lluvias, Tucumán, Argentina, lidia el día a día con este factor. Los cordones montañosos retienen los vientos provenientes del atlántico, generando precipitaciones, y con ellas fuertes lluvias y nevadas.

En el año 2008 en Guadalajara (México) Villanueva Domínguez, Lasheras Merino, García Morales, Rodriguez Monteverde, Sanz Arauz y Bustamante Montoro, Financiados por la Comunidad de Madrid y la Universidad Politécnica de Madrid, realizaron un proyecto de investigación donde analizaron la influencia de las características constructivas y del entorno físico en la patología actual de varias iglesias de los siglos XVI al XVIII ubicadas en Sigüenza. (VILLANUEVA, LASHERAS, GARCIA, RODRIGUEZ, SANZ, & BUSTAMANTE, 2008)

El análisis se realizó teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Características constructivas de las iglesias estudiadas y Patología característica de las iglesias estudiadas. La metodología ejecutada para el análisis diagnóstico consistió en 6 fases de estudio de la estructura tomando como eje los principales y más impactantes aspectos dentro de la patología encontrada.



Como conclusión al análisis realizado encontraron entre las patologías frecuentes deformaciones en muros y bóvedas, consecuencia de las deformaciones en cimentaciones apoyadas sobre suelos arcillosos relativamente inestables. En este mismo orden de ideas resaltaron la importancia de la calidad de la mampostería, que en general, no cumplía con los requisitos necesarios para considerarse buena. A este segundo factor se atribuye gran parte de la generación de fisuras y grietas.

Guadalajara presenta temperaturas en verano de hasta 33°C, haciéndola una localidad calurosa en esta época. Sin embargo en invierno alcanza a descender hasta -3°C, lo cual expone a las estructuras locales a fuertes cambios de temperatura.

A mediados del 2010 Reinaldo Coletti y Patricia Inés Mariñelarena, en representación del laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (LINTA-CIC), Argentina, realizaron un estudio sobre patología en edificios históricos enfocado en el Edificio Radio Provincia de Buenos Aires, antiguamente conocido como Palacio Achinelly.

El análisis consistió en una exposición de métodos y técnicas de identificación y registro de las características constructivas y sus patologías. Para alcanzar este objetivo realizaron una descripción general con el fin de detectar las características constructivas del edificio y los defectos más evidentes. Una vez obtenida la información relevada se realizó un análisis de los datos y se ofrecieron recomendaciones para evitar el rápido deterioro de la estructura. (COLETTI & MARIÑELARENA, 2010)

Los resultados señalan a un Palacio Achinelly que fue sometido a un cambio de funcionalidad. En la actualidad es el edificio radio provincia de buenos aires, lo cual ha generado en la estructura una serie de inconvenientes. Por ejemplo: El acondicionamiento ambiental, introducción de elementos de elevación como ascensores, instalación de nuevas tecnologías, etc. Para preservar los valores que hacen patrimonio al edificio recomendaron conservar los siguientes aspectos: Esquema de composición, esquema volumétrico interior, composición de las fachadas, componentes ornamentales y materiales originales existentes en el interior del edificio y la relación con los espacios circundantes.



## 5. MARCO LEGAL:

De acuerdo con la norma del American Concrete Institute ACI 364 las investigaciones patológicas preliminares tienen como objetivo conocer las condiciones de la estructura, qué tipo de fallas presenta, la seriedad de los daños y si es posible realizar un proyecto de rehabilitación.

En este proceso se incluye verificar las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes estratos que componen el suelo, la capacidad de carga admisible, estratigrafía y una evaluación de la correcta funcionalidad de las estructuras de cimentación.

Por otro lado se conocen las especificaciones de los materiales, si están de acuerdo con la Norma Colombiana Sismo Resistente NSR10 y evaluar la exposición de los mismos a humedad, temperatura, presión, precipitación, sustancias agresivas, frecuencia y duración de exposición, entre otros.

A medida que se desarrolla la investigación la norma ACI 364 recomienda que la inspección se realice con los siguientes equipos:

- Lupa
- Cámaras fotográficas
- Nivel de mano
- Cinta métrica
- Comparador de fisuras
- Equipos de nivelación
- Frascos y bolsas con cierre hermético
- Elementos de seguridad y protección
- Ficha o formato de evaluación
- Herramientas menores



Para realizar la inspección visual y conocer la extensión de los problemas observados e identificar los elementos dañados se debe programar un recorrido por la estructura y elaborar un registro completo, en el que se realicen observaciones y comentarios.

Este registro contiene la identificación de los daños, los más comunes para la norma son señalados en la Tabla 1.

Tabla 1 Daños más comunes según norma ACI 364. Fuente: ACI 364

Contaminación por polución	Humedad
Cultivos biológicos	Fisuras
Meteorización	Grietas
Eflorescencias	Deflexiones
Decoloración y manchado	Desplomes
Fracturas y aplastamiento	Distorsión
Desgaste	Carbonatación
Evidencias de ataques químicos	Descascaramiento
Ablandamiento de masa	Perdida de resistencia
Corrosión del acero	Hinchamiento
Corrosión del acero	Goteras

El documento que contenga el resultado de esta inspección debe ser concluyente según la ACI 364 en establecer la capacidad estructural, es decir, si los elementos o el sistema estructural soportarán las cargas de servicio de acuerdo a su uso. Además debe decidir si es factible la rehabilitación de la estructura.



El proyecto “Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo” incluye la inspección preliminar y actividades que hacen parte de una inspección profunda y detallada. Para adelantar un examen completo de la estructura, sin dejar pasar daños que puedan pasar inadvertidos la guía ACI 201 incluye los siguientes capítulos dentro de una evaluación:

- Descripción estructural
- Condiciones actuales de la estructura
- Naturaleza de las cargas y elementos deteriorados
- Condiciones originales de la estructura
- Materiales de construcción
- Prácticas de constructivas

Las valoraciones que se deben incluir dentro del estudio según esta guía son:

- Tipos de grietas (estructurales o no estructurales)
- Modalidad de agrietamiento (flexión, cortante, aplastamiento, entre otros)
- Patrón de comportamiento
- Localización
- Ancho, profundidad, longitud
- Registro del comportamiento de testigos instalados
- Registro de la magnitud de las deformaciones permanentes
- Monitoreo y cuantificación de asentamientos en el terreno
- Identificación de riesgos potenciales

Un aspecto fundamental en la investigación es la realización de los ensayos que permitan establecer el diagnóstico. La ACI 364 recomienda analizar la variación de las características, el tamaño de la estructura, localización de crítica la probabilidad de error, entre otros, para saber cuántos ensayos se van a realizar, donde y cuáles son los más apropiados. Estos ensayos se harán de acuerdo a las normas técnicas colombianas NTC y las normas ASTM.



## **6. METODOLOGIA**

Este trabajo de grado está enmarcado dentro del tipo de investigación mixta. Un estudio patológico comprendido por una etapa descriptiva y una parte netamente de revisión bibliográfica. Todo el análisis aplicado en la casa cural de la iglesia santo Toribio de Mogrovejo ubicada en el centro histórico de Cartagena, al lado de la estructura parroquial que hace esquina en la plaza Fernández Madrid. Para alcanzar este objetivo se ejecutaron en un juego de planos un despiece patológico que ubica las fallas en los lugares correspondientes y una memoria descriptiva que plasmó todo el proceso aplicado para la búsqueda, cualificación y clasificación de cada una de ellas.

La primera etapa del estudio, la descriptiva, constó de una inspección preliminar detallada de toda la casa cural de la iglesia de santo Toribio de Mogrovejo, especialmente de los elementos estructurales, que con la adición del registro fotográfico recolectado, brindaron como resultado una caracterización de cada una de las patologías encontradas y posteriormente plasmadas en planos de planta y corte. Una vez ubicadas se clasificaron según el riesgo estructural que cada una de estas fallas aportaba a la edificación parroquial. La segunda etapa está compuesta de una revisión bibliográfica, cuyo objetivo fue brindar herramientas académicas que permitan concluir el estudio con una acertada recomendación para la mitigación de daños o la demolición de la estructura en el peor de los casos. Todo esto con base a los resultados arrojados por la primera fase del análisis y a las recomendaciones propuestas por la literatura ante cada una de las fallas registradas. Estas medidas de mitigación y recomendaciones se harán en los casos que el daño estructural lo amerite, es decir en los casos que la vida de las personas que visiten y utilicen el monumento se encuentre en riesgo o la integridad estructural del mismo se encuentre comprometida.

En este estudio el diseño utilizado fue de tipo experimental; ya que se usó la observación detallada y además la aplicación de ensayos no destructivos para determinar las características y el estado de los elementos que conforman la casa cural.



Las etapas aplicadas en el trabajo de grado son descritas paso por paso, incluyendo los procedimientos aplicados en cada actividad, de la siguiente manera:

### **6.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA.**

Esta etapa se llevó a cabo recopilando información de varios sacerdotes que en su momento vivieron en la casa cural de la parroquia santo Toribio de Mogrovejo y de entidades locales como el Instituto de Patrimonio y Cultura de Cartagena de Indias (IPCC), donde se pidió información referente a una reseña histórica de la casa y su relación con el sector que la rodea. También se consultó a los ingenieros locales encargados de la preservación de la estructura y al sacerdote actual, el Padre José Fernando Álvarez Salgado. Una vez recolectada la información de las entrevistas, inició la identificación visual de las patologías a lo largo de toda la estructura, realizando para ello, visitas semanales que además permitieron mantener un control del progresivo deterioro de la casa cural. Esta inspección preliminar permitió la familiarización de los tipos de patologías presentadas en los elementos estructurales principalmente, sin omitir los elementos arquitectónicos que muestran los movimientos realizados por la estructura ante los impactos externos como la construcción de la edificación vecina, el Hotel Bastión de Reyes.

### **6.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA**

La segunda etapa de recolección de información consistió en la consulta de material bibliográfico acorde a la temática de estudio como revistas, artículos, proyectos de grado y libros, que se enfocaran principalmente en análisis patológico estructural, luego reducir la búsqueda a aquellos cuyo análisis se haya aplicado en monumentos, casas patrimoniales y edificaciones antiguas y por ultimo concluir con la búsqueda de información en aquellos que se ejecutaron dentro del centro histórico de Cartagena de indias.



Una vez concluida la búsqueda de bibliografía primaria, se realizó una recopilación de normas estructurales encontradas en la Norma Técnica Colombiana (NTC) con el fin de determinar la vulnerabilidad de la estructura con el respecto al daño de sus elementos. Adicional a esto, se contó con la documentación perteneciente al grupo de investigación OPTICOS de la facultad de ingenierías y encabezada por el ingeniero especializado en estructuras Walberto Rivera. De este grupo de investigación conseguimos aportes sobre normas y recomendaciones sobre vulnerabilidad y patología de estructuras y sobre el sostenimiento de edificaciones de alto nivel patrimonial. Obtenida la información fue ordenada y utilizada directamente para la organización del plan de trabajo del estudio.

El análisis también se apoyó en una serie de estudios aplicados por ingenieros de la ciudad. Por ejemplo, El estudio de suelos de la casa cural de la iglesia de santo Toribio de Cartagena de indias suministrado por el ingeniero Álvaro Covo, Estudio de sostenibilidad de la estructura aportado por el ingeniero Jorge Rocha y estudios relacionados con análisis patológicos estructurales aplicados en residencias antiguas y alto nivel patrimonial aportados por nuestro director Walberto Rivera.

### **6.3 LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Para tener un conocimiento específico de las fallas ubicadas en cada uno de los elementos de una manera ordenada fue necesario plasmar cada uno de los resultados en un plano detallado. Como base de ese plano detallado encontramos esta etapa de levantamiento arquitectónico que consistió en la conformación de un registro fotográfico minucioso y completo de la casa cural, levantamiento a mano alzada de la estructura por niveles y toma de medidas de los elemento con respecto a puntos de referencia utilizando cinta métrica de 7.5 metros de longitud. Una vez obtenida la información completa y con la aplicación de una herramienta virtual, el software AUTOCAD 2010, se conformaron los planos de la casa en planta, perfil y corte.

Toda esta etapa fue realizada por el equipo de estudio, ya que no existen registros actuales del estado de la casa cural plasmados en planos arquitectónicos disponibles para los



sacerdotes o residentes de la edificación. La fase de levantamiento arquitectónico fue ejecutada de manera eficiente entre los días 30 de septiembre y 4 de octubre del 2013.



#### **6.4 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR**

En la etapa de diagnóstico preliminar se efectuó una recopilación de información con respecto al estado actual de la casa solo con inspección visual, reconociendo en el recorrido las fallas más severas en la estructura representadas únicamente en grietas y fisuras en elementos estructurales y arquitectónicos. Ya que en la casa solo habitan 5 personas y no es comúnmente visitada por la comunidad cartagenera, no fue necesaria la utilización de modelaciones con cargas vivas para comprobar la funcionalidad del sistema. Este básicamente carga con su propio peso y lidia contra los movimientos del suelo. Una vez recorrida visualmente la estructura e identificadas las zonas de mayor riesgo estructural se ejecutó un minucioso recorrido por cada una de las partes de la casa registrando las patologías presentes como Humedades, exfoliaciones, oxidaciones, eflorescencias, costras, desprendimientos, carbonataciones, fisuras y grietas fotográficamente.



Para obtener este registro de una manera pertinente, eficaz y acertada, cada una de las fotografías fue captada por una cámara semi-profesional Canon powershot SX40 HS, la cual posee un zoom ultra angular de 35x, 12.1 megapíxeles y capturas en alta definición. En total se tomaron alrededor de 170 fotografías, distribuidas de la siguiente manera en los sectores más vulnerables por la severidad de las fallas patológicas.

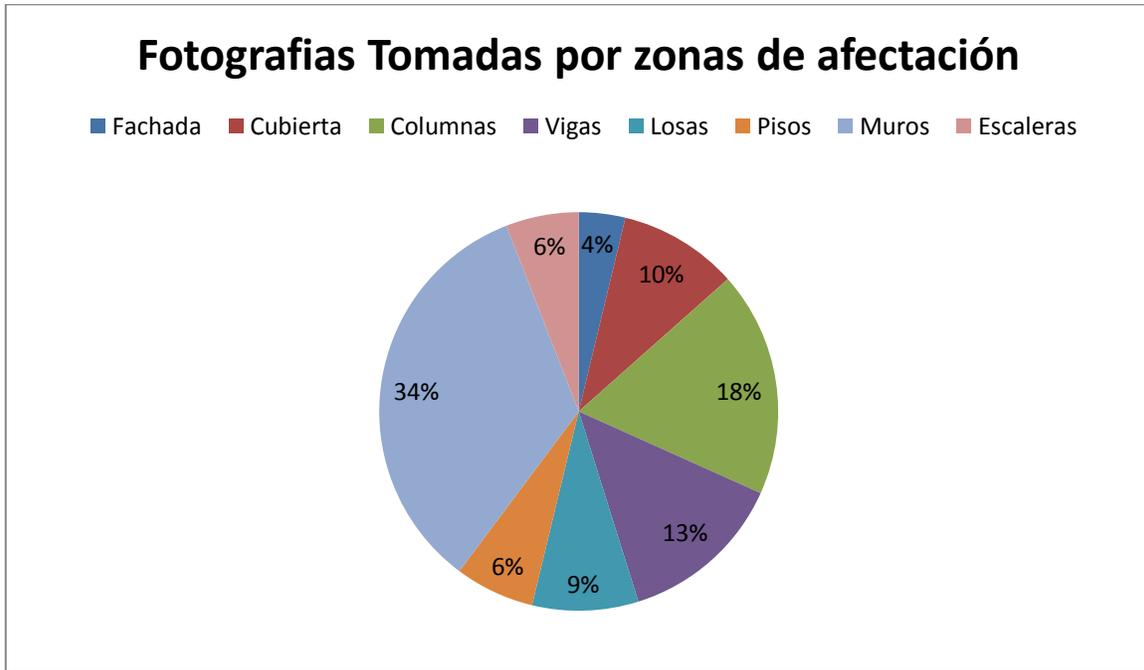


Ilustración 6- Distribución parcial de las fotografías tomadas en cada una de las zonas patológicas seleccionadas luego de la inspección visual. Fuente: El autor.

## 6.5 DIAGNÓSTICO DETALLADO

Una vez terminado el diagnóstico preliminar se hizo un diagnóstico detallado incluyendo cada una de las patologías encontradas en los elementos estructurales y arquitectónicos de la casa cural de la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo. Aquí se evaluó el estado de los elementos: Columnas, vigas, cubierta, pisos y muros, analizando a fondo las fallas presentadas teniendo en cuenta variables como temperatura, humedad, ancho de fisuras, longitud de fisuras, asentamientos, deflexiones y funcionalidad de los elementos. Ya que la casa cural de la parroquia Santo Toribio de Mogrovejo es una casa de tipo republicana fue



posible la realización de ensayos no destructivos en los materiales que conforman los diferentes elementos estructurales y arquitectónicos de la misma.

Los resultados arrojados por el estudio fueron plasmados en un formato descriptivo, que incluye localización general y específica, registro fotográfico y una ficha de valoración visual. Por otra parte los anexos se archivaron en un registro un poco más simple.

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS				
	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO			
AUTORES		DIRECTOR		
<b>Edificio</b>		<b>Área</b>		
<b>Materiales</b>		<b>Elemento</b>		
<b>Condición de Estabilidad</b>		<b>Fecha</b>		
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA		
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA		
Afectación de Daño	Seguridad			
	Funcionalidad			
	Aspecto			
Nivel de Recuperación	Imprescindible			
	Necesaria			
	Conveniente			
Grado de Lesión	Severo			
	Moderado			
	Leve			
ASPECTO EXTERNO				
MANCHAS				
HUMEDADES				
EFLORESCENCIAS				
CAVIDADES				
RETENCION DE AGUA				
EXFOLIACION				
PERDIDA DE MATERIAL				
COLOR Y TEXTURA				
ALTERACIONES SUPERFICIALES				
DESGASTE				
ALTERACIONES TRAUMATICAS				
GRIETAS Y FISURAS				
ASENTAMIENTOS				

Tabla 2- Formato de análisis patológico



<p>REGISTRO FOTOGRAFICO</p>		
<p>NUMERO DE REGISTRO FOTOGRAFICO</p>	<p>DESCRIPCIÓN</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 

Tabla 3- Formato de registro fotográfico para Anexos

La temperatura y humedad relativa de la edificación se tomaron en base a dos zonas de la casa; zona de interior y zona de exteriores y patio principal. Se delimitaron estas zonas así debido a la interacción y exposición de interiores a cambios bruscos de temperatura y humedad por la acción de aires acondicionados y una zona más estable en el exterior con acción solo del clima. Para medir la temperatura se utilizó un medidor digital de temperatura CP-3007.



Para medir la longitud de fisuras, desplazamientos, grietas y verticalidad de muros fue necesaria la utilización de plomada y cinta métrica. Las deflexiones en el entrepiso se midieron con la ayuda de un dispositivo láser y cinta métrica.

## 6.6 DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA ANTE LAS CARGAS DE SERVICIO

Después de realizar el levantamiento topográfico de la casa de la Casa Cural de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo y de haber realizado la inspección visual detallada de la misma, se empezó con el estudio de cargas según la NSR 10. Esto se llevó a cabo de forma paralela al diagnóstico patológico de la estructura. Para esto se realizó un análisis dinámico computarizado, a continuación se muestran el procedimiento que se hizo para realizar dicho estudio:

### 6.6.1 Construcción del Modelo.

Lo primero que se hizo fue la elaboración de la geometría del modelo de la estructura de la casa de la Casa Cural de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo, basándose fundamentalmente en los planos obtenidos del levantamiento topográfico de la edificación.

Para ello se empleó un software de análisis y diseño estructural como lo es ETABS 9.7.3, creado por la empresa Computer and Structures Inc, en su versión 9.7.3. Cuyo programa basa sus cálculos y análisis en el método de los elementos finitos. Para este caso en particular, la realización del modelo se hizo utilizando elementos Shell de Etabs 9.7.3.

Luego se asignaron las propiedades de los diferentes materiales que componen la estructura, tales como densidad y módulo de elasticidad; de acuerdo a los estudios realizados por Clemente Herrera y Arturo Cuevas en la tesis (*Propiedades Mecánicas de la Mampostería Tipo III de Edificaciones de Uso Residencial en la Ciudad de Cartagena de Indias*) para la determinación de las propiedades de los muros tipo tableta militar-argamasa.



Tabla 4 Propiedades de los materiales

materias	muros estructurales (tableta militar)	Concreto 3000 psi
modulo de elasticidad	18360 kg/cm <sup>2</sup>	215893 kg/cm <sup>2</sup>
densidad	171,7 kg/m <sup>3</sup>	2.4 g/cm <sup>3</sup>

Fuente: HERRERA – CUEVAS

### 6.6.2 Asignación de Cargas al Modelo.

Se evaluó en comportamiento de la estructura bajo dos tipos de solicitaciones. Las solicitaciones verticales, dentro de las que encontramos el peso propio de la estructura y la carga viva de la misma la cual obedece al uso que se le está dando a la estructura, para este caso se le asigno una carga de 0,2 Ton/m<sup>2</sup> en cada uno de los pisos.

El otro tipo de solicitación es la de tipo vertical, más específicamente la acción de un eventual sismo.

De acuerdo a las especificaciones de la NSR-10, se identificaron los parámetros propios de la localización de la estructura y las características del suelo sobre el cual se fundamenta. Etabs 9.7.3 permite la introducción del espectro de diseño, a partir del cual el software calcula los efectos del sismo dependiendo de la masa de la estructura y las restricciones de la misma.

### 6.6.3 Determinación del Espectro Sísmico

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas, el software Etabs 9.7.3 solicita únicamente la curva que represente el espectro de diseño, de modo que se generó un archivo de texto con las parejas de datos aceleración espectral vs periodo. En primera instancia se determinaron los valores de los parámetros sísmicos de acuerdo a la localización, a las propiedades del suelo y a las características de la estructura.



Tabla 5 Características sísmicas

DEPARTAMENTO	BOLIVAR
MUNICIPIO	CARTAGENA
ZONA DE AMENAZA SISMICA	BAJA
IMPORTANCIA	I
TIPO DE SUELO	D

A continuación, se calculó:

$$T_O = 0.1A_vF_v/A_eF_a = 0.15 \text{ seg}$$

$$T_C = 0.48A_vF_v/A_eF_a = 0.72 \text{ seg}$$

$$T_L = 2.4F_v = 5.76 \text{ seg}$$

Finalmente, se consigue el espectro mostrado en la Figura 23.

Tabla 6 Parámetros sísmicos

Aa	0,1
Ab	0,1
Fa	1,6
Fv	2,4

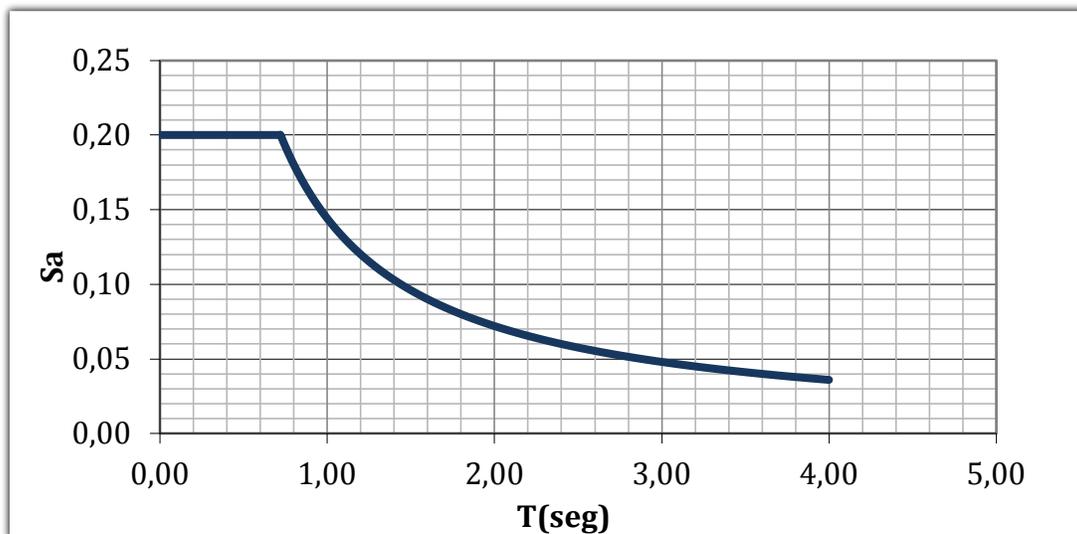


Ilustración 7 Espectro de diseño. Fuente: Autores



#### **6.6.4 Validación del Modelo.**

Después de la construcción de la estructura en Etabs 9.7.3, se comenzó con una inspección cuidadosa con el fin de identificar fallas en el modelo, esto se realizó mediante un modelo de prueba.

La validación del modelo necesito de un tiempo considerable debido que a la gran cantidad de nudos del que cuenta el modelo se presentaron muchas fallas en el mismo. Entre los principales errores detectados se puede mencionar: nudos sueltos, apoyos sin restricciones y asignación equivocada de propiedades.

Para solucionar estos problemas se corrió el modelo muchas veces solo con la carga muerta y se iban detectando y corrigiendo las fallas en el modelo hasta que los resultados tuvieras un valor razonable.



### 6.6.5 Ejecución del análisis.

Durante este paso, finalmente se ejecutaron los análisis definitivos de la estructura considerando las restricciones planteados previamente y todas las solicitaciones anteriormente determinadas.

Durante esta investigación, se realizó la verificación de resistencia última, por lo tanto, las combinaciones de cargas utilizadas corresponden a las estipuladas por la NSR-10 en su Título B, Sección B.2.3, tal como se muestra a continuación.

$1.4D$	Comb-1
$1.2D + 1.6L$	Comb-2
$1.2D + 1.0L + 1.0ESPX + 0.3ESPY$	Comb-4
$1.2D + 1.0L + 1.0ESPY + 0.3ESPX$	Comb-5
$0.9D + 1.0ESPX + 0.3ESPY$	Comb-6
$0.9D + 1.0ESPY + 0.3ESPX$	Comb-7

Dónde:

$D$ : Carga Muerta: Peso propio

$ESP$ : Fuerzas sísmicas reducidas de diseño ( $E = F_s/R$ )

$L$ : Cargas vivas debidas al uso y ocupación de la edificación

Teniendo en cuenta que se clasificó el sistema estructural de la edificación como muros de mampostería no reforzada y se consideró que no es posible la disipación de energía, el coeficiente de disipación de energía  $R$  es igual a la unidad, asumiendo que no existe irregularidad en planta ni en altura. Las combinaciones fueron introducidas en el software Etabs 9.7.3 mediante el comando Load Combination. En cuanto a las combinaciones que incluyen sismo, se aplicó el factor  $R = 1$ .



## **6.7 RECOMENDACIONES PARA INTERVENCIÓN DE PROBLEMAS ESTRUCTURALES**

Ya obtenida toda la información detallada sobre el estado de los elementos que conforman la casa cural de la parroquia de santo Toribio de Mogrovejo, nos dispusimos a formular una serie de soluciones para cada uno de las patologías presentadas en las diferentes zonas. Todas estas recomendaciones se plantearon teniendo en cuenta elementos de la literatura sobre patología estructural y sobre conclusiones brindadas por nuestro director de tesis Walberto Rivera y su grupo de investigación OPTICOS.

Las posibles soluciones fueron entregadas al padre José Fernando Álvarez Salgado y al ingeniero encargado de la remodelación de la estructura parroquial en la zona de cubiertas.



## 7. RESULTADOS

### 7.1 CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La estructura en análisis, la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo, se encuentra sometida a los cambios climáticos y ambientales de su entorno. Con el fin de conocer las condiciones de la zona de estudio, se describirán sus características particulares detalladamente a continuación:

Cartagena de Indias Distrito turístico y cultural se encuentra localizado al norte de Colombia, sobre el Mar Caribe dentro de las coordenadas 10° 26' de latitud norte y 75° 33' de longitud oeste. Es la capital del Departamento de Bolívar, se encuentra a una distancia aérea de 600 kilómetros y por carretera de 1.204 Km de Bogotá, Capital de Colombia; a 89 de Barranquilla, 233 de Santa Marta; y 705 de Medellín. Cartagena debe su origen a factores endogenéticos asociados tanto al fenómeno de diapirismo de lodos, como a los efectos tectónicos compresivos relacionados con la interacción de las placas Caribe y suramericana. La modelación actual de las geoformas es el producto de la acción de procesos exogenéticos de orígenes marinos, fluviales, eólicos o gravitatorios, localmente alterados por la acción del hombre al ocupar el territorio con fines industriales o de vivienda. En un estudio (G. Barbosa, 2009), se detectaron 14 unidades geomorfológicas, discriminadas en unidades prominentes y bajas. Entre las primeras se presentan colinas, lomas, sedimentos, plataformas de abrasión elevadas, terrazas marinas y abanicos aluviales y coluviales.

Otro factor importante es el nivel freático, existen varios puntos críticos que se inundan cuando los niveles de mareas están altos. Esta inundación se produce por el ingreso de la onda de marea – que en general no sobrepasa los 40 cm – por las alcantarillas de drenajes pluviales que descargan en los caños, lagos, ciénagas de la ciudad de Cartagena, bahía externa e interna y el mar Caribe. El nivel freático en el centro histórico de Cartagena fluctúa entre 0.8 y 1.5 m.



En la Ciudad de Cartagena la distribución territorial de las lluvias es muy variable por las características que imprime el marco costero. Las mediciones que ha realizado el IDEAM reflejan los siguientes datos, que en la ciudad el registro máximo de lluvias ha sido de 974.4 mm. Que el promedio mensual ha sido de 51.4 mm. Que el período de más lluvias o lluvias intensas se prolonga desde mayo hasta octubre y el período seco o de menos lluvias está comprendido entre los meses de Noviembre a Abril. La temperatura del aire se obtuvo de datos del IDEAM y el CIOH. Registran que en Cartagena se tiene una temperatura máxima media de 31.9 oC en el mes de Agosto y una mínima media de 22,5 oC en el mes de Enero; la temperatura media mensual del aire en Cartagena es del 27,2 oC.

Los vientos predominantes en la ciudad de Cartagena son norte y noreste; por su origen inciden principalmente brisas marinas de rumbo sur de comportamiento diurno y terral con rumbo norte de comportamiento nocturno. La velocidad máxima del viento ha sido de 28.2 m/seg, en las calles estrechas de la ciudad los vientos circulan en las horas de la tarde con mayor fuerza que en las horas de la mañana.

El período de mayor humedad relativa se observa entre los meses de Octubre y Diciembre y oscila entre 84 % y 85 %. El período de menor humedad relativa abarca los meses de Enero hasta Septiembre y su valor oscila entre 82 % y 83 %. El período anual de humedad relativa es de 83 %.

El análisis de resultados se expresa básicamente en tres etapas: Análisis del registro fotográfico preliminar, identificación de patologías con ensayos, análisis de registro fotográfico total por grupo de patologías y por ultimo ubicación de fallas patológicas en los planos de corte, planta y perfil. A continuación presentamos un avance de los resultados identificando las zonas más afectadas en la estructura por el registro fotográfico preliminar:



## **7.2 EVALUACION PATOLÓGICA DE LA CASA CURAL DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

El análisis de esta sección del estudio consta de dos fases: la primera fase es una descripción propia del elemento, su composición y modo de trabajo. La segunda parte se enfoca en los problemas patológicos presentados en el elemento y su ubicación dentro de la casa cural. Las zonas más afectadas de la estructura y en las cuales se aplicara el estudio son: Fachada, cubierta, columnas, vigas, losas, muros y escaleras.

### **7.2.1 FACHADA**

La fachada de la casa cural ofrece una representación de la cultura republicana, con elementos perpendiculares a los muros que sobresalen de la estructura, muros de mampostería en ladrillo y ventanas amplias y rectangulares.

#### **Análisis patológico**

##### **Fallas físicas**

La fachada al igual que la cubierta presenta, principalmente, problemas de humedad por condensación. La constante exposición al ambiente salino, los cambios fuertes de temperatura en época de lluvias y el paso de la humedad interior a la exterior aportaron al deterioro de la fachada de la casa cural.

##### **Suciedad**

Las formas que sobresalen a la fachada en un ángulo de 90° y generan esquina son propensas a acumular polvo y demás partículas arrastradas por el viento y la lluvia. Estas partículas generan daños a nivel estético en la estructura, dándole una apariencia de vejez no apropiada a la estructura. La casa cural de santo Toribio de Mogrovejo posee muchos elementos de alfarería propios de la arquitectura republicana que sobresalen a la línea de fachada.



### Fallas mecánicas

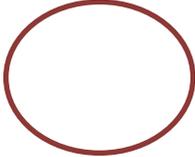
Los movimientos causados por la construcción del bastión de reyes provocaron lesiones en la fachada que fueron rápidamente tratados por el equipo de restauración. Los dinteles y muros de fachada sufrieron grietas que fueron sanadas con mortero.



**Ilustración 8-** Fachada casa cural de santo Toribio de Mogrovejo siendo restaurada luego de sufrir afectaciones por construcciones vecinas

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS				
	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO			
<b>AUTORES</b>			<b>DIRECTOR</b>	
<b>Edificio</b>		<b>Área</b>		
<b>Materiales</b>		<b>Elemento</b>		
<b>Condición de Estabilidad</b>		<b>Fecha</b>		
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA		
<b>VALORACIÓN VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIAS</b>		
Afectación de Daño	Aspecto			
Nivel de recuperación	Conveniente			
Grado de Lesión	Moderado	<b>X</b>		
<b>ASPECTO EXTERNO</b>				
MANCHAS				<b>X</b>
COLOR Y TEXTURA				<b>X</b>
HUMEDADES				<b>X</b>
PERDIDA DE MATERIAL				<b>X</b>

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 <small>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</small>	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO</b>		
<b>AUTORES</b>	EFRAIN VARELA RAMIREZ	<b>DIRECTOR</b>	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>
<b>Materiales</b>	Mampostería	<b>Elemento</b>	Fachada
<b>Condición de Estabilidad</b>	Buen estado	<b>Fecha</b>	14-11-13
<b>PLANTA GENERAL</b>		<b>AREA ESPECIFICA</b>	
<b>VALORACIÓN VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIAS</b>	
Afectación de Daño	Aspecto	X	
Nivel de Recuperación	Conveniente	X	
Grado de Lesión	Moderado	X	
<b>ASPECTO EXTERNO</b>			
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>			
GRIETAS Y FISURAS		X	



### 7.2.2 CUBIERTA

La cubierta de la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo está compuesta de una estructura cerchada a base de elementos de madera. Estas sostienen tejas de fibrocemento Eternit perfil 7, es decir una separación de lomo a lomo en las tejas de siete pulgadas (7"). Algunas zonas, especialmente las que se encuentran de cara al patio interno, poseen un cielo falso en triplex que descansa sobre las columnas.

#### Análisis patológico

##### Fallas físicas

Las cubiertas al tener constante contacto con partículas de agua a nivel externo, y al sufrir el paso de vapor de niveles de mayor presión (interior) a niveles de baja presión (exterior) presentan lesiones causadas por el tipo de humedad por condensación.

##### Fallas mecánicas

La estructura de cerchado en madera fue afectada además por el proceso constructivo de la estructura vecina, generando fuertes lesiones en las vigas de madera. Estas tuvieron que ser removidas antes de ceder ante el peso propio del complejo de tejas. Las secciones constituidas por cemento presentan pérdida de material y corrosión del acero de refuerzo por exposición al ambiente.

##### Fallas biológicas

Ya que el cerchado que sostiene las tejas de eternit en la cubierta de la casa cural, es una estructura compuesta de madera, ha sufrido afectaciones producto de isópteros conocidos en el argot popular como "comején". Estos isópteros han desgastado algunos de los listones de la cubierta, dejándolos en riesgo de perder su estabilidad estructural.

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS					
 <small>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</small>	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO</b>				
<b>AUTORES</b>	EFRAIN VARELA RAMIREZ	<b>DIRECTOR</b>	WALBERTO RIVERA		
	IRVING ZETIEN SILVA				
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>		
<b>Materiales</b>	Madera, láminas de fibrocemento	<b>Elemento</b>	Cubierta		
<b>Condición de Estabilidad</b>	Riesgo estructural	<b>Fecha</b>	14-11-13		
<b>PLANTA GENERAL</b>		<b>AREA ESPECIFICA</b>			
<b>VALORACIÓN VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>			
Afectación de Daño	Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>			
Nivel de Recuperación	Necesaria	<input checked="" type="checkbox"/>			
Grado de Lesión	Moderado	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>ASPECTO EXTERNO</b>					
MANCHAS				<input checked="" type="checkbox"/>	
HUMEDADES				<input checked="" type="checkbox"/>	
COLOR Y TEXTURA				<input checked="" type="checkbox"/>	
DESGASTE				<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>					
GRIETAS Y FISURAS				<input checked="" type="checkbox"/>	
ASENTAMIENTOS		<input checked="" type="checkbox"/>			

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 <small>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</small>	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO</b>		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>
<b>Materiales</b>	Madera, láminas de fibrocemento	<b>Elemento</b>	Cubierta
<b>Condición de Estabilidad</b>	Riesgo estructural	<b>Fecha</b>	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Aspecto	X	
Nivel de Recuperación	Necesaria	X	
Grado de Lesión	Moderado	X	
ASPECTO EXTERNO			
CAVIDADES		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
DESGASTE		X	



### 7.2.3 COLUMNAS:

Las columnas de la casa cural se clasifican en dos tipos: las primeras son columnas cuadradas de concreto reforzado ubicadas en la primera parte de la casa, con secciones de 40X20 generalmente, para el patio en sus dos niveles encontramos elementos redondos de concreto reforzado, 30 centímetros de diámetro, refuerzo en acero compuesto de una varilla lisa de media pulgada en segundo nivel y dos varillas de media pulgada en el primer nivel.



Ilustración 9- Columna demolida perteneciente al segundo nivel

Cabe resaltar con esta descripción que, las columnas inicialmente no cumplen con la cuantía mínima de acero en refuerzo exigida por la norma sismo resistente colombiana. Además de la cantidad, la ubicación del refuerzo también es arbitraria, destacando los elementos del segundo nivel que afortunadamente solo mantienen el peso de la cubierta de la casa cural.

### Análisis patológico

#### Fallas físicas

Aunque la humedad no es un factor determinante para la estabilidad de la estructura, se reconoce en las columnas un desprendimiento parcial de ítems arquitectónicos como el



estuco y el mortero de pega. Todos estos desprendimientos son producidos por humedad de capilaridad.

El mortero que es la principal fuente de sales junto a los agregados presenta en algunas columnas cristales salinos por humedad, estas afectaciones las clasificamos dentro de las eflorescencias. Debido al constante contacto con humedad se ha deteriorado la coraza de pintura, el estuco y parte del concreto.

#### Fallas mecánicas

Los movimientos causados por la construcción del hotel bastión de reyes hicieron que las cargas en las columnas no se presentaran del todo verticales, lo que produce que los elementos reciban cargas inclinadas no previstas para el diseño de la estructura causando deformaciones.

Los cambios en la naturaleza del terreno producto de las excavaciones vecinas también generaron en las columnas grietas y fisuras. Se presentan en las columnas fallas desde micro fisuras hasta desprendimientos parciales en las secciones superiores.

#### Fallas biológicas

La sobrecarga en las columnas generada por los movimientos de tierra del bastión de Reyes luego de producir desprendimientos parciales, dejó a la vista el acero de refuerzo de las mismas, dándole contacto con agentes oxidantes que corroen y degradan el material.

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



FICHA DE TOMA DE DATOS					
		EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO			
AUTORES		EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR	WALBERTO RIVERA
		IRVING ZETIEN SILVA			
Edificio		Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo		Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales		Concreto reforzado		Elemento	Columnas
Condición de Estabilidad		Riesgo Estructural		Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL			AREA ESPECIFICA		
VALORACIÓN VISUAL			FOTOGRAFIA		
Afectación de Daño		Aspecto	X		
Nivel de Recuperación		Conveniente	X		
Grado de Lesión		Moderado	X		
ASPECTO EXTERNO					
HUMEDADES			X		
EFLORESCENCIAS			X		
PERDIDA DE MATERIAL			X		
DESGASTE			X		

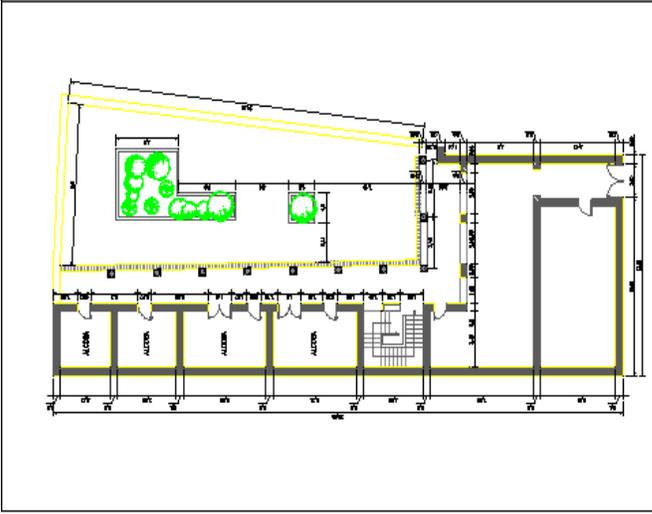
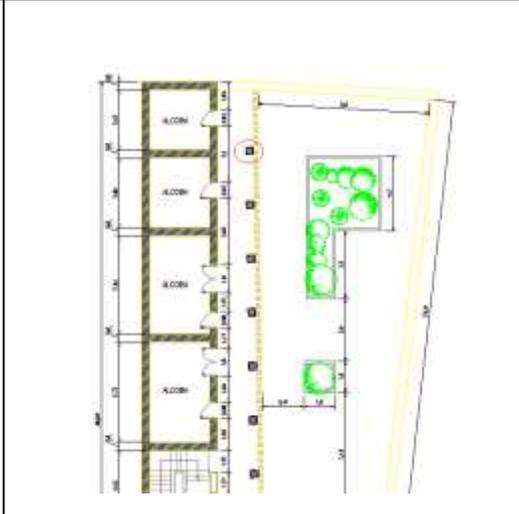
EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



FICHA DE TOMA DE DATOS			
		EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO	
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ	DIRECTOR	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	Columnas
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Aspecto		
Nivel de Recuperación	Conveniente		
Grado de Lesión	Moderado		
ASPECTO EXTERNO			
HUMEDADES		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 <small>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</small>	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO</b>		
<b>AUTORES</b>	EFRAIN VARELA RAMIREZ	<b>DIRECTOR</b>	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>
<b>Materiales</b>	Concreto reforzado	<b>Elemento</b>	Columnas
<b>Condición de Estabilidad</b>	Riesgo Estructural	<b>Fecha</b>	14-11-13
<b>PLANTA GENERAL</b>		<b>AREA ESPECIFICA</b>	
			
<b>VALORACIÓN VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>	
Afectación de Daño	Funcionalidad	X	
Nivel de Recuperación	Necesaria	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
<b>ASPECTO EXTERNO</b>			
MANCHAS		X	
HUMEDADES		X	
EFLORESCENCIAS		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>			
GRIETAS Y FISURAS		X	
			

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 <small>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</small>	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO</b>		
<b>AUTORES</b>	EFRAIN VARELA RAMIREZ	<b>DIRECTOR</b>	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>
<b>Materiales</b>	Concreto reforzado	<b>Elemento</b>	Columnas
<b>Condición de Estabilidad</b>	Riesgo Estructural	<b>Fecha</b>	14-11-13
<b>PLANTA GENERAL</b>		<b>AREA ESPECIFICA</b>	
<b>VALORACIÓN VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
<b>ASPECTO EXTERNO</b>			
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	Columnas
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Necesaria	X	
Grado de Lesión	Moderado	X	
ASPECTO EXTERNO			
HUMEDADES		X	
COLOR Y TEXTURA		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	



#### 7.2.4 VIGAS

Las vigas de la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo son elementos en concreto reforzado con secciones de 25X35 centímetros y longitud máxima entre luces de 5.7 metros. Estas vigas soportan las cargas provenientes de la placa del segundo nivel, que incluye como carga viva todas las habitaciones de la casa cural.



Ilustración 10- Viga demolida que muestra la composición del refuerzo estructural en acero

Al igual que las columnas, las vigas no cumplen con las cuantías mínimas de acero propuestas por la norma sismo resistente colombiana establecida el año 2010. El refuerzo consta de tres varillas lisas de media pulgada (1/2'') en sentido longitudinal de la viga. El concreto aplicado tiene una resistencia a la compresión de 2500 libras por pulgada cuadrada (PSI). (VEASE PRUEBA DE ESCLEROMETRO)

#### Análisis patológico

##### Fallas mecánicas

El movimiento de tierra causado por la adecuación del Bastión de reyes ha generado una redistribución en las cargas que soportan las vigas. Lo cual hace que estas, al no estar en las mejores condiciones estructurales, cedan a las cargas con facilidad produciendo grietas en dirección de las mismas. Estas grietas indican que la viga se encuentra en un grado de



vulnerabilidad estructural alto. Como medida de mitigación de daños las vigas del primer nivel fueron apuntaladas y en el segundo nivel fue desmontada la cubierta.

#### Fallas químicas

Las grietas generadas en las vigas por los movimientos en el terreno dieron paso a desprendimientos parciales de concreto, dejando el acero a la vista y en contacto con el exterior. El contacto directo con el oxígeno causó una reacción química de oxidación en las varillas de 11 milímetros, produciendo corrosión.

#### Fallas físicas

Las vigas expuestas al exterior y sus condiciones climáticas, como lluvias y humedades, presentan fallas patológicas por capilaridad, perdiendo parte del estuco y la pintura con el paso constante del agua.



**Ilustración 11- Vigas apuntaladas por su alto riesgo de fallar estructuralmente**

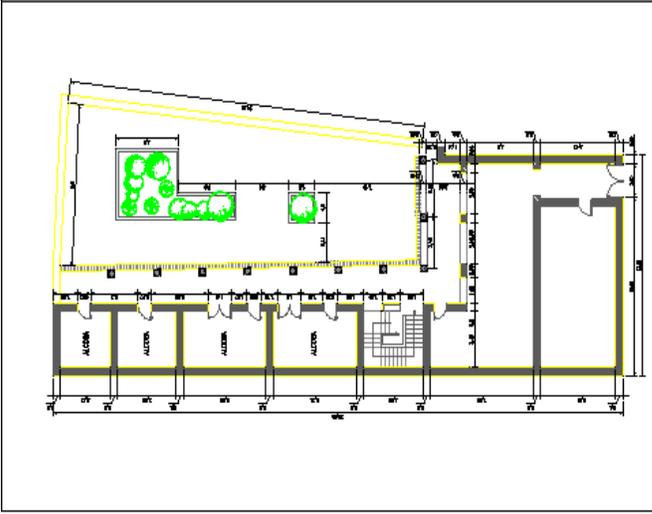
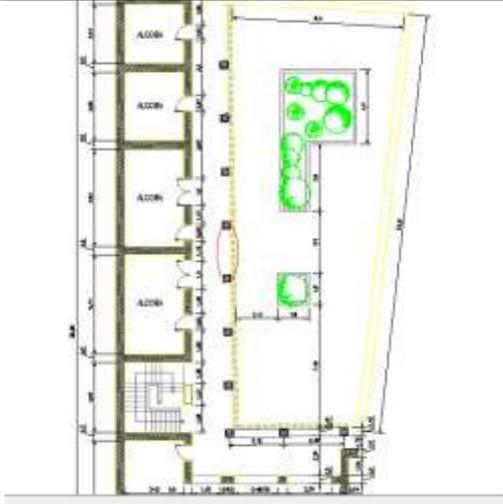
**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 <small>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</small>	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO</b>		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA MARTINEZ
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa Cural Iglesia Santo Toribio	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	VIGAS
Condición de Estabilidad	Riesgo estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIAS	
Afectación de Daño	Seguridad	<b>X</b>	
	Funcionalidad	<b>X</b>	
	Aspecto	<b>X</b>	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	<b>X</b>	
Grado de Lesión	Severo	<b>X</b>	
ASPECTO EXTERNO			
ALTERACIONES SUPERFICIALES		<b>X</b>	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		<b>X</b>	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	Vigas
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
			
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	
			

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS				
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO			
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA	
	IRVING ZETIEN SILVA			
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>	
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	Vigas	
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13	
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA		
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA		
Afectación de Daño	Aspecto	X		
Nivel de Recuperación	Necesaria	X		
Grado de Lesión	Severo	X		
ASPECTO EXTERNO				
MANCHAS				X
HUMEDADES				X
PERDIDA DE MATERIAL				X
COLOR Y TEXTURA				X
DESGASTE				X
ALTERACIONES TRAUMATICAS				
GRIETAS Y FISURAS				X



### 7.2.5 LOSAS

Las losas iniciales de la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo son placas en dos direcciones de concreto reforzado con un espesor de 10 centímetros soportada sobre vigas y con un acero de refuerzo de 11 milímetros distribuidos en ambas direcciones cada 20 centímetros. Estas losas cargan una capa de relleno en arena de 15 centímetros, 5 centímetros de plantilla de concreto simple y piso en baldosa.

Este relleno en arena añade a la placa una carga muerta no contemplada habitualmente en placas, la cual al no poseer un diseño estructural adecuado en cuanto a refuerzos, empieza a ceder con asentamientos una vez se producen los movimientos de tierra en el proyecto Bastión de Reyes.



Ilustración 12- Perfil de losa en la casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo.

### Análisis patológico

#### Fallas físicas

El vapor de agua expulsado por el primer nivel sube por diferencia de presión atravesando la placa de concreto ubicada en el segundo nivel. Esta afectación es conocida como humedad por condensación y es encontrada en la mayoría de las placas de la casa cural.



### Fallas mecánicas

Los movimientos de tierra producidos por el proyecto vecino no solo afectaron las columnas y vigas, las losas que no poseen las cuantías mínimas de acero contemplado en la NSR-10 cedieron ante el cambio de dirección de las cargas y se manifestaron a través de fisuras, grietas y desprendimientos parciales.

### Fallas químicas

El acero de refuerzo expuesto luego de los desprendimientos parciales presentó procesos de corrosión a causa de oxidación.

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	Losas
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
	Funcionalidad	X	
	Aspecto	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS		X	
HUMEDADES		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
	<b>EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO</b>		
<b>AUTORES</b>	EFRAIN VARELA RAMIREZ		<b>DIRECTOR</b> WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>
<b>Materiales</b>	Concreto reforzado	<b>Elemento</b>	Losas
<b>Condición de Estabilidad</b>	Riesgo Estructural	<b>Fecha</b>	14-11-13
<b>PLANTA GENERAL</b>		<b>AREA ESPECIFICA</b>	
<b>VALORACIÓN VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
	Funcionalidad	X	
	Aspecto	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
<b>ASPECTO EXTERNO</b>			
MANCHAS		X	
HUMEDADES		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
DESGASTE		X	
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	



### **7.2.6 MUROS**

La casa cural de santo Toribio de Mogrovejo posee muros de carga y muros arquitectónicos. Estos se diferencian básicamente por el tipo de carga que asumen y su espesor. Los muros de carga se encuentran ubicados a la entrada de la casa cural, con espesores que varían entre los 50 y 60 centímetros. Los muros arquitectónicos son muros en ladrillo de aproximadamente 12 centímetros de espesor.



**Ilustración 13- Espesor de Muros Arquitectónicos**

### **Análisis patológico**

#### **Fallas físicas**

Los muros de casa cural presentan problemas de humedad por capilaridad principalmente debido al contacto directo que tienen algunos con condiciones climáticas. Los muros del segundo nivel especialmente han perdido en su gran mayoría las capas de estuco y pintura.

#### **Fallas mecánicas**

Los muros divisorios son básicamente los elementos que primero fallan a los movimientos en las estructuras. El movimiento generado por la construcción del hotel genero asentamientos en algunas columnas, lo cual produjo en los muros grietas de más de 3 cm de espesor a unos 45°.



### Fallas biológicas

Los elementos de madera como las viguetas no son los únicos afectados por los isópteros, encontramos en algunos de los muros, senderos trazados por el paso de isópteros que aunque de manera paulatina generan un desgaste en los materiales que conforman los muros.

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ	DIRECTOR	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Mampostería, ladrillo	Elemento	Muros
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
ASPECTO EXTERNO			
HUMEDADES		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Mampostería, ladrillo	Elemento	Muros
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
ASPECTO EXTERNO			
PERDIDA DE MATERIAL		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
<p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ	DIRECTOR	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Mamostería, ladrillo	Elemento	Muros
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE			
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
<b>AUTORES</b>	EFRAIN VARELA RAMIREZ	<b>DIRECTOR</b>	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>
<b>Materiales</b>	Mampostería, ladrillo	<b>Elemento</b>	Muros
<b>Condición de Estabilidad</b>	Riesgo Estructural	<b>Fecha</b>	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
	Aspecto	X	
Nivel de Recuperación	Conveniente	X	
Grado de Lesión	Moderado	X	
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS		X	
HUMEDADES		X	
EFLORESCENCIAS		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 <small>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</small>	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Mampostería, ladrillo	Elemento	Muros
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Aspecto	X	
Nivel de Recuperación	Conveniente	X	
Grado de Lesión	Moderado	X	
ASPECTO EXTERNO			
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			



### **7.2.7 ESCALERAS**

Las escaleras de la casa cural de santo Toribio de Mogrovejo fueron una de las estructuras más afectadas por los movimientos de tierra vecinos. Conformada por 16 escalones de 18 centímetros y una descanso de 2,5 metros de largo, la escalera esta compuesta de concreto reforzado y baldosas de 20 X 20.

#### **Fallas mecánicas:**

Los asentamientos provocados por los movimientos de tierra de la adecuación del bastión de reyes produjo un cambio de dirección en las cargas sobre las vigas inclinadas de la escalera, convirtiendo a este elemento en uno de los mas afectados estructuralmente.

#### **Fallas biológicas**

Las secciones mas húmedas de las paredes aledañas a la escalera fueron afectadas por isópteros que degradan los materiales de manera paulatina

#### **Fallas físicas**

El constante contacto con la humedad interna de la estructura fue degradando la composición de las capas de pintura y estuco en la escalera, dando paso a desprendimientos parciales.

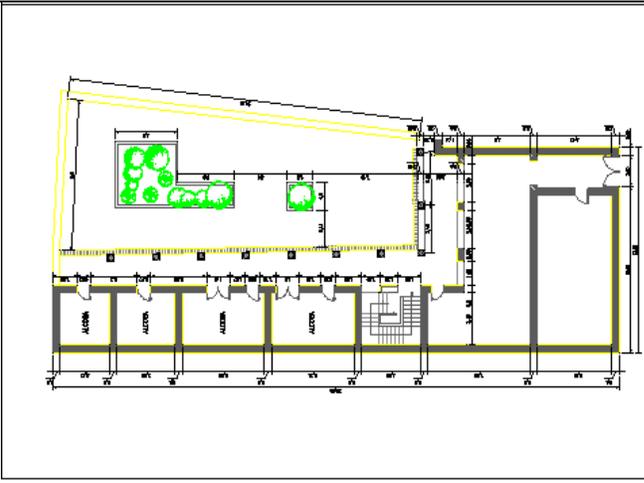
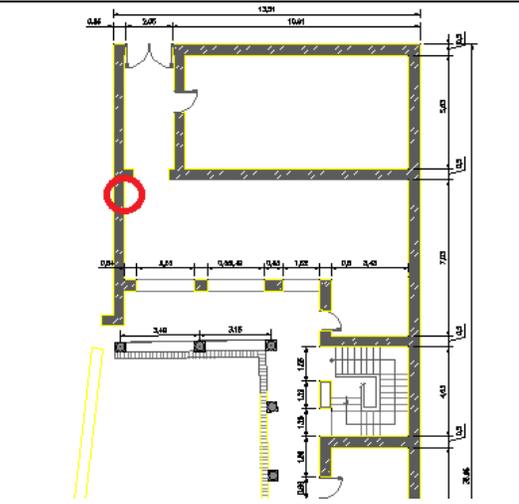
**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ		DIRECTOR WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	Escaleras
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
ASPECTO EXTERNO			
HUMEDADES		X	
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
<b>AUTORES</b>	EFRAIN VARELA RAMIREZ	<b>DIRECTOR</b>	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
<b>Edificio</b>	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Área</b>	783.43 m <sup>2</sup>
<b>Materiales</b>	Concreto reforzado	<b>Elemento</b>	Escaleras
<b>Condición de Estabilidad</b>	Riesgo Estructural	<b>Fecha</b>	14-11-13
<b>PLANTA GENERAL</b>		<b>AREA ESPECIFICA</b>	
			
<b>VALORACIÓN VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
<b>ASPECTO EXTERNO</b>			
HUMEDADES		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA			
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	
			

**EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**



FICHA DE TOMA DE DATOS			
 Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL	EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO		
AUTORES	EFRAIN VARELA RAMIREZ	DIRECTOR	WALBERTO RIVERA
	IRVING ZETIEN SILVA		
Edificio	Casa cural de Santo Toribio de Mogrovejo	Área	783.43 m <sup>2</sup>
Materiales	Concreto reforzado	Elemento	Escaleras
Condición de Estabilidad	Riesgo Estructural	Fecha	14-11-13
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACIÓN VISUAL		FOTOGRAFIA	
Afectación de Daño	Seguridad	X	
Nivel de Recuperación	Imprescindible	X	
Grado de Lesión	Severo	X	
ASPECTO EXTERNO			
HUMEDADES		X	
PERDIDA DE MATERIAL		X	
COLOR Y TEXTURA			
ALTERACIONES SUPERFICIALES		X	
DESGASTE		X	
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS		X	
ASENTAMIENTOS		X	



### 7.3 PRUEBA DE ESCLEROMETRO EN CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



Ilustración 14 Columna C1. Preparación de superficie para prueba de martillo de rebote

C1		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
190	260	280	248
220	280	260	

C2		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
220	280	260	261
290	238	280	

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



C3		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
210	220	220	190
165	165	165	

C4		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
165	180	120	166
220	158	158	

C5		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
110	110	110	110
110	110	110	

C6		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
515	600	400	530
600	550	515	

C7		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
180	260	310	274
238	320	340	

C8		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
110	110	180	250
420	420	260	

C9		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
220	340	220	238
250	238	165	

C10		Kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
250	340	320	279
238	280	250	



**Tabla 7 Resultado de prueba de esclerometro en columnas**

La resistencia a la compresión del concreto de las columnas en promedio arroja un valor de 3600 psi, lo cual indica que estos elementos se pueden conservar en la estructura de la casa. Las columnas que presentaron menor resistencia según esta prueba fueron la C3, C4 y C5 que son las que se encuentran en la zona de la escalera, una de las zonas mas afectadas por los movimientos.

Algunas características relevantes en este ensayo fueron las siguientes:

**Tabla 8 Características de los elementos estudiados**

Características de los elementos estructurales. Columnas	
Textura superficial del concreto	Lisa, en ocasiones con rugosa por humedad
Medida, forma y rigidez del elemento constructivo	Longitud=5.4m, Circular, Elemento de concreto reforzado
Edad del concreto	100 años
Condiciones de humedad interna	Considerable
Tipo de agregado	Grueso y fino
Tipo de cemento	Portland
Acabado	Estuco y pintura



Ilustración 15 Prueba de martillo de rebote durante demolición de 44 m2 de placa

C1				
158	220	158	238	194

C2				
210	158	250	180	200

C3				
165	158	515	260	275

C4				
----	--	--	--	--



165	158	515	34	218
-----	-----	-----	----	-----

C5				
320	250	340	31	235

C6				
238	180	210	220	212

C7				
350	165	210	210	234

C8				
320	360	180	238	275

C9				
260	190	30	180	165

C10				
238	190	210	238	219

223
-----

Ilustración 16 Prueba de martillo de rebote en columnas de pasillo de segundo nivel

En este caso los resultados de la prueba de martillo de rebote arrojaron una resistencia a compresión promedio de 3100 psi. La resistencia de estos elementos a pesar de sus edades es buena y pueden ser rescatados si la estructura es rehabilitada.



**Ilustración 17** Columna de segundo nivel. Descascaramiento de material, sin embargo la lectura de esclerometro fue de 3900 psi en la parte inferior del elemento



## 7.4 DEMOLICION DE LA PLACA EN LA CASA CURAL DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

La casa cural de santo Toribio de Mogrovejo está compuesta por un sistema de columnas, vigas y losas. Una de las placas ubicadas cerca de la entrada de la casa cural fue demolida entre los días 05 de noviembre y 10 de noviembre de 2013 ya que se encontraba en un estado de vulnerabilidad estructural. Cabe resaltar que esta placa presentó deformaciones de más de 3 cm en el centro de la luz cuando se demolieron los muros no estructurales que se encontraban debajo de la misma. Como medida preventiva se decidió demoler la placa (Aproximadamente 50 m<sup>2</sup>).

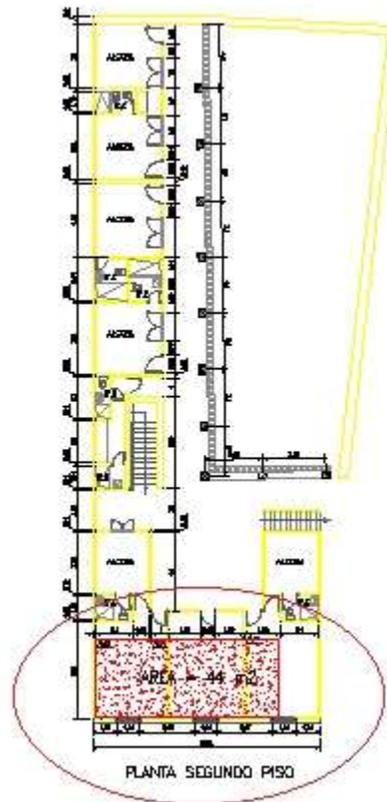


Ilustración 18 Área de placa demolida. Habitación de sacerdote y seminaristas. Fuente: El autor

La placa fue construida bajo el sistema republicano de construcción, siguiendo la siguiente constitución: Varillas de 11 milímetros (1/2 pulgada) ubicadas cada 20 centímetros, una



capa de concreto de 10 cm de borde a borde, 15 cm de relleno, 5 cm de plantilla y baldosas de 20 x 20 centímetros. Esto constituye una carga muerta muy alta si lo comparamos con los parámetros actuales.



Ilustración 19 Estructura de placa antigua. Fuente: El autor

Básicamente la placa fue demolida por dos razones. La primera es la remodelación del sitio donde estaba ubicada la placa para la futura adecuación a locales comerciales. La segunda y más importante fue el alto riesgo estructural en el que se encontró el elemento. Todo esto producido por los movimientos de tierra ejecutados por la construcción vecina, el nuevo hotel “Bastión de Reyes”.

La demolición consistió en el siguiente proceso:

- Cerramiento:

El lugar fue completamente aislado por cintas para evitar el tránsito de personas por los sitios donde la demolición pudiese alcanzarlos.

- Tarima de protección:



A una distancia aproximada de 1 (un) metro por debajo de la placa fue armada una tarima de protección con el fin de evitar el impacto de los escombros hasta la parte inferior. Esta plataforma está constituida por un sistema de gatos que sostienen unidades de madera de 40 x 60 cms. La tarima se utilizó además para brindar una plataforma de apoyo donde los obreros pudieran mantenerse en pie mientras derribaban el elemento estructural.



**Ilustración 20 Tarima de demolición y personal cortando aceros de refuerzo de la placa antigua**

Demolición desde foco central:

Con la ayuda de un cincel y un martillo tipo Mona se realizó una perforación desde el centro de la placa con un diámetro aproximado de 60 cm. Todo esto con el fin de generar un derrumbe controlado evitando un desplome total del elemento en sus apoyos.

- Demolición total de la placa:



Una vez perforada la placa se ejecutó la fase de demolición total con la utilización de martillos tipo mona y tipo macho. Controladamente se fue expandiendo la perforación hasta terminar con los restos de placa trabados en las vigas.



**Ilustración 21 Muro de mampostería de 0.50 m que servirá de soporte a la nueva placa de 0.15m**

Este muro se modeló con la ayuda del software estructural Etabs 9.7.3 para estudiar los esfuerzos a los que están sometidos los elementos estructurales de acuerdo al Reglamento Sismo Resistente NSR 10, y determinar si el muro de mampostería antigua mostrado en la imagen anterior resistiría las nuevas cargas de servicio (Muerta=180 Kg/m<sup>2</sup>, Viva=200Kg/m<sup>2</sup>)

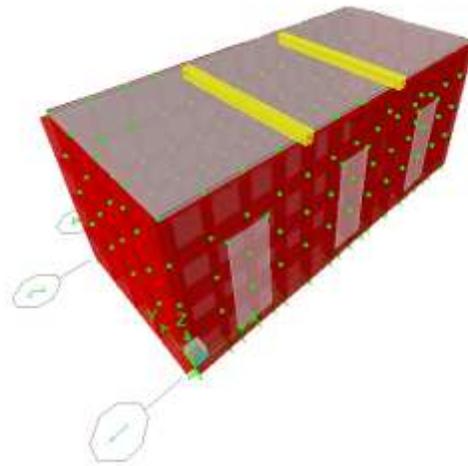


Ilustración 22 Modelo Tridimensional Etabs 9.7.3

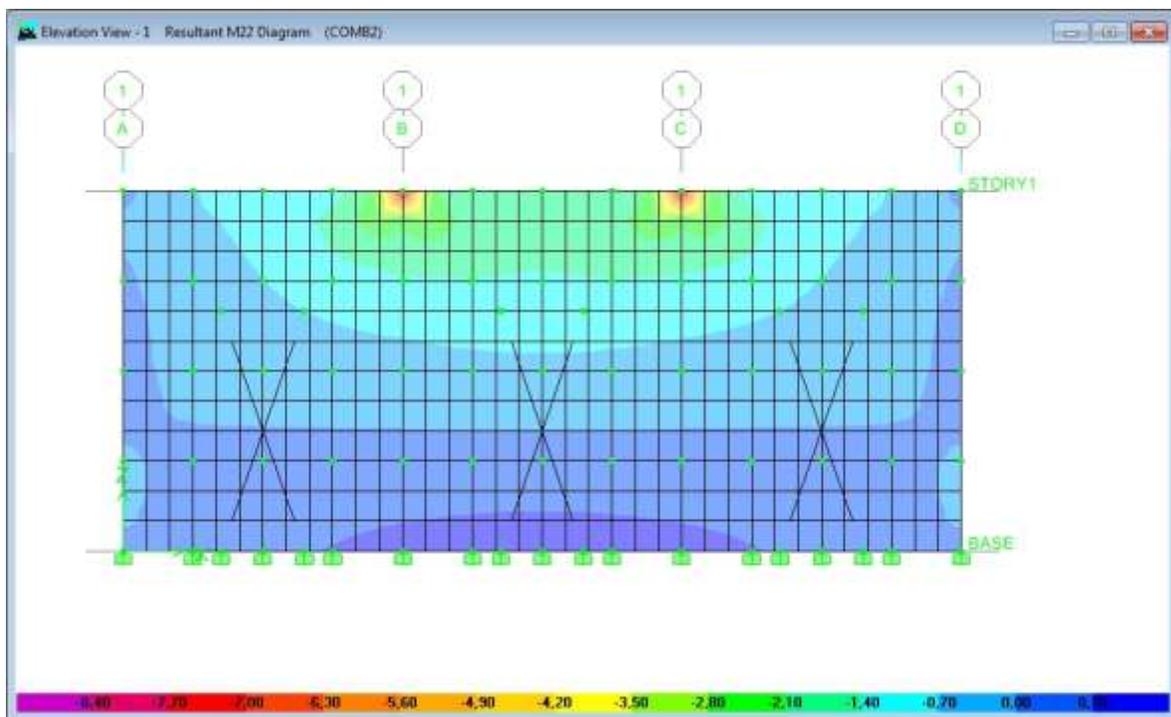


Ilustración 23 Diagrama de momentos de muro de mampostería



## 7.5 ANALISIS DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA DE LA CASA CURAL DE LA IGLESIA DE SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

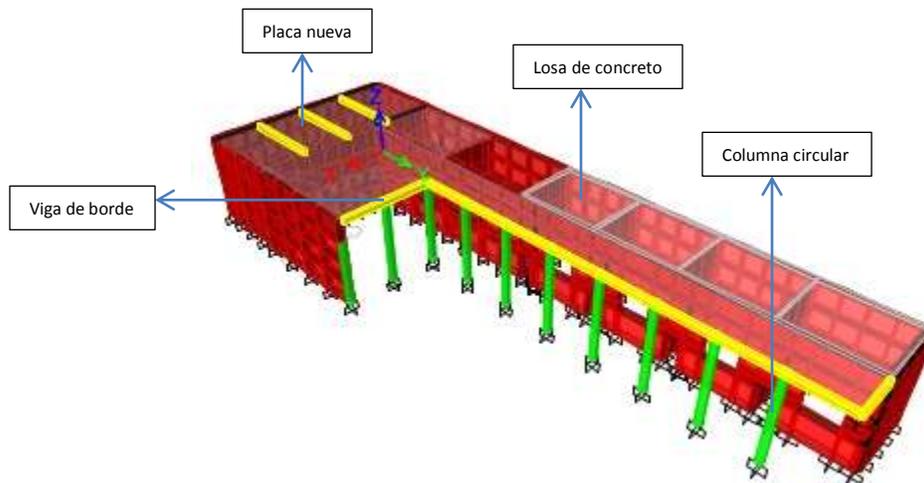


Ilustración 24 Modelo 3D, Etabs 2013

Previamente de realizar el análisis dinámico se lleva a cabo el análisis estático por medio de las fuerzas horizontales equivalentes, esto como referencia para establecer el valor real del cortante basal para cada dirección de la estructura. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

CORTANTE X	
Aa	0,1
Av	0,1
Fa	1,6
Fv	2,4
Sa	0,4
V basal	18.84

CORTANTEY	
Aa	0,1
Av	0,1
Fa	1,6
Fv	2,4
Sa	0,4
V basal	210.56

Valores del cortante basal por el análisis estático

Lo siguiente fue chequear la participación de masa, la cual debe ser superior al 90%. Para tal fin se consideraron 12 modos de vibración en la modelación de la casa de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos de Bolívar, cuyos valores se muestran a continuación:



Mode	Period	SumUX	SumUY
1	0.108056	26.8414	0.0005
2	0.096621	48.889	0.2147
3	0.081663	63.1737	0.7016
4	0.071883	65.1265	14.9898
5	0.069597	67.5601	15.0845
6	0.068447	67.7772	42.2396
7	0.067348	68.2496	52.8459
8	0.062325	68.9592	52.9628
9	0.061839	71.6933	56.1628
10	0.057237	72.8145	56.8313
11	0.056525	75.2652	59.6769
12	0.055266	91.2331	90.0526

Participación de la masa para cada modo de vibración.

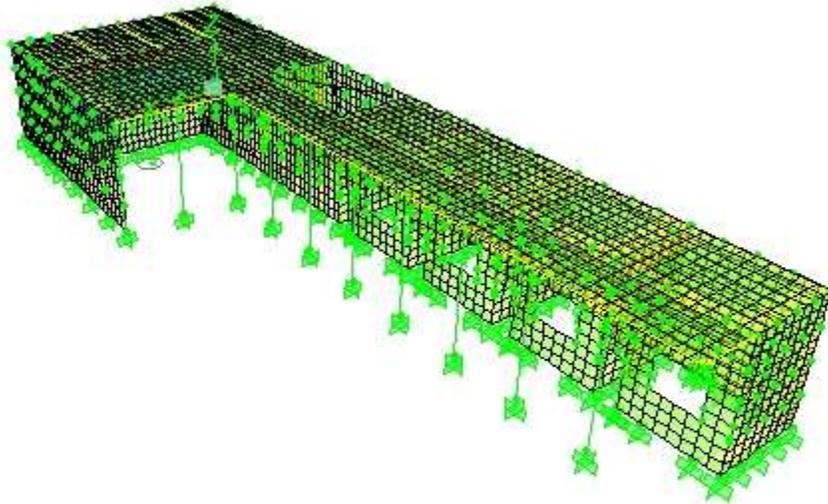


Ilustración 25 Diagrama de momentos general de la estructura bajo esfuerzos de compresión.



Los valores de los esfuerzos de compresión, tracción y cortante obtenidos del análisis del modelo se exponen a continuación en unidades de Ton/m<sup>2</sup>:

El análisis realizado se basó en las cargas gravitacionales y sísmicas según la NSR 10. A continuación se exponen los máximos esfuerzos a tensión y a compresión del muro de 0.60m de la fachada, el cual va servir como apoyo de una nueva losa de 0.15m en el rehabilitación, sobre el cual se van a apoyar 3 vigas de 0.25x0.35m. Claramente los diagramas de las figuras 26 y 27 tomadas del programa estructural Etabs 9.7.3 muestran las zonas críticas y que deben ser reforzadas.

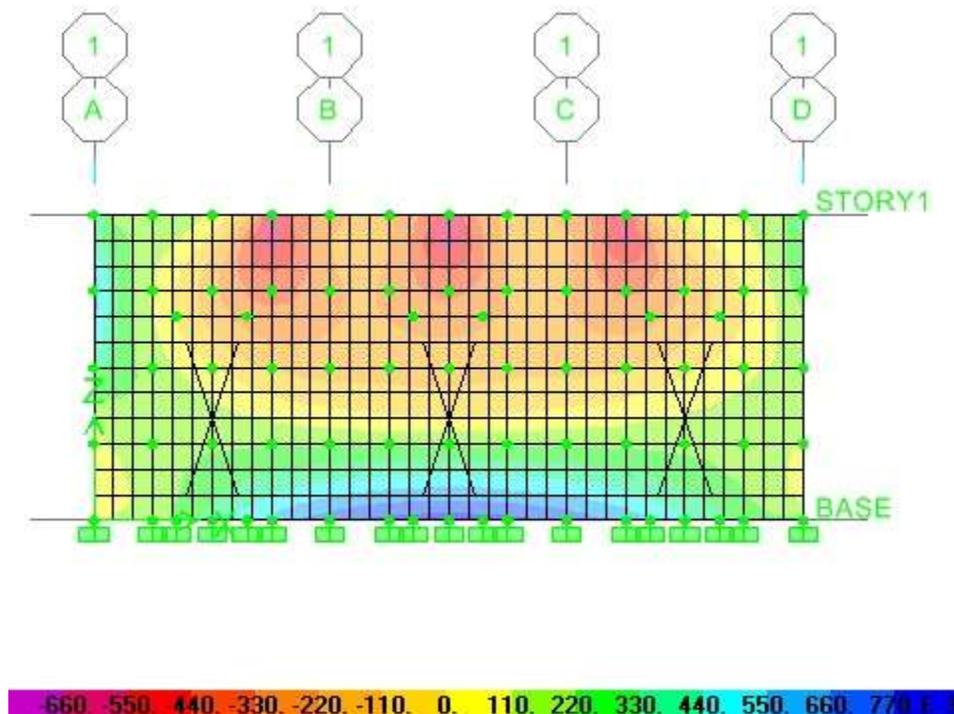


Ilustración 26 Esfuerzos de tracción en algunos arcos de la estructura.

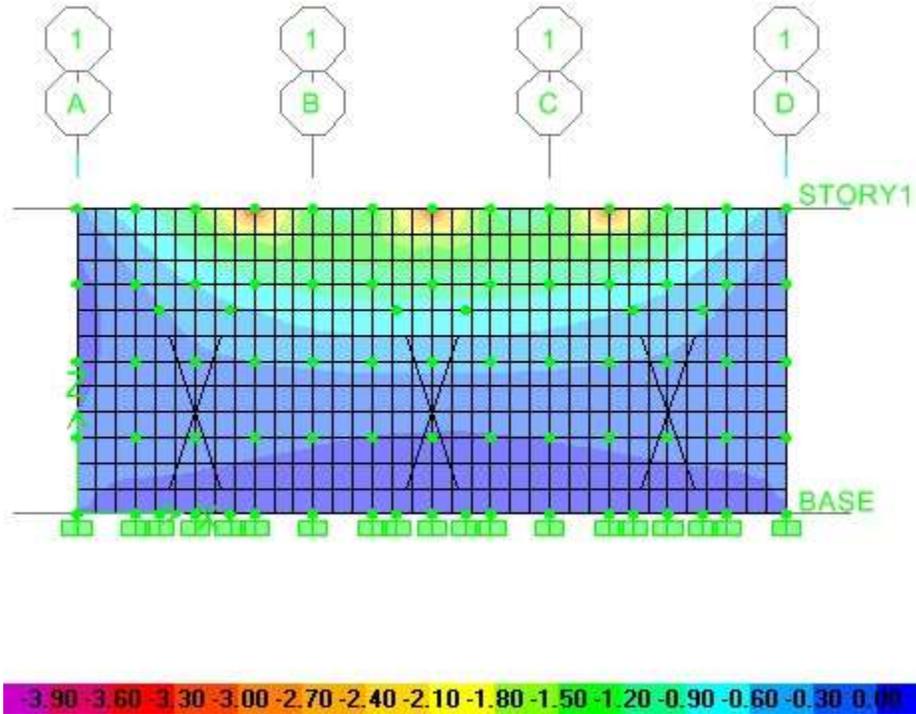


Ilustración 27 Esfuerzos de compresión en algunos arcos de la estructura.

En este caso se debe reforzar la zona del muro donde se apoyan las vigas, debido a que en esa zona se presentan los mayores esfuerzos tanto en tensión como en compresión. Se recomienda reforzar por lo menos 1 m<sup>2</sup> de muro en esa zona, para evitar agrietamientos y fallas en esa zona.

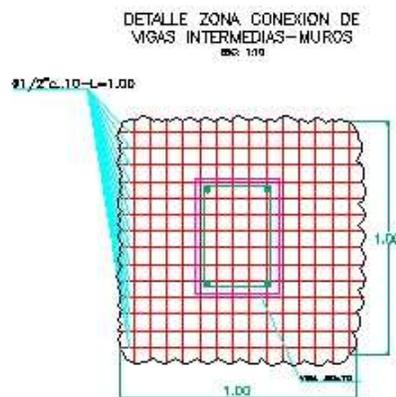


Ilustración 28 Recomendaciones de refuerzo en muros, zona de vigas

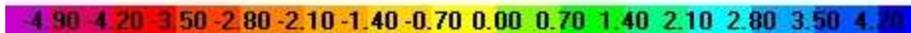
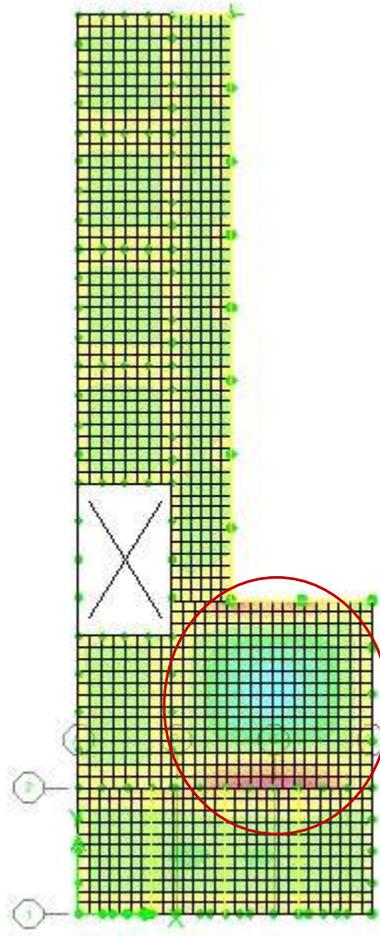


Ilustración 29 Diagrama de momentos de losa de 0.15 m de la casa cural

La ilustración 28 muestra los esfuerzos a los que quedo sometido la losa después de retirar muros de mampostería no estructurales que se encontraban debajo de ella. Esta placa debe se demolida de manera urgente, además es una zona de donde se esperan cargas vivas de 0.5 Ton/m<sup>2</sup> según la NSR 10 ya que se trata de una corredor.

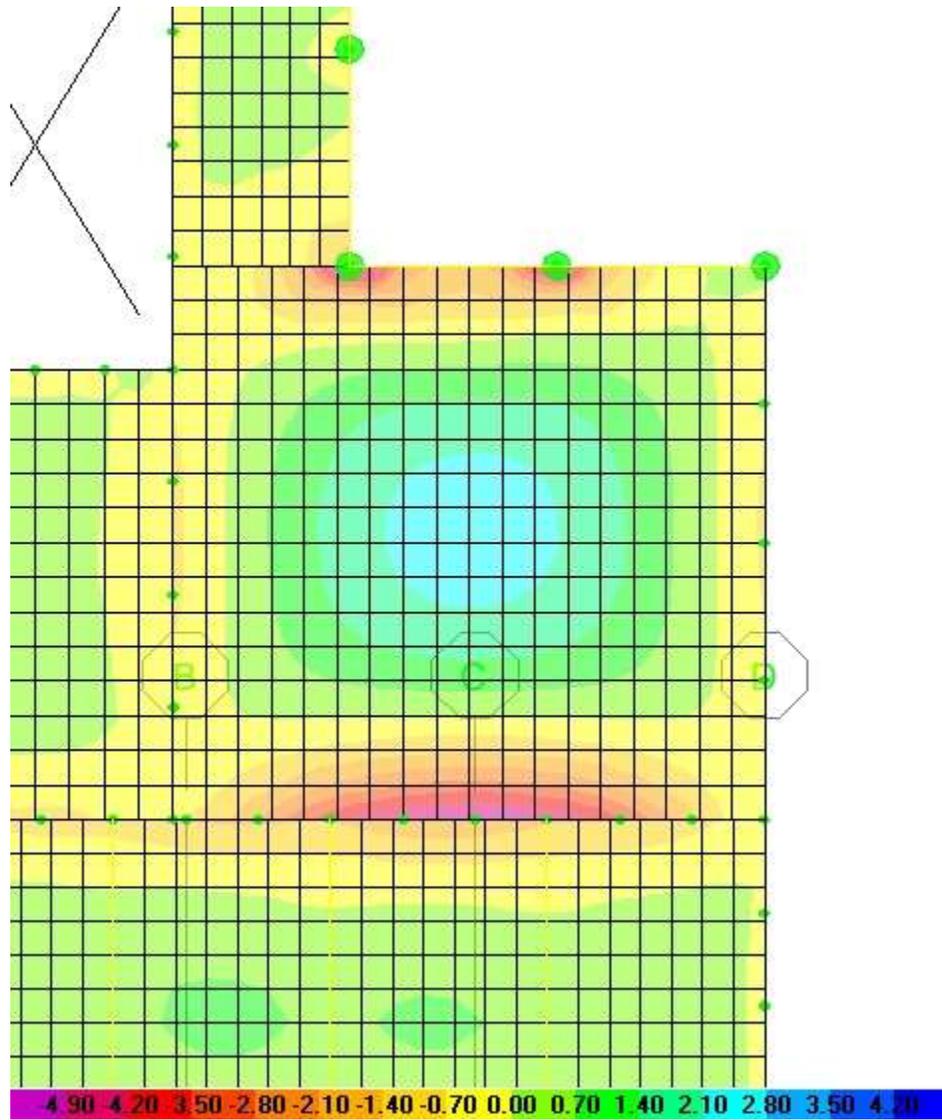


Ilustración 30 Zona crítica de la losa en cuanto a momentos positivos



## 1. ANEXOS



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.14</b></p>	<p>Mezanine de Madera. Grietas en muro exterior que colinda con Bastion de Reyes.</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>05/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.15</b></p>	<p>Formaleta para piso de oficinas en Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo.</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>10/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.16</b></p>	<p>Formaleta para piso de oficinas en Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo. Estructuras en arco tipo colonial</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>05/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.17</b></p>	<p>Listones de mader para viguetas de piso en madera para oficinas. El proceso de restauración de la iglesia dio inicio..</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>05/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.18</b></p>	<p>Cubierta en madera, propias de las casa coloniales a dos aguas.</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>10/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.19</b></p>	<p>Liston de madera original, presenta ataque de isopteros y humedad del ambiente .</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>10/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.20</b></p>	<p>El procedimiento de construcción y los materiales respetaran los originales y las estructuras se desarrollan de la misma forma. Tip de madera: Ceiba.</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>10/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.21</b></p>	<p>Ataque de Isopteros en madera de viguetas de piso</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>10/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.22</b></p>	<p>Cubierta de la Iglesia de Santo Toribio. Esta estructura sera reemplazada en su totalidad, los trabajos seran realizados por la misma constructora responsable de la demolicion de la casa cural y construccion de la nueva vivienda.</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>05/10/2013</b></p>		



<p><b>Recuento Fotográfico de Patologías No.23</b></p>	<p>Mezanine de Madera para los coros. Toda esta madera presenta diversos tipos de patologia, y cambios con la instalacion del sistema de aire acondicionado. (BUSTAMANTE, 2012)</p>	 <p>Facultad de Ingeniería PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p>
<p><b>Efraín Antonio Varela Ramírez</b> <b>Irving David Zetien Silva</b></p>	<p><i>“Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Casa Cural de Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo”.</i></p>	
<p><b>Fecha:</b> <b>05/10/2013</b></p>		



## 2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación ha logrado identificar los daños que presentan los elementos estructurales, alertar sobre los elementos que debían ser demolidos y en general evaluar las condiciones actuales a nivel estructural de la Casa Cural de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo. Es necesario realizar un proceso de rehabilitación urgente de la estructura, de hecho se registro la demolición de las losas de las habitaciones del párroco y desmonte de cubierta en la zona del pasillo del segundo piso.

El estudio consiste en 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.

La no inclusión de datos por exploración directa, mediante ensayos destructivos, extracción de núcleos y toma de muestras en general, podría modificar las recomendaciones técnicas expuestas en este documento. Los ensayos no destructivos que se incluyeron dentro del estudio, como la prueba de martillo de rebote tiene un margen de error de un 15% aproximadamente según la literatura actual.

Este trabajo de grado incluyó un estudio de respuesta de la estructura ante cargas de servicio según la NSR 10, lo cual amplía y mejora el diagnóstico de la evaluación patológica, esto permite tomar mejores decisiones a la hora de iniciar un proceso de rehabilitación. La investigación que se llevo a cabo no es del todo una evaluación patológica profunda y tampoco corresponde a un estudio de vulnerabilidad sísmica severo, pero maneja los conceptos y objetivos de ambos, con la ventaja de que es mucho más rápida y económica. Este formato puede ser implementado donde se requieran estudios preliminares.



Una vez llevada a cabo la metodología de la investigación, se encontraron algunos resultados inesperados como la alta resistencia que registraron las columnas circulares de la casa, pues aunque no cumplen con los parámetros mínimos actualmente exigidos, el concreto arrojó resistencias a la compresión 3500 psi aproximadamente. Siendo la zona mas afectada, el área de la escalera al segundo nivel. Que estos elementos dieran buenas resistencias, y que los procesos de deterioro se hayan evidenciado luego de que comenzara la construcción de la Adecuación del Bastión de Reyes, es prueba de que esto se convierte en el principal factor detonante de las fallas. Es posible que los movimientos de que se realizaron durante la cimentación de esta obra se generaran asentamientos que afectaron la cimentación de la casa.

Otra de las sorpresas fue que cuando se demolió un muro no estructural que se encontraba debajo de la habitación del sacerdote, la placa presento un deflexión muy alta, y se ordeno la demolición de la misma. Todas las losas deben ser demolidas, al igual que cierto número de muros. Pero elementos como las columnas circulares, y los muros con dimensiones superiores a 0.50 m deben ser aprovechados en la nueva estructura de la casa.

Actualmente la estructura esta siendo intervenida con el fin de construir una vivienda nueva, ya que estudios realizados paralelo a esta investigación concluyeron que había que demoler toda la estructura. En el desarrollo del documento se mostraron los avances de estas obras y el punto de vista de los investigadores de este trabajo.



### 3. BILIOGRAFIA

- ARES, N. (2009). *El enigma del hombre de Keops*. Madrid: Fnac.
- BUCHNER, G. (2012). La eflorescencia en el hormigón. *Base de datos en línea* .
- BUSTAMANTE, G. (2012). *Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- CARPIO, C. (2008). Rescate de edificios dañados por sismos . *Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño*. Mexico .
- CASTILLO, J. (1999). *Estudio químico-biológico de los principales agentes deteriorantes de algunos de los materiales antiguos de construcción*. Cartagena de Indias : Arquidiócesis de Cartagena.
- COLETTI, R., & MARIÑELARENA, P. (2010). *Patologías en edificios históricos. Caso de estudio : Edificio Radio Provincia de Buenos Aires*. La Plata: LINTA-CIC.
- EL UNIVERSAL . (27 de Marzo de 2012). IPCC verifica estado de inmuebles con valor patrimonial. *EL UNIVERSAL*, pág. 1.
- ESPAÑA, J., & ALMANZA, E. (2009). Resistencia estructural empírica de la mampostería estructural en Cartagena de Indias. *Revista Educación en Ingeniería* , 142-154.
- HUERTAS, S. (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. España : Instituto Juan de Herrera.
- MUÑOZ, H. (2001). Evaluación y diagnóstico patológico de estructuras en concreto. *Seminario de Asocreto* . Bogotá: Asocreto .
- SANCHEZ, D. (2011). *Durabilidad y Patología del Concreto*. Bogotá: Asocreto.
- TEJADA, P. (1997). Patología y Rehabilitación de Edificios . *Patología y Rehabilitación de Edificios* . Santiago de Cuba : Union Nacional de Arquitectos e Ingenieros de Cuba .
- USECHE, L. A. (1993). *Estudio de morteros y pañetes antiguos para la conservación de monumentos históricos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- VILLANUEVA, L., LASHERAS, F., GARCIA, S., RODRIGUEZ, P., SANZ, D., & BUSTAMANTE, R. (2008). *Estructura y patología de las iglesias de los siglos XVI al XVIII en Guadalajara*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMMITTEE 201. ACI 201.1R-92. Guide for  
Making a Condition Survey of Concrete in Service, ACI, Farmington Hills. MI,  
USA, 1992

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2010).

*Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente, NSR-10.* Bogotá,  
Capítulo A.13, pág. A-125.

CALAVERA, J. *Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado, Tomo I,*  
Instituto Técnico de Materiales y Construcciones-Intemac, Madrid, España, 1996