

Artículos

Metodología para evaluación de daños en edificios patrimoniales por afectación sísmica

Methodology for assessing damages in heritage buildings due to seismic damage

Tamez, Gundel y Aguilar, Erasmo
(gundel.tamez@gmail.com / ark.joe07@gmail.com)

Abstract

León is one of the departments of Nicaragua with greater importance and that counts on many patrimoniales values of the nation. Following the seismic events of 2014, the CNU called on the universities (UNI, UNAN, UCA) to assess the damage of several of these assets, which resulted in teams of specialists and students.

Evaluating the historical documentation, the field recognition for the development of the diagnosis, and using the technique of semaphorization (3 levels of damage), it was possible to show in a short time the buildings most deteriorated due to the earthquakes and to build the updated files, with Real estate planimetry information.

Keywords

CNU, Religious heritage, heritage conservation, earthquakes, León Department, Seismic swarm

Resumen

León es uno de los departamentos de Nicaragua con mayor importancia y que cuenta con muchos valores patrimoniales de la nación. A raíz de los eventos sísmicos del 2014, el CNU convocó a las universidades (UNI, UNAN, UCA) a evaluar el daño de varios de estos bienes, por lo cual se conformaron equipos de trabajos con especialistas y estudiantes.

Evaluando la documentación histórica, el reconocimiento en campo para el desarrollo del diagnóstico, y utilizando la técnica de semaforización (3 niveles de daños), se logró evidenciar en corto tiempo los edificios más deteriorados a causa de los sismos y construir los expedientes actualizados, con información de Planimetría de los bienes inmuebles.

Palabras Claves

CNU, Patrimonio religioso, conservación del patrimonio, sismos, Departamento de León, Enjambre sísmico

Marco de Referencia

1. Ubicación y características principales

El departamento de León se encuentra ubicado en la región del Pacífico de Nicaragua. Con una extensión aproximada de 5,138.03 km² se subdivide en diez municipios: Achuapa, El Jicaral, El Sauce, La Paz Centro, Larreynaga, León, Nagarote, Quezalguaque, Santa Rosa del Peñón y Telica (ver Figura 1).

El departamento de León es un importante centro agrícola y comercial del país, formó parte de la red de poblados de uno de los primeros sitios de desarrollo durante la dominación colonial. En la colonia se fundó la ciudad de León, que al fungir como un punto de expansión y desarrollo estratégico, condicionó la creación de otros poblados en torno a su ubicación.



Figura 1: División municipal departamento de León

La ciudad de León se caracterizó por haber sido la sede intelectual de la nación con una universidad fundada en 1813, además de cumplir funciones de capital de país.

La ciudad alberga uno de los centros históricos de alto valor patrimonial de Nicaragua y dentro de su conjunto destaca la catedral de León o Basílica Catedral de la Asunción de León, declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el 2011. Asimismo, hay más de 9 edificaciones religiosas distribuidas en su entorno en las que se realizan actividades religiosas de forma permanente.

2. Características sísmicas locales

El área del Pacífico de Nicaragua es considerada como la región de mayor actividad sísmica en todo el territorio nicaragüense.

Históricamente el departamento de León ha sufrido actividad sísmica de importancia en la totalidad del territorio, que se ve afectado por sismicidad provocada por varias fuentes: la de origen volcánico, causada por los volcanes Telica, Cerro Negro y El Hoyo, así como la generada por el reajuste natural de las placas tectónicas, ya que se encuentra en el límite costero (al oeste) a más o menos 100 kilómetros de los bordes de subducción y pliegues intraplacas (placas tectónicas Cocos y Caribe)

2.1 Eventos sísmicos de Abril 2014

En el mes de abril del 2014 ocurrió un enjambre sísmico localizado en el departamento de León. El sismo más fuerte registrado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) fue el terremoto de 6.2 grados en la escala de Richter, que tuvo más de 350 réplicas.

De acuerdo a los datos oficiales, el municipio de Nagarote fue uno de los más afectados por los sismos ya que se resultaron más de 900 casas dañadas sin contar el deterioro sufrido por otro tipo de infraestructura. Otros municipios que sufrieron daños de consideración fueron La Paz Centro, la ciudad de León, Quezalguaque, Mateare y la capital Managua.

2.2 Proceso de revisión urgente de los bienes Inmuebles religiosos de valor patrimonial.

Posterior a estos eventos sísmicos, el Consejo Nacional de Universidades (CNU) convocó a las universidades adscritas para conformar diversos equipos de evaluación de emergencia para el departamento de León e incluyó, por primera vez, una valoración especial a los bienes inmuebles religiosos de las ciudades afectadas. El trabajo de evaluación debía ser realizado con urgencia para brindar al gobierno un instrumento de toma de decisión e intervención a los edificios con mayor nivel de deterioro.

El trabajo de evaluación de bienes religiosos estuvo a cargo de especialistas, arquitectos e ingenieros docentes y estudiantes de las siguientes universidades:

1. Universidad Nacional de Ingeniería - UNI La Facultad de Arquitectura - FARQ.
2. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - UNAN Managua.
3. Universidad Centroamericana - UCA.

El equipo estuvo especialmente asesorado por los especialistas en patrimonio de la UNI - FARQ, Arq. Hermógenes García, Arq. Gundel Tamez y Arq. Uriel Cardoza. Como especialista en el tema de riesgos a desastres estuvo el Arq. Erasmo Aguilar, también de la UNI - FARQ, y coordinado desde el CNU por el ingeniero Armando Ugarte.

Se organizaron siete equipos interuniversitarios de evaluación y cada grupo realizó la documentación y levantamiento de daños en cada edificación, así como el análisis y presentación de informe final por el equipo de especialistas en un plazo total de 10 días, desarrollados entre el 27 de abril y el 6 de mayo del 2014.

Desarrollo

3. Desarrollo de una Metodología de Trabajo para revisión y diagnóstico urgente de bienes Patrimoniales.

Luego de las primeras reuniones organizativas se establecieron lineamientos y prioridades, acorde a la realidad de los equipos de trabajo y las especificaciones de las edificaciones previamente pre-evaluadas (ver figura 2).

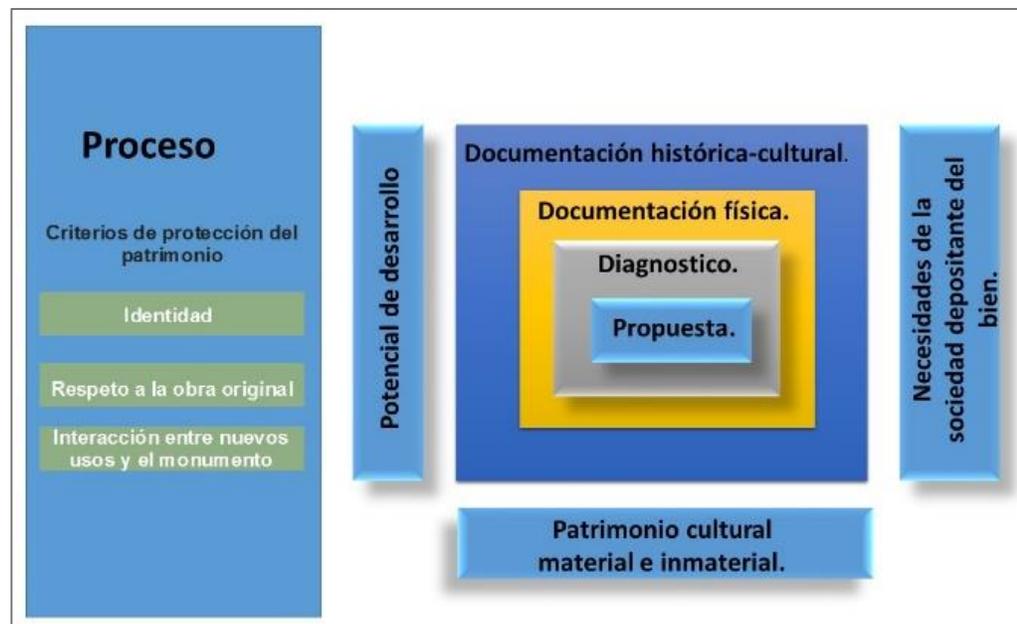


Figura 2: Organización de proceso y prioridades de intervención

Como parte del trabajo integral se acordó que los especialistas formaran parte de los equipos de investigación y trabajo de campo, para determinar, de manera paralela a la

documentación, la formulación de las hipótesis sobre las causas de los daños y el estado de conservación general de cada bien inmueble.

Se estableció una metodología organizada en dos etapas que, sin dejar de seguir los procedimientos de valoración del patrimonio, permitió integrar una variante sobre el nivel de alerta de daños que se traduce en la gestión de riesgo integrando una herramienta metodológica denominada semaforización. La semaforización establece la clasificación de daños según el riesgo de uso y conservación: de rojo como máximo riesgo pasando por el naranja como medio y amarillo como daños de tipo estéticos (ver figura 3).

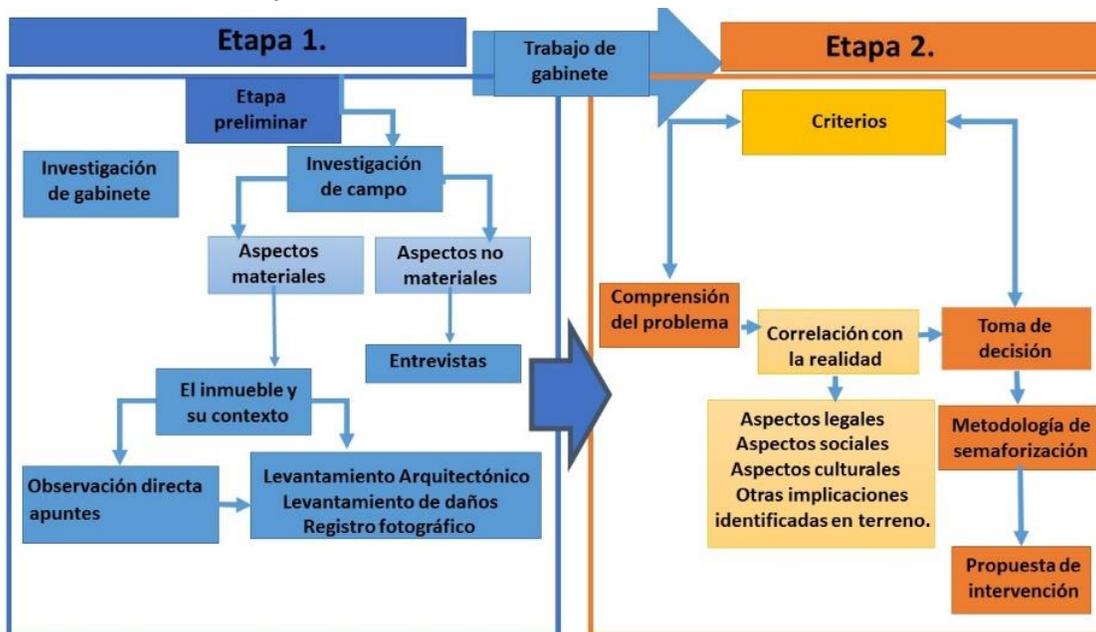
El proceso previo de identificación estableció como prioridad 7 edificaciones religiosas que requerían evaluación, 3 de ellas en los municipios del departamento de León con mayor afectación por los sismos: Nagarote, Telica y Quezalguaque, y 4 edificaciones religiosas ubicadas dentro del centro histórico de la ciudad de León.



Figura 3: Semaforización

Para la Etapa 1 destacan las actividades de investigación de gabinete y la investigación de campo, que contempla el levantamiento arquitectónico y fotográfico. Al finalizar esta etapa se obtuvo una reconstrucción histórica del bien inmueble, pudiendo identificar claramente las afectaciones directas causadas por los sismos y otros datos de alteraciones o intervenciones realizadas en el bien inmueble que generan deterioros ajenos a los mismos.

Un valor agregado en esta etapa fue el desarrollo en un periodo promedio de tres días de la información planimétrica que incluía los planos de sistemas constructivos y materiales, planos arquitectónicos de planta, elevaciones, cortes y estructura de cada inmueble, ya que en su mayoría estos inmuebles no contaban con esta documentación.



De esta manera la actualización y documentación de daños resultaron más acertadas y apegadas a la realidad del edificio (ver figura 5).

Figura 4: Diagrama desarrollo etapas de investigación

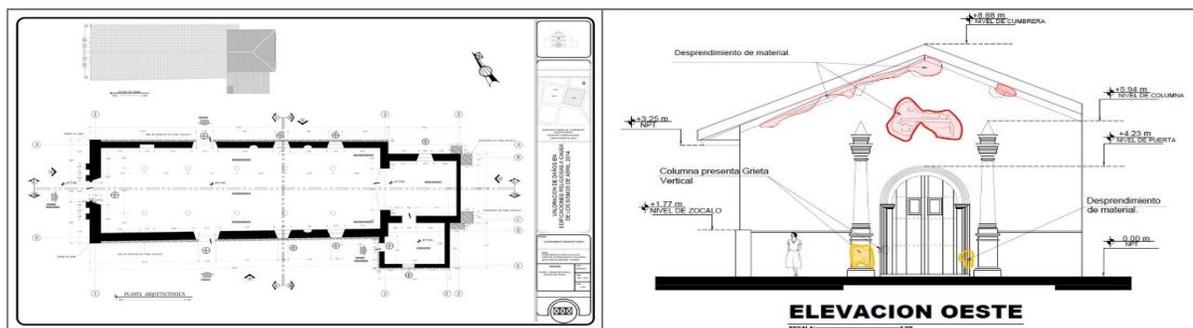


Figura 5: Levantamiento de datos de edificios

La Etapa 2 inició con la comprensión del problema de cada bien inmueble, la caracterización de la situación actual para cada edificio. Posteriormente y utilizando la Semaforización y las normas y criterios de intervención, tanto local como internacional, se procedió a la toma de decisiones y al establecimiento de propuestas de prioridades (ver Anexos; Tabla Síntesis Evaluación de Daños).

Resultados

El estudio de evaluación se realizó en los plazos preestablecidos en un total de 10 días desarrollados en el período del 27 de abril al 6 de mayo 2014, y se presentó ante el Consejo Superior de Universidades la evaluación de las siguientes edificaciones:

1. Santiago Apóstol, municipio de Nagarote.
2. Santuario Virgen de los Remedios, municipio de Quezalaguaque.
3. San Juan de Dios, ciudad de León.
4. Santiago Apóstol, municipio de Telica.
5. San Juan Bautista, ciudad de León.
6. La Merced, ciudad de León.
7. El Calvario, ciudad de León.

Como resultados generales obtenidos con este trabajo se encuentran la construcción de los expedientes con información de Planimetría, actualizando en los que se evidencian intervenciones no documentadas y el efecto que estas generan, el estado de conservación de las edificaciones, indicando las zonas afectadas tanto por causa de los sismos u otros causas del deterioro provocados por procesos biológicos o procesos humanos los daños.

La clasificación con el método de semaforización en tres niveles de daños: rojo como la máxima alerta que requiere ser atendida

a lo inmediato, naranja como daño que puede poner en riesgo a corto plazo el bien patrimonial, y amarilla que requiere ser atendida pero no pone en riesgo al bien.

Se documentó la ubicación exacta del daño, la descripción de la causa y se concluyó con las medidas que se sugieren tomar según el caso, llevando a determinar medidas inmediatas y medidas de conservación, dejando evidencia de procedimientos gráficos a seguir para cada caso particular.

Los resultados específicos obtenidos determinaron que tres edificaciones de las siete en estudio requerían ser intervenidas con urgencia por el nivel de daños y el riesgo que implicaba su no intervención inmediata.

Debe referenciarse en primera instancia dentro de los hallazgos la situación encontrada en la Iglesia Santiago Apóstol, del Municipio de Nagarote, que se encontraba en un proceso de sustitución de piezas de la estructura de techo madera al momento del sismo, lo que provocó que parte del sistema estructural estuviera deshabilitado y causó más daños en el techo y afectaciones en las paredes laterales, en las que se presentaron fracturas de grave consideración y pérdidas de aplanados.

Dentro de las recomendaciones inmediatas para ambas situaciones se indicó:

Para la estructura de techos: apuntalamiento de techumbre en puntos afectados, fachadas unión de pared lateral norte y fachada unión de pared lateral sur para liberar muro y recuperar pendiente.

- Desentejar y cubrir a lo inmediato de manera provisional con lámina sin modificar entramado original para evitar humedades internas en muros de adobe ante el invierno.

- Para las paredes laterales como medidas inmediatas: apuntalamiento de muros en puertas de acceso lateral debido a fracturas.
- Apuntalamiento en esquina superior de muros laterales en punto de unión con muro de fachada.
- Impermeabilización provisional ante el invierno con plástico para garantizar la integridad de muros con adobes expuestos.
- Posterior al invierno, la reconstrucción de muros de adobe y la rehabilitación del sistema de manera integral.

generaron problemas estructurales mayores sobre paredes y columnas.

Se recomendó para la techumbre medida inmediata.

- Desentejar y cubrir a lo inmediato de manera provisional con lámina en puntos afectados sin modificar entramado original para evitar humedades internas en muros de adobe ante el invierno.



Figura 6: Propuesta de Prioridades

En segundo lugar de riesgo se encontró el Santuario de la Virgen de los Remedios en el municipio de Quezalguaque, y la Iglesia San Juan de Dios, en la ciudad de León.

En el caso del Santuario de la Virgen de los Remedios en el municipio de Quezalguaque el problema del sismo evidenció la mala práctica en cuanto a procesos de intervención en bienes patrimoniales que al modificar su configuración original, en este caso pendientes de techo, se

Nave central medidas inmediatas;

- Apuntalamiento de techumbre en torno a las 10 columnas para liberar peso sobre columnas y recuperar pendiente de techo.

Fachada medidas inmediatas;

- Apuntalamiento de muros por desplome de fachada en esquina superior de muro.

Para la Iglesia San Juan de Dios la situación del sismo solamente evidenció un problema provocado por la intervención inadecuada en la techumbre que había deshabilitado el sistema estructural con la eliminación de vigas tensoras y vigas en la cabeza de muros, generando un movimiento diferenciado de los sistemas estructurales y provocando efectos de empuje y desplome en las fachadas.

Techumbre medidas inmediatas;

- Apuntalamiento de techumbre en puntos afectados para liberar muro y recuperar pendiente.

Fachada principal medidas inmediatas;

- Impermeabilización provisional ante el invierno con plástico para garantizar la integridad de muros con zonas con adobes expuestos.

El resto de la edificaciones analizadas también evidenciaron afectaciones que se vincularon con la falta de mantenimiento y alteraciones a las estructuras originales, sustitución de materiales e incompatibilidad con los sistemas originales (ver Anexos; Tabla Criterios de Intervención).

Conclusiones

1. Nicaragua cuenta con una gran riqueza patrimonial que es inherente a la vida cotidiana de los pobladores de las localidades en donde se encuentran. Al mismo tiempo, las condiciones de riesgo por la amenaza sísmica también son innatas de muchos de los territorios en que se encuentran las obras patrimoniales y por esta razón es vital considerar el factor riesgo como una variable más para los procesos de gestión y conservación del patrimonio.
2. Incluir en la investigación el tema de la Gestión de riesgo sobre el Patrimonio Cultural construido dio una pauta acerca de la importancia y la necesidad de desarrollar los estudios simultáneos y colaborativos para la obtención de resultados y propuestas más reales y eficientes.
3. El trabajo de análisis específico nos permitió confirmar que los deterioros identificados y verificados son producto de problemáticas existentes vinculadas a la falta de mantenimiento o a las malas intervenciones realizadas inadecuadamente por falta de conocimiento sobre el manejo de los sistemas tradicionales. Esto nos permite demostrar que el efecto de los sismos simplemente evidenció la

problemática ya presente en cada uno de los casos de estudio.

4. Estos estudios permitieron tener una documentación teórica y gráfica actualizada del estado de conservación y deterioros actuales de cada inmueble. Además permitieron asegurar la necesidad de desarrollar los planes de manejo y gestión de los bienes con la finalidad de garantizar el mantenimiento adecuado de nuestro patrimonio cultural.
5. El trabajo interuniversitario generó resultados relevantes para la nación y contribuyó a la toma de decisiones. La efectividad del voluntariado en este proceso urgente en aras del diagnóstico del patrimonio nacional fue de relevancia, a pesar de ser la primera experiencia de esa índole.
6. El desarrollo de esta metodología de trabajo con énfasis en la conservación del patrimonio ante desastres en el ejercicio práctico fue exitoso para definir la situación del inmueble e identificar el nivel de afectación por los sismos.

Bibliografías y Referencias

1. Terremoto de 6.2 grados en Nicaragua (2014)- Extraído de <http://www.hoy.com.ni/2014/04/11/alerta-roja-por-terremoto-de-6-2-en-nicaragua/>
2. Ortega, Ariel (2009) - LA IGLESIA SAN JUAN DE DIOS (León) - Extraído de <http://secviccentarticulo.blogspot.com/2009/09/la-iglesia-san-juan-de-dios-leon.html>
3. Lozano, Gerónimo. (1995) Curso Técnicas de Intervención en el Patrimonio Arquitectónico. Gijón, España. Mercantil asturiana.
4. Florentin, Mercedes. (2009). Patologías Constructivas en los Edificios:

- Prevencciones y Soluciones. Paraguay. FADA UNA.
5. Montoya, Darío. (2000). Apuntalamiento de Elementos Estructurales y no Estructurales. Protección de la Edificación. Bolivia. SENA.
 6. UNESCO. (2006) Convención del Patrimonio Mundial 1972. Francia. UNESCO.
 7. Instituto Nicaragüense de Cultura. (2010). Catálogo de Bienes Religiosos Declarados Patrimonio Cultural de la Nación. Nicaragua.
 8. Ley General de Nicaragua. Ley de protección sobre el Patrimonio cultural de la Nación, Decretos 1142, 1237.
 9. Instituto Nicaragüense de Cultura. (2013). Catálogo de Bienes Culturales Inmuebles del Departamento de León. Nicaragua. INC.
 10. Instituto Nicaragüense de Cultura. (2006). Catálogo de Bienes Culturales Y Acciones Para su Mantenimiento. Nicaragua. Dirección de Patrimonio.
 11. Yescas. Abraham. (2003). Medidas de Mantenimiento de las Construcciones Tradicionales. Tesis UNI. FARQ.

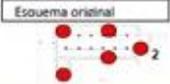
Anexos Equipos de Trabajo

No.	Edificación	Responsable levantamiento	Equipo	Institución	Responsable metodológico de levantamiento de equipos en terreno.	Equipo análisis de información
01	Santiago Apóstol de Nagarote	Arq. Ana Belén Torres	Arq. Roberto Espinoza López	UNAN		
02	Santuario Virgen de los Remedios, Quezalguaque	Br. Laura Segovia	Br. Horacio Antonio García Chavarría Br. Jean Carlos Sánchez Fajardo	UNI/UNAN		
03	San Juan de Dios	Msc. Arq. Erasmo Aguilar	Br. Yanina Ramírez Br. Carlos Incer	UNI/UCA		
04	Santiago Apóstol de Telica	Br. Sigrid Vivek Castilla Jarquin	Br. Bryan Medina	UNI/UNAN		
05	San Juan Bautista	Arq. Alberto Solórzano Saravia	Br. Noemí Auxiliadora Balmaceda Putoy Br. César Augusto Cisneros López	UCA/UNAN	Arq. Tamez	Arq. Cardoza Arq. Tamez Arq. García
06	La Merced	Msc. Ing. Jimmy Vanegas	Br. Bryan Torres Br. Guillermo Gallo	UCA		
No.	Edificación	Responsable levantamiento	Equipo	Institución	Responsable metodológico de levantamiento de equipos en terreno.	Equipo análisis de información
07	El Calvario	Msc. Arq. Marythel Garache, Msc. Arq. Erasmo Aguilar, Msc. Ing Jimmy Vanegas	Br. Greta González Br. Diana Gutiérrez Br. Yanina Ramírez Br. Carlos Incer Br. Bryan Torres Br. Guillermo Gallo	UNAN/UNI/ UCA		
08	Colegio Seminario San Ramón Tridentino	Msc. Arq. Marythel Garache, Msc. Arq. Erasmo Aguilar, Msc. Ing Jimmy Vanegas Arq. Alberto Solórzano Saravia Ing. Nubia Gonzalez	Br. Greta González Br. Diana Gutiérrez Br. Yanina Ramírez Br. Carlos Incer Br. Bryan Torres Br. Guillermo Gallo Br. Noemí Auxiliadora Balmaceda Putoy Br. César Augusto Cisneros López	UNAN/UNI/ UCA	Arq. Tamez	Arq. Cardoza Arq. Tamez Arq. García

Tabla 1: Síntesis Evaluación de Daños



Tabla síntesis evaluación de daños.
Iglesia Santiago Apóstol, Nagarote.



Nivel de daños	Ubicación	Descripción	Fotografía	Medidas
	Fachadas laterales.	Fracturas de muros en puertas de acceso lateral y paredes con desplomes de Z´.		MEDIDAS INMEDIATAS. Apuntalamiento. Medidas de protección impermeabilización provisional con plástico para garantizar la integridad de muros ante el invierno. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN. Liberación de adobes afectados y elaboración de nuevos adobes para la restitución de la función de muro con su capacidad de carga. Liberación de aplanados cementantes y recolocación de revoco. MEDIDAS INMEDIATAS. Apuntalamiento de torre campanario. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN. Resane de fractura.
	Fachada principal.	Fractura en campanarios en la fachada principal		
	Estructura de techos.	Desplazamiento y pérdida de tejas en el 60% de la techumbre.	 	MEDIDAS INMEDIATAS. Apuntalamiento para ayudar a muros. Plan de estejamientos parciales para evitar humedades internas en muros de adobes que no cuenta con el diseño contra humedad. Medidas de protección impermeabilización provisional con plástico para garantizar la integridad de muros ante el invierno. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN. Medidas correctivas y preventivas según evaluación detallada del maderamen según evaluación de piezas.






Nivel de daños	Ubicación	Descripción	Fotografía	Medidas
	PARED	Desprendimiento parciales de aplanados por incompatibilidad de componentes cementantes con muro de adobe en el interior y exterior de muros.		Liberación de aplanados cementantes y recolocación de revoco. Liberación y control de humedades en muros de adobe. (recomienda solución asfáltica RC-250)



Tabla 2: Criterios de Intervención

No.	Edificación	Componentes/Daños	Niveles de Afectación	Acciones
01	Santiago Apóstol , Nagarote 1170mt2	Paramentos	<ul style="list-style-type: none"> Desprendimiento y fractura de muros laterales. Desprendimiento de revocos. 	Protección contra la intemperie de los paramentos afectados mientras pasa el invierno. Liberación de repellos Liberación y fabricación de adobes fallados. Realizar entejados parciales
		Techumbre	<ul style="list-style-type: none"> Deslizamiento de entejados Humedad por filtración 	Apuntalamiento permanente de techumbre y paramentos laterales en torno a los accesos.
02	Santuario Virgen de los Remedios, Quezalaguaque 1000mt2	Paramentos	<ul style="list-style-type: none"> Desplome de paramento frontal por posible desconexión de materiales y sistemas constructivos. Humedad generalizada en paramentos. 	Evaluación detallada del paramento frontal para definir problemática a controlar.
		Techumbre	<ul style="list-style-type: none"> Desplome de cielo falso y falla de estructura de techumbre. Columnas nave central fisuradas 	Limpieza general escreta animal. Apuntalamiento general y corrección de alfajilla de el frontis hasta diez metros adentro. Desmontaje del falso coro.
03	San Juan de Dios 820 mt2	Paramentos	Desprendimientos de revocos menores. Humedad en paramento este.	Apuntalar el frontis y el paramento este.
		Techumbre	Falta de elementos estructurales en la techumbre, específicamente en el frontis.	Completar la viga de carga sobre el muro frontal.
04	Santiago Apóstol de Telica	Paramentos	Desprendimientos de revoco en general por incompatibilidad de materiales. Humedad y moho generalizada.	Proteger paramentos afectados mientras pasa el invierno.
		Techumbre	Revisar estado de conservación de elementos aislados de la estructura de techo.	
05	San Juan Bautista	Paramentos	Fisuras por incompatibilidad de aplanados en el paramento este. Fisura diagonal en unión de nave central con pared este. Grieta interna en la pared norte de la torre campanario.	Monitorear y evaluar comportamiento de fisuras para definir intervención futura.
		Techumbre	Revisar posibles piezas faltantes en la estructura de techo en el lado norte del frontis.	Proteger sectores críticos afectados por filtraciones.
06	La Merced 12000 mt2	Paramentos	Fisuras en paredes norte y este del segundo cuerpo de la torre campanario posiblemente por incompatibilidad de materiales.	Monitorear y evaluar comportamiento de fisuras para definir intervención futura.
		Techumbre	Filtraciones y acumulación de humedades en bóveda de capillas por condensación y aplicación de materiales incompatibles.	Liberar cubierta de bóvedas de material incompatible. Aumentar diámetro de tubería de evacuación. Impermeabilizar bóveda.
07	El Calvario	Paramentos	Fisuras horizontal y vertical en el frontis del paramento principal.	Apuntalamiento inmediato del frontis. Evaluación detallada de problemática identificada para definir intervención.
		Techumbre	Revisar estado de conservación de elementos aislados de la estructura de techo.	Mantenimiento en general.
08	Colegio Seminario San Ramón Tridentino 3600mt2	Paramentos	Problemas estructurales por incompatibilidad de materiales y sistemas constructivos en el sector este. Sistema constructivo expuesto por ausencia de paramentos.	Desentejar sector afectado. Evaluar en detalle sector afectado para definir intervención particular.
		Techumbre	Revisar estado de conservación de elementos aislados de la estructura de techo.	Mantenimiento en general.