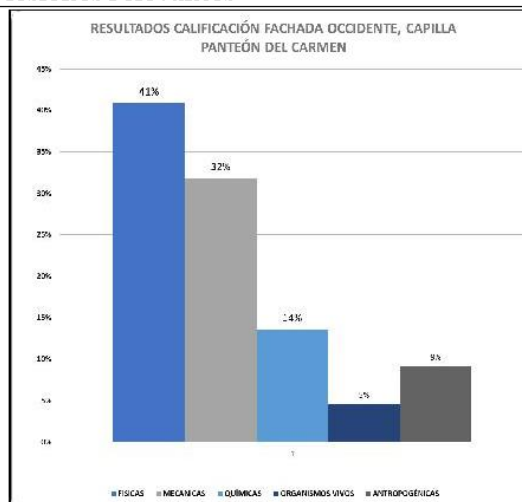


**Tabla 6.** Lesiones más relevantes costado Occidente**Fachada Occidente****Descripción de lesiones relevantes**

En el análisis de la fachada occidental, se destaca una variedad de lesiones que inciden significativamente en su estado general. Las lesiones físicas, que constituyen el 41% del total, abarcan una gama de procesos como ensuciamiento, erosión y desprendimiento de piezas, siendo las más notables las piezas fracturadas. Las lesiones mecánicas, representadas en un 32%, se manifiestan con desgaste y roturas, especialmente en elementos estructurales como puertas y ventanas. Además, se identifican lesiones químicas, con un 14% de representación, evidenciando posibles signos de oxidación en aceros expuestos en elementos estructurales.



Fuente: Propia (Arellano et al.)

## 12. Marco referencial

### 12.1. Teórico

La CC fue diseñada por el arquitecto Alfred Giles y construida en 1901 en Monterrey, Nuevo León, México. A lo largo de sus 122 años de historia, ha sido un centro importante de actividad religiosa y cultural en la región. Su arquitectura representa un ejemplo notable del estilo ecléctico del período, destacándose por elementos decorativos y estructurales que reflejan la influencia de la época. Después de más de un siglo de uso continuo, la CC presenta diversas lesiones y deterioros estructurales. Estos incluyen grietas en muros y bóvedas, problemas de humedad, y posibles desplomes que afectan su integridad física y estética.

México, país de profunda tradición católica, alberga varios templos con una historia que se remonta a más de 500 años. como lo es la capilla de la inmaculada concepción, del siglo XVII, la cual como la CC, ha enfrentado problemas significativos de conservación que llevaron al cierre del templo en 2010. Después de años de deterioro estructural, incluyendo grietas severas y hundimientos debido a factores como la extracción de agua y la expansión urbana, se inició un proceso de restauración integral. Amador, J. (2013). Salvan Capilla del Siglo XVII y reescriben historia de Coyoacán. Proceso. <https://www.proceso.com.mx/cultura/2013/5/2/salvan-capilla-del-siglo-xvii-reescriben-historia-de-coyoacan-117789.html>.

Aunque ambas capillas enfrentan desafíos similares en términos de conservación patológica, cada una presenta particularidades únicas en cuanto a su contexto histórico, arquitectónico y cultural. Ambas son ejemplos de patrimonio arquitectónico mexicano que requieren intervenciones especializadas para su preservación.

## **12.2. Legal**

Con base en el reglamento de la ley federal, sobre monumentos y zonas arqueológicas, artísticos e históricos DOF 05-01-1993, en el artículo 1, el INAH es el único competente en organizar o autorizar al o los interesados para la preservación y cuidado de los monumentos que están dentro del catálogo de inmuebles protegidos.

El artículo 13, refiere que posterior a que se considera parte del catálogo de inmuebles protegidos el dueño o concesionario debe conservarlos correctamente y en su caso debe proceder a su restauración previo al permiso y bajo la dirección del INAH, en caso de no realizarse la concesión será revocada por el INAH cuando no se cumpla lo dispuesto a su conservación.

Por tal motivo es importante su restauración, la madera de mezquite es parte de la región la cual puede restaurar las ventanas de forma correcta y de la misma forma las bajadas pluviales las cuales ya cuentan con desprendimiento importantes se pueden reparar con la técnica original y de materiales.

Con respecto al sillar de Cantera de 8 Pulgadas, de espesor se está localizando en la zona de SLP que se encuentre cantera similar para su restauración.

## **12.3. Geográfico**

La Capilla del Panteón del Carmen se encuentra ubicada en el distrito Obispado de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México. Este distrito, históricamente significativo, se caracteriza por su arquitectura colonial y su importancia cultural y religiosa. La capilla está específicamente localizada a aproximadamente 80 m de la entrada principal del panteón, un espacio funerario que ocupa un área considerable entre las calles Washington, José Silvestre Aramberri, Nicolás Bravo y Patricio Milmo.

Las coordenadas geográficas de la Capilla del Panteón del Carmen son 25°40'17" de

latitud norte y  $100^{\circ}18'31''$  de longitud oeste, marcando su posición precisa en el mapa de la ciudad. Esta ubicación no solo la sitúa en el corazón de Monterrey, sino que también la integra en un entorno urbano dinámico y en constante evolución.

El área total donde se encuentra la capilla abarca aproximadamente  $120.277,357 \text{ m}^2$ , lo cual incluye no solo el propio edificio religioso, sino también los espacios adyacentes que forman parte del panteón y su entorno inmediato.

El distrito Obispado, donde se enmarca la Capilla del Panteón del Carmen, es conocido por su rica historia y su significado cultural dentro de Monterrey. Además de la capilla y el panteón, el área alberga otros edificios históricos, instituciones educativas y espacios públicos que contribuyen a su identidad única en la ciudad.

### **13. Componente experimental**

Dentro del componente de ensayos iniciales, se realizó un ensayo de carbonatación en los elementos con concreto expuesto y se llevó a cabo un seguimiento de las fisuras presentes en el paciente por parte de los responsables del estudio. Así mismo, se contrató a la empresa FLIR quien realizó la validación termográfica de la capilla como parte de los ensayos no destructivos.

Posteriormente, para la realización de ensayos tanto destructivos como no destructivos, se contrató a la empresa DIPSUM INGENIERÍA DIFERENTE. Antes de llevar a cabo los ensayos, se realizó una inspección al paciente para definir los ensayos necesarios. Entre los ensayos destructivos propuestos se incluyeron: extracción de núcleos, determinación de resistencia a la compresión, densidad, absorción y carbonatación. Los ensayos no destructivos abarcaron: esclerometría y escaneo con GPR para la configuración del acero de refuerzo.

### 13.1. Ensayos destructivos

A continuación, se detallan los ensayos destructivos realizados por la empresa DIPSUM Ingeniería Diferente, relacionando la normatividad aplicable a la ubicación del paciente.

**Tabla 7.** Normas aplicables ensayos destructivos

Norma	Nombre
ASTM C 39	Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto
ASTM C873	Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de hormigón moldeados en el lugar en moldes cilíndricos
ASTM C900	Método de prueba estándar para la resistencia a la extracción del hormigón endurecido
NMX-C-083-ONNCCE-2014	Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes – Método de Ensayo
NMX-C-169-ONNCCE-2009	Industria de la Construcción – Concreto – Extracción de Especímenes Cilíndricos o Prismáticos de Concreto Hidráulico Endurecido

Fuente: Informe de ensayos. Fuente: DIPSUM Ingeniería diferente, 2024.

#### 13.1.1. Extracción de núcleos

De acuerdo con la norma mexicana NMX-C-169-ONNCCE-2009, la extracción de muestras de concreto endurecido debe realizarse solo después de que el concreto haya alcanzado la edad especificada. Las muestras deben ser tomadas de áreas del concreto que no presenten daños ni alteraciones, y cualquier muestra que contenga acero de refuerzo o materiales similares debe ser descartada, así mismo, el número de especímenes a extraer se determina según el propósito del análisis, en este caso, evaluar la resistencia de estructuras antiguas. Los especímenes cilíndricos deben extraerse perpendiculares a la superficie y alejados de aristas o juntas, con un diámetro mínimo de 48 mm y una relación altura/diámetro de entre 1,0 y 2,1. Tras la extracción, los especímenes deben ser protegidos durante el transporte y curados adecuadamente. Si el concreto se secará en servicio, los especímenes deben curarse en seco durante 7 días en condiciones específicas de temperatura y humedad.

Se realizó el ensayo al paciente utilizando un equipo de perforación con broca para extraer 3 núcleos, estos núcleos fueron extraídos de las siguientes ubicaciones: uno de un contrafuerte y dos de las seis columnas que conforman la estructura. Cada núcleo tuvo un diámetro de 2 pulgadas y se extrajo de forma horizontal y profundidad de extracción igual al ancho de los elementos.

**Ilustración 16.** *Extracción de núcleos*



*Fuente: Propia. (Arellano et al.)*

**Ilustración 17.** *Extracción de núcleos*



*Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería diferente, 2024.*

**Ilustración 18.** Muestra obtenida en extracción de núcleos



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería diferente 2024.

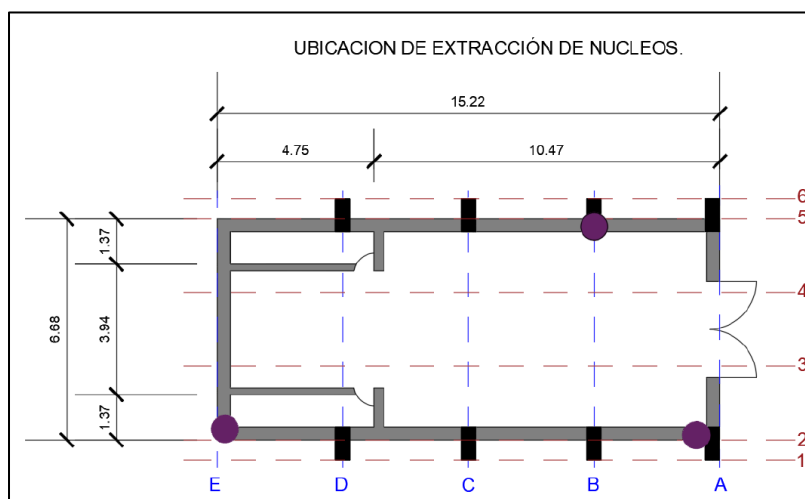
A continuación, se presentan las ubicaciones específicas de las zonas donde se llevó a cabo la extracción de núcleos:

**Tabla 8.** Ubicación extracción de núcleos

No.	Elemento	Ubicación del elemento	Cantidad
1	Contrafuerte	Ejes A - 1	1
2	Columna	Ejes E - 2	1
3	Columna	Ejes B - 5	1

Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

**Ilustración 19** Ubicación extracción de núcleos



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

### ***13.1.2. Propiedades físicas y químicas***

La norma ASTM C 642 establece un método para evaluar la densidad, la absorción y el porcentaje de vacíos en el concreto endurecido. Este procedimiento implica secar las muestras de concreto durante 24 horas para obtener su masa seca, luego sumergirlas en agua para medir la masa saturada y finalmente, hervir las muestras para obtener la masa saturada después de ebullición, permitiendo calcular la densidad aparente, la absorción y el volumen de poros permeables en el concreto. El ensayo es crucial para convertir masa a volumen y para verificar el cumplimiento de especificaciones, así como para identificar variaciones dentro de una masa de concreto.

Los núcleos extraídos se utilizaron para analizar las propiedades físicas y químicas del material, empleando dos normas estándar: ASTM D1293 para la determinación de la carbonatación y ASTM C642 para la evaluación de la densidad, absorción y vacíos en hormigón endurecido.

### **13.2. Ensayos no destructivos**

En el componente experimental del estudio, se llevaron a cabo diversos ensayos no destructivos. Estos ensayos se realizaron mediante la colaboración de dos laboratorios especializados y un seguimiento continuo por parte del equipo encargado del estudio para evaluar las fisuras presentes en el paciente. A continuación, se presentan las normas aplicables a los ensayos no destructivos:

**Tabla 9.** Normas aplicables ensayos no destructivos

Norma	Nombre
NMX-C-192-ONNCCE-2018	Industria de la Construcción – Concreto – Determinación del Número de Rebote Utilizando el Dispositivo Conocido como Esclerómetro – Método de Ensayo
ASTM C 805	Método de prueba estándar para el número de rebote de concreto endurecido
ASTM D1293	Método de prueba estándar para la determinación de la carbonatación
ASTM C642	Método de prueba estándar para la densidad, absorción y huecos en hormigón endurecido







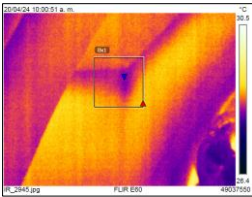
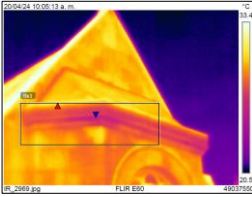


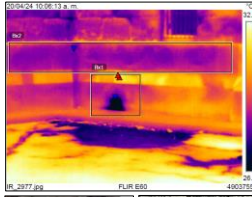
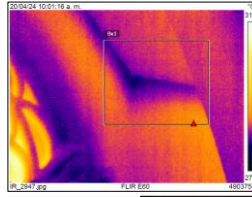






Fuente: Informe de Ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

### 13.2.1. Ensayo de termografía

El 20 de abril de 2024, se llevó a cabo el ensayo de termografía en la capilla, por medio de la empresa contratada FLIR, durante el cual se identificaron los siguientes puntos de inspección. Estos fueron determinados a partir de la distribución de temperatura visualizada mediante colores en el termograma. (Anexo 13.4)




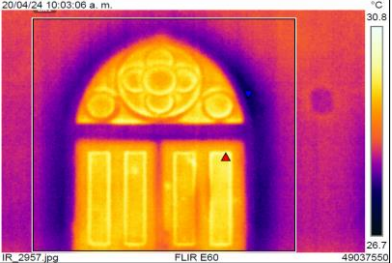

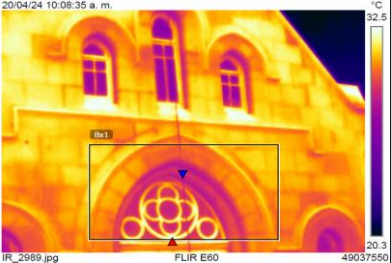



Este proceso permitió una evaluación exhaustiva de las condiciones térmicas en las capillas, proporcionando información crucial para su mantenimiento y conservación adecuados:

**Tabla 10. Análisis termografía costado oriente**

Termografía capilla panteón del Carmen Monterrey, N.L., México Fachada Oriente					
					
					
					
<p><b>Descripción</b></p> <p>En la termografía realizada, se observa que las temperaturas más bajas se concentran notablemente en la esquina de la estructura que limita con la cubierta. Esta anomalía térmica sugiere la presencia de un punto de canalleta donde es probable que se genere empozamiento de agua. Este estancamiento de agua puede indicar un fallo en la impermeabilización de esa área específica de la cubierta. La acumulación de agua en esta zona podría estar causando filtraciones que, a su vez, podrían resultar en daños estructurales adicionales si no se abordan adecuadamente.</p> <p>En la imagen termográfica número dos, se aprecia claramente un descenso de temperatura en el bordillo superior de la iglesia. Esta disminución térmica coincide con la presencia de acumulación de agua en esa área específica. La correlación entre el descenso de temperatura y la acumulación de agua es indicativa de un posible problema de impermeabilización en esa sección de la estructura. Además, se observan fisuras en la zona afectada, lo cual sugiere que el agua puede estar penetrando a través de estas, exacerbando el problema de filtración.</p> <p>En la termografía número tres, se observa una temperatura baja sobre el canal que se encuentra sobre la ventana. Esta disminución de temperatura indica un posible problema de filtración de agua en el área. La termografía revela además un desprendimiento de material en la sección del canal, exponiendo los aceros subyacentes. Esta exposición de los aceros, combinada con el contacto directo del agua de lluvia, representa un riesgo significativo para la integridad estructural del elemento. La presencia de agua en contacto con los aceros expuestos puede provocar corrosión y deterioro acelerado, lo que podría comprometer la estabilidad del canal y, en última instancia, de la estructura en su conjunto. Es imperativo abordar este problema de manera urgente, reparando el desprendimiento de material y aplicando un tratamiento adecuado para proteger los aceros expuestos contra la corrosión.</p> <p>En la cuarta imagen termográfica, se puede observar claramente la presencia de una bijnete de agua que emerge del muro de la capilla. Esta situación indica una probable fuga en el sistema de drenaje o de plomería adyacente. La termografía también revela que las piezas cercanas al área de la fuga están expuestas y afectadas por la humedad. Este fenómeno sugiere que la filtración de agua ha provocado daños en el revestimiento o en las estructuras adyacentes al muro de la capilla. La presencia de humedad en estas piezas expuestas es preocupante, ya que se identifican problemas adicionales como la degradación del material, generando además posibilidad de crecimiento de moho o la corrosión.</p> <p>Basado en la observación general proporcionada por la termografía, la imagen número cinco revela claras evidencias de afectaciones por filtraciones en las piezas de "fachaleta" de cantera. Estas afectaciones indican la presencia de humedad en la superficie de las fachaletas, lo que probablemente está causando daños en su integridad y apariencia. Además, en la cubierta se ha identificado una pérdida de impermeabilización, lo que sugiere que el agua está penetrando a través de la superficie de la cubierta y filtrándose en la estructura subyacente. Esta pérdida de impermeabilización es una preocupación importante, ya que puede provocar daños adicionales en la estructura y en el interior de la edificación debido a la infiltración de agua.</p> <p>Basado en la observación de la termografía seis, se confirma la presencia de filtraciones desde la cubierta hacia el ventanal de la fachada, replicando el patrón observado en la primera imagen. Esta filtración indica un problema persistente que requiere atención inmediata para evitar daños mayores en la estructura y en el interior del edificio. Los hallazgos de la termografía subrayan la importancia de identificar y reparar las fisuras en el registro de la cubierta, así como de tomar medidas para prevenir filtraciones desde la cubierta hacia el ventanal de la fachada.</p>					

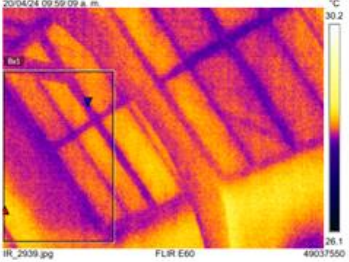
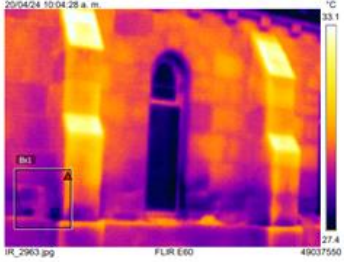
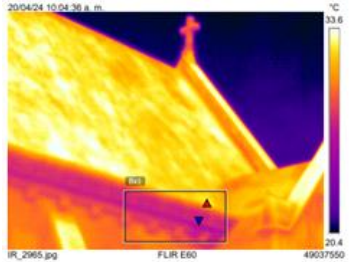



Fuente: Propia (Arellano et al.)

**Tabla 11.** *Análisis termografía costado occidente*

Termografía capilla panteón del Carmen Monterrey, N.L., México		
Fachada Occidente		
		
<p>20/04/24 10:03:06 a. m. °C 30.8</p>  <p>IR_2957.jpg FLIR E60 49037550 28.7</p>	<p>20/04/24 10:04:01 a. m. °C 33.0</p>  <p>IR_2961.jpg FLIR E60 49037550 28.4</p>	<p>20/04/24 10:08:35 a. m. °C 32.5</p>  <p>IR_2969.jpg FLIR E60 49037550 20.3</p>
		
Descripción		
<p>La termografía de la fachada occidental, específicamente en el acceso a la capilla, revela un patrón preocupante. En la imagen termográfica número uno, se observa claramente una baja temperatura alrededor del marco de la puerta. Esta anomalía térmica indica una posible infiltración de aire frío, lo que sugiere un deterioro en el marco de la puerta o un deficiente sellado, permitiendo la entrada de aire del exterior al interior del edificio. Además, se identifican fisuras en la parte superior de la fachada, lo que podría estar contribuyendo al problema de infiltración. Estas fisuras representan un riesgo para la integridad estructural de la fachada y pueden permitir la entrada de agua y otros elementos no deseados en el interior del edificio.</p>	<p>En la imagen termográfica número dos, se pueden observar claramente piezas afectadas por erosión, las cuales se hacen más evidentes en áreas donde se registra un descenso de temperatura. Este fenómeno sugiere que la erosión está contribuyendo al enfriamiento localizado de las piezas, lo que indica una pérdida significativa de material en esas áreas. Es importante destacar que este patrón de erosión y descenso de temperatura identificado en la imagen uno se repite alrededor de la ventana en la imagen termográfica número dos. Esta consistencia en los hallazgos termográficos sugiere que las condiciones que causan la erosión y el enfriamiento localizado son similares en ambas áreas, lo que refuerza la necesidad de abordar.</p>	<p>La termografía del marco de la ventana que se encuentra sobre la puerta de acceso a la capilla revela un descenso de temperatura, similar al observado en el marco de la puerta en la imagen termográfica anterior. Este descenso de temperatura indica la presencia de una anomalía térmica en el marco de la ventana, posiblemente debido a infiltraciones de aire frío o a un deficiente aislamiento térmico. Dado que se repite el patrón de descenso de temperatura alrededor de la ventana, se sugiere que las mismas condiciones que afectan al marco de la puerta también están presentes en el marco de la ventana. Lo cual incluye deterioro del sellado, presencia de fisuras y erosión.</p>

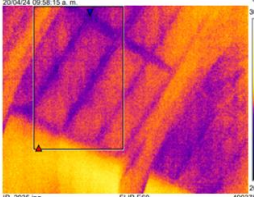
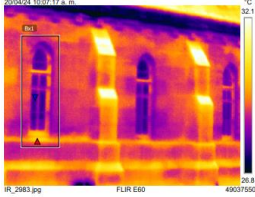
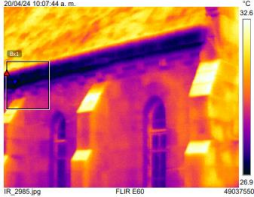
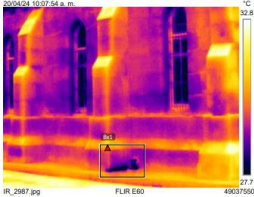



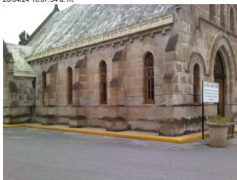
Fuente: Propia (Arellano et al.)

**Tabla 12.** Análisis termografía costado sur

Termografía Capilla Panteón del Carmen - Monterrey, México		
Fachada Sur		
 <p>20/04/24 09:59:09 a. m. IR_2039.jpg FLIR E60 49037550</p>	 <p>20/04/24 10:04:28 a. m. IR_2063.jpg FLIR E60 49037550</p>	 <p>20/04/24 10:04:36 a. m. IR_2065.jpg FLIR E60 49037550</p>
 <p>20/04/24 09:59:09 a. m. PIC_2040.jpg</p>	 <p>20/04/24 10:04:28 a. m. PIC_2064.jpg</p>	 <p>20/04/24 10:04:36 a. m. PIC_2066.jpg</p>
Descripción		
<p>En la imagen termográfica, se puede apreciar que los elementos de la estructura del cielorraso y la parte superior de la pared del altar presentan un mayor contenido de humedad. Esto puede originarse debido a la infiltración de agua por la falta de sellador en la unión del techo a la pared, así como por fisuras y porosidad en el techo.</p>	<p>En esta imagen termográfica, se puede apreciar que las temperaturas más bajas se encuentran en el área de las ventanas y el filo de la fachada. Esto podría deberse a un posible empozamiento de agua sobre el antepecho de la ventana, lo que expone directamente la madera al agua.</p>	<p>En esta imagen se puede apreciar un mayor contenido de humedad en la zona bajo la canaleta del techo. Esto podría deberse al hecho de que el agua escorra directamente sobre la pared, ya que la canaleta presenta pérdida de material y poca impermeabilidad.</p>

Fuente: Propia (Arellano et al.)

**Tabla 13.** *Análisis termografía costado Norte*

Termografía Capilla Panteón del Carmen - Monterrey, México Fachada Norte			
<p>200424 09:58:15 a. m.</p>  <p>IR_2935.jpg FLIR E60 26.7 49037550</p>	<p>200424 10:07:17 a. m.</p>  <p>IR_2983.jpg FLIR E60 20.8 49037550</p>	<p>200424 10:07:44 a. m.</p>  <p>IR_2959.jpg FLIR E60 21.9 49037550</p>	<p>200424 10:07:54 a. m.</p>  <p>IR_2987.jpg FLIR E60 27.7 49037550</p>
<p>200424 09:58:15 a. m.</p>  <p>DC_2984.jpg</p>	<p>200424 10:07:17 a. m.</p>  <p>DC_2984.jpg</p>	<p>200424 10:07:44 a. m.</p>  <p>DC_2988.jpg</p>	<p>200424 10:07:54 a. m.</p>  <p>DC_2988.jpg</p>
Descripción			
<p>En la imagen termográfica se puede apreciar que los elementos de la estructura del cielo raso presentan mayor contenido de humedad. Esto puede originarse debido a la infiltración de agua por las fisuras y porosidad del techo.</p>	<p>En esta imagen termográfica, se puede apreciar que las temperaturas más bajas se encuentran en el área de las ventanas. Esto podría deberse a un posible empozamiento de agua sobre el antepecho de la ventana, lo que expone directamente la madera al agua.</p>	<p>En esta imagen se puede apreciar un mayor contenido de humedad en la zona bajo la canaleta del techo. Esto podría deberse al hecho de que el agua escurra directamente sobre la pared, ya que la canaleta presenta pérdida de material y poca impermeabilidad.</p>	<p>En esta imagen se puede apreciar un mayor contenido de humedad en la zona baja de la columna. Esto podría deberse a que en esta columna se encuentra una bajante pluvial del techo, lo que pudo originar pérdida de material del piso, afectando su inclinación de escurrimiento. Por lo tanto, el agua no corre fácilmente sobre el piso, quedándose empozada en la zona.</p>

*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

### 13.2.2. Ensayo de carbonatación

Se llevó a cabo el ensayo de carbonatación utilizando fenolftaleína, con el propósito de evaluar el grado de carbonatación los núcleos y en las canales ubicadas en la capilla. En los núcleos se pudo confirmar que están conformados de un material de mampostería y recubiertas con mortero hidráulico como material de enjarre o de pegazón con la cantera para el lado exterior en donde al realizar el ensayo con la fenolftaleína solo marco con color la parte del mortero donde se observa un nivel bajo de carbonatación por tal motivo es evidente que no presenta carbonatación en la parte central del núcleo. Con respecto al concreto en las canales habían mostrado previamente signos de desprendimiento de material de concreto, lo que resultó en la exposición de los refuerzos de acero en su interior.

**Fotografía 1.** Validación carbonatación



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería diferente, 2024.

**Fotografía 2. Validación carbonatación**

*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

Tras completar la inspección, se determinó que se observaron evidencias de carbonatación en el material de concreto analizado. Sin embargo, durante el proceso de evaluación, se identificó una pérdida significativa de espesor en el acero de refuerzo de una de las canales, alcanzando hasta 2,00mm.

**Fotografía 3 Espesor aceros**

*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

Este hallazgo revela una disminución notable en la sección transversal del refuerzo de acero, lo que podría comprometer la resistencia estructural de la canal. La carbonatación del concreto, un proceso natural por el cual el dióxido de carbono del aire reacciona con los componentes hidratados del cemento, no fue detectada en este caso específico. Sin embargo, la pérdida de espesor en el acero de refuerzo es una preocupación importante que requiriendo atención inmediata.

La falta de carbonatación puede indicar un nivel adecuado de alcalinidad en el concreto, lo que puede ayudar a proteger el acero de refuerzo contra la corrosión. Sin embargo, la pérdida de espesor del acero sugiere que otros mecanismos de deterioro, como la corrosión inducida por cloruros u otros agentes agresivos, podrían estar contribuyendo al debilitamiento estructural observado.

### ***13.2.3. Validación de fisuras***

En el seguimiento de grietas y fisuras en el paciente, se observa una relación estrecha con el problema de humedad presente en la estructura. Las fisuras pueden actuar como vías de infiltración para la humedad, agravando el deterioro del edificio.

#### **Fotografía 4** *Seguimiento a fisuras presentes en estructura*





*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

Además, la presencia de humedad puede debilitar aún más la integridad de la estructura, contribuyendo a la formación de nuevas fisuras. Por tanto, se ha realizado monitoreo continuo de las fisuras para detectar y abordar tempranamente cualquier signo de deterioro, así como para implementar medidas preventivas que ayuden a controlar el problema de humedad y preservar la integridad del edificio a largo plazo.

#### **Fotografía 5 Seguimiento a fisuras**



*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

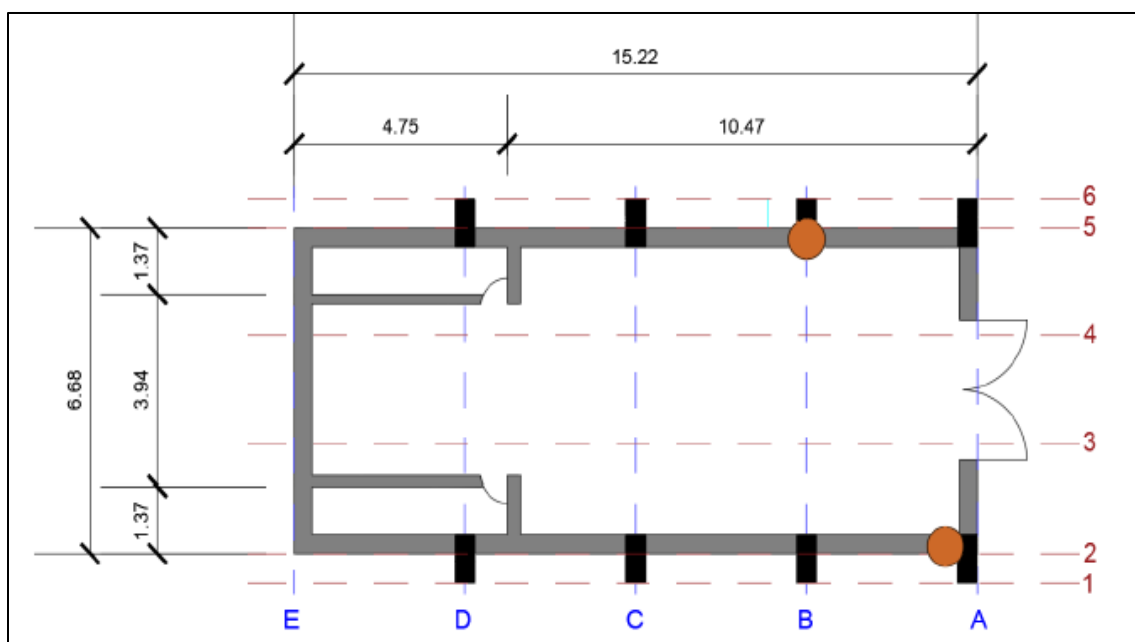
#### **13.2.4. Determinación de configuración de acero por medio de Escáner GPR**

El 16 de julio de 2024, se llevó a cabo la localización de las barras de refuerzo utilizando

un escáner GPR, implementado por la empresa contratada DIPSUM INGENIERÍA

DIFERENTE. El GPR (Ground Penetrating Radar) es una herramienta eficaz para determinar la ubicación y disposición de las armaduras de acero en estructuras de concreto, este escáner, permite visualizar el refuerzo dentro del concreto y generar mapas que facilitan la estimación precisa de la profundidad de las barras de acero. Entre los datos obtenidos se incluyen la ubicación de las barras de acero, el número de barras a lo largo de la estructura, la profundidad aproximada de las barras y el espesor de los elementos de hormigón. (Sensors & Software,2015).

**Ilustración 20.** *Ubicación detección de acero.*



*Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.*

**Ilustración 21. Escáner GPR**

*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

Durante el proceso de localización de las barras de refuerzo con el escáner GPR, se determinó que en las columnas y contrafuertes no se detectó acero longitudinal de refuerzo; los resultados indicaron que estos elementos están conformados por mampostería y trabajan en conjunto con el muro adyacente, constituyéndose, así como un muro cargador. Esto confirma que la estructura no emplea refuerzo de acero en los elementos inspeccionados y que la mampostería desempeña un papel fundamental en la carga y soporte de la estructura.

**13.2.5. Ensayo de esclerometría**

El 16 de julio de 2024, se realizó el ensayo de esclerometría utilizando un martillo de rebote, conforme a la norma Mexicana NMX-C-192-ONNCCE-2018, que establece el procedimiento para la determinación del número de rebote en concreto mediante el esclerómetro. Esta prueba se aplicó a tres elementos que forman parte del paciente, y se obtuvo una lectura en la escala del equipo que permite estimar rápidamente la resistencia superficial del concreto. Durante el ensayo, se realizaron 12 impactos en la superficie de cada elemento para evaluar su

resistencia. La prueba se llevó a cabo en dos ubicaciones específicas: en el contrafuerte, donde se extrajo un fragmento de cantera que reveló un empastado de mortero utilizado para fijar el material, y en la columna, en la parte interna.

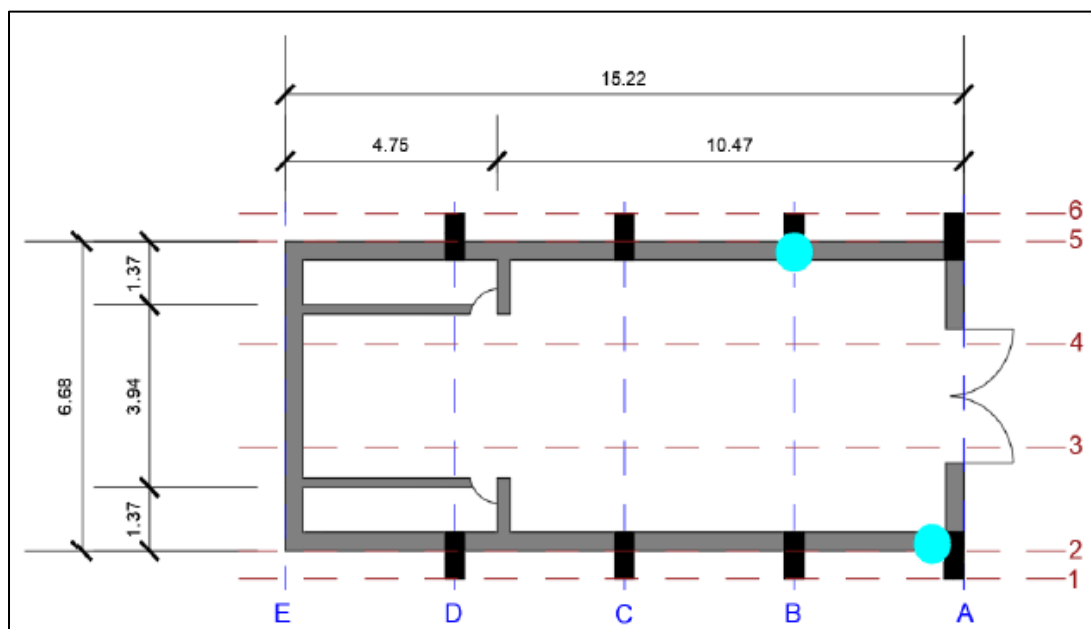
A continuación, se presentan las ubicaciones específicas de las zonas donde se llevó a cabo:

**Tabla 14.** *Ubicación esclerómetros*

No.	Elemento	Identificación de elemento	Cantidad
1	Contrafuerte	Ejes A - 1	1
2	Columna	Ejes B - 5	1

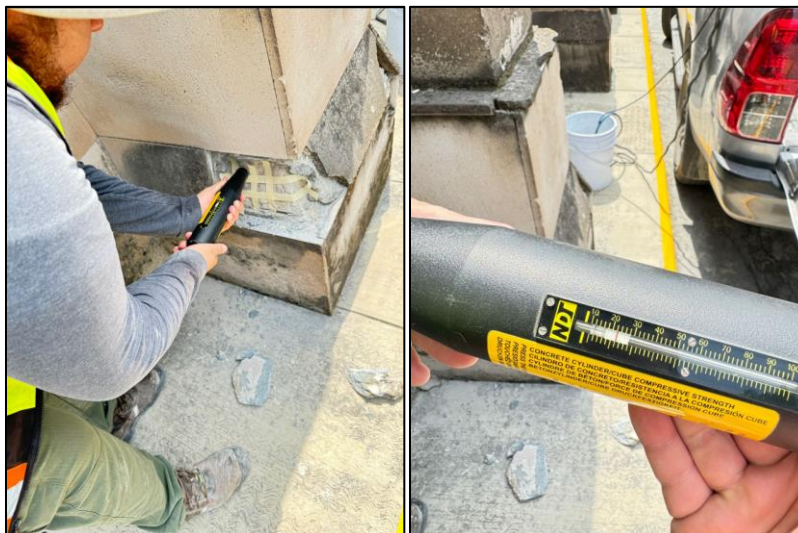
*Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente.*

**Ilustración 22.** *Ubicación esclerómetros.*



*Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.*

**Ilustración 23.** *Ensayo de esclerometría.*



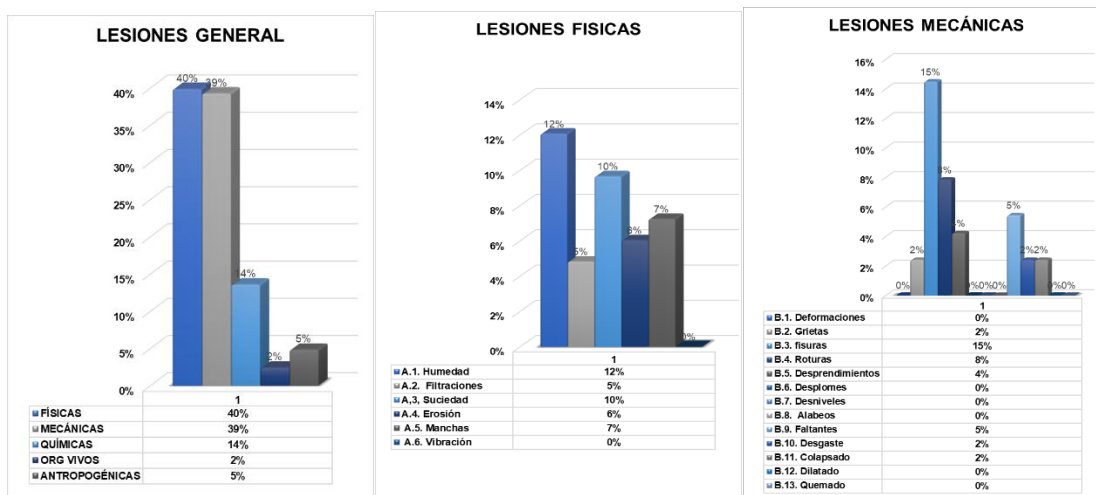
*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

## 14. Diagnóstico

### 14.1. General

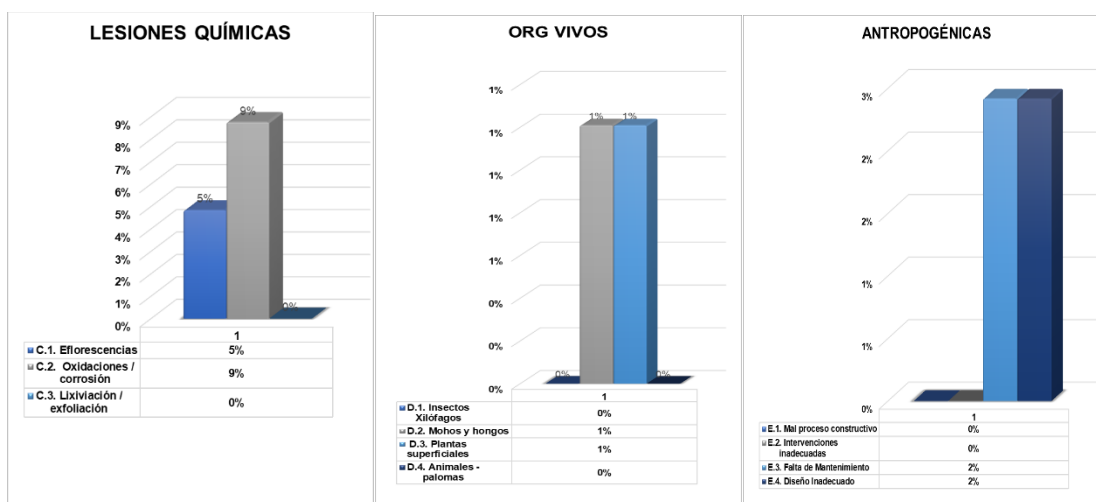
El estado general de deterioro en las fachadas de la Capilla del Panteón del Carmen se caracteriza por una predominancia de lesiones físicas, las cuales constituyen el 43% del panorama patológico identificado. Estas lesiones incluyen procesos como ensuciamiento, erosión, manchas y el desprendimiento de piezas, destacando especialmente las piezas fracturadas. Las lesiones mecánicas también son significativas, representando el 35% del total, evidenciando desgaste y roturas en elementos estructurales como puertas y ventanas. Por último, se identifican lesiones químicas, que contribuyen al 15% del deterioro observado, con posibles signos de oxidación en aceros expuestos en elementos de la estructura.

**Figura 1. Estado general de deterioro**



Fuente: Propia (Arellano et al.)

**Figura 2. Estado general de deterioro**



Fuente: Propia (Arellano et al.)

Se observa la presencia de mohos en las fachadas y áreas superficiales, constituyendo aproximadamente un 3% de las lesiones identificadas. Estas lesiones, clasificadas como originadas por organismos vivos, indican condiciones propicias para el desarrollo de mohos, lo que puede tener implicaciones tanto estéticas como estructurales.

Adicionalmente, se destaca una falta evidente de mantenimiento y un diseño

inadecuado, representando aproximadamente un 5% del conjunto de lesiones. Estas lesiones, catalogadas como antropogénicas, sugieren que las prácticas de mantenimiento pueden no haber sido adecuadas o que el diseño inicial no ha resistido efectivamente los efectos del tiempo y las condiciones ambientales.

La combinación de lesiones de origen biológico y antropogénico enfatiza la importancia de abordar no sólo los factores medioambientales que favorecen la proliferación de organismos vivos, como los mohos, sino también la necesidad de intervenciones estructurales y de mantenimiento para preservar la integridad y el aspecto general de las fachadas y superficies exteriores.

## **14.2. Específico**

A continuación, se presentan los resultados y el diagnóstico obtenido a partir de los ensayos destructivos y no destructivos realizados.

### ***14.2.1. Resistencia promedio, absorción promedio y densidad promedio***

Los análisis de los especímenes revelaron que el material examinado no correspondía a un concreto hidráulico, dado que carecía de características de agregado y material cementante. En su lugar, se identificó que el material consistía en arcilla natural.

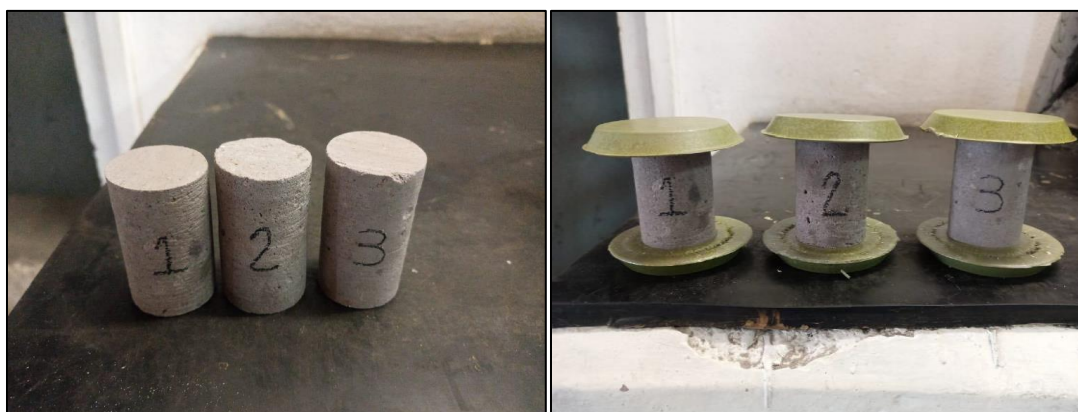
### Ilustración 24. Núcleos extraídos



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

A pesar de este hallazgo, se procedió a realizar el proceso de capinado o cabeceo de los especímenes, seguido de una prueba de compresión para determinar la resistencia promedio del material. Estos pasos se llevaron a cabo para evaluar de manera completa las propiedades mecánicas del material en cuestión.

### Ilustración 25. Capinado de especímenes para fallo



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

En la Tabla 16 se detallan los resultados del fallo a compresión realizado en los tres especímenes. En esta tabla se incluye el factor de corrección aplicado a los valores obtenidos, dado que la longitud de cada espécimen no cumplió con el requisito de ser el doble de su diámetro. Esta corrección es necesaria para ajustar los resultados y reflejar adecuadamente la resistencia del material, considerando las dimensiones no conformes durante la prueba.

Así mismo, se presentan los resultados obtenidos de densidad promedio correspondiente a  $1,178 \text{ g/cm}^3$  y absorción promedio de  $0,9\%$ . La densidad relativamente baja indica que el material podría tener una estructura porosa, confirmando que corresponde a un material tipo arcilla. La baja absorción, en comparación con las normativas típicas para concreto, sugiere que el material tiene una baja capacidad de absorción de agua.

**Tabla 15.** Resultados fallo a la compresión de núcleos

N° de espécimen	LOCALIZACION	Elemento	Diametro (cm)	Altura 3 lectura			Altura 3 promedio (cm)	Carga (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación A/D	Factor de corrección	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	PESO A (kg) (SECO)	PESO B (kg) (SSS)	PESO C (kg) (SUMERGIDO)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCION
				L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)												
1	EJE "A-1"	Contrafuerte	5.1	9.2	9.2	9.3	9.2	1626	20.4	80	1.82	1.00	80	539.7	545.1	242.5	1775	1.0
2	EJE "E-2"	Columna	5.1	9.4	9.5	9.4	9.4	992	20.4	49	1.84	1.00	49	431.7	436.0	194.0	1775	1.0
3	EJE "B-5"	Columna	5.1	9.6	9.5	9.6	9.6	1072	20.4	52	1.88	1.00	52	471.1	474.2	211.3	1783	0.7
												PROMEDIO	60			PROMEDIO	1778	0.9

Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente.

**Ilustración 26.** Fallo a compresión de núcleos



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

Así pues, y de acuerdo con los resultados obtenidos, se estima que la resistencia probable de diseño debería ser de 1500 PSI. Sin embargo, ninguno de los especímenes cumplió con este estándar. Según la normativa aplicable, cada núcleo debe presentar una resistencia individual no menor al 75% de la resistencia especificada  $f'_c$  y el promedio de las tres pruebas debe alcanzar al menos el 85% de  $f'_c$ . En este caso, sólo el espécimen 1 cumplió parcialmente con esta condición,

alcanzando un resultado individual del 76%.

**Tabla 16.** *Resultados de fallo a la compresión de núcleos*

No. Especímen	Localización	Elemento	Resistencia obtenida		Resistencia de diseño probable= 1500 PSI f'c
			kg/cm2	PSI	
1	EJE A-1	Contrafuerte	80	1137,88	76%
2	EJE E-2	Columna	49	696,95	46%
3	EJE B-5	Columna	52	739,62	49%
Resistencia promedio					57%

*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

#### 14.2.2. Ensayo de esclerometría

En el ensayo de esclerometría, se evaluaron dos elementos mediante la aplicación de doce golpes con el martillo de rebote a cada uno. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada elemento ensayado:

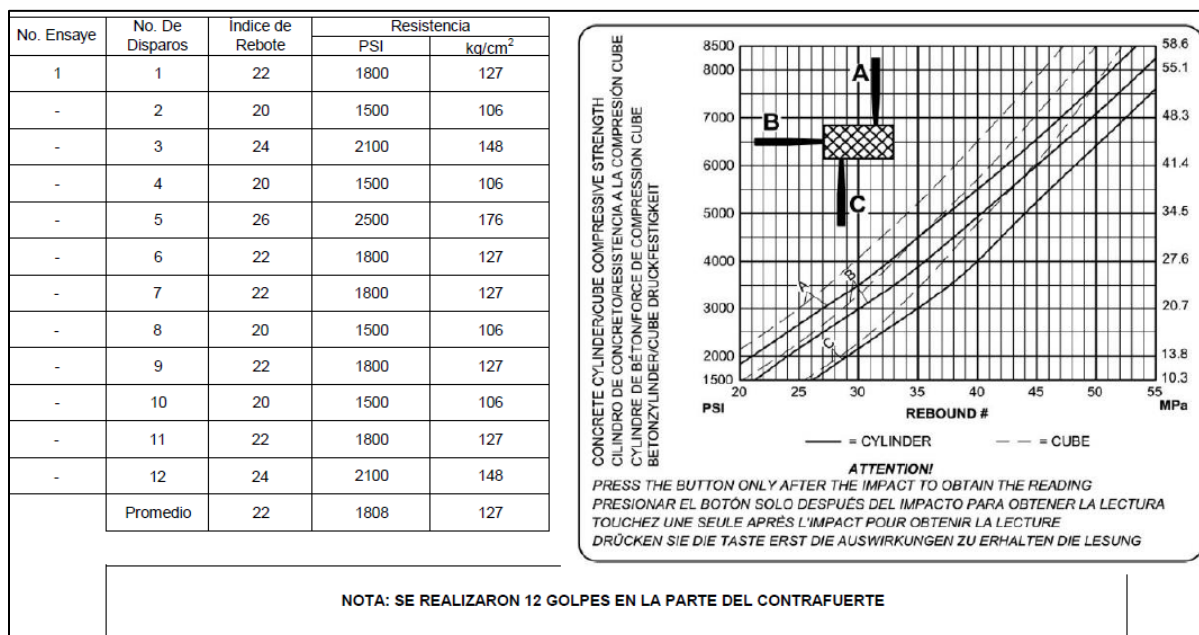
Elemento Contrafuerte: El análisis de esclerometría mostró que el contrafuerte alcanzó una resistencia que se estima en un 120% de la resistencia probable de diseño inicial de 1500 PSI. Este resultado indica que el contrafuerte presenta una resistencia superior a la esperada, sugiriendo que el material podría estar en mejores condiciones de lo anticipado.

**Tabla 17.** *Resultados esclerometría contrafuerte*

Toma	Elemento	Resistencia obtenida esclerómetros		Resistencia de diseño probable= 1500 PSI f'c
		kg/cm2	PSI	
1	Contrafuerte	127	1806,38	120%

*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

### Ilustración 27 Ensayo de esclerometría Contrafuerte



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

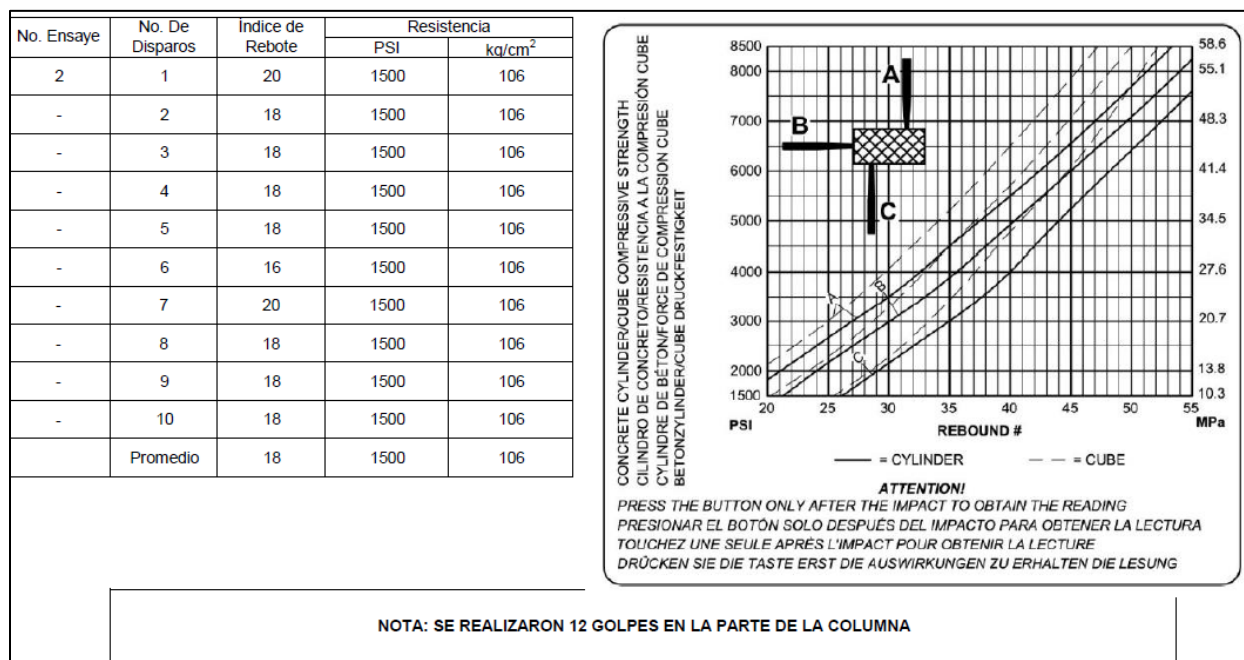
Columna: Para la columna, la resistencia medida corresponde al 101% de la resistencia probable de diseño inicial de 1500 PSI. Este valor también indica que la columna cumple con las expectativas de resistencia, aunque de manera más ajustada en comparación con el contrafuerte.

**Tabla 18.** Resultados esclerometría Columna

Toma	Elemento	Resistencia obtenida esclerómetros		Resistencia de diseño probable= 1500 PSI f'c
		kg/cm <sup>2</sup>	PSI	
2	Columna	106	1507,69	101%

Fuente: Propia (Arellano et al.)

### Ilustración 28 Ensayo de esclerometría columna



Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.

Los resultados muestran una discrepancia notable entre los métodos destructivos y no destructivos, teniendo en cuenta que los ensayos de esclerometría para el contrafuerte y la columna presentaron resultados de resistencias superiores o cercanas a la esperada, los fallos de núcleos revelaron deficiencias significativas, especialmente en la columna. Sin embargo, los ensayos de esclerometría ofrecen una estimación no destructiva que puede no reflejar la variabilidad interna del concreto como lo hacen los ensayos destructivos.

#### 14.2.3. Carbonatación

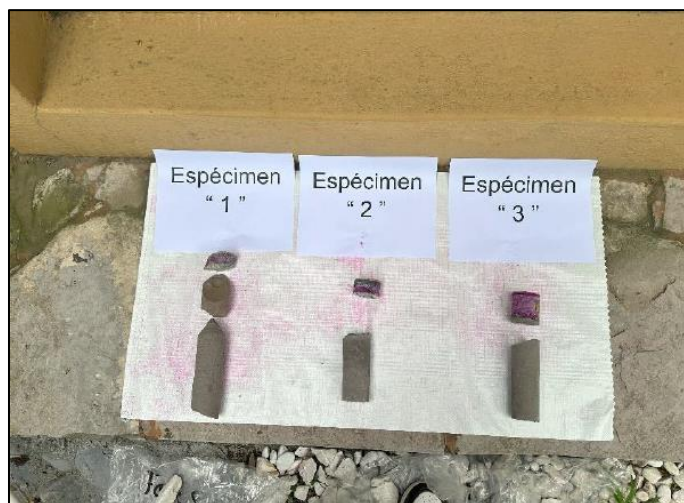
A los tres núcleos extraídos se les aplicó fenolftaleína para identificar la presencia de carbonatación; a pesar de que el material corresponde a arcilla con un recubrimiento mínimo de mortero hidráulico, solo este recubrimiento reaccionó con la fenolftaleína. Los resultados mostraron que el espesor de la carbonatación es bajo.

En la parte exterior del núcleo, que es la muestra más crítica, se observó una penetración

de carbonatación de aproximadamente 0.5 cm. En contraste, la parte interior del núcleo no presentó ninguna carbonatación, con una penetración de 0.0 cm.

Estos resultados indican que la carbonatación está presente únicamente en el recubrimiento de mortero hidráulico y no afecta al núcleo central, lo que se debe a que el material principal no es concreto hidráulico y carece de material cementante (cemento hidráulico).

**Ilustración 29.** *Prueba de carbonatación por medio de fenolftaleína*



*Fuente: Informe de ensayos. DIPSUM Ingeniería Diferente, 2024.*

## 15. Estudio de vulnerabilidad Sísmica

Aunque la región de Monterrey no es altamente sísmica en comparación con otras áreas de México, la capilla está ubicada en una zona que ha experimentado sismos en el pasado. Sin embargo, estos eventos no suelen ser de gran magnitud. A pesar de que la capilla presenta un estilo arquitectónico neogótico con una combinación de materiales, se construyó utilizando métodos y materiales tradicionales. Además, su única planta y diseño relativamente simple sugieren una menor susceptibilidad a daños estructurales durante un sismo.

Aunque se encuentra en una zona con suelos aluviales y sedimentarios, la falta de un estudio específico no permite una evaluación detallada. Sin embargo, dado el tipo de construcción y la topografía del terreno circundante, es probable que la capilla esté relativamente protegida de la amplificación de las ondas sísmicas. A pesar de haber experimentado sismos en el pasado, la magnitud y frecuencia de estos eventos son generalmente bajos. No hay evidencia de daños significativos en estructuras similares en la zona debido a eventos sísmicos pasados.

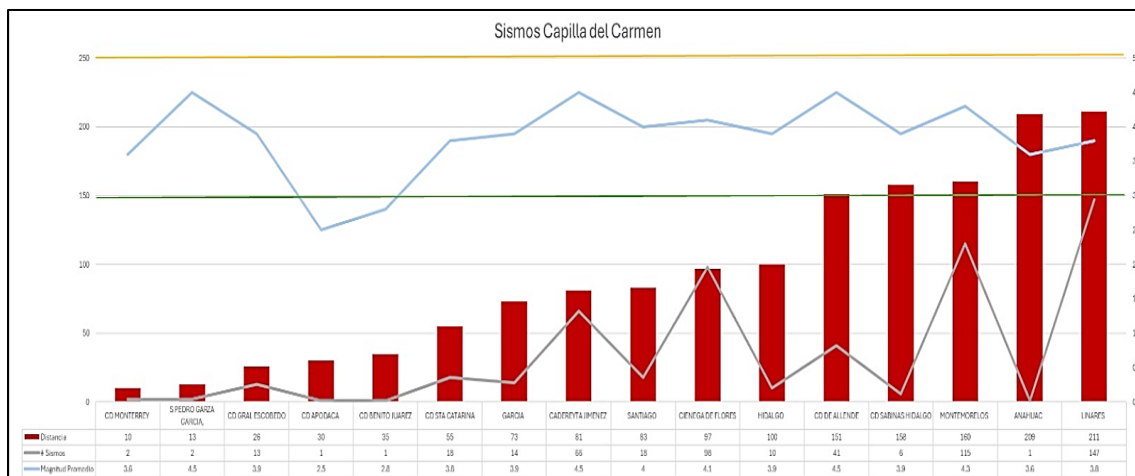
No se identifica que la capilla presente una vulnerabilidad sísmica baja; sin embargo, de acuerdo con la validación patológica que se viene realizando, se identifican posibles acciones preventivas a realizar como la revisión periódica de la estructura, el mantenimiento adecuado de la cimentación y la instalación de sistemas de protección para elementos frágiles.

#### **14.1. Historia de los sismos en la zona de estudio**

La historia sísmica en la zona de estudio, donde está ubicada la Capilla del Panteón del Carmen en Monterrey, Nuevo León, México, ha sido marcada por una serie de eventos a lo largo del tiempo. Aunque Nuevo León no se considera una región altamente sísmica en comparación con otras áreas del país, ha experimentado ocasionalmente temblores de importancia, información analizada del Servicio Sismológico Nacional (Servicio Sismológico Nacional | UNAM, México).

En los últimos 40 años, se ha registrado una serie de sismos en la región, cuya magnitud y cantidad varían significativamente. La siguiente gráfica representa esta información, mostrando la relación entre la magnitud de los sismos y la frecuencia de eventos por municipio. Comenzando de izquierda a derecha, se presentan los municipios más cercanos al área de estudio, proporcionando una visión completa de la actividad sísmica en la zona en consideración:

### Ilustración 30 Sismos por cercanía a Capilla

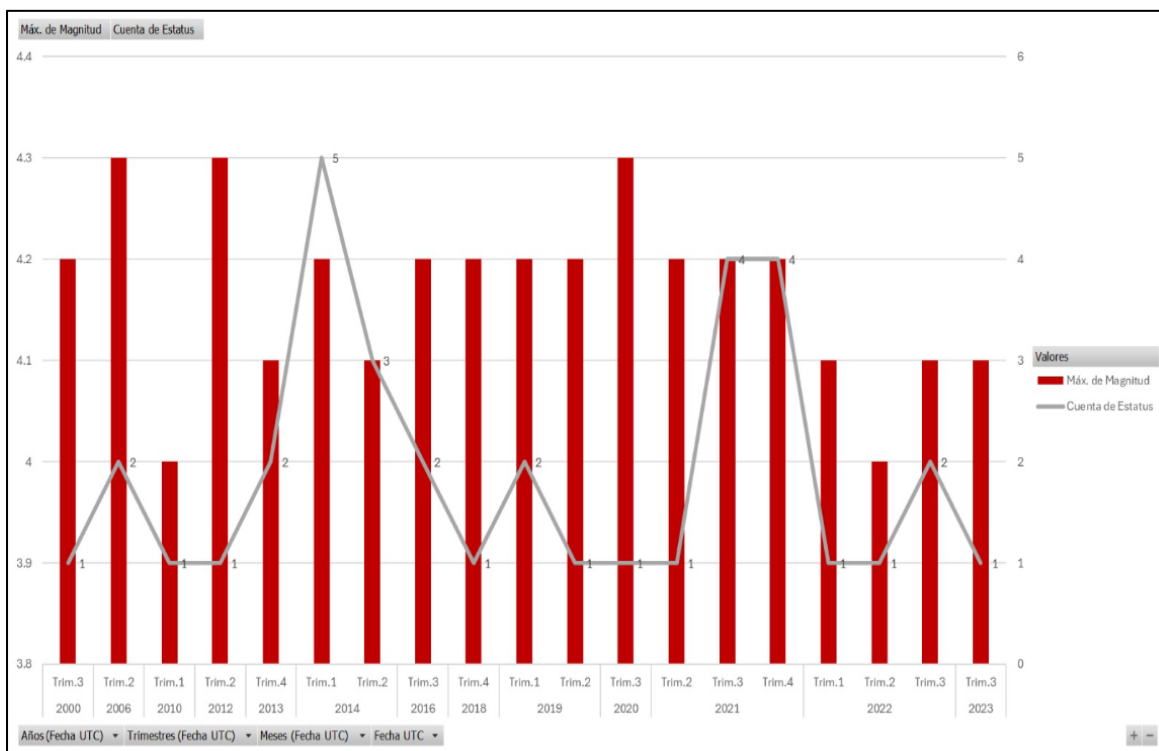


*Nota: Creado por el autor utilizando datos del Servicio Sismológico Nacional (Servicio Sismológico Nacional | UNAM, México).*

La recopilación de datos sísmicos de los últimos 25 años revela una interesante visión de la actividad sísmica en la zona de estudio. Durante este periodo, se han registrado una serie de sismos en cuanto a cantidad y magnitud, proporcionando información crucial para comprender la dinámica sísmica de la región.

En la siguiente tabla se presenta la distribución de sismos por trimestre, detallando tanto la cantidad de eventos como su magnitud correspondiente. Esta información es esencial para evaluar la frecuencia y la intensidad de los temblores en la zona de estudio, permitiendo así un análisis más profundo de la actividad sísmica a lo largo del tiempo.

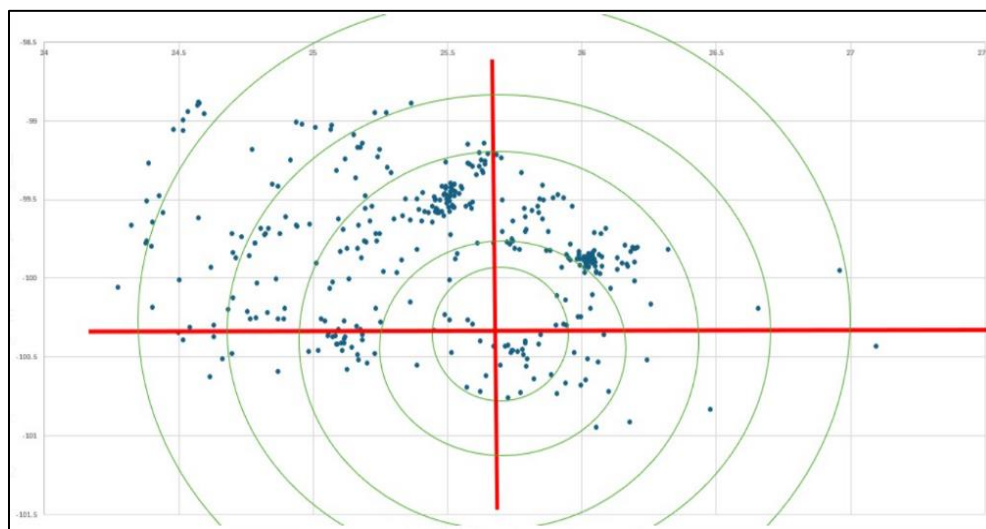
**Ilustración 31** *Eventos sísmicos de los últimos 25 años*



*Nota: Creado por el autor utilizando datos del Servicio Sismológico Nacional (Servicio Sismológico Nacional / UNAM, México).*

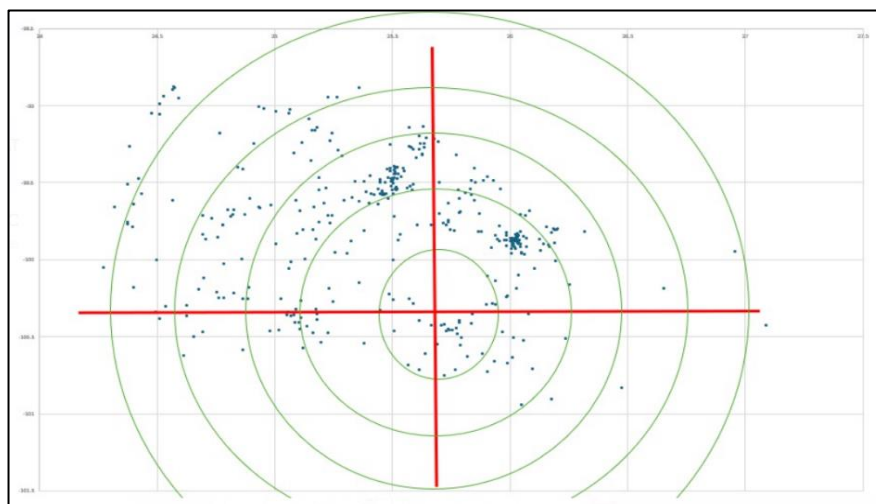
Durante los últimos 40 años, la zona de estudio ha experimentado un total de 475 sismos. De estos, 177 sismos han tenido una magnitud menor a 3.5, mientras que 298 sismos han tenido una magnitud igual o mayor a 3.5. Este rango de magnitud proporciona una comprensión clara de la distribución de la actividad sísmica en la región durante este período.

**Ilustración 32** 177 sismos en 40 años menores a 3.5



*Nota: Creado por el autor utilizando datos del Servicio Sismológico Nacional (Servicio Sismológico Nacional | UNAM, México).*

**Ilustración 33** 298 sismos mayores a 3.5 mismo rango

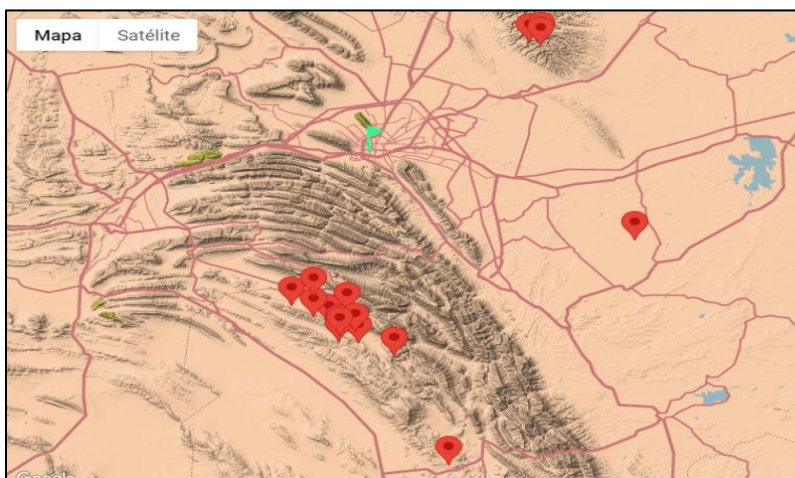


*Nota: Creado por el autor utilizando datos del Servicio Sismológico Nacional (Servicio Sismológico Nacional | UNAM, México).*

En los últimos 5 años, se han registrado varios sismos con una magnitud igual o superior a 3.5 en la escala de Richter en la zona de estudio. En el siguiente mapa, se muestra la ubicación de estos sismos, resaltando la capilla con una marca verde para una mejor referencia visual. Este análisis proporciona una visión geoespacial de la actividad sísmica reciente en relación con la

ubicación específica de la capilla en la región.

**Ilustración 34** *Sismos con magnitud igual o superior a 3.5 últimos 5 años*


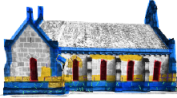

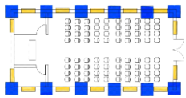


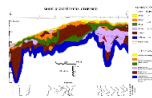








*Nota: Creado por el autor utilizando datos del Servicio Sismológico Nacional (Servicio Sismológico Nacional | UNAM, México).*

## 14.2. Matriz de vulnerabilidad

### 14.2.1. Matriz de vulnerabilidad costado norte




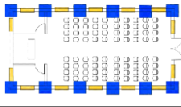

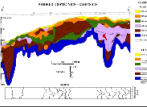




Tabla 19. Matriz de vulnerabilidad costado norte

Ficha 1 Fachada Norte		31/03/2024					
		<b>Matriz de Vulnerabilidad</b> Estudio patológico Capilla del Carmen Monterrey, Nuevo Leon, Mexico					
		Fachada	Placa	Estructura Columnas	Vigas	Muros	Suelos
Fotografía							
Eje	Norte		Norte	Todas	Cubierta y fachada	De cubierta a nivel de desplante	
Descripción	La capilla se encuentra cubierta de fachaleta tipo cantera instalada desde su construcción en 1901, la cual se encuentra con presencia de humedades, microorganismos, eflorescencias, falta de mantenimiento y lesiones mecánicas		Placa de azotea no se encuentran daños, grietas o filtraciones en bajada pluvial se encuentra crecimiento de vegetación y excremento de aves en pretel. Las lesiones más representativas en la fachada, corresponden a físicas: suciedad, erosión y manchas. Mecánicas: roturas, desprendimientos y faltantes de piezas.	Presentan desprendimiento de afine en muro y posible corrosión en varilla de armado, por ser patrimonio no se nos permitio realizar una inspeccion a fondo ya que implica demolición.	Exposición a agentes atmosféricos por grietas entre bloques de cantera por pérdida de mortero el cual fue por erosión, esto ocasiona que agua de lluvia contaminación entren entre los bloques de cantera y los muros de block.	Piezas de cantera fracturadas, erosionadas y con pérdida de adhesión y mortero	Suelos aluviales y sedimentarios, que se forman a partir de la acumulación de materiales como arena, limo y arcilla a lo largo de largos periodos de tiempo Nivel Freatico varia entre los 8m y 13m
		Materiales	Sismo	Fisuras	Estructura Vegetales	Animales	Cuerpos de agua
Fotografía							
Eje							
Descripción	Hormigon armado de 21 Mpa con acero de refuerzo		15 sismos mayor a 3.5 y menor a 3.9 en la escala de Richter, el menor a 80 km del paciente	Se puede evidenciar fisuras en los bloques de cantera por lesiones mecánicas y erosiones	Presencia de vegetación en andador y eflorescencias en muros atribuibles a humedades por filtración, agentes atmosféricos y excremento de aves	Presencia de esporadica de palomas a lo largo de la edificación	Presentes por agentes atmosféricos y por temporalidad debido a daños en bloques de cantera
Clasificación		A4					
Color		 Riesgos que necesitan Monitorización: planes de actuación defectivos.					

Nota: Se presenta la matriz de vulnerabilidad de la fachada Norte del paciente. Elaboración propia (Arellano et al.)

## 14.2.2. Matriz de vulnerabilidad costado oriente

Tabla 20. Matriz de vulnerabilidad fachada oriente

Ficha 2 Fachada Oriente						31/03/2024	
							
Matriz de Vulnerabilidad							
Estudio patológico Capilla del Carmen Monterrey, Nuevo Leon, Mexico							
	Estructura					Suelos	
	Fachada	Placa	Columnas	Vigas	Muros		
Fotografía							
Eje	Oriente	Oriente	Todas	Cubierta y fachada	De cubierta a nivel de desplante		
Descripción	La capilla se encuentra cubierta de fachaleta tipo cantera instalada desde su construcción en 1901, la cual se encuentra con presencia de humedades, microorganismos, eflorescencias, falta de mantenimiento y lesiones mecánicas	Las lesiones más representativas, corresponden a físicas: suciedad, erosión y manchas en bloques de cantera, humedad en madera de puertas y ventas	Presentan desprendimiento de afine en muro y posible corrosión en varilla de armado.	Exposición a agentes atmosféricos por grietas entre bloques de cantera por pérdida de mortero el cual fue por erosión.	Piezas de cantera fracturadas, erosionadas y con pérdida de adhesión y mortero	Suelos aluviales y sedimentarios, que se forman a partir de la acumulación de materiales como arena, limo y arcilla a lo largo de largos periodos de tiempo Nivel Freatico varía entre los 8m y 13m	
	Materiales	Sismo	Fisuras	Estructura		Cuerpos de agua	
				Vegetales	Animales		
Fotografía							
Eje							
Descripción	Hormigon armado de 21 Mpa con acero de refuerzo	15 sismos mayor a 3.5 y menor a 3.9 en la escala de Richter, el menor a 80km del paciente	Se puede evidenciar fisuras en los bloques de cantera por lesiones mecánicas y erosiones, que no superan los 2,00 mm de espesor	Presencia de vegetación y eflorescencias en cornisas atribuibles a humedades por filtración, agentes atmosféricos y excremento de aves	Presencia de esporádica de palomas a lo largo de la edificación	Presentes por agentes atmosféricos y por temporalidad debido a daños en bloques de cantera	
Clasificación			A1				
Color			Riesgos que necesitan Monitorización: planes de actuación defectivos.				

Nota: Se presenta la matriz de vulnerabilidad de la fachada Oriente del paciente. Elaboración propia (Arellano et al.)

### 14.2.3. Matriz de vulnerabilidad costado sur

**Tabla 21.** Matriz de vulnerabilidad costado sur

Ficha 1 Fachada Sur



Matriz de Vulnerabilidad  
Estudio patológico Capilla del Carmen Monterrey, Nuevo Leon, Mexico



03/31/2024

	Estructura					Suelos
	Fachada	Placa	Columnas	Vigas	Muros	
Fotografía						
Eje			Todas	Cubierta y fachada	De cubierta a nivel de desplante	
Descripción	La capilla se encuentra cubierta de fachada tipo cantera instalada desde su construcción en 1901, la cual se encuentra con presencia de humedades, microorganismos, eflorescencias, falta de mantenimiento y lesiones mecánicas	Destacan las lesiones físicas como ensuciamiento, erosión, manchas y grietas en el concreto. Lesiones mecánicas como desgaste y rotura en elementos de madera de ventanas y puertas.	Presentan desprendimiento de afe en muro y posible corrosión en varilla de armado, por ser patrimonio no se nos permitió realizar una inspección a fondo ya que implica demolición.	La exposición a agentes atmosféricos debido a grietas entre bloques de cantera, provocadas por la pérdida de mortero debido a la erosión, ocasiona que el agua de lluvia y la contaminación se filtren entre los bloques de cantera y los muros de bloque.	Piezas de cantera fracturadas, erosionadas y con pérdida de adhesión y mortero	Suelos aluviales y sedimentarios, que se forman a partir de la acumulación de materiales como arena, limo y arcilla a lo largo de largos periodos de tiempo Nivel Freático varía entre los 8m y 13m
	Materiales	Sismo	Fisuras	Estructura		Cuerpos de agua
				Vegetales	Animales	
Fotografía						
Eje						
Descripción	Hormigon armado con acero de refuerzo de 21 Mpa	15 sismos mayor a 3.5 y menor a 3.9 en la escala de Richter, el menor a 80km del paciente	Se puede evidenciar fisuras en los bloques de cantera por lesiones mecánicas y erosiones	La presencia de vegetación en el andador y eflorescencias en los muros son consecuencias de la humedad por filtración, la exposición a agentes atmosféricos y la deposición de excrementos de aves.	Presencia de esporádica de palomas a lo largo de la edificación	Presentes por agentes atmosféricos y por temporalidad debido a daños en bloques de cantera
Clasificación		A4				
Color		Riesgos que necesitan Monitorización: planes de actuación defectivos.				

*Nota: Se presenta la matriz de vulnerabilidad de la fachada sur del paciente. Elaboración propia (Arellano et al.)*

### 14.2.4. Matriz de vulnerabilidad costado occidente

Tabla 22. Matriz de vulnerabilidad costado occidente

Ficha 4 Fachada Norte		31/03/2024				
		<b>Matriz de Vulnerabilidad</b> Estudio patológico Capilla del Carmen Monterrey, Nuevo Leon, Mexico				
Fotografía	Fachada	Placa	Estructura		Muros	Suelos
			Columnas	Vigas		
Eje			Todas	Cubierta y fachada		De cubierta a nivel de desplante
Descripción	<p>La capilla se encuentra cubierta de fachaleta tipo cantera instalada desde su construcción en 1901, la cual se encuentra con presencia de humedades, microorganismos, eflorescencias, falta de mantenimiento y lesiones mecánicas</p>	<p>Las lesiones más representativas, corresponden a físicas: suciedad, erosión y manchas en bloques de cantera, deformaciones y grietas en el concreto.</p> <p>Lesiones mecánicas: Desprendimientos de bloques de cantera, grietas, fisuras y desgaste en concreto y fisuras en ventanas de madera</p>	<p>Presentan desprendimiento de afine en muro y posible corrosión en varilla de armado, por ser patrimonio no se nos permitió realizar una inspección a fondo ya que implica demolición.</p>	<p>Exposición a agentes atmosféricos por grietas entre bloques de cantera por pérdida de mortero el cual fue por erosión, esto ocasiona que agua de lluvia contaminación entren entre los bloques de cantera y los muros de block.</p>	<p>Piezas de cantera fracturadas, erosionadas y con pérdida de adhesión y mortero</p>	<p>Suelos aluviales y sedimentarios, que se forman a partir de la acumulación de materiales como arena, limo y arcilla a lo largo de largos periodos de tiempo</p> <p>Nivel Freático varía entre los 8m y 13m</p>
Fotografía	Materiales	Sismo	Fisuras	Estructura		Cuerpos de agua
				Vegetales	Animales	
Eje						
Descripción	<p>Hormigon armado de 21 Mpa con acero de refuerzo</p>	<p>15 sismos mayor a 3.5 y menor a 3.9 en la escala de Richter, el menor a 80km del paciente</p>	<p>Se puede evidenciar fisuras en los bloques de cantera por lesiones mecánicas y erosiones</p>	<p>Presencia de vegetación en andador y eflorescencias en muros atribuibles a humedades por filtración, agentes atmosféricos y excremento de aves</p>	<p>Presencia de esporádica de palomas a lo largo de la edificación</p>	<p>Presentes por agentes atmosféricos y por temporalidad debido a daños en bloques de cantera</p>
Clasificación	A4					
Color	 Riesgos que necesitan Monitorización: planes de actuación defectivos.					

Nota: Se presenta la matriz de vulnerabilidad de la fachada Occidente del paciente. Elaboración propia (Arellano et al.)

### 14.3. Matriz de vulnerabilidad

Tabla 23. Matriz de vulnerabilidad

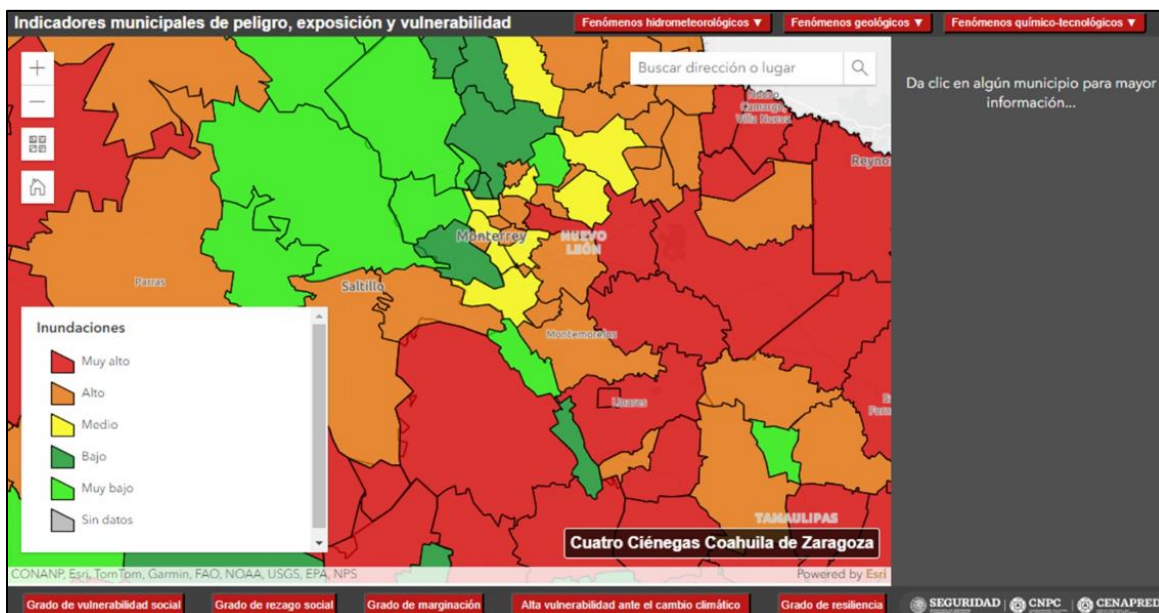
		Matriz de vulnerabilidad					
<b>Probabilidad</b>	Frecuente	5					
	Posible	4					
	Ocasional	3					
	Remota	2			Monterrey NL		
	Improbable	1					
				1	2	3	4
			Muy Leve	Leve	Seria Grave	Grave	Catastrofica
			<b>Severidad</b>				

Ilustración 35 Indicador municipal de peligro por sismo



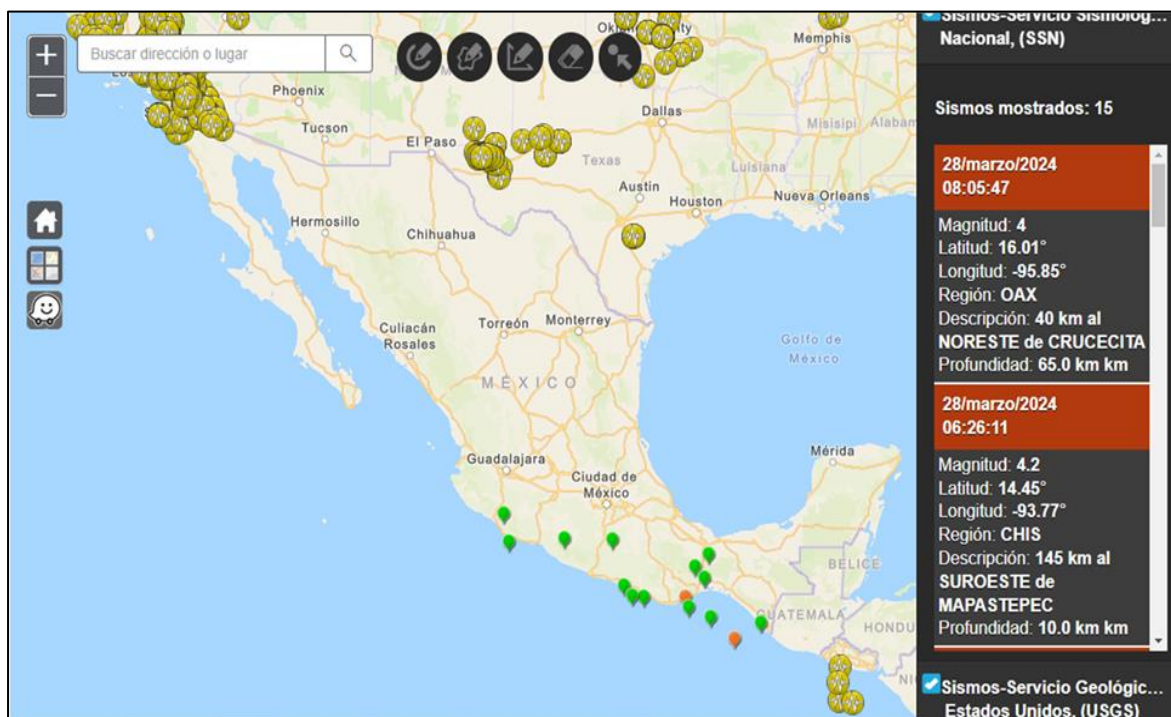
Nota: Adaptado de Atlas Nacional de riesgos, (s.f.), <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>

### Ilustración 36 Indicadores municipales de peligro por inundaciones



Nota: Adaptado de Atlas Nacional de riesgos, (s.f.), <http://www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/>

### Ilustración 37 Registro de sismos



Nota: Adaptado de Atlas Nacional de riesgos, (s.f.), <http://www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/>

## 16. Cronograma de intervención

**Tabla 24.** *Cronograma de intervención*

ID	Actividad	Inicio	Fin
1	Comienzo de Actividades		08/01/2024
2	Revisión de alcance	08/01/2024	08/08/2024
3	Autorización de alcance	08/14/2024	08/21/2024
4	Despliegue de programa		08/21/2024
7	Entrega de recursos	08/28/2024	08/31/2024
6	Planes de trabajo		08/31/2024
5	Selección de contratistas	08/01/2024	08/11/2024
8	Planificación de afectaciones		08/25/2024
9	Ensayos No destructivos	07/09/2024	07/15/2024
18	Ensayos Semi destructivos	07/09/2024	07/15/2024
10	Evaluación de concretos	07/08/2024	07/15/2024
12	Evaluación de maderas	07/08/2024	07/15/2024
13	Estabilización de elementos	09/05/2024	10/23/2024
11	Refuerzo a columnas	10/10/2024	10/20/2024
15	Intervención a losa de azotea	10/20/2024	10/27/2024
14	Intervención a madera ornamental	10/13/2024	10/17/2024
17	Acabados	10/13/2024	12/13/2024
19	Retiro de estabilización a elementos	10/14/2024	12/14/2024
16	Retiro de equipos y limpieza	12/03/2024	12/24/2024
20	Entrega de proyecto.		12/25/2024

*Fuente: Propia (Arellano et al.)*

**Tabla 25.** *Cronograma de intervención*

Fila	Actividad	Abreviacion	Hito / Tarea	Inicio	Final	Avance
1	<b>Alcance</b>		Comienzo de Actividades		08/01/2024	
2	<b>Alcance</b>		Revisión de alcance	08/01/2024	08/08/2024	
3	<b>Alcance</b>		Autorización de alcance	08/14/2024	08/21/2024	
4	<b>Alcance</b>		Despliegue de programa		08/21/2024	
5	<b>Plan</b>	<b>P1</b>	Entrega de recursos	08/28/2024	08/31/2024	
6	<b>Plan</b>	<b>P1</b>	Planes de trabajo		08/31/2024	
7	<b>Plan</b>	<b>P2</b>	Selección de contratistas	08/01/2024	08/11/2024	
8	<b>Plan</b>	<b>P2</b>	Planificación de afectaciones		08/25/2024	
9	<b>Ensayos</b>	<b>T1</b>	Ensayos No destructivos	07/09/2024	07/15/2024	100
10	<b>Ensayos</b>	<b>T2</b>	Ensayos Semi destructivos	07/09/2024	07/15/2024	100
11	<b>Ensayos</b>	<b>T1</b>	Evaluación de concretos	07/08/2024	07/15/2024	100
12	<b>Ensayos</b>	<b>T2</b>	Evaluación de maderas	07/08/2024	07/15/2024	
13	<b>Ejecucion</b>	<b>D1</b>	Estabilización de elementos	09/05/2024	10/23/2024	
14	<b>Ejecucion</b>	<b>D1</b>	Refuerzo a columnas	10/10/2024	10/20/2024	
15	<b>Ejecucion</b>	<b>D2</b>	Intervención a losa de azotea	10/20/2024	10/27/2024	
16	<b>Ejecucion</b>	<b>D3</b>	Intervención a madera ornamental	10/13/2024	10/17/2024	
17	<b>Ejecucion</b>	<b>D3</b>	Acabados	10/13/2024	12/13/2024	
18	<b>Termino</b>		Retiro de estabilización a elementos	10/14/2024	12/14/2024	
19	<b>Termino</b>		Retiro de equipos y limpieza	12/03/2024	12/24/2024	
20	<b>Termino</b>		Entrega de proyecto.		12/25/2024	

Fuente: Propia (Arellano et al.)