

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**REESTRUCTURACIÓN DE UN EDIFICIO HISTÓRICO
(CASO PARTICULAR – IGLESIA SAN PEDRO APÓSTOL)**

JULIO CÉSAR ARMAS TORRES

Asesorado por Ing. Juan Miguel Rubio Romero

Guatemala, enero del 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REESTRUCTURACIÓN DE UN EDIFICIO HISTÓRICO
(CASO PARTICULAR – IGLESIA SAN PEDRO APÓSTOL)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JULIO CÉSAR ARMAS TORRES

Asesorado por Ing. Juan Miguel Rubio Romero

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR:	Ing. Adrián Bonifacio Juárez López
EXAMINADOR:	Ing. Rafael Angel Bolaños Escobar
EXAMINADOR:	Ing. Gabriel de Jesús Ramírez Zaravia
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REESTRUCTURACIÓN DE UN EDIFICIO HISTÓRICO (CASO PARTICULAR – IGLESIA SAN PEDRO APÓSTOL)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de noviembre de 1995.

Julio César Armas Torres

El director de la escuela de ingeniería civil, después de conocer el dictamen del asesor de tesis y el visto bueno del revisor al trabajo de graduación del estudiante Julio Cesar Armas Torres, titulado Reestructuración De Un Edificio Histórico (Caso Particular - Iglesia San Pedro Apóstol) procede a la autorización del mismo.

Ing. Carlos Salvador Gordillo,
Director Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala 26 de enero de 2004.

La Antigua Guatemala,
6 de septiembre de 2002

Ingeniero
Jorge Lam Lan
Jefe del Departamento de Estructuras
Escuela de Ingeniería Civil
Ciudad de Guatemala

Estimado Ingeniero Lam Lan:

Me permito informarle que he revisado el trabajo de graduación del alumno Julio Cesar Armas Torres, titulado Reestructuración De Un Edificio Histórico (caso particular- Iglesia San Pedro Apóstol), Previo a optar el título de Ingeniero Civil. Lo encuentro satisfactorio y de gran utilidad para el Ingeniero Civil en el campo de la restauración de nuestro patrimonio, ya que cumple con los propósitos que motivaron la selección de este tema, por lo que hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado.

Atentamente,

Ing. Juan Miguel Rubio R.
Asesor de tesis.

Guatemala, Guatemala,
28 de octubre del 2003.

Ingeniero,
Carlos Salvador Gordillo,
Director Escuela de Ingeniería Civil:

Me permito informarle que he revisado el trabajo de graduación del alumno Julio Cesar Armas Torres, titulado Reestructuración De Un Edificio Histórico (Caso particular Iglesia San Pedro Apóstol), previo a optar el título de ingeniero civil.

Luego de las observaciones realizadas, lo encuentro satisfactorio, ya que cumple con los propósitos establecidos.

Atentamente,

Arq. Sergio Aroldo Rodriguez Portillo,
Revisor de Tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
GLOSARIO	V
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. LA CONSERVACIÓN DE MONUMENTOS	1
1.1 Conservación del patrimonio cultural	1
1.2 Criterios generales de conservación en sitios históricos	1
1.3 Conservación del patrimonio cultural de Guatemala	2
2. SACATEPÉQUEZ	5
2.1 Orígenes	5
2.2 Ubicación geográfica	5
2.3 Topografía y clima	6
2.4 La Antigua Guatemala	6
2.5 Antecedentes históricos	7
2.6 Historia sísmica del departamento de Sacatepéquez	8
2.7 Características sísmicas del departamento de Sacatepéquez ..	14
3. LA INGENIERÍA CIVIL EN EL CAMPO DE LA CONSERVACIÓN DE MONUMENTOS	17
3.1 La importancia del ingeniero civil en la restauración	17
3.2 La ingeniería y su aplicación en la restauración	18

	Pág.
4. TEMPLO DE SAN PEDRO APÓSTOL	21
4.1 Evaluación histórica	21
4.1.1 Fundación	21
4.1.2 Uso actual	24
4.2 Ubicación	28
4.2.1 General	28
4.2.2 Particular	29
5. PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL TEMPLO	35
5.1 Investigación y análisis arquitectónico	35
5.2 Levantamiento y dibujos del estado actual	38
5.3 Investigación y análisis de alteraciones en intervenciones anteriores	40
5.4 Investigación arqueológica	44
5.5 Características estructurales del edificio	44
5.6 Criterios de restauración y reestructuración a ser aplicados ..	45
5.7 Análisis del comportamiento sísmico y criterios de diseño estructural a utilizar	46
5.8 Propuesta de reestructuración	48
6. INTERVENCIÓN DEL TEMPLO	55
6.1 Procedimientos constructivos	55
7 OTROS ELEMENTOS Y MEMORIA DE CALCULO	61
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

	Pág.
1 Representación gráfica de sismos... ..	13
2 Plano de localización	
30	
3 Plano de conjunto	31
4 Fachada del templo	
32	
5 Elevación oriente	
33	
6 Sección longitudinal	
34	
7 Fachada registro de daños	
49	
8 Elevación oriente registro de daños	
50	
9 Sección longitudinal registro de daños	51
10 Diagrama de cuerpo libre (en explosión)	
52	
11 Diagrama de cuerpo libre	53
12 Planta de reestructuración del templo	57
13 Isométrico en sección vista nor-oriente	58
14 Isométrico en sección vista nor-poniente	59
15 Isométrico en sección vista sur-oriente	
60	
16 Carga muerta	66
17 Carga viva	66

18	Resumiendo aplicación de cargas	67
19	Reacciones por carga muerta	
	68	
20	Reacciones por carga viva	
	69	
21	Vista del artesanado antes de sustituirlo	
	76	
22	Elementos importantes de la armadura	
	76	
23	Empalmes fracturados	
	76	
24	Vista sur antes de eliminar artesanado	77
25	Elevación norte	77
26	Muro poniente	78
27	Vista de la esquina nor-oriental	78
28	Muro oriente	78
29	Muro poniente luego de la reposición	
	79	
30	Fundición de la corona perimetral	79
31	Inicio de colocación de tijeras	
	79	
32	Vista superior al sur del templo	
	80	
33	Vista general del templo	80

TABLAS

I. Coordenadas de cada nudo	67
II. Propiedades utilizadas	68

GLOSARIO

Ábside	Parte final de la nave de la iglesia detrás del presbiterio. Puede ser plano o curvo.
Altar	Mesa ritual en la que se desarrollan la acción eucarística y otros actos litúrgicos de la iglesia.
Arco rebajado	Aquel cuya línea de arranque se halla por encima del centro geométrico.

Artesonado	Cubierta de madera de un edificio en forma de artesa. Empleado por los árabes, pasó a España donde tuvo vigencia. De ahí paso a América. Se usó hasta el siglo XIX.
Azotea	Espacio útil que se aprovecha sobre una bóveda o una cubierta adintelada. El revestimiento podría ser de ladrillo, argamasa o similar. Solía tener pretilas en los bordes que daban al vacío.
Bautisterio	Espacio arquitectónico generalmente colocado a los pies de la nave. Contiene la pila bautismal donde se administra el sacramento del bautismo, se comunica con la nave mediante reja o cancela. Suele tener decoración de pintura mural, cuadros o esculturas del bautismo de Cristo.
Bóveda	Cubierta de un edificio en forma curva constituida por elementos pequeños, geométricamente se engendra por la sucesión de arcos.
Calle	Cada una de las partes verticales en que se divide el retablo o portada; son en número impar denominándose, de acuerdo a su lugar, "calle central" o "laterales".
Campanario	Edificación arquitectónica destinada a colocar las campanas con que se anuncia a los fieles las funciones eclesíásticas. El cuerpo de campanas

suele estar sobre una torre, construcción en forma prismática adosada o exenta del cuerpo del templo.

Conservación

Es toda acción que tiene por objeto prevenir las alteraciones y detener el deterioro de su inicio. En el lenguaje arquitectónico, es sinónimo de mantenimiento; pero en el campo de la restauración, es un término adoptado procedente del área de bienes muebles y museografía.

Para un monumento restaurado, la conservación es una intervención periódica, programada convenientemente de acuerdo con la naturaleza de los materiales sujetos al deterioro.

Consolidación

Proceso que contribuye a la conservación del elemento y tiene por objeto detener las alteraciones sufridas; como el término mismo lo indica, "da solidez" a un elemento que la ha perdido o la está perdiendo. En el lenguaje tradicional se utiliza sin referirse en ningún caso a las condiciones de estabilidad de una estructura arquitectónica.

Cubierta a dos aguas

Forma de cubierta constituida por dos planos inclinados que se unen en su parte más alta. La estructura está constituida por vigas inclinadas

apoyadas en los muros y unidas por tirantes o nudillos.

Frontón

Superficie triangular, curva o mixtilínea con que remata un edificio, portada, retablo, puerta, ventana o nicho. Suele estar decorado con elementos de escultura o pintura. Se denomina "partido" cuando la cornisa que forma el límite superior se abre o interrumpe para dar paso a otro elemento que se inserta dentro del frontón.

Hornacina

Abertura en un muro o en un retablo que sirve para colocar imágenes, jarrones u otros elementos decorativos. Su planta es curva, generalmente semicircular.

Integración

Aportación de elementos claramente nuevos y estructuralmente necesarios para asegurar la conservación del edificio, siendo perfectamente reconocidos.

Investigación y exploración

Para la intervención de cualquier proyecto es importante establecer dos procedimientos básicos: uno, que debe consistir en una interpretación de documentos gráficos e históricos en archivos (investigación de gabinete) y el otro, que se aplica a la exploración y excavación arqueológica realizada en el lugar, tales como pozos de investigación, trincheras (si

son necesarias), vestigios de ladrillos para establecer el nivel de piso original, calas en repellos de paredes y otro tipo de exploraciones que requiera cada proyecto en particular.

Mampostería

Aparejo de piedra desigual dispuesta en forma irregular.

Mantenimiento

Es la acción que tiene por objeto evitar el deterioro, sosteniendo las condiciones de habitabilidad sin alteraciones. Toda obra arquitectónica, monumental o no, supone a su terminación un mantenimiento permanente.

Medio punto

Denomínase al arco directriz semicircular.

Nave

Espacio arquitectónico de un templo limitado por los muros y la cubierta. Salvo excepciones raras, las iglesias tienen un número impar de naves. Se denomina "central" o "laterales" de acuerdo a su colocación en la planta.

Nicho

Concavidad formada en un muro para colocar algo.

Pilastra

Pie derecho. Parte de un orden arquitectónico de forma rectangular que sobresale de la pared.

Lleva los pedestales, bases y capiteles correspondientes.

Presbiterio

Cabecera de la nave de la iglesia destinada a su uso por los sacerdotes o presbíteros. Se halla separado del resto de la nave por el arco triunfal.

Pretil

Parte terminal de una portada o fachada que puede adquirir forma de esfera, pirámide, agujas, etc.

Retablo

Decoración arquitectónica colocada en torno y sobre el altar, en el muro frontal de una capilla. Se utiliza para colocar imágenes o pinturas alusivas a la vida de Cristo, la Virgen y los Santos. Puede tener uno o varios cuerpos. Puede ser de madera, estuco, piedras, mármol, etc.

Reconstrucción

Es todo proceso constructivo necesario para lograr la conservación de un edificio histórico, en el ámbito de la arquitectura existe un temor por el uso de este término.

Reintegración y análisis

Es el proceso que tiene por objeto devolver unidad a elementos deteriorados o desubicados, restituyéndolos a su sitio original. Una forma de reintegración es la llamada anastilosis o reubica-

ción de un elemento desplazado de su posición. Muy pocos casos ofrecen posibilidades para realizar una anástilosis; este es un procedimiento factible de utilizar cuando existen bloques de regular dimensión como material constructivo o decorativo, tal es el caso de la piedra tallada. En el caso de la restauración de esculturas, cuando se cuenta con las partes sueltas, el procedimiento es factible. Esto, desde luego, no excluye la investigación y empleo de materiales iguales a los originales tanto en la forma como en la naturaleza y origen.

Restauración

Tiene como fin conservar y revelar los valores estéticos e históricos de un monumento, y se fundamenta en el respeto hacia los elementos antiguos y las partes auténticas. Se detiene en el momento en que comienza la hipótesis; más allá, todo complemento reconocido como indispensable se destacará de la composición arquitectónica y llevará el sello de nuestros tiempos. La restauración estará siempre precedida por un estudio arqueológico e histórico del monumento.

Sacristía

Espacio arquitectónico situado al lado del presbiterio y que sirve para guardar los vasos y ornamentos sagrados, donde los sacerdotes y

sus ayudantes se revisten para los actos litúrgicos.

Torre

Conjunto estructural colocado junto a un templo o exento del cuerpo del mismo y que está conformado por un cubo, que sirve de base a un cuerpo de campanas con abertura generalmente de arcos.

RESUMEN

El presente documento hace énfasis en la importancia e interés que el ingeniero civil debe poseer para la intervención y valoración de un edificio histórico, con el fin de contribuir a mantener nuestro patrimonio cultural para las futuras generaciones.

Se establece la necesidad de integrar un equipo multidisciplinario entre arqueología, arquitectura e ingeniería, para lograr un buen resultado del proyecto; se muestra un caso particular de restauración y reestructuración de la iglesia de San Pedro Apóstol. Fue rescatado gracias al apoyo de varias instituciones y supervisado simultáneamente por un estudiante de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Asimismo se utiliza una metodología que con información histórica del edificio a intervenir y una serie de sucesos que justifican la recuperación de este edificio.

El último suceso que dañó severamente este edificio fue el terremoto de 1976, que provoca su abandono y luego es recuperado gracias a esta última intervención en 1990, contribuyendo así la Universidad de San Carlos por medio de

la Facultad de Ingeniería a la conservación del patrimonio nacional y de la humanidad.

Se describen características importantes del edificio, tal como su arquitectura, sus intervenciones anteriores, los arquitectos que la construyeron, los acontecimientos históricos más importantes que se presentaron en ella, y se enfoca en los daños más severos que provocaron sus fallas y causas.

Para el análisis del edificio se muestran los procedimientos a seguir antes y durante la intervención, los levantamientos necesarios que permiten analizar sus características estructurales, tomando en cuenta los criterios y leyes de restauración mas acordes a este caso en particular.

Esto nos da los criterios estructurales a aplicar para la propuesta de reestructuración, donde en forma esquemática se muestran los elementos más importantes que la conforman para lograr su reutilización. El documento cuenta con cálculos básicos, dibujos, esquemas y un registro fotográfico del proceso de la intervención.

OBJETIVOS

General

Orientar el campo de la ingeniería civil hacia la conservación del patrimonio cultural, creando sistemas apropiados para la reestructuración de edificios históricos.

Específicos

1. Establecer procedimientos adecuados para la intervención de edificios históricos.
2. Integrar las disciplinas de arqueología, arquitectura e ingeniería para que exista una mejor comprensión de las actividades que cada una debe desarrollar logrando así una intervención óptima.
3. Contribuir y promover las mejoras al servicio del minusválido, que reside en este edificio, para atender sus necesidades como a todo ser humano.

INTRODUCCIÓN

El templo de San Pedro Apóstol es construido desde 1662 con la particularidad de ser el primer templo en que participa Joseph de Porres (Arquitecto Mayor en la época colonial). Es dañado por varios terremotos, finalmente por el de 1976, el cual provoca su abandono, y es entregado por 50 años en usufructo el 31 de diciembre de 1985 a las Obras Sociales del Hermano Pedro.

En marzo de 1988, el Consejo Nacional para la Protección de la Antigua Guatemala nombra al Ing. infieri Julio César Armas Torres como supervisor del proyecto de restauración del templo y se da inicio a la intervención del mismo; finalmente, es inaugurado el 20 de abril de 1990. Dicho templo ha sido integrado a la comunidad antiguëña y es de suma importancia que el estudio realizado para dicho proyecto forme parte de la variada contribución que la Universidad de San Carlos de Guatemala brinda al patrimonio cultural de nuestro país.

Este estudio también pretende proyectar el campo de la ingeniería civil con un interés especial por la conservación del patrimonio cultural nacional, mostrando la intervención de un caso particular como lo es la restauración del Templo de San Pedro Apóstol. Aquí se resalta la importancia de la integración de varias disciplinas para su intervención, por lo que resultará de gran importancia conocer las limitaciones y los grados de dificultad que presenta la intervención de edificios históricos. Este interés de enfocar la ingeniería a la restauración es gracias a las intervenciones varias a edificios históricos en Antigua, cuyas soluciones y criterios son sumamente interesantes. Creo en lo personal que los edificios históricos intervenidos en la ciudad de La Antigua Guatemala son un verdadero laboratorio a gran escala, donde podremos aprender de estas intervenciones y aportar así las experiencias según sea el caso. Quiero, pues, interesar al ingeniero civil en el reto

de analizar y encontrar soluciones diversas usando su talento y conocimiento, respetando las diversas normas y requerimientos que encierra cada intervención.

Este documento muestra un análisis de intervenciones arquitectónicas anteriores, describe sus elementos y características más importantes, así como procedimientos de levantamiento y dibujos antes de la intervención que permite establecer y analizar más características estructurales del edificio. Lo anterior ofrecerá un mejor criterio de análisis de su comportamiento sísmico para establecer el criterio de diseño estructural a utilizar; luego, se da la propuesta de reestructuración donde, en forma esquemática, se da una ilustración de los elementos que pretenden mejorar las características estructurales del edificio.

En forma general, se presentan los cálculos realizados, los elementos de refuerzo y la cubierta más apropiada para este edificio, adjuntando un registro fotográfico del proceso de la intervención realizada.

Conozcamos pues, el caso particular del templo de San Pedro Apóstol.

1. LA CONSERVACIÓN DE MONUMENTOS

1.1 Conservación del patrimonio cultural

En América, el documento fundamental las "Normas de Quito", ha tenido una gran resonancia no sólo en los gobiernos americanos, sino incluso en los europeos. La Carta de Venecia y las Normas de Quito, por su parte, no definen al monumento como una creación arquitectónica aislada, sino también el medio en que éste se encuentra ubicado, ofreciéndonos el testimonio de una civilización particular como una fase representativa de la evolución o progreso, un suceso histórico. Se refiere no sólo a las grandes creaciones, sino igualmente a las obras modestas que han adquirido con el tiempo un significado cultural, ambiental o histórico.

Una ciudad histórica es todo un monumento, tanto por su esquema topográfico, como por su aspecto paisajístico, por las características de sus calles así como por el equipamiento de sus edificios mayores y menores. Tal es el caso que estudiaremos en este proyecto, donde el templo a tratar forma parte de un conjunto monumental que ha sido integrado a una comunidad y a una ciudad histórica viva.

1.2 Criterios generales de conservación en sitios históricos

La conservación y la restauración de los monumentos constituye una disciplina que reclama la colaboración de todas las ciencias y de todas las técnicas que pueden contribuir al estudio y a la protección del patrimonio monumental, así como la orientación de los usuarios.

El equipamiento, el uso correcto del territorio y de los edificios, la revitalización de un centro histórico y, en general la de un ambiente y sitio antiguo, deben ser considerados como parte integrante de la planificación urbanística y de la realización de planes y proyectos de desarrollo.

1.3 La conservación del patrimonio cultural de Guatemala

En términos generales, el patrimonio cultural se divide en dos grandes ramas: Los bienes culturales materiales y los bienes culturales espirituales, clasificándose también en bienes culturales tangibles e intangibles.

Entre los bienes materiales o tangibles tenemos los inmuebles y los muebles, es decir, aquellos constituidos por edificaciones y aquellos que pueden ser llevados de un lado a otro; entre los bienes espirituales o intangibles tenemos las tradiciones, costumbres, etc. Su identificación es relativamente fácil, aunque es importante recordar que no necesariamente deben ser obras de arte, ni deben tener una gran antigüedad.

En un país como el nuestro, de grande y rica trayectoria histórico-cultural, existe una expresión popular tradicional, que es producto de la interacción entre nuestras culturas y circunstancias históricas sociales, lingüísticas, ecológicas, tecnológicas y políticas. Este resultado cultural experimenta un proceso evolutivo constante, producto del desarrollo de los pueblos, el cual debe ser identificado, conocido, estudiado y registrado para su comprensión, protección y conservación. Históricamente, los bienes culturales en Guatemala corresponden al período prehispánico, a la etapa de colonización hispana y al período independiente. Las obras realizadas durante cada una de las épocas responde a situaciones específicas que nunca y por ninguna circunstancia podrán reproducirse.

De ahí la importancia de conservarlas en su forma original, como testimonio de que son de nuestro origen y devenir histórico, base de la identidad cultural que hoy buscamos afianzar. La legislación guatemalteca contempla la protección de los bienes culturales por medio de la Constitución Política de la República de Guatemala, y leyes específicas, así como, aquellos que por su valor histórico, artístico, urbanístico o arquitectónico sean declarado como monumentos nacionales.

Sin embargo, la calidad monumental de una obra no debiera estar sujeta al trámite legal sino al sentimiento de respeto que genera en cada uno de nosotros el reconocer nuestro origen en el objeto que está ante nosotros. La carta de Atenas de 1931 recomienda en este sentido, que los educadores traten con mucha atención de habitar a la infancia y a la juventud, de abstenerse de actos que pueda degradar al monumento y los induzca a entender su significado e interesarse siempre más por la protección del testimonio material de cada civilización.

2. SACATEPÉQUEZ

2.1 Orígenes

El departamento de Sacatepéquez fue creado por Decreto de la Asamblea Constituyente del 4 de noviembre de 1825, durante el gobierno del general Manuel José Arce. El nombre exacto del departamento es Sacatepéquez, que significa sacat = hierba o pasto, y tepet = cerro; o sea, Cerro de Hierbas o Pasto.

La población total del departamento es de 13,880 habitantes. (Dato publicado por el Comité de Reconstrucción Nacional, enero de 1988).

2.2 Ubicación geográfica

El departamento de Sacatepéquez se encuentra localizado en la región central de Guatemala. Con latitud norte $14^{\circ}33'30''$ y longitud oeste $90^{\circ}43'50''$, del meridiano de Greenwich.

El departamento es el más pequeño de la región central y del país; mide en extensión territorial 464 Km. cuadrados. Colinda al norte con el departamento de Chimaltenango, al este con el departamento de Guatemala, al sur con el departamento de Escuintla y al oeste nuevamente con el departamento de Chimaltenango.

2.3 Topografía y clima

El relieve del departamento es bastante variado, debido a que se encuentra situado sobre la cadena montañosa de la Sierra Madre, alternando con mesetas, valles y conos volcánicos. El río Guacalate es su principal arteria acuífera que recibe varios afluentes, siendo el más importante el río Pensativo.

El clima predominante de la región es templado, la temperatura promedio es de 18.4 grados centígrados y la altura promedio está entre los 1500 y 1800 metros sobre nivel del mar.

2.4 La Antigua Guatemala

La cabecera del departamento ocupa una extensión territorial de 78 Km. cuadrados. Limita al norte con Jocotenango, y San Bartolomé Milpas Altas; al este con Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas; al sur con Santa María de Jesús; al oeste con San Antonio Aguas Calientes, Ciudad Vieja y Santa Catarina Barahona, municipios del departamento de Sacatepéquez.

La Antigua Guatemala tiene un régimen municipal de primera categoría. Posee doce aldeas. Doce caseríos y la cabecera municipal y departamental con categoría de ciudad.

2.5 Antecedentes históricos

En el Valle de Panchoy existe una vieja e interesantísima ciudad, conocida hoy con el nombre de La Antigua Guatemala, bautizada por sus fundadores con el de Santiago de los Caballeros de Goathemala. Está situada no lejos de la primitiva y malograda capital fundada en las faldas del volcán de Agua, destruida en 1541 y hoy llamada Ciudad Vieja.

Al escoger el sitio de la nueva capital, los fundadores de La Antigua han de haber tomado en cuenta no sólo la belleza del sitio sino también otras ventajas. Así es como ahora todo visitante aprecia en particular este hecho significativo. La magnificencia e importancia de la ciudad ha disminuido, pero las colinas que la rodea, el fértil valle y los grandes volcanes que la dominan permanecen iguales.

Conquistadores y clérigos compartieron las responsabilidades de construir la nueva capital. Lo que hoy queda es un tributo a esos hombres. Planearon bien y construyeron para el futuro. No podían, sin embargo, prever los desastres, la acción del tiempo, los repetidos terremotos y las irrespetuosas manos de los hombres que han dejado sus cicatrices. No obstante todo ello, no ha desaparecido la ciudad desde la cual Centroamérica fue gobernada 240 años.

Cuando se hicieron los planes existían tres grupos de religiosos listos para empezar la construcción de sus conventos en La Antigua. Estos tres grupos lo integraban las órdenes de San Francisco, Santo Domingo y La Merced. Aunque más tarde vinieron otras, estas tres fueron las iniciadoras y presentaron importante papel en la vida de la ciudad colonial durante toda su historia. No se necesita mucha imaginación para figurarse la pompa religiosa y civil que fue corriente en La Antigua durante sus años de apogeo. En verdad, La Antigua fue una metrópoli, así como una verdadera ciudad capital.

Pero las fuerzas de la naturaleza continuaron afectando a la bella ciudad y después del desastroso terremoto de 1773, vinieron órdenes del Rey de España para abandonarla como capital. Pero La Antigua no murió, a pesar de que gran parte de sus habitantes se marchó a la nueva capital. Muchos otros no se movieron y hoy es todavía la capital de un departamento y una de las ciudades pequeñas más interesantes de América y, porque no decirlo, del mundo.

2.6 Historia sísmica del departamento de Sacatepéquez

El departamento de Sacatepéquez se encuentra en una zona de actividad sísmica-volcánica frecuente que, en varias oportunidades ha sido sacudido por sismos y actividad asociada al volcanismo de la zona.

El historial sísmico de la región es el siguiente:

1500

- | | |
|------------------------|---|
| 1526 | Fuertes temblores en el Valle de Panchoy. (Volcán de Fuego en espectacular erupción). |
| 1530, 21 de marzo | Temblores con características de terremoto en la capital del Reino de Guatemala. Foco local en el Valle de Panchoy. Temblores muy fuertes en la región de Quetzaltenango y San Marcos. Foco local en el Valle de Panchoy. |
| 1541, 11 de septiembre | Destrucción de la ciudad capital de Guatemala en el Valle de Almolonga, por una correntada de agua que bajó del volcán de Agua. Actualmente se tiene por seguro que en tal catástrofe no intervino fenómeno sísmico alguno. |
| 1565, septiembre | Conmociones sísmicas en la regiones centrales del territorio. Foco local en Panchoy. |
| 1575 | Fuertes temblores en el Valle de Panchoy. Foco local en Panchoy. |
| 1576 | Fuertes temblores en la Ciudad de Guatemala. Foco local en Panchoy. |

1600

- 1607, abril Fuertes sismos en la región central del territorio. Apreciables daños en la ciudad capital de Guatemala con derrumbes de casas y saldo de varios muertos. El día 8 se registró el último temblor fuerte, día de San Dionisio. Foco local en Panchoy, Falla del Motagua.
- 1651, 18 de febrero A las 13:00 horas se inició una serie de tres temblores fuertes precedidos por alarmantes retumbos. Se derrumbaron varias casas y se oyeron tocar las campanas de los templos. Foco local en Panchoy. Estos temblores duraron hasta mediados de abril.
- 1676 Temblores regulares acosaron La Antigua capital del Reino, durante el año.

1700

- 1717, 27 de agosto Se produjo el terremoto de San Miguel a las 18:00 horas exactas, afectando principalmente a la ciudad de Guatemala. Erupción del Volcán de Fuego, que se prolongó varios días. Foco local.
- 1737, 29 de septiembre Temblor fuerte en la capital a las 19:00 horas, seguido de una serie que afectó seriamente varias iglesias y derrumbó algunas viviendas en mal estado. Foco local en Panchoy (Falla del Motagua).
- 30 de septiembre A las 09:00 horas, fuerte temblor que dañó gran parte de la ciudad capital habiéndose registrado daños

	materiales y pérdidas de vidas. Terremoto local en Panchoy.
3 de octubre	Fuerte temblor que ocasionó nuevos daños.
1751, 4 de marzo	Fuertes temblores en la ciudad capital, a estos sismos se les llamó "De San Casimiro". Hubo daños apreciables y pérdidas de vidas. Terremoto local en Panchoy.
1773, julio	<p>Terremotos de Santa Marta el 11 de julio a las 05:00 horas, y a las 17:00 horas se sintieron fuertes temblores que iniciaron la destrucción de la ciudad capital de Guatemala en el Valle de Panchoy.</p> <p>El 29, a las 15:45 horas, se verificó uno de los terremotos más terribles de que da fe a la historia de nuestro país. A éste siguió una serie de temblores más o menos fuertes que duraron hasta el 12 ó 15 de septiembre del mismo año.</p> <p>Los datos que existen de la características del sismo principal son las siguientes: Desplazamiento aparente horizontal de la tierra, más o menos media cara (45 centímetros), período aproximado, 0.6 segundos. Las pérdidas materiales fueron numerosas, ya que la cantidad de muertos pasó de la centena. Estos sismos continuaron hasta el mes de diciembre del mismo año. El 13 y 14 todavía se sintieron tres fuertísimos temblores que acabaron de echar por tierra lo que aún quedaba en pie.</p> <p>Esta catástrofe decidió definitivamente el traslado de la ciudad capital del Valle de Panchoy al Valle de la Ermita, distante unos 50 kilómetros al noreste del primero y que es el lugar donde se encuentra</p>

actualmente. El foco de los sismos de 1773 se atribuye a un epicentro local en el Valle de Panchoy, que no volvió a entrar en actividad sino hasta el terremoto del 4 de febrero de 1976, formando parte del Motagua, que con estos últimos sismos denunció la existencia y las condiciones de actividad potencial sospechadas desde hace varios años al iniciarse las investigaciones sísmicas formalmente.

1800

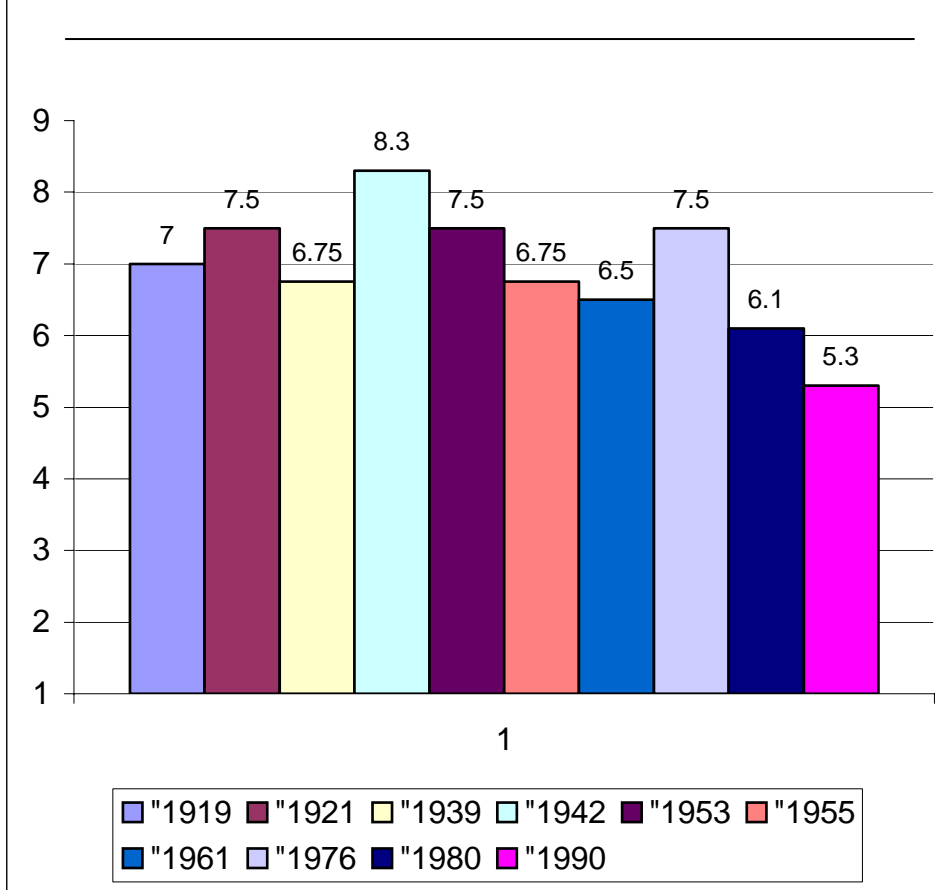
1860, 18 de enero	En la ciudad capital se sintió un temblor aislado relativamente fuerte.
1 de febrero	Desde esta fecha hasta el día 4 se oyeron fuertes retumbos en toda la región central de Guatemala. Volcán de Fuego en aparente actividad.
1862, 23 de mayo	Se sintió un temblor mayor (trepidación). Petapa.
19 de diciembre	Probablemente después del medio día, se presentó un fuerte temblor que afectó tanto la ciudad capital, como la ciudad de La Antigua, Alotenango, Tecpán, y Escuintla. Se sintió en el Puerto de San José, y El Salvador. Al parecer hubo estragos materiales con el derrumbe de cornisas, daños en varias iglesias y construcciones antiguas. (focos de la falla del Motagua).
1874, agosto	Fuertes retumbos en La Antigua Guatemala, así como algunos temblores de poca importancia.

1880, 29 de junio	Con la erupción del Volcán de Fuego se sintieron fuertes retumbos en La Antigua Guatemala.
1882, 1 de marzo	Después de un temblor ligero se oyeron fuertes retumbos en La Antigua Guatemala. (Volcán de Fuego).
8 de junio	A las 23;00 horas se sintió un temblor en La Antigua Guatemala y en la capital. (Foco, Chimaltenango).
10 de junio	A las 23:00 horas se sintieron varios temblores pequeños en la capital.
15 de junio	Temblores regulares en La Antigua Guatemala.
21 de julio	Se repitieron los mismos en La Antigua.
23 de agosto	Réplicas de los anteriores en La Antigua. (Focos de Panchoy).

1900

Figura 1

Representación gráfica de sismos registrados de mayor intensidad por década, según el insivumeh



Sismos del siglo XX ocurridos en Guatemala (1900 – 2000)

1976, febrero

En la madrugada del 4 de febrero (3 horas, 2 minutos y 33 segundos), un violento sismo sacudió la mayor parte del territorio nacional, dejando 25,000 muertos, 75,000 heridos y la destrucción aproximada 147,000 viviendas. Localizándose el epicentro en el municipio de Gualán, del departamento de Zacapa, detectándose una magnitud de 7.5 grados en la escala de RICHTER.

Después de este sismo, siguió una serie de sismos, sintiéndose el día viernes 6 de febrero (12 horas, 19 minutos y 22 segundos), el mayor sismo después del ocurrido el 4 del mismo mes. Dicha serie de se debió a réplicas derivadas de la activación de la falla del Motagua, y fallas secundarias, como la de Mixco, Chimaltenango, Tecpán y Patzún, dejando esta actividad alrededor de 1,500 muertos y 5,000 viviendas destruidas en el departamento de Sacatepéquez.

2.7 Características sismológicas del departamento de Sacatepéquez

Sacatepéquez se encuentra localizado en una zona de actividad sísmica-volcánica frecuente y que, en anteriores oportunidades, ha sido afectada por sismos destructores y actividad asociada al volcanismo de la zona que ha causado destrucción.

Como es sabido, la ciudad capital del Reino de Guatemala, fue fundada por don Pedro de Alvarado en Iximché, en el año de 1525 (24 de julio), habiendo sido trasladada al Valle de Almolonga casi en las faldas del Volcán de Agua en la fecha del 22 del noviembre de 1526, fue trasladada varias veces por acontecimientos sísmicos catastróficos a diferentes regiones del territorio con un afán muy razonable de alejarse de los centros activos generadores de los terribles efectos terrestres.

En el Valle de Almolonga, la ciudad fue parcialmente dañada por una avalancha de fango y piedras, provocada por el escurrimiento de las aguas de lluvias torrenciales caídas sobre las faldas del volcán. Por esta causa la población fue movida al Valle de Panchoy, pero distante únicamente a ocho kilómetros al

sudeste de su antigua ubicación. Aunque en 1607 ya se había sentido y experimentado ciertos sismos alarmantes en la nueva ciudad, no fue sino hasta la fecha de los terremotos llamados de Santa Marta, en 1773, cuando se decide el traslado de la ciudad al Valle de la Ermita, en cuyo lapso se presentaron nueve acontecimientos sísmicos, algunos de características catastróficas y alarmantes.

Desde esta última fecha, la frecuencia e intensidad de los eventos sísmicos decreció y prácticamente no se volvió a experimentar ningún efecto catastrófico importante sino hasta el terremoto de 4 de febrero de 1976.

Como se podrá observar, existe una concentración de eventos al oeste de La Antigua Guatemala. Estos sismos son originados por fallos transversales a la falla de Motagua, y que han mostrado actividad a partir del terremoto de 1676; además, se puede notar la falla de Santa Catarina Barahona, con una actividad menor a los fallamientos anteriores mencionados, también es importante hacer notar el volcanismo existente en el área, el cual ha sido causante de varias catástrofes.

Conociendo estos datos sabemos que debemos diseñar para una zona altamente sísmica, por lo que es indispensable intervenir y reforzar los edificios históricos con este criterio sin olvidarnos que están localizados en una ciudad viva.

3. LA INGENIERÍA CIVIL EN EL CAMPO DE LA CONSERVACIÓN DE MONUMENTOS

En la intervención de un monumento histórico deben participar un arquitecto, un arqueólogo y un ingeniero, donde el arquitecto manifieste el valor arquitectónico, las soluciones espaciales, la importancia de los elementos y el uso

digno del edificio, en base al informe de investigación histórica proporcionado por el arqueólogo, quien conoce los hechos históricos que pudieran trascender en él.

En base a estos informes y constante avance de otras investigaciones de campo, el grupo multidisciplinario puede apoyarse para dar la mejor solución al problema.

3.1 La importancia del ingeniero civil en la restauración

La función del ingeniero en relación al tema de la restauración, generalmente esta substraído, pero es el ingeniero quien debe responder o atender las necesidades específicas de este ramo que demanda la sociedad de la cual forma parte. En Guatemala se cuenta con buen número de conjuntos monumentales: tanto prehispánicos, precolombinos, como edificios coloniales que tienen un alto valor histórico y han venido recibiendo en épocas recientes la atención debida y el esfuerzo tendiente a su restauración, conservación y protección contra acciones futuras, especialmente los movimientos sísmicos.

Entre arquitectos es tradicional la distinción hecha acerca de los términos restauración, remodelación, renovación y conservación. El ingeniero puede mantenerse inmune a esta polémica y, en cambio, extraer el mejor provecho del análisis de las secuelas inevitables en la aplicación de un arte imperfecto por parte de los constructores primitivos, cuyos errores enmendados por el tenaz propósito de acertar, han producido al cabo de los siglos las modernas ciencias de las que puede vanagloriarse justamente.

Hasta el siglo XIX no existía en el mundo una conciencia generalizada del valor histórico y el significado del patrimonio monumental; como consecuencia, no había leyes ni organismos encargados de su salvaguardia y conservación. Hasta hace sólo algunas décadas tampoco se concedía valor monumental a los conjuntos zonas o sitios. Por esta razón, muchas zonas y edificios históricos

fueron mutilados o destruidos, y muchos bienes muebles se substraieron de sus sitios e incluso se exportaron quedando velado un elemento histórico.

Es importante, pues, que el ingeniero con sensibilidad entre en este bello campo que proporciona grandes logros para el campo de la conservación y a la vez nos da la satisfacción de poder contribuir a mantener materializada la cultura de nuestros antecesores.

3.2 La ingeniería y su aplicación en la restauración

Los distintos tipos de edificios, las diferentes técnicas que se utilizaron para construirlos y los diversos grados de dificultad que presenta cada obra para su restauración, son causas que obligan a la formación de especialistas en la restauración con características muy particulares. Deben conocer la historia de la arquitectura en la restauración, los diferentes sistemas constructivos y los materiales que se emplean, sin ignorar el marco legal de la restauración de monumentos y sitios históricos de Guatemala.

Dentro del grupo multidisciplinario constituido de acuerdo con la concepción moderna del ataque de este tipo de problemas, el ingeniero juega un papel importante, algunas de cuyas participaciones conoceremos en el presente trabajo.

En relación con los movimientos sísmicos, constituidos en enemigos casi invencibles de los primeros constructores españoles en América, con admirable tenacidad se trató siempre de reconstruir lo perdido, haciéndolo más fuerte y más pesado que antes, logrando volúmenes y efectos de gran belleza (contrafuertes, arcos estructurales, etc.). Es importante, pues, poner al servicio de la conservación de monumentos las aplicaciones posibles de la desarrollada ingeniería del presente.

4. TEMPLO DE SAN PEDRO APÓSTOL

4.1 Evolución histórica

4.1.1 Fundación

Aún antes de que se hiciera la unión del Hospital Real de Santiago con el de San Alejo, se proyectaron otras instituciones para servir a los clérigos.

Se dispuso, por parte del Cabildo Eclesiástico, que de las rentas de los diezmos de la Catedral se separara la novena y media parte para la fabricación y manutención de un hospital para los eclesiásticos. Se trataba así de favorecer a los sacerdotes, diáconos y subdiáconos pobres que enfermaran; y así se acostumbró hasta el año de 1646, en que el obispo, doctor don Bartolomé de González Soltero, observando que ya entonces las rentas habían aumentado, dispuso comprar un predio donde se construye aquel hospital; predio que había pertenecido a López Rodríguez de las Barillas, y se encontraba localizado en la Calle de la Sangre de Cristo, y a una cuadra al sur de la Plaza Real, frente al Colegio de Indios y a la Plazuela de San Pedro; ocupando una manzana de extensión.

El 16 de octubre de 1654, el Cabildo Eclesiástico ordenó poner en obra el hospital.

Se inició la obra del Hospital de San Pedro Apóstol, el 3 de noviembre de 1654. El alarife Juan Pascual, trazó el plano del hospital después de 1653, y antes de su muerte la obra estaba muy avanzada. El arquitecto Joseph de Porres terminó el hospital el 6 de diciembre de 1662, después del fallecimiento de Juan Pascual.

Varios arquitectos trazaron o trabajaron en el Hospital de San Pedro mientras se ensanchaba; entre ellos se encontraban Joseph de Porres y Diego de Medina (1721); Diego de Porres (1730), y Juan de Dios Estrada (1739).

Antes de que se construyera la iglesia de San Pedro, se utilizó una sala en el hospital como oratorio hasta que pudo construirse la iglesia (poniéndose la primera piedra en noviembre de 1662). La iglesia aún no había sido terminada en 1665, y le faltaban los 10 arcos que soportaban las 3 bóvedas de la nave y la cúpula sobre el presbiterio. Fue este templo el que sirvió de Catedral provisional, desde 1669 hasta noviembre de 1680, mientras se estaba construyendo la nueva Catedral.

Esta iglesia tiene la trascendencia de ser la primera diseñada y construida completamente por Joseph de Porres.

La bendición de esta casa, así como de la primera piedra para la iglesia, la hizo el obispo Fray Payo Enríquez de Rivera. La iglesia fue inaugurada el 2 de diciembre de 1675.

Se eligió como primer Rector del hospital a don Antonio Alvarez de la Vega y como enfermero mayor y económico a don Salvador Rebrija, los cuales lo administraron en su inicio, hasta que, por Cédula Real, se les adjudicó dicha misión a los hermanos de San Juan de Dios, quienes tomaron posesión del hospital en mayo de 1663, prácticamente marcándose ese año como el de la fundación.

Con los terremotos de 1717, tanto el hospital como la iglesia fueron destruidos, las bóvedas se arruinaron bastante y no fue hasta 1730 cuando la iglesia fue reparada y fueron cambiadas las bóvedas por artesonado.

Se tienen pocas referencias del estado del hospital y de la iglesia después de los terremotos de 1773, el edificio se destruyó y se dijo que la iglesia estuvo sin techo hasta 1869, cuando se reconstruyó.

Con el terremoto de 1773, la situación varió completamente y el hospital de San Pedro que se encontraba tan ordenado, se vio en circunstancias tan aflictivas por el hecho de tener que atender no solamente al elemento clerical sino a toda clase de personas; y hasta se construyó una sala para asilar en ella a los leprosos y sarnosos. Sufrió aquel establecimiento pérdidas considerables en sus edificios y, especialmente, su iglesia.

En 1847 se pensó trasladar el referido hospital a una casa situada en las inmediaciones del Cementerio de San Lázaro (antiguo hospital para leprosos); pero no se llevó a cabo por razones de higiene. Se reconstruyó todo lo posible, especialmente se hizo su iglesia, que se estrenó el 24 de octubre de 1869, no con el nombre de San Pedro Apóstol, sino con el de San Juan de Dios, por razón de que los religiosos atendían el hospital Real de Santiago y consideraron justo dar el mismo nombre a la que había surgido en su misión.

Los religiosos de San Juan de Dios siguieron encargados de él hasta 1865, cuando unas monjas capuchinas de la Divina Pastora lo tomaron bajo su dirección, hasta el año 1869. Desde entonces, las Hermanas de la Caridad de la Congregación de San Vicente de Paúl han atendido a los enfermos del hospital. Con la llegada de las Hermanas de la Caridad es posible que se hayan cambiado los detalles de la fachada de la iglesia y de la entrada del hospital en esa fecha. Según el escritor Verle Lincoln Annis, el ataurique no es del tipo que se encuentra en las iglesias del siglo XVIII, pero las formas básicas son típicas y parece probable que no haya habido cambios estructurales.

Hacia 1882, una vez más se le cambia de nombre al hospital, llamándose Hospital Nacional por disposición gubernativa y que conserva hasta 1950 en que se le da el nombre de Hospital Nacional "Pedro de Bethancourt", en homenaje a la memoria del entonces Beato fundador del hospital de Belén y protector de los afligidos. Y hasta 1976 prestó importantes servicios, siendo el único en la ciudad de La Antigua Guatemala que se ha sostenido a través de nuestra historia.

Con los terremotos de San Gilberto del 4 de febrero de 1976, la edificación completa hospital-iglesia sufrió severos daños, lo que obligó a las autoridades a cambiar el hospital provisionalmente a otra parte (Rancho Limajay), quedando en estado ruinoso y de abandono, produciendo también peligro constante, ya que su estructura portante quedó en muchas de sus partes con poca estabilidad.

4.1.2 Uso actual

Convertir el conjunto monumental del antiguo Hospital de San Pedro en una obra completamente restaurada, vendría indudablemente a dar un beneficio humano y social de profundo valor, aplicándose en ayudar a numerosas personas que, infortunadamente, no gozan de todas las maravillas que conforman el patrimonio humano, tanto a nivel físico como espiritual.

Fray Guillermo Bonilla Carbajal, religioso franciscano, con la ayuda de un grupo de muchachos denominado "Tenerife" (llamado así por ser el lugar de nacimiento del hoy Santo Hermano Pedro de Bethancourt, protector de los menesterosos, enfermos y minusválidos), lograron llevar adelante la idea de fundar un hogar para el convaleciente, que por limitaciones económicas no podía contar con el tratamiento y cuidado adecuado una vez salido del Hospital General. Fray Guillermo Bonilla y el grupo de jóvenes colaboradores, iniciaron una serie de actividades con el propósito de conseguir recursos y ayuda de toda clase para dar albergue a estos convalecientes y otras personas necesitadas; y no fue sino hasta

el 16 de marzo de 1983 que se fundó la Casa del Convaleciente del Hermano Pedro (6a. Calle Poniente No.20), en la que se atendían, como se mencionó anteriormente, aquellas personas de escasos recursos que no podían contar con alimentos y medicinas necesarias para su completa recuperación.

Pero la casa era pequeña y los pacientes ya eran muchos, por lo que se trasladan a una casa con más amplitud en la 3a. calle poniente No.6, en donde se les atiende mejor y más cómodamente.

Al año siguiente, por razones obligadas, debido a que existe en nuestro medio un sin número de niños minusválidos que son poco atendidos, tanto en medicinas como en alimentación, se fundó el 17 de septiembre de 1984 el Hogar del Niño Minusválido "Santa María Niña" (2a. Calle Poniente); actualmente es un hogar que posee mucha solicitud de toda la república para atender casos críticos, existiendo alrededor de 79 niños con problemas de psicomotricidad y problemas físicos.

Posteriormente, el 7 de noviembre de 1984 se fundó el Hogar del Anciano Ciego "San Francisco de Asís" (1a. Calle del Chajón No.1), en el que se da asistencia a ancianos no videntes de escasos recursos y que no pueden ser atendidos en sus hogares o que son marginados de ellos; el hogar en la actualidad cuenta con 34 ancianos sin familia.

Luego, el 19 de abril de 1985, se funda el Hogar del Hermano Inválido "San Miguel Febres Cordero" (2a. Calle No.6), en el que se asiste a minusválidos, tanto adultos como niños, dándoles ayuda médica, medicinas, vitaminas y alimentación adecuada. En la actualidad existen alrededor de 66 minusválidos, habiendo una gran cantidad de solicitudes de ingreso por parte de familiares de minusválidos de todas partes del país.

Estos hogares y casas se ubican dispersamente en la ciudad, ocupando inmuebles particulares en los que es necesario pagar una renta mensual que permita la permanencia de los mismos, y muchas veces se les hace insuficiente por falta de espacio. La Casa del Convaleciente se ubicó desde el 13 de febrero de 1984, en la parte nor-poniente del conjunto monumental en ruinas del Hospital de San Pedro, gracias a que, después de varios trámites, se consiguió en diciembre de 1983 que el señor alcalde, Perito Contador Armando Coloma, y del señor gobernador departamental, Doctor Víctor Manuel Asturias, otorgaron un área del edificio del hospital derruido para reconstruirlo y habilitarlo por el término de diez años, al cual se ha ido sumando, paulatinamente, trabajos de infraestructura e instalaciones que permitan áreas limpias y bien protegidas de las inclemencias del tiempo.

Los cuatro hogares funcionan auténticamente de la caridad pública desde la creación de los mismos, recibiendo en donación dinero, comida, medicinas, servicios médicos, etc.

Como el área del Hospital de San Pedro forma parte del patrimonio con que cuenta la municipalidad local bajo su directa responsabilidad, la Administración Municipal, a cargo del alcalde Coloma y con la colaboración de la esposa del gobernante de esa época, lograron que por Acuerdo Municipal No.116-85 (31 de diciembre de 1985) se diera en usufructo a Fray Guillermo Bonilla, por un período de 40 años más, el local del antiguo hospital, lo que hace un total de 50 años.

La reparación del edificio se reinició el 15 de enero de 1986, con la ayuda de los franciscanos de Alemania, los padres de la Inmaculada de Nueva York y de filántropos nacionales. Muchos jóvenes de buena voluntad y por un pago mínimo, ayudan en diferentes trabajos: pintando, recogiendo ripio, limpiando, jardinizando, etc. El edificio es de una manzana y todavía hay una gran área sin reconstruir, así

como la iglesia que se está restaurando para que los pacientes del hospital puedan asistir a la Santa Misa, y para beneficio de todo el pueblo católico.

El 22 de junio de 1986, VI Aniversario de la Beatificación del Hermano Pedro, se trasladó a los salones reconstruidos a los pacientes de los hogares San Miguel Febres Cordero y Santa María Niña; contando desde ya con instalaciones de enfermería, farmacia (interna y externa), consulta (interna y externa), odontología, costurería, dormitorios, comedores, cocina, panadería, capilla, lavandería, aulas para dar clases, etc.

Más tarde, en febrero de 1987, se trasladó también a los pacientes del Hogar del Anciano Ciego "San Francisco de Asís".

Y por último, Fray Guillermo, el 2 de agosto de 1986, fundó la: "Casa Belén" para Niños Desnutridos, en donde atiende a niños que carecen de la fórmula básica para una alimentación adecuada para su desarrollo, brindándoles cuidados especiales. La casa cuenta actualmente con 22 niños desnutridos. El 7 de noviembre de 1987, se inauguró la piscina que se usa en la hidroterapia para los minusválidos de todas las edades. Está a cargo de una fisioterapeuta de nacionalidad holandesa. En la misma fecha quedó inaugurada la escuelita para niños especiales "Fray Tomás Zavaleta", que cuenta con seis aulas y es atendida por siete profesores, una secretaria y dos conserjes.

Actualmente, son atendidos alrededor de 400 enfermos, que concurren de toda la República de Guatemala y cuentan con un personal aproximado de 150 miembros, de donde se deduce que en un tiempo relativamente corto se ha progresado a base de sacrificios donde la iniciativa privada juega un papel sumamente importante.

Es importante anotar que se ha invertido gran cantidad de dinero en la reparación del hospital, con la finalidad de que el conjunto pueda dar una estabilidad y seguridad para poder centralizar allí esta obra de inmenso valor humano, social, cultural y religioso.

4.2 Ubicación

4.2.1 General

El edificio que alberga las instalaciones de la "Casa del convaleciente el Hermano Pedro", está localizado en la Ciudad de Antigua Guatemala, en el departamento de Sacatepéquez.

Su dirección original era Calle de las Campanas, siendo su dirección actual la 3a. Avenida Sur y 6a. Calle Oriente, esquina. (Ver plano de localización).

La propiedad está registrada en la finca No.975, folio No.186, del libro 32, Sacatepéquez.

Entre las edificaciones de más importancia que rodean al mencionado edificio se encuentran:

Al norte, sobre la 6a. Calle Oriente (antes Calle de Los Peregrinos), está el colegio Tridentino, así como la Casa Cuna "Roberto Arzú" (anexo de la Casa del Convaleciente el Hermano Pedro).

Al sur, sobre la 7a. Calle Oriente (antes Calle de Chipilapa) existen casas particulares solamente; mientras que al oriente, sobre la 3a. Avenida Sur (antes Calle de las Campanas), se encuentra el parque La Unión (antes Plazuela de San Pedro).

Finalmente, al poniente, sobre la 4a. Avenida Sur (antes Calle del Conquistador), se encuentra el Hogar de Ancianos Fray Rodrigo de la Cruz.

4.2.2 Particular

La Casa del Convaleciente se ha ido restaurando por fases. La 5a. fase, consistió en la restauración de la iglesia; localizada en la 6ª. Calle y 3ª. Avenida, esquina.

Figura 2 Plano de localización

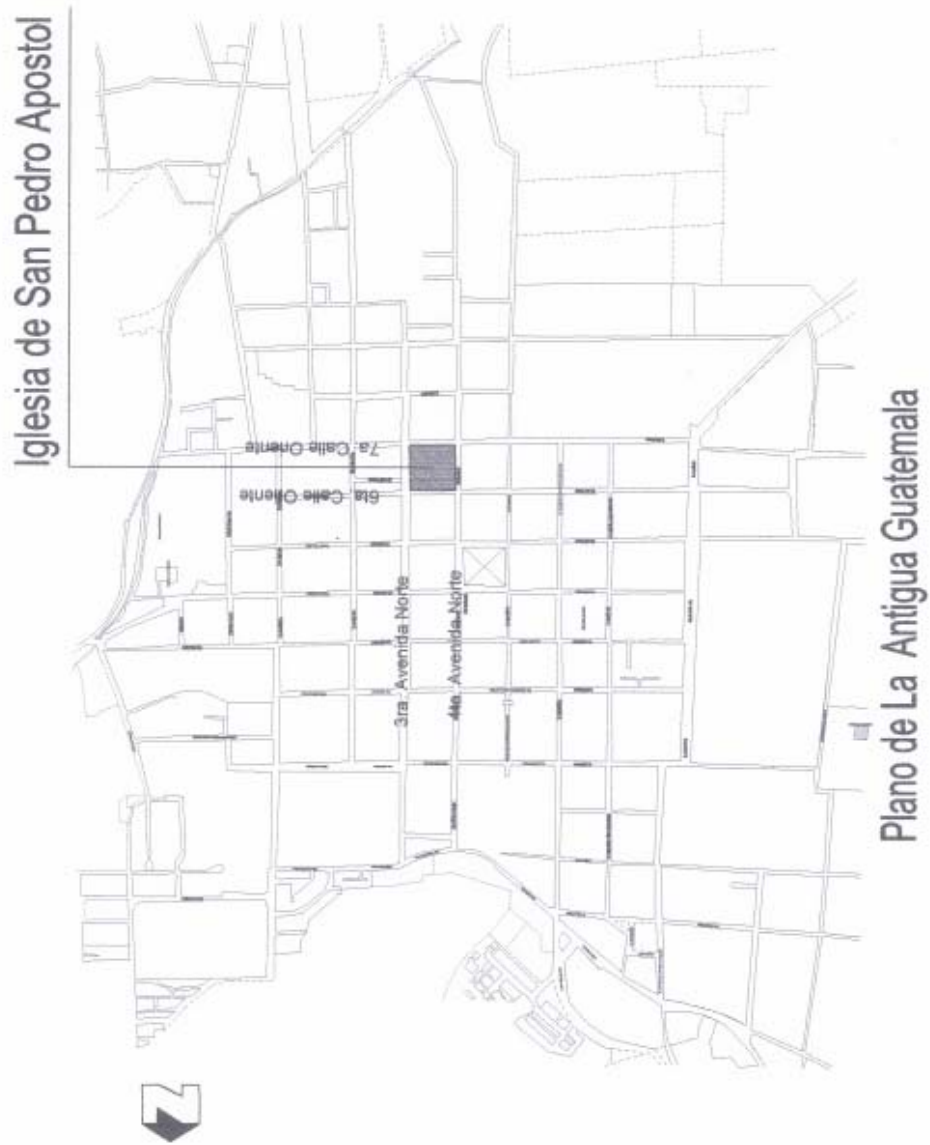


Figura 3

Plano de conjunto

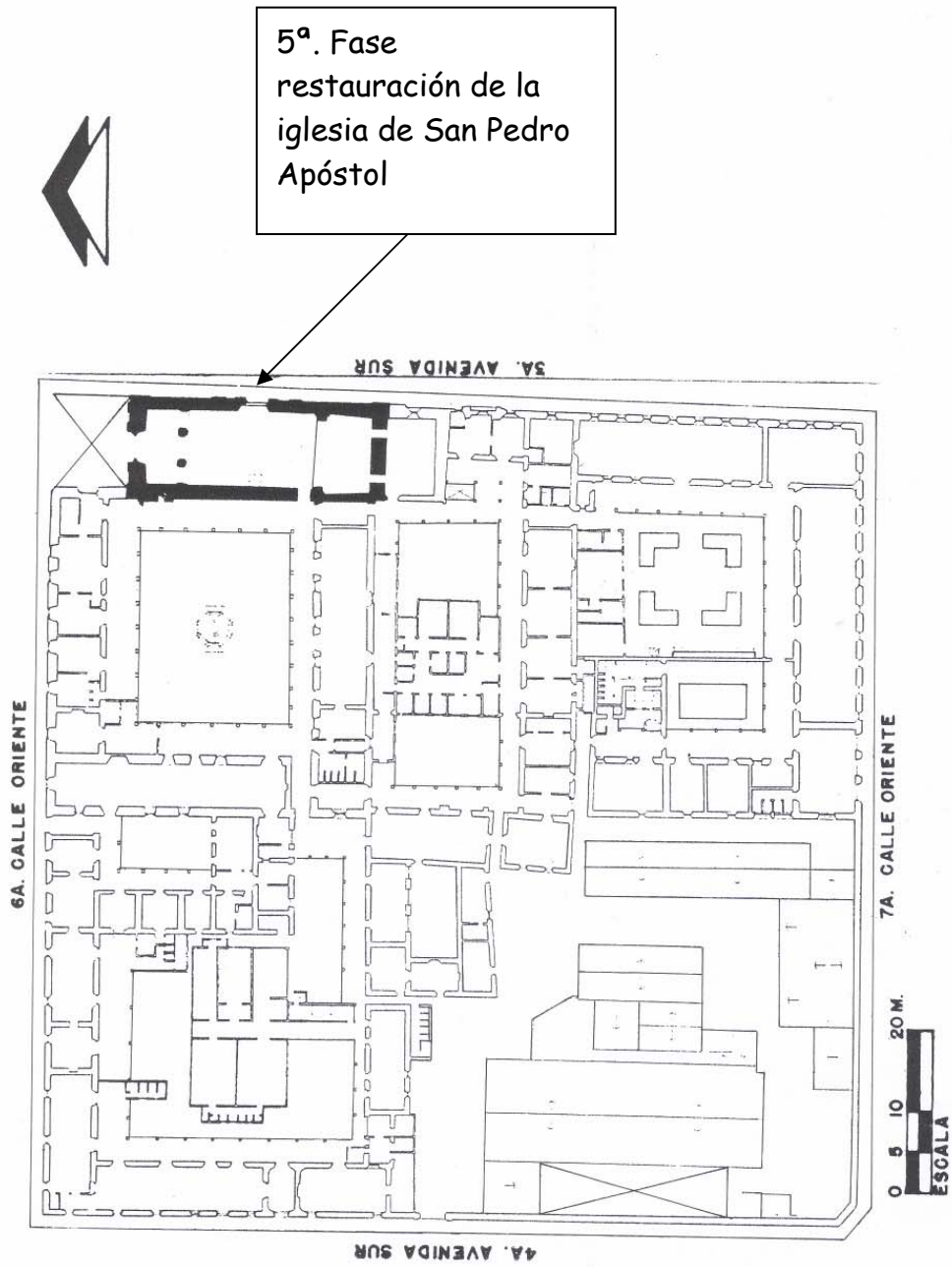


Figura No. 4

Fachada del templo

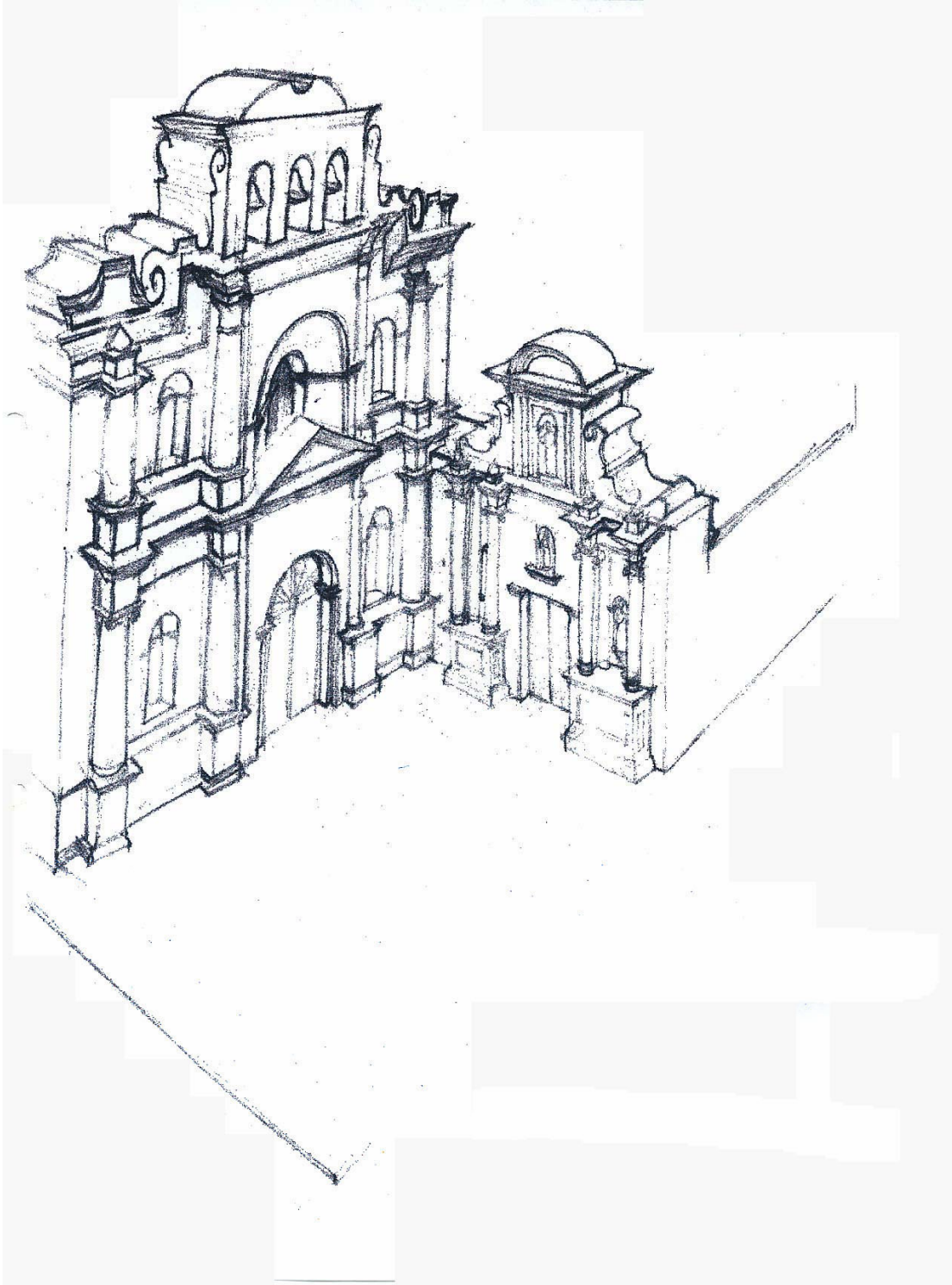


Figura 5

Elevación oriente

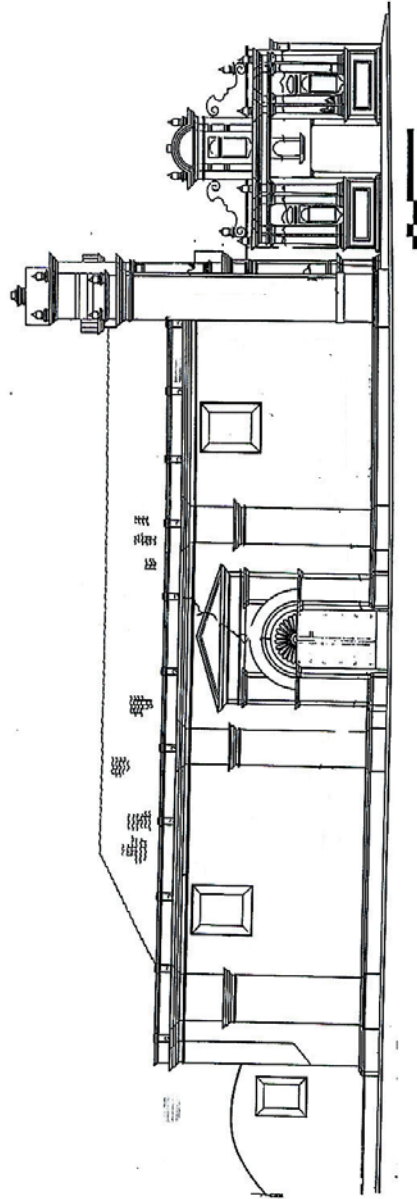
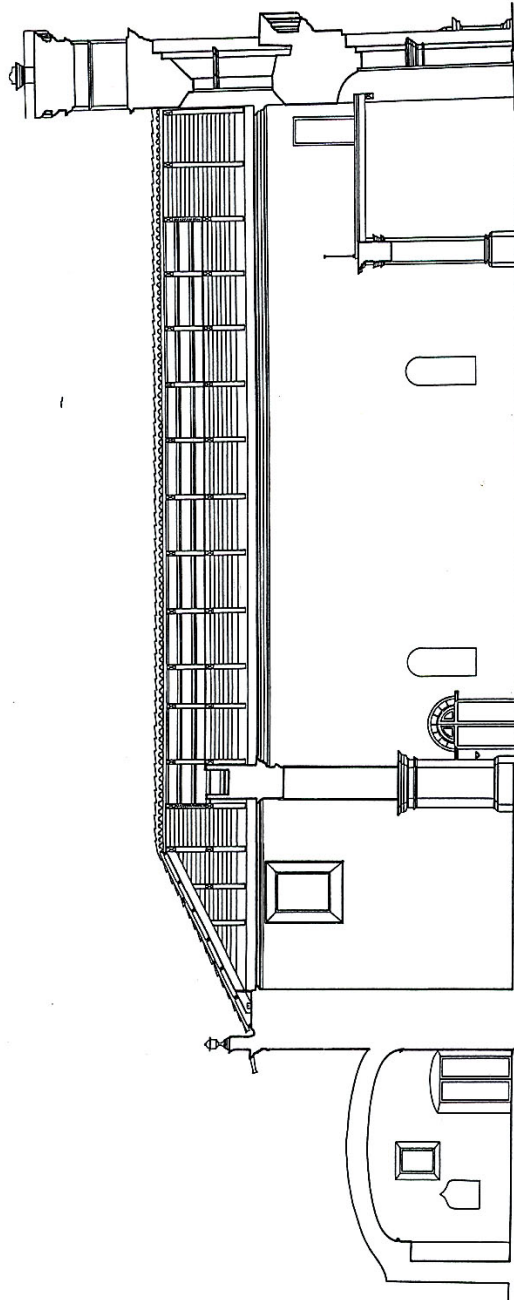


Figura 6

Sección longitudinal



5. PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL TEMPLO

5.1 Investigación y análisis arquitectónico

Descripción general de los diferentes sectores arquitectónicos.

El Templo de San Pedro Apóstol está integrado al conjunto monumental llamado Hospital Pedro de Betancourth. Este hospital y convento se formaban de cuatro claustros grandes, situados el principal a un costado de la iglesia, luego el siguiente en la esquina nor-poniente; éstos son los que actualmente funcionan como hospital para convalecientes y minusválidos, ya que son los únicos claustros que fueron acondicionados para tal fin, pero con el problema que no se siguieron los patrones y reglas de restauración, deteriorando considerablemente el edificio, pero cumpliendo con una obra humanitaria ejemplar. Los otros claustros han sido planificados ya con la ayuda profesional logrando una mejor intervención. (Ver planos de conjunto y fases de intervención).

El templo ocupa un área aproximada de 400 metros cuadrados y una sacristía de 90 metros cuadrados. Cuenta con una sola nave central, con un ingreso principal y una puerta lateral, un coro alto comunicado por medio de un caracol que conduce al corredor del claustros principal, su altar mayor antecedido por un arco triunfal de medio punto y comunicado por medio de dos puertas que conducen a la sacristía; el templo cuenta con un acceso de claustro al igual que la sacristía. Este templo tiene una cubierta de teja de dos aguas que arranca detrás de la fachada y remata con una culata sobre el altar mayor, la sacristías, en cambio, muestran una bóveda de cañón que proyecta su eje en forma perpendicular al eje del templo. La mayor parte de los muros es original (mampostería, adobe, tapial) aunque hay agregados de concreto, bloc, bajareque, ladrillo, etc.

Los claustros se forman de un patio central, rodeado de un corredor con columnas de madera. El claustro principal aún cuenta con la fuente al centro de linda proporción, los demás han sido cerrados con muros, de ladrillos especialmente, y estructuras de hierro en algunos casos, ya que era imperante estos agregados han logrado crear un conjunto híbrido y desordenado.

Los claustros que se encontraron abandonados desde los terremotos de San Gilberto, el 4 de febrero de 1976, fueron dañados severamente en sus muros, techos y terrazas españolas de gran peralte, es pues impresionante ver como la acción del tiempo, los desastres naturales y el hombre han destrozado un monumento como éste. Actualmente ya ha sido rehabilitado el conjunto en un 90 por ciento.

Elevaciones

Fachada principal del templo

Esta fachada es de tres cuerpos horizontales. Se distribuye en el primero, al centro, una puerta con arco de medio punto con decoraciones geométricas (cuadros) en estuco en el arco, con cornisa rectilínea y guardacantones de piedra. La puerta es de madera en tablonos con sobremarcos del mismo material y vidrio, formando medio rosetón. Luego, sobre un pedestal tableado a ambos lados, un nicho con decoraciones rectilíneas verticales enmarcadas por dos columnas que rematan en unas decoraciones geométricas más vegetales y una especie de escudos bajo la cornisa; en la parte sobre la puerta remata en un frontón decorado con un escudo.

En el segundo cuerpo se repite el primero, sólo que aquí es una ventana con derrame en vez de la puerta de entrada, y la decoración es a base de elemento

geométricos (triángulos y cuadrados). Toda esta parte, a excepción de las columnas y el estuque, podríamos decir que son iguales a las anteriores.

El tercer cuerpo está formado por el campanario ubicado al centro, con tres vanos pequeños que contienen una ventana cada uno. Éstos están protegidos con una baranda de hierro forjado y por la parte posterior cuenta con una escalera de hierro que se comunica al caracol de la iglesia (estas campanas son accionadas desde el coro alto de la iglesia por medio de cuerdas que atraviesan tuberías de barro para su fácil comunicación).

Este cuerpo puede considerarse como remate por las características que manifiesta. Al final muestra un frontón arqueado y enmarcado en pilastras rectangulares con pináculo, el resto del remate hacia los lados son roleos y pináculos en profusión de líneas.

En ambos lados de la fachada se observa una saliente rectangular con decorados geométricos iguales a los mencionados en el resto de la fachada.

Elevación lateral oriente

Ésta es lisa, con dos vanos de ventana altos con proporción vertical con reja de hierro, madera y vidrio. Lo interesante en esta elevación es la puerta de acceso lateral de la iglesia, que presenta dos pilastras que soportan un frontón triangular rectilíneo. Toda la decoración es con estuco pintado con formas geométricas (rectángulos) muy sobrio y agradable, este vano cuenta con una puerta de madera de características similares al de la entrada principal. El remate de esta elevación es una cornisa que soporta un pretil que cubre la proyección de la cubierta de teja en la cual puede observarse las gárgolas de barro vidriado.

En esta elevación podemos observar la proyección de la fachada al ingreso del hospital, que al igual que la del templo da hacia el atrio. Esta se forma de ocho columnas. La puerta principal al hospital es rectangular, encontrándose sobre el dintel un nicho con un santo y decoraciones en estuco, enmarcándose dos escudos. Todo este cuerpo se remata en una cornisa con decoración en estuco. El remate superior es un nicho con una imagen de San Pedro, en los costados por dos roleos y en la parte superior un frontón circular y pináculos redondos en remate triangular.

Elevación lateral poniente

En ésta podemos observar una integración del templo y el primer claustro del hospital, el cual proyectaba originalmente una terraza española que era apoyada en el muro poniente del templo. Existen unas gradas en caracol de mampostería que conduce del corredor del claustro hacia el coro alto del templo, muestra un vano de ventana de iguales características en la elevación oriente, y un vano de puerta que conduce del templo al hospital; en proyección del altar mayor se intercepta la crujía de encamamiento del hospital. En resumen, esta elevación es relativamente más simple, pero igual de interesante que la elevación oriente del templo.

5.2 Levantamiento y dibujo del estado actual (Antes de la intervención)

Existen varios métodos y tácticas para realizar un levantamiento topográfico en un monumento histórico.

Levantamiento topográfico sólo con teodolito, utilizando un polígono base y radiaciones.

Levantamiento topográfico por medio de cinta métrica usando el método de triangulaciones.

Levantamiento topográfico combinado donde se hace uso de los dos métodos anteriores, según convenga a las características y dificultades que manifieste el edificio a levantar.

El procedimiento a realizar es el siguiente:

- a) Debe realizarse un reconocimiento global del edificio y establecer un seguimiento en los sectores a fraccionar, según la magnitud del mismo.
- b) Se elabora un croquis lo más proporcionado a la realidad que sea posible (esto permite minimizar los errores al dibujar). Es importante identificar cada hoja de trabajo).
- c) Al tener el croquis de todo el edificio, es recomendable sacar dos copias extras con el fin de colocar en una de ellas las cotas totales del perímetro incluyendo las diagonales y en otra colocar las cotas parciales de cada ambiente. Esto permite un mejor orden y claridad para no cometer errores al dibujar. Otra forma de lograrlo es utilizando colores diferentes en el levantamiento.
- d) El levantamiento con teodolito generalmente es más útil cuando se trabaja la planta del edificio; en este caso es conveniente hacer referencia a un croquis general de área para identificar cada punto radiado.
- e) El levantamiento de la fachada, elevaciones y secciones es recomendable hacerlas con cinta métrica. Aquí es necesario el uso de andamios, escalera y otros elementos auxiliares que permiten realizar un mejor trabajo.
- f) Es conveniente realizar simultáneamente un levantamiento fotográfico que permita auxiliar al momento de dibujar principalmente en las elevaciones.

Nota importante: Es recomendable que el restaurador participe en la elaboración del levantamiento, ya que esto permite un mejor conocimiento y a la vez un acercamiento impresionante del restaurador con el constructor por medio del edificio y permite también una mejor soldadura para establecer los diferentes criterios y las etapas constructivas que ha sufrido el edificio.

- g) Dibujo del levantamiento: Generalmente se hace en papel mantequilla y posteriormente se calca el original, luego es conveniente sacar copias sepias para poder registrar en ellas el estado actual, es decir, antes de la intervención.
- h) Registro del estado actual: en éste se debe indicar la grietas y todas la diferentes alteraciones que manifieste. Es conveniente realizar un registro fotográfico que permita mostrar los daños más importantes a registrar.
- i) Para establecer exactamente las diferentes etapas constructivas que han contribuido al deterioro del edificio, algunas veces es necesario realizar calas o testigos en muros a nivel de repello y poder así establecer principalmente las razones de las grietas que no muestran una razón lógica de falla.

5.3 Investigación y análisis de alteraciones en intervenciones anteriores y otros deterioros

Al iniciar la investigación nos preguntamos cuál es el problema a resolver, cómo resolverlo y con qué resolverlo; pues bien, nadie podrá resolverlo si no conoce en qué consiste, y antes de proceder a realizar una restauración es necesario investigar para llegar a tener datos específicos de un programa de trabajo. La exploración es resultado de la realización visual, que permita establecer con claridad los resultados deseados, hasta una excavación arqueológica, con los respectivos análisis de laboratorio e interpretación de datos gráficos e históricos; todo esto dependiendo del grado de complejidad que muestre el problema a tratar.

Después de realizar una investigación o exploración en dicho edificio llegamos a las siguientes observaciones:

- a) **Cimentación:** Los muros de la iglesia mostraban grietas verticales y algunas otras esquinas que, siguiendo un criterio lógico, pareciera que existen fallas en la cimentación del edificio, por lo que se pensó iniciar con realizar calas en la cimentación por el lado interior del templo. Se inició encontrando vestigios de un cimiento adicional (cimiento conector), lo que motivó solicitar la participación e investigación arqueológica solicitada al Instituto de Antropología e Historia (Ver tema siguiente). Luego de la investigación, se llegó a establecer que el tipo de cimentación fue realizado con piedra de cantera de buena calidad y que la profundidad de la misma era de 2.95 mts. Y una base de 2.00, en excelentes condiciones, aunque con un suelo relativamente malo; que la compactación y el valor soporte son bajos relativamente, ya que la base de la cimentación permite una mejor distribución de carga.
- b) **Pisos:** En la mayor parte del análisis de un monumento no se considera la influencia de los tipos de piso del edificio, pero dependiendo de las características del mismo, llega a incidir trabajando como un diafragma rígido (piso de cemento) o diafragma elástico (cuando se emplea la baldosa de barro). En nuestro caso, desde el punto de vista de exploración, pudimos encontrar vestigios del piso original que fue sustituido por piso de cemento, manteniendo el nivel original pero dejando baldosas de 45x45 cm. En muy pocas áreas del templo. El piso de cemento fue colocado probablemente a mediados de este siglo y, aunque muestra características de gran deterioro, se optó por mantenerlo.
- c) **Muros:** Éstos muestran una altura de 8.50 metros y espesores variables, tales como: al oriente 1.45 metros, al poniente 1.95 metros, al norte oscila entre 2 y 2.5, al sur 1.80 metros en la iglesia, y la sacristía con 1.20 metros de espesor.

De acuerdo a las grietas en los muros, puede llegarse a determinar las posibles fuerzas y esfuerzos a los cuales ha sido sometido, siempre que éstas respondan a acciones estructurales lógicas, es de hacer notar que también se manifiestan otros tipos de fallas tales como las ocasionadas por malas intervenciones de materiales en los muros. Tal es el caso de grietas que se producen entre el concreto y la mampostería, de poca resistencia a la compresión y por la diferencia en sus módulos de elasticidad, provocan la trituración de este material, manifestando sus grietas en la unión de dichos materiales.

Como podemos notar, este edificio sufrió una serie de intervenciones y procesos constructivos diferentes donde puede verse que incluso para corregir desplomes colocaron baldosas de barro cacheteadas contra el muro oriente, para mejorar visualmente un desplome considerable de 14 cms. Por supuesto que esto confunde inicialmente al restaurador, ya que pareciera que se trata de un muro en pésimas condiciones estructurales, pero, por supuesto, al realizar las calas de investigación en la pared vemos la necesidad de eliminar por completo el repello y así poder notar exactamente cuales son las grietas de fallas estructurales considerables para la intervención. Esto hace un poco más tedioso y largo el desarrollo de la restauración, pero permite una intervención eficiente en el muro, mejorándolo en sus propiedades fisicomecánicas, y que más adelante todo esto lo hará sumamente interesante.

Otra observación importante de mencionar es el hecho de tapiar los vanos de puertas originales que posteriormente, con el uso de la iglesia, se vio la necesidad de cerrar; tal es el caso del muro poniente donde se determinó que anteriormente existió acceso por medio de 2 puertas, las cuales, en la actualidad, no es necesario abrir por lo que se optó por dejar únicamente la evidencia en planos y en el lugar se identifica por medio de una cisa que muestra su silueta con el fin de dejar información para futuras intervenciones. Para tener una mejor idea del número de intervenciones, se

sugiere ver en planos el registro de daños que muestra una serie de intervenciones en cada muro.

- d) **Cubierta:** Este templo cuenta con una cubierta de teja de barro cocido, la cual permite una serie de filtraciones que han dañado considerablemente la madera tanto del artesonado como del cielo falso (machihembre). Conociendo este tipo de efectos, no es extraño ver que la cubierta ha sufrido anteriores intervenciones como es evidente en el diseño del cielo falso, de un machihembre reciente con pintura de aceite celeste que hace contrastar con las características típicas de la iglesia; a pesar de esto, se vio la necesidad de cambiar tanto el cielo falso como el artesonado de madera por encontrarse ésta muy apolillada y fallada en algunos sectores de importancia estructural. Así también se pudo comprobar que en intervenciones anteriores reforzaron las bases de las tijeras (cacheteada y reforzada con tornillos) ya que la mayoría muestra pudrición. Esta es una de las mejores soluciones que permitió que la estructura del artesón soportara con mejor eficiencia el terremoto de 1976.

5.4 Investigación arqueológica

En la investigación arqueológica se realizó calas y luego un pozo de investigación estableciéndose el tipo de suelo y cimentación utilizado, así como los niveles de piso original, el cual se mantiene hasta la fecha aunque sin la baldosa original; también se sacaron muestras del tipo de suelo aunque no se profundizó, lo ideal es usarlas para realizar pruebas de laboratorio y establecer su granulometría y valor soporte del mismo. En estas calas realizadas pudimos comprobar que este templo, sufrió una probable ampliación, ya que se encontró un cimiento corrido de piedra que atraviesa en sentido transversal el templo lo que nos hizo suponer esta versión descrita en la reseña histórica.

5.5 Características estructurales del edificio

El templo cuenta con una planta rectangular dividida básicamente en tres rectángulos, de los cuales uno cuenta con una proporción de 2.29 (ancho) y dos con una proporción de 1.54 (ancho), aunque uno de estos ambientes es de baja altura con cubierta de bóveda de cañón, el ambiente de mayor proporción tiene un coro alto el cual cambia su rigidez a una media altura del muro. Analizando las relaciones de esbeltez de los muros, tenemos lo siguiente:

- El muro oriente con una relación de esbeltez de 5.86
- El muro poniente con una relación de esbeltez de 4.36
- El muro sur con relación de esbeltez de 4.72
- El muro norte (fachada), relación de esbeltez de 4.25

Si nos damos cuenta, la relación de esbeltez promedio es 4.8, la cual no excede de 5. Otra de las características interesantes es la utilización de arcos estructurales de ladrillo empleados en cada uno de los muros laterales. La longitud de los muros es de 9.5 mts. Debido al entrepiso del coro alto, la longitud de estos muros se ve reducida por la rigidez que produce este entrepiso dejando finalmente una longitud de análisis de 16.40 mts. La altura de los muros laterales de la iglesia es de 8.50 mts, y el muro de fachada tiene una altura de 15.00 mts. Algunos de estos muros tienen vanos de puertas considerables que analizaremos más adelante.

Este templo presenta un sistema constructivo basado en la utilización de un cimiento corrido a 2.75 mts de profundidad y de formación ciclópea, sobre el cual se apoyan los muros de carga y otros elementos como arcos, bóveda de cañón y el artesón, más la cubierta.

5.6 Criterios de restauración y reestructuración a ser aplicados

De acuerdo a la experiencia se ha demostrado que cada edificio tiene su caso muy particular de análisis y que existen criterios generales que deben considerarse siempre.

A continuación, se describen los criterios generales y los específicos:

- a) Respetar el carácter histórico-monumental del edificio.
- b) Respetar la unidad funcional del edificio en la medida de lo posible o uso digno del mismo, en este caso particular, seguirá siendo utilizado como capilla del hospital.
- c) Todos los elementos originales serán respetados e identificados logrando una mejor comprensión para los especialistas que la observen.
- d) La metodología y el sistema constructivo empleado en el proceso de la restauración deberá estar lo más apegado a las técnicas usadas en este campo y así lograr siempre el respeto a la originalidad del edificio.
- e) Es sumamente importante la conservación de este templo y para ello es imprescindible la reestructuración del mismo.
- f) La reestructuración aplicada permitirá mejorar en gran parte la estabilidad del mismo, garantizando sin límite previsible la vida de la estructura, aunque en una forma bastante aproximada podemos determinar las fallas más críticas y posibles que pueda sufrir.
- g) Es importante estar conscientes de que no debemos pensar en que el edificio se debe reestructurar para hacerlo invulnerable a los terremotos, ya que para esto tendríamos que destruir gran parte de los elementos originales a los cuales se debe el monumento y, por lo mismo, que nuestra función como ingenieros debe ser la de mejorar sus propiedades físico mecánicas y reforzar donde sus propios elementos son incapaces de absorber los esfuerzos críticos, logrando de esta forma disminuir el riesgo sísmico del edificio.

5.7 Análisis del comportamiento sísmico y criterio de diseño estructural a utilizar

Sabemos que la energía generada por un terremoto es transmitida a través de la tierra como ondas vibratorias, las cuales afloran a la superficie induciendo movimiento del suelo. Estas perturbaciones inducen fuerzas de inercia en las construcciones que el suelo soporta. Las fuerzas de inercia son generadas por la oposición que la masa presenta a una aceleración dada. En nuestro caso, por la aceleración que el suelo impone a la construcción.

La estructura responderá al efecto sísmico dependiendo de sus características de deformidad (rigidez o flexibilidad) y no sólo por las características del movimiento del suelo.

Las fuerzas de inercia inducidas en la edificación influyen directamente sobre la magnitud y forma de actuar de estas fuerzas.

Las edificaciones, dependiendo de su rigidez y flexibilidad, manifiestan sus propias características de vibrar y responder. En igual forma se manifiesta el suelo.

Por otra parte, habrá que considerar que por poseer un suelo muy blando (flexible) la estructura de mampostería reestructurada (más rígida) disminuirá la ampliación de la aceleración, por lo que hace sumamente importante que el ingeniero conozca las características dinámicas del suelo. (Ver diagramas de cuerpo libre)

Criterios de diseño estructural

Este criterio busca que una estructura de mampostería reestructurada permanezca en el rango elástico ante un sismo moderado de frecuente ocurrencia. Ante un sismo muy severo, se espera que la estructura fluya localmente e incurra al rango inelástico sin llegar al colapso. Es decir, ante sismos frecuentes se espera poco o ningún daño estructural y pocos daños materiales; ante un sismo severo sufrirá fuertes daños estructurales, consecuentemente pérdidas materiales, pero no así pérdidas de vidas. Esto permitirá una nueva oportunidad para preservar y mantener en pie la mayor parte del edificio histórico. A la vez proporciona seguridad al momento del colapso o falla de la estructura, dotando a la misma de la ductilidad necesaria para absorber la energía sísmica.

Requisitos de diseño

La ductilidad

Es indispensable que a un edificio histórico de mampostería se agreguen elementos de concreto reforzado (soleras de corona, vigas, anclajes y otros) que proporcionan al conjunto buena ductilidad.

La rigidez

Esto nos permitirá evitar excesivas deformaciones tales como las experimentadas antes de la intervención, donde las deformaciones provocaron grietas fuertes, pérdida de elementos decorativos de fachada, colisiones con la construcción vecina (portería de hospital) etc.

Estas fuerzas de naturaleza dinámica y aleatoria son las sollicitaciones sísmicas que la construcción deberá resistir.

Respuesta de la estructura al efecto sísmico: Las fuerzas de inercia inducidas en la edificación, no dependen sólo de la características de deformabilidad de la estructura (rígida o flexible), sino que influye además directamente sobre la magnitud y forma de actuar de estas fuerzas. Así, una estructura muy rígida "responderá" con una aceleración muy parecida a la del suelo. Por el contrario, una flexible lo hará con una aceleración menor.

5.8 Propuesta de reestructuración

(Ver planos de registro de daños y planos de reestructuración)

Figura 7 Fachada registro de daños

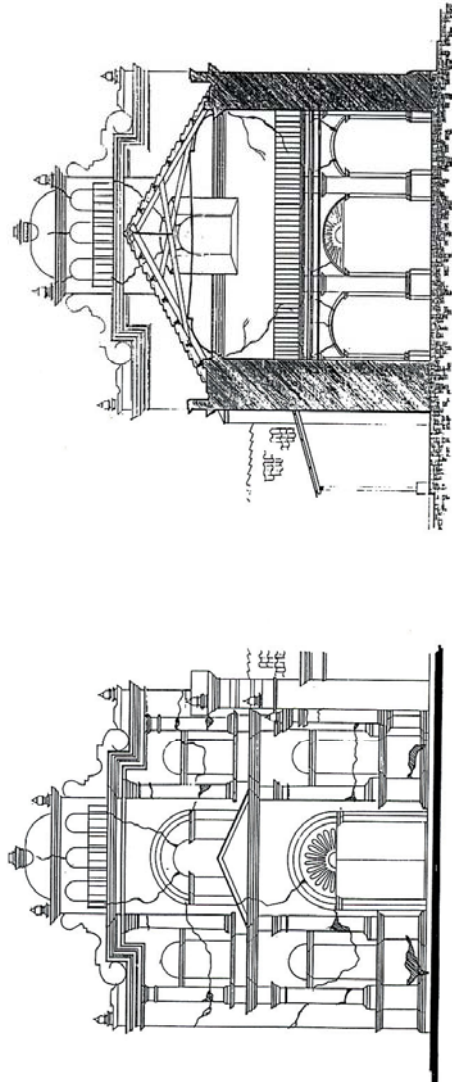


Figura 8
Elevación oriente registro de daños

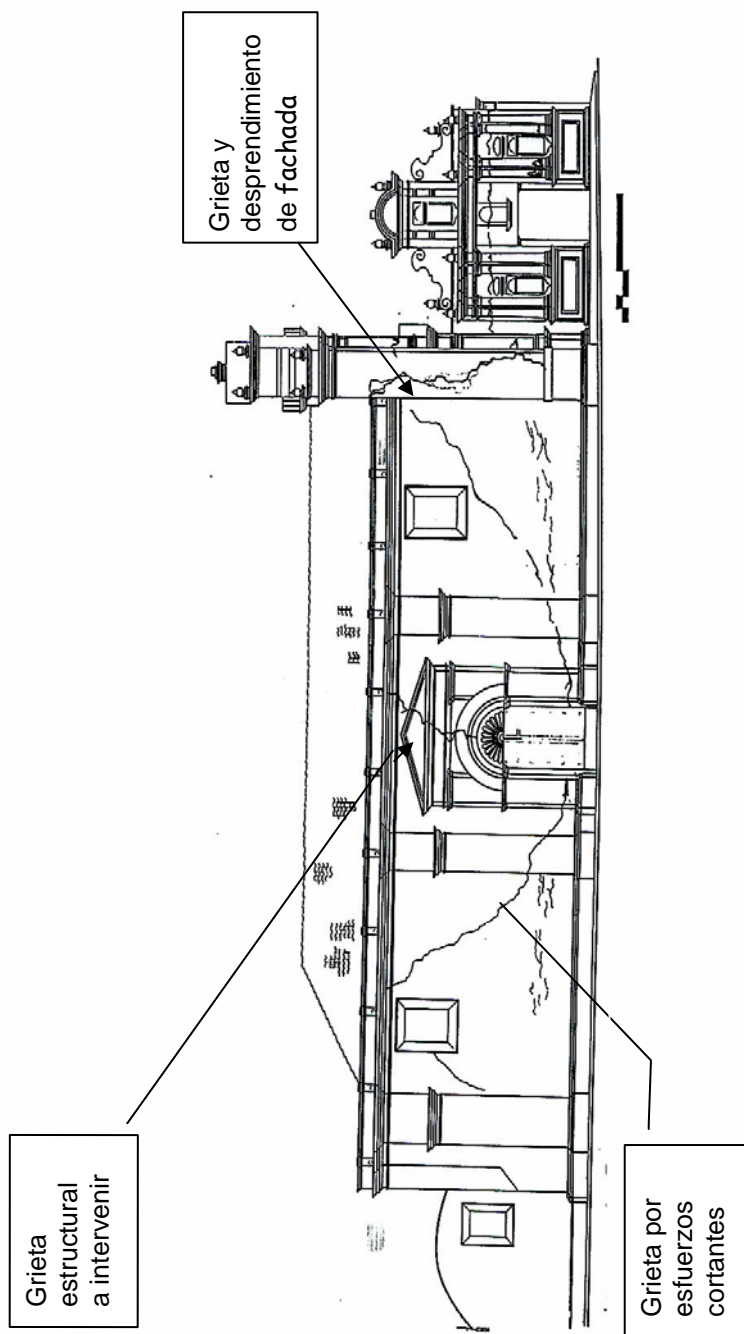


Figura 9

Sección longitudinal registro de daños

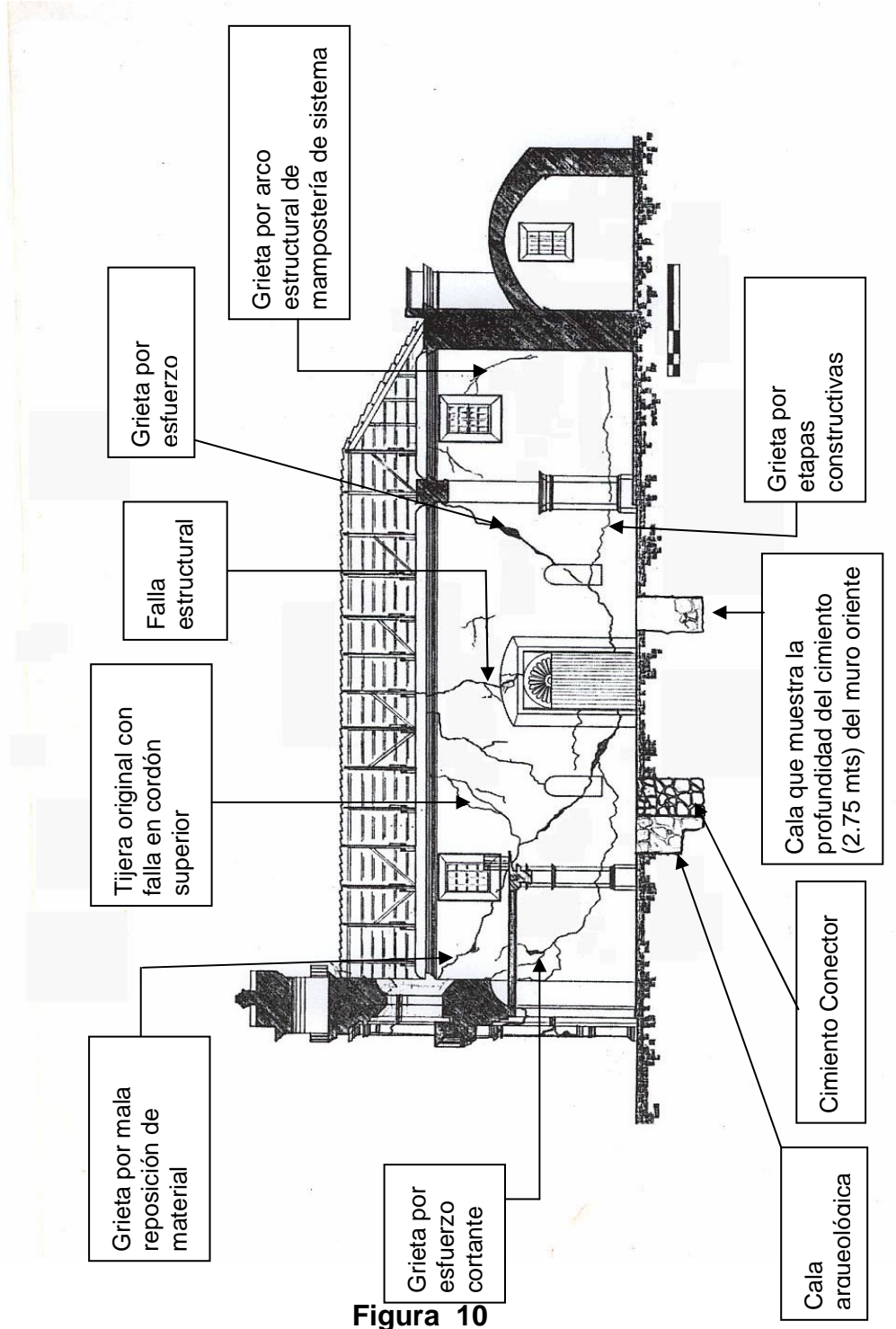


Figura 10
Diagrama de cuerpo libre
(en explosión, sin escala)

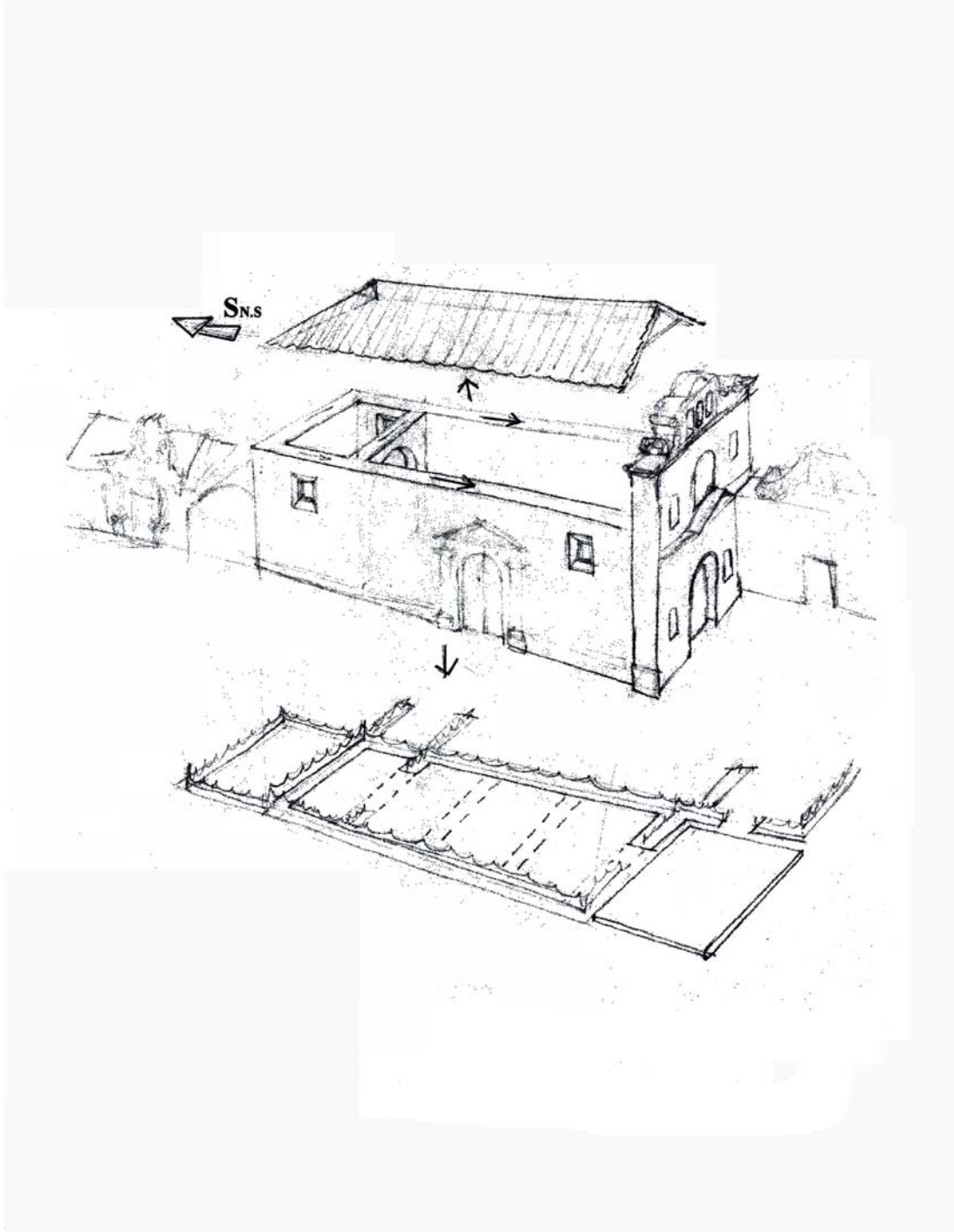
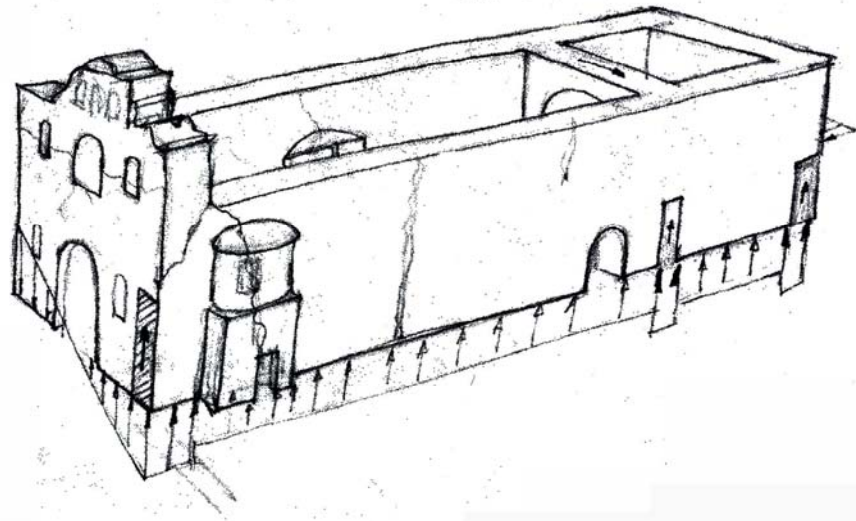
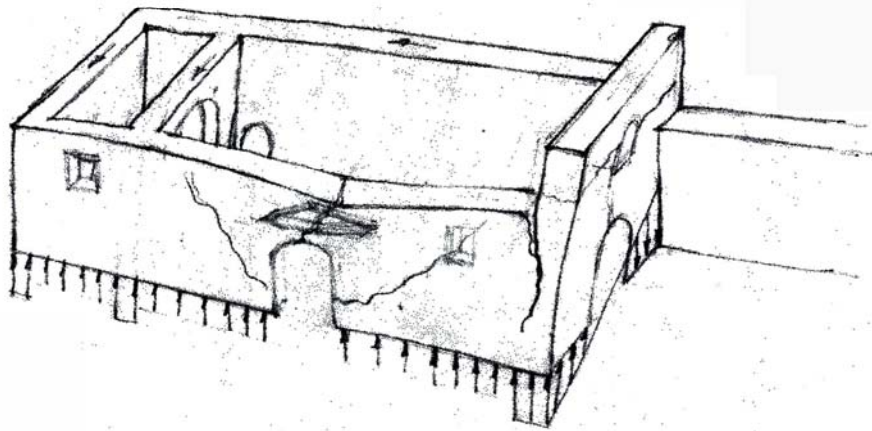


Figura 11
Diagrama de cuerpo libre
(sin escala)



6. INTERVENCIÓN DEL TEMPLO

6.1 Procedimientos constructivos de la intervención

Luego de lograr la reposición de materiales faltantes, de conocer el comportamiento sísmico del edificio, de establecer los criterios de intervención y el diseño de la reestructuración, se ha llegado a la intervención siguiente:

Cimentación: En ésta no habrá ninguna intervención, ya que el cimiento existente es bastante masivo y se encuentra en buenas condiciones aunque se mejorara la compactación del suelo y será mejorado con material selecto en ciertos tramos que lo permitan.

Muro oriente: En él encontramos un vano (puerta lateral) al centro, que es el muro más crítico, ya que se manifiesta el mayor daño, por lo que es conveniente mejorar su respuesta elástica. Esto será logrado colocando un marco de concreto armado que aumente su momento de inercia y a la vez su módulo de elasticidad, permitiendo una mayor capacidad para absorber el momento producido en dicho punto. Así lograremos que dicho vano (puerta lateral) permanezca y a la vez el comportamiento del edificio sea más equilibrado, mejorando el riesgo de falla en el centro del muro oriente (ver plano de reestructuración). Además, se coloca una viga de corona de concreto armado que va anclada a razón aproximada de 6 metros. Estos anclajes son de un metro de profundidad para mejorar la adherencia de la viga, y a la vez para disminuir la luz de análisis del muro y lograr así un área de acero prudente que permitirá absorber un área tributaria del muro, a la vez, esta viga trabaja como una solera de corona que se encarga de distribuir el peso y la reacción horizontal producida por la cubierta y el artesón, logrando un mejor comportamiento en el edificio al momento de soportar la carga considerada por sismo.

Aparte de la reestructuración, se han repuesto materiales principalmente en arcos de nichos siguiendo un sistema constructivo adecuado; esto ha sido aplicado también en los arcos estructurales del muro para ayudar a una mejor función de los mismos. En el lado norte de este muro, encontramos una masa de concreto que estaba provocando una serie de grietas debido a lo rígido del material y creaba un efecto de cuña en el muro, lo que provocó una separación entre el muro oriente y el muro de fachada. Para evitarlo, se procedió a eliminar este elemento mal intervenido en etapas anteriores y, en cambio, se colocó una solera en escuadra a nivel del entrepiso del coro alto y se crearon anclajes en forma de grapa para lograr una mejor adherencia; luego, el resto fue repuesto con material de mampostería que mejora la integración de los muros.

En el muro poniente se procedió a reponer materiales en los arcos estructurales existentes, así también en un arco de medio punto de una etapa modificada, la cual fue tapiada por lo que se procedió a transmitir sus reacciones a la parte masiva del muro. Luego de la reposición de materiales y de la consolidación del muro, se procedió a colocar la solera de corona igual al muro oriente y a la vez se reestructuró el caracol para lograr una mejor resistencia. En este también se colocó una solera intermedia a nivel del entrepiso del coro. En este nivel se utilizó duroport para evitar la reacción de la losa sobre el muro.

En igual forma a los anteriores, se puso la solera de corona en los muros del lado sur y en la fachada se procedió a utilizar vigas conectoras que forman marcos, mejorando así su capacidad para absorber los esfuerzos a los cuales es sometida por la deformación provocada al ser afectada por el sismo.

Figura 12
Planta de reestructuración del templo

Proyección solera de corona _____ . _____

Ubicación de anclaje

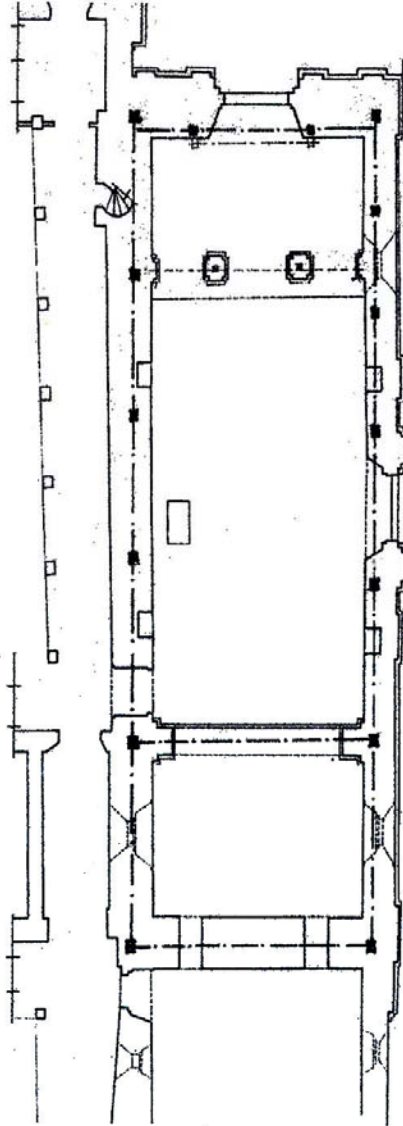


Figura 13
Isométrico en sección vista nor-oriente

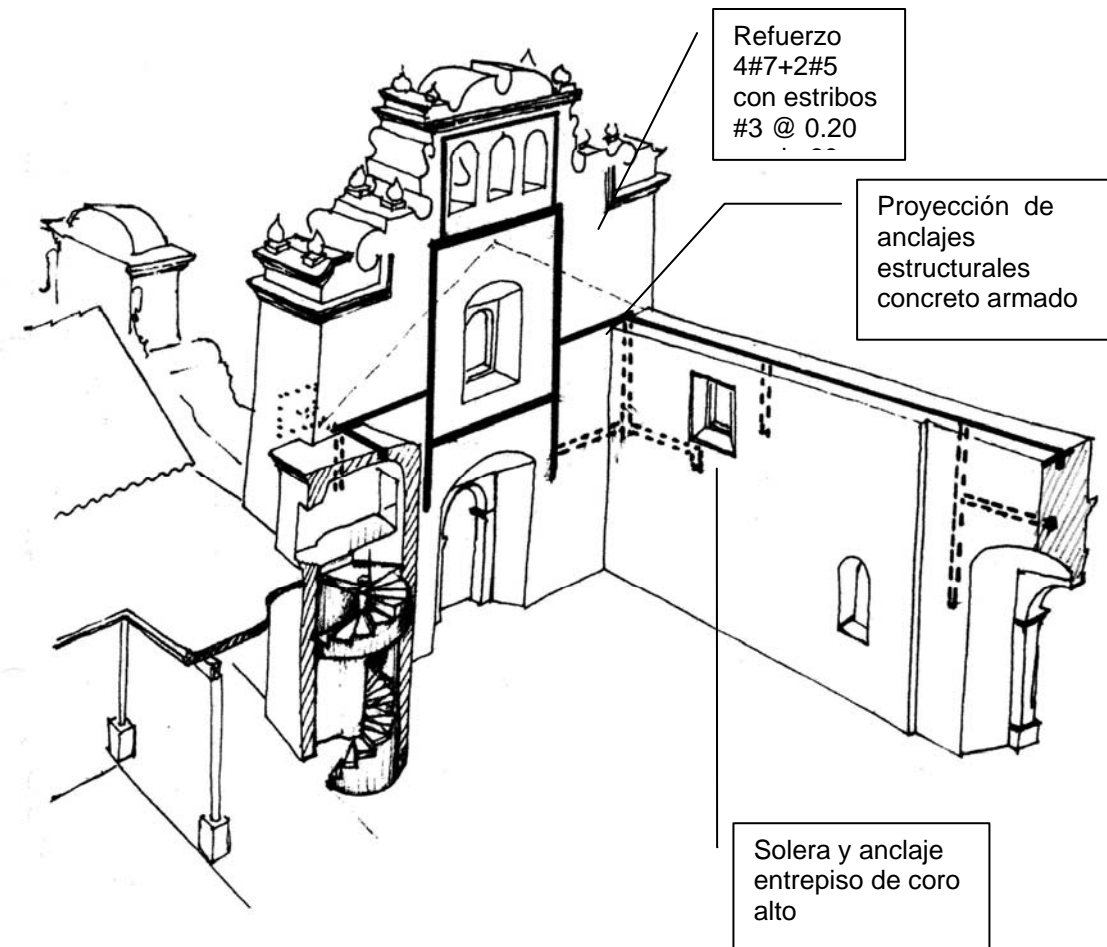


Figura 14
Isométrico en sección vista nor-poniente

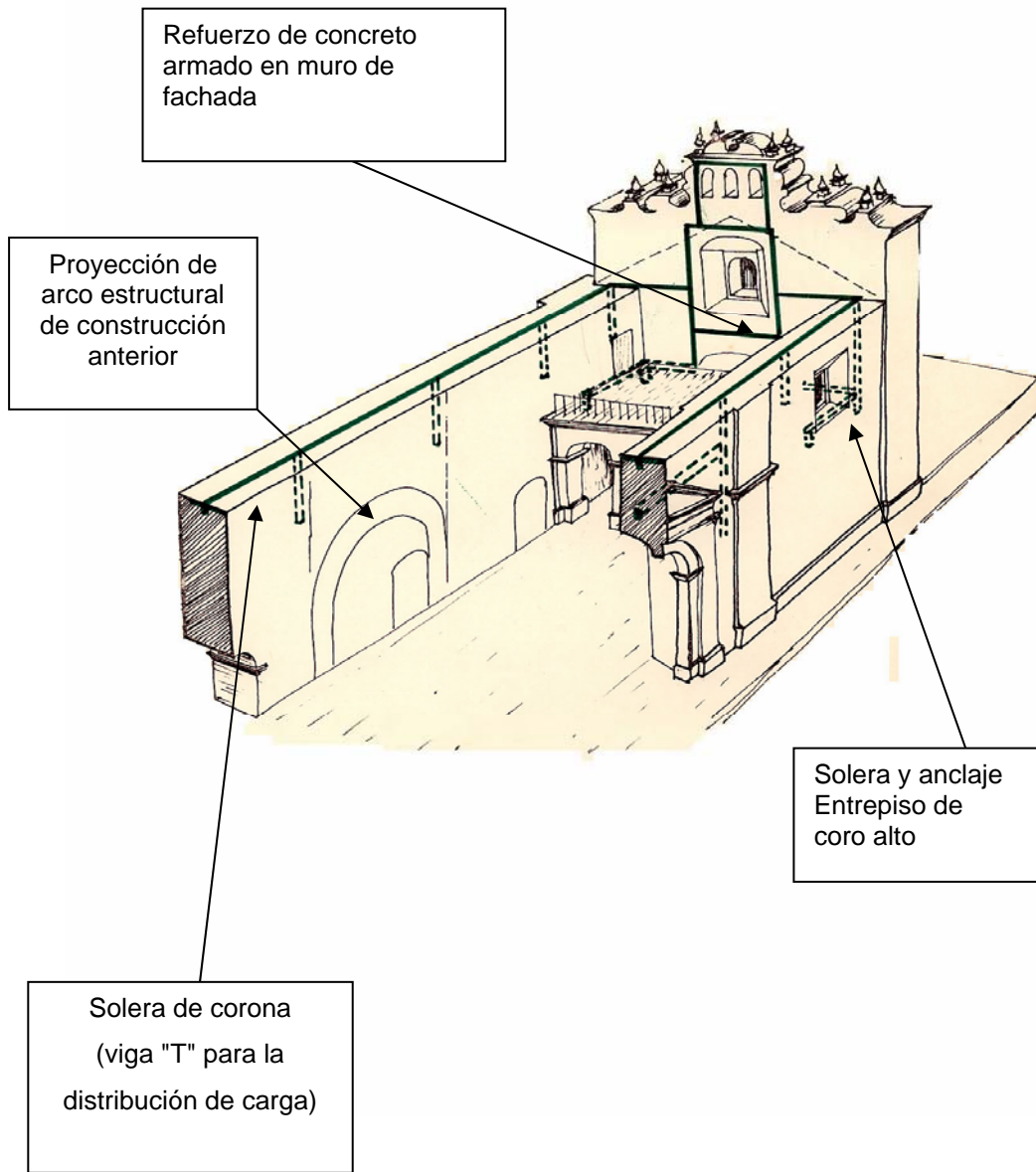
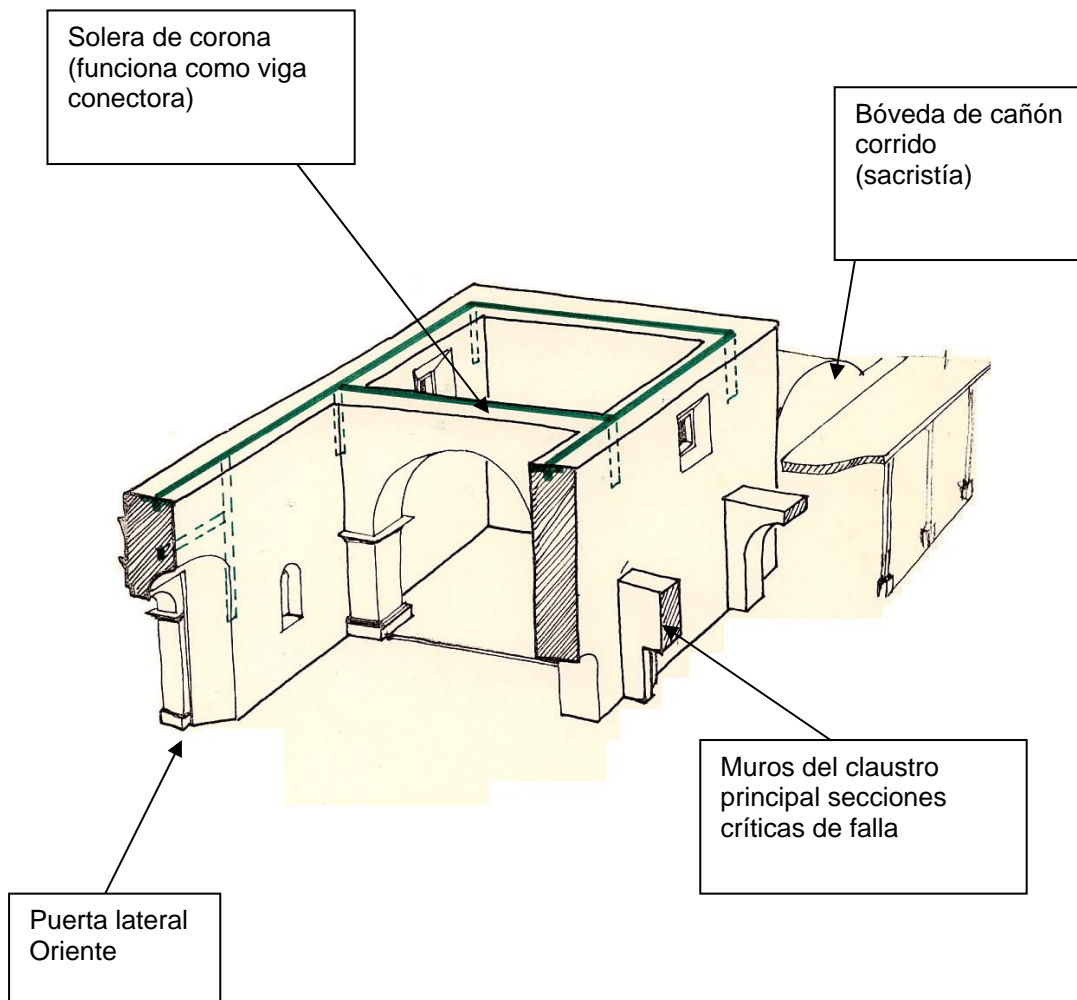


Figura 15
Isométrico en sección vista sur-oriente



7. OTROS ELEMENTOS Y MEMORIA DE CALCULO

Muros y terraza española

Al intervenir los muros con fallas estructurales se han establecido ciertos procedimientos para reponer los materiales faltantes tales como piedra, ladrillo y

mortero, así como la inyección de muros con una mezcla que permite mejorar la condición físico mecánica del mortero que une cada mampuesto; esto con el único fin de proyectar una mejor impresión al usuario. Posteriormente se fundió la corona de concreto armado y se intervino la terraza española en la que utilizamos el criterio de poner a trabajar los tendales de madera, y sobre la cual se fundió una losa de concreto armado que mejora su capacidad de carga viva en el coro alto.

Esta terraza fue apoyada en viga madre de madera, solamente sobre la puerta de entrada principal, y el resto fue anclada a una solera de concreto armado.

Copiaremos en forma literal la memoria de cálculo realizada por el ingeniero estructural Carlos Polo Cosich, del CNPAG.

Proyecto: Iglesia de San Pedro

Luego de meses de trabajo con Julio Armas como responsable de la obra, se ha decidido reforzar la estructura de la iglesia con:

Muros laterales longitudinales

Con una solera superior a nivel sobre la cornisa, con anclajes intermedios hacia el muro base, y la cual reciba la llegada de las armaduras del techo, garantizando de esta manera:

Prevención esfuerzos longitudinales de tensión

Integración muro-techo

Anclaje techo

Fachada principal

Elementos horizontales y verticales para formar una estructura que prevenga la separación longitudinal de sus elementos, partiendo de las aberturas de puerta y ventana, y su integración con la solera superior de los muros longitudinales.

Fachada Oriente

Colocación de elementos verticales y horizontales en protección de zona de puerta tal y como se explicó en punto No. 2.

Arco separación altar

Colocación tensor transversal sobre el arco.

Sobre la base de los cuatro planos recibidos, los cuales son:

Análisis de daños y estado actual elevación Este

Planta con indicación materiales de construcción

Análisis de daños y estado actual elevación Oeste

Análisis de daño y estado actual elevación Norte

Se principiará por estimar el peso del techo para considerar su influencia, ya que a la fecha no se tiene dibujo de la estructura a usar, sea nueva o la actual.

Sobre la base del peso ciprés 510 kg/m³

Separación armaduras = 1.30 mts.

Pendiente ... "en un ancho de 4.65 una altura de 3 mts un ángulo de 32.83 grados".

Cargas: Madera armadura:

Costanera

Lámina

Teja

Cielo falso

- i) Madera armadura: longitudes 9.30 cordón inferior pieza doble
11.07 cordón superior de 4 x 6
peso $4'' \times 6'' \times 2.54 \times 2 \times 9.30 + 11.07 \times 2 \times 510 = 643.4 \text{ kgs}$
- ii) Reglilla cada 30 cm $2'' \times 3''$
 $11.07/0.30 \times 2 \times 2.54 \times 3 \times 2.54 \times 1.30 \times 5.10 = 94.7 \text{ kg.}$
- iii) Lámina $1' \times 1 \text{ kg.} \times 3.28' \times 1.30 \times 11.07 = 21.50 \text{ kg.}$
2.21lbs 1
- iv) Teja $1.30 \times 11.07 \times 80 = 1151.30 \text{ kg.}$
- v) Cielo falso: $9.30 \times 1.30 \times (1 \times 2.54/100) \times 510 = 156.60 \text{ kg.}$

Carga inclinada $2067.5/1.30 = 1590.38$

Carga vertical sobre 9.30 m. de luz $= 1590.38/\cos = 1893 \text{ kg./mts.}$

Grueso muros:

Haciendo equivalente a un grueso uniforme

- i) Muro Este: $11.50 \times 1.45 + 1.40 \times .20 + 1.35 \times .2 + .70 \times 40/2 + .6 \times 2$
 $0.70 \times 0.60 = 18.11 \text{ m} \quad 2/12.20 = 1.48 \text{ mts.}$

- ii) Muro Oeste: 1.90 mts.

Tomando la $1/2$ de la altura del muro como panel de carga:

Muro Este:

Carga techo: $1893 \times 4.65 = 8802.45 \text{ kg.}$

Carga muro: $1.48 \times 1.30 \times 8.6/2 \times 2000 = 16546.40 \text{ kg.}$

25348.85 kg.

Muro Oeste:

Carga techo: 1893 x 4.65	8802.45 kg.
Carga muro: 1.90 x 1.30 x 8.60/2 x 2000	21242.00 kg.
	30044.45 kg.

Calculando la fuerza de tensión a resistir como el 10% del peso.

ME (25348.85 X 0.10) X 1.87 X 0.75 = 3555.18 kg.

MO (30044.45 X 0.10) X 1.87 X 0.75 = 4213.73 kg.

Si grado 60

ME AS = 0.92 x Longitud entre anclajes.

MO AS = 1.10 x Longitud entre anclajes.

Arco separación altar

Sobre este arco podrá usarse el refuerzo según los resultados obtenidos de los muros laterales.

Estructura sobre puerta muro lateral este

Debido a la distancia que hay entre la clave de la puerta y la posición de la solera superior (menor a 3 mts. al centro) se puede usar la misma armadura superior por metro (0.92/mts.) dependiendo únicamente de la separación de los anclajes).

Fachada

Según las secciones, se pueden considerar un ancho de 2 mts sin incluir columnas.

Sección inferior

$$\text{Peso } (12.75 \times 5.20 - \pi \times 1.40^2) \times 2 + 4 \pi \times 0.55^2 / 4 \times 5.20 \\ 5.20 \times 1.20 / 2 \times 1.05 - 1.40 \times 1.80 \times 2) \times 2000 : 259,240 \text{ kg.}$$

Sección superior

$$\text{Peso } (3.50 \times 12.75 - \pi \times 0.60^2 / 2 - 0.40 \times 1.20) \times 2 \\ + 2 \pi \times 0.55^2 / 4 \times 2.2 + 2 \pi \times 0.55^2 / 4 \times 3 \\ + 2.10 \times 4.4 \times 2.40 + 3.20 \times 0.95 / 2 + 2 \times 2 / 3 \times 0.95 \times 1.60) \times 2000 : \\ 230705 \text{ kgs}$$

WX	h	w x h	Vu.
230,705	11.15	2.572,361	42,822
259,240	6.00	1.555,440	25,894
		4.127,801	68,716

$$v = 0.10 (259,240 + 230,705) \times 1.87 \times 0.75 = 68,715 \text{ kgs.}$$

Para tensor superior y grado 60

$$A_s = 42822 / 0.7 / 4219 = 14.50 \text{ cm}^2$$

Para tensor inferior y grado 60

$$A_s = 68716 / 0.7 / 4219 = 23.27 \text{ cm}^2$$

Trabajos en artesonado

Luego de establecer el diseño final del artesón, se procede al cálculo de la armadura a emplear:

Integración de carga

Utilizando piezas de ciprés cepillados de 510 kg./mts² con las siguientes dimensiones

- a) Cordón superior 6" X 10",
- b) Tensor de 6" X 9"
- c) Costaneras de 3" X 4" @ 1mt
- d) Cielo falso de machimbre de 1" X 6"
- e) Lámina perfil 10 con teja

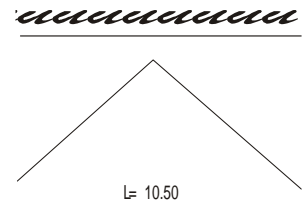
a) Carga muerta utilizada

En la cubierta y artesonado es de 2,554.20 kg.

Figura 16

Donde:

$$W_{\text{muerta proyectada}} = 2,554.20 \text{Kg.} / 10.5 \text{ mts} = 243.26 \text{ kg/mts}$$



b) Carga viva

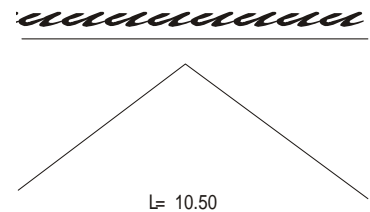
Por la pendiente CV = 80 kg/mts²

Área tributaria de 1.77X11.63 = 20.59mts²

Figura 17

$$W_{\text{carga viva}} = 20.59 \times 80 = 1,646.81 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{cv Proyectada}} = 1646.81 / 10.50 = 156.84 \text{ Kg/m}$$



Resumiendo aplicación de carga

$$W_{1 \text{ MUERTA}} = 243 \text{ Kg/M}$$

$$W_{1 \text{ VIVA}} = 157 \text{ Kg/M}$$

$$W_{2 \text{ MUERTA}} = 41 \text{ Kg/M}$$

Figura 18

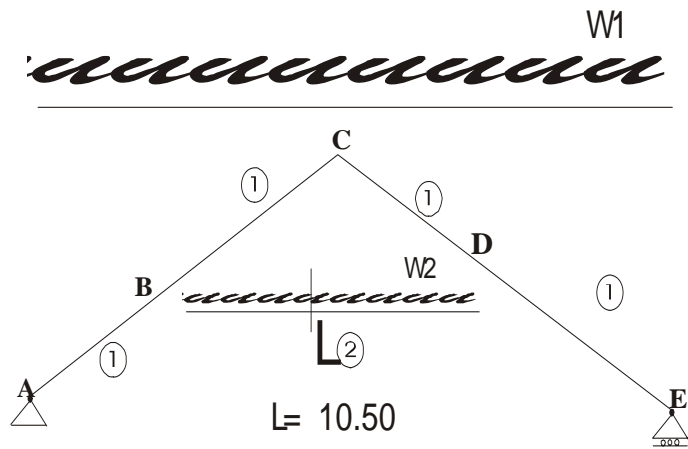


Tabla I

Coordenadas de cada nudo

NUDO	X(m)	Y (m)
A	0.00	0.00
B	2.69	1.28
C	5.25	2.50
D	7.81	1.28
E	10.50	0.00

Tabla II

Propiedades utilizadas

Elemento	$I \text{ cm}^4$	$A \text{ (mc}^2\text{)}$	$E \text{ kg/cm}^2$
1	18541.00	362	0.75×10^5
2	13375.00	325	0.75×10^5

Figura 19

Reacciones por carga muerta

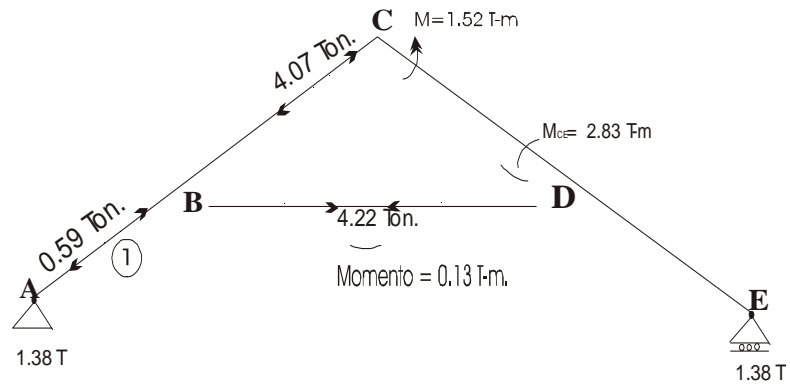
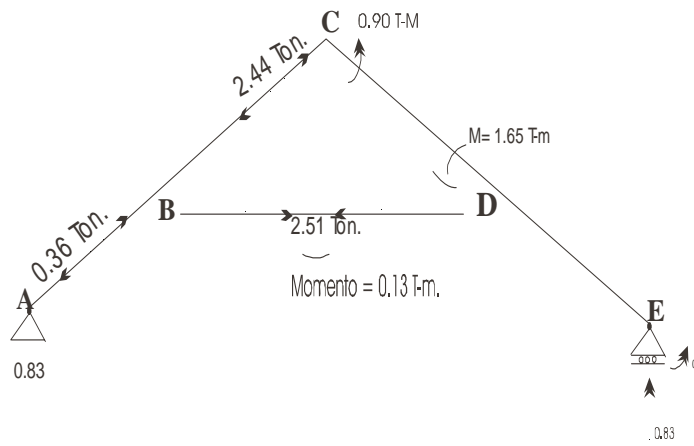


Figura 20

Reacciones por carga viva



CONCLUSIONES

1. La estructura de este edificio mejorará su uniformidad y simetría, aunque sabemos que los diferentes materiales y procesos constructivos que ha sufrido van a afectar y manifestar sus efectos; con esta intervención esperamos que al ser afectado por las diferentes reacciones (esfuerzo, deformación) de los componentes estructurales en el comportamiento asimétrico, se mantenga en el rango elástico.
2. Con este proyecto hemos demostrado que cualquier edificio histórico en mal estado puede ser recuperado e integrado para prestar un buen servicio a la comunidad.
3. Es indispensable la participación del Ingeniero Civil en la reestructuración. Siempre, en cualquier intervención de edificios históricos, es necesario agregar elementos de concreto armado para lograr absorber los esfuerzos de tensión nunca son absorbidos por la mampostería, ya que las normas de conservación exigen un mínimo de alteración de elementos originales.
4. La Ciudad de Antigua es un lugar eminentemente sísmico, por lo tanto es urgente restaurar la mayor parte de edificios históricos que ya se encuentran dañados.

RECOMENDACIONES

1. Afortunadamente los edificios coloniales, en su mayoría, mantienen la uniformidad y simetría en su diseño, por lo que conviene que la distribución de anclajes, viga y otros nuevos elementos mantengan las mismas condiciones equilibrando la poca asimetría que pueda manifestarse.
2. Que la Escuela de Ingeniería se involucre más en el rescate del patrimonio cultural.
3. Que la Escuela de Ingeniería Civil integre en su pensum de estudios un curso de restauración y reestructuración de edificios, ya sean históricos o no.
4. Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura logren hacer actividades o cursos de concienciación de la importancia de integrar las dos disciplinas para la construcción de un edificio, y en especial para la intervención de un monumento.
5. Crear laboratorios enfocados al estudio y análisis de comportamiento de edificios de mampostería de mayor espesor.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTURIAS, Méndez Rodolfo. "Los monumentos de la ciudad de La Antigua y su proceso de restauración a raíz de los terremotos de 1976". Suplemento Carta Informativa. C.N.P.A.G. Septiembre / Octubre 1986.
2. Comité de Reconstrucción Nacional. "El Departamento de Sacatepéquez". Presidencia de la República, enero de 1988.
3. PARDO, J. Joaquín. "Miscelánea histórica. Guatemala, siglos 16 y 19: vida, costumbres, sociedad". Editorial Universitaria, Guatemala 1978.
4. PARDO, J. Joaquín. ZAMORA, Castellanos Pedro. LUJÁN, Muñoz Luis. "Guía de Antigua Guatemala". Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala. Editorial José de Pineda Ibarra, Guatemala.
5. TOVAR, Antonio. "Análisis de las presiones económico sociales recientes a la conservación de La Antigua". Tesis de grado. Facultad de Arquitectura, USAC, febrero de 1985.
6. AGUIRRE, Matheu Jorge. "La Metrópoli Colonial Centroamérica y el Departamento de Sacatepéquez". Editorial Azmitia, Antigua Guatemala, noviembre de 1936.
7. ANNIS, Verle Lincoln. "La arquitectura de La Antigua Guatemala 1543-1773". Editorial Universitaria. Guatemala, 1968.

8. CUEVAS, Natalia G. de "Breve Historia de las Obras Sociales y Casa del Convaleciente". La Antigua Guatemala, septiembre de 1986.
9. GRAJEDA, Leonel. "Resumen Cronológico del Hospital San Pedro". Sección Registro de Monumentos. C.N.P.A.G. 1986.
10. MARKMAN, Sidney David. "Colonial Architecture of Antigua Guatemala". The American Philosophical Society. Philadelphia, 1966.
11. PARDO, J. Joaquín. ZAMORA, Castellanos Pedro, LUJÁN, Muñoz Luis. "Guía de Antigua Guatemala". Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala. Editorial José de Pineda Ibarra. Guatemala, 1969.
12. RILVLERA, Álvarez Ramiro "Hospital de los Hermanos de San Juan de Dios." Talleres de Artes Gráficas del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala, marzo de 1982.

ANEXOS

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 21

Vista del artesonado antes de sustituirlo



Figura 22

Elementos importantes de la armadura en mal estado, condiciones similares en cada tijera



Figura 23

Empalmes fracturados y apolillados que ponían en riesgo su utilización

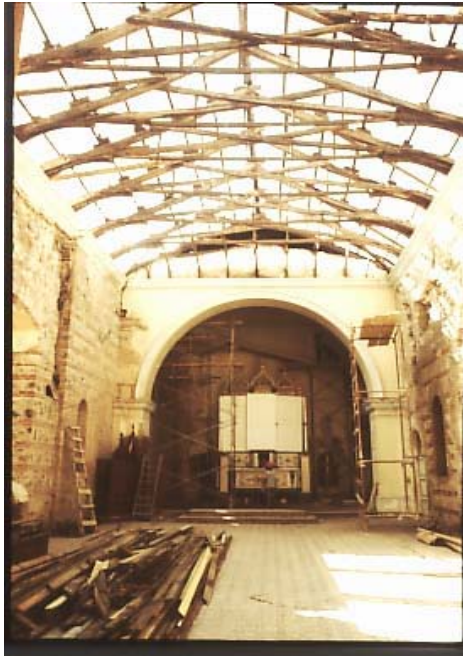


Figura 24

Vista sur antes de eliminar artesonado



Figura 25

Elevación norte del interior del templo
luego de eliminar artesón.

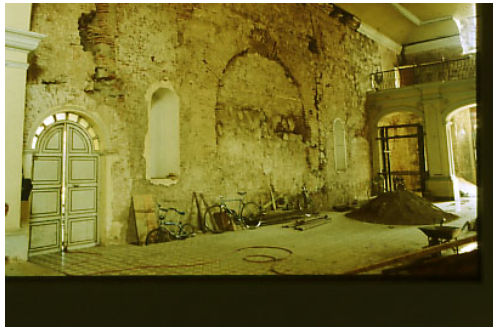


Figura 26

Muro poniente durante la intervención, antes de la reposición de materiales

nor-
la



Vista
antes



Figura 27
de la
esquina
oriente del
templo
y durante

intervención de grieta crítica



Figura 28

Muro oriente luego de la reposición de materiales y consolidación de grietas estructurales



Figura 29

Muro poniente luego de la

reposición de materiales y
consolidación de grieta



Figura 30

Fundición de corona perimetral
luego de reestructurar el edificio



Figura 31

Inicio de colocación de tijeras
para la nueva cubierta



Figura 32

Vista superior al sur del templo
en proceso del colocado de

tijeras



Figura 33

Vista general del templo