

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

TESIS

**"EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE
LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO
PUEBLO VIEJO ACOBAMBA - HUANCAMELICA"**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
CONSTRUCCIONES RURALES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CHATE PAREJA, ALFREDO

ACOBAMBA - HVCA.

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA**

TESIS

**“EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA
“SAN JUAN BAUTISTA” DEL BARRIO PUEBLO VIEJO
ACOBAMBA - HUANCAMELICA”.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
CONSTRUCCIONES RURALES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
CHATE PAREJA, ALFREDO**

ACOBAMBA – HVCA

2015

ACTA DE SUSTENTACIÓN O APROBACIÓN DE UNA DE LAS MODALIDADES DE TITULACIÓN

En la Ciudad Universitaria "Común Era" Auditorio de la Facultad Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica, a los 06 días del mes de Mayo del año 2015, a horas 11 a.m. se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Ing. Leónidas LAURA QUISPETUPA.
SECRETARIO : Ing. Freddy LOPEZ PALACIOS.
VOCAL : Ing. Jesús Antonio JAIME PIÑAS.

Designados con RESOLUCIÓN N° 431 – 2014 – CF – FCA - UNH; del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros. Titulado:
"EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO. ACOBAMBA - HUANCAMELICA"

Cuyo autor es el graduado:

BACHILLER: CHATE PAREJA, Alfredo.

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación o examen de capacidad o informe técnico u otros, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente el resultado:

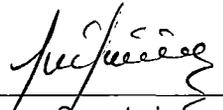
APROBADO POR UNANIMIDAD.....

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.



Presidente



Secretario



Vocal

ASESOR

Dr. David; RUIZ VILCHEZ.

Co ASESOR

Ing. Alfonzo; RUIZ RODRIGUEZ

ASESOR

Dr. David; RUIZ VILCHEZ.

Co ASESOR

Ing. Alfonso; RUIZ RODRIGUEZ

DEDICATORIA

*A Dios, por la vida y por rodearme de gente
maravillosa.*

A mis padres Marino y Zocima.

A Rosmery y mis Hermanos,

Con todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS

- ✚ A mis padres Marino CHATE MENDOZA y Zocima PAREJA HUAMACTO, por su infinito apoyo y amor en todo momento de mi vida.
- ✚ A mi abuelita Paulina HUAMACTO por acogerme con ternura y dedicación en mis primeros años.
- ✚ A Rosmery SANDOVAL GUTIERREZ por su amor, confianza y aliento que me condujeron a terminar ésta tesis, sin rendirme.
- ✚ A mis hermanos y primos Fidilberto, Livaneza, Paulina, Asunción, Gustavo y Delissa, por su cariño y recordándoles que siempre serán los hombres que elijan ser.
- ✚ A mi Abuelo Fernando PAREJA, que perdura en mis recuerdos y aún hoy siento que nunca se marchó.
- ✚ A todos mis seres queridos, por vuestro optimismo que es la misma que en mi forja la fuerza de seguir siempre adelante.
- ✚ A la UNH, por su acogida e instrucciones para mi vida profesional.
- ✚ A mi asesor de tesis, Dr. David RUIZ VÍLCHEZ. Por su apoyo tan substancial e incondicional.
- ✚ A mis Maestros Ing. Alfonso RUIZ RODRIGUEZ, Ing. Jesús Antonio JAIME PIÑAS, Ing. Carlos Raúl VERASTEGUI ROJAS, Ing. Leónidas LAURA QUISPETUPA, Arq. Carlos GARCIA RAMIREZ y Arq. Juan José EULOGIO SAENZ.
- ✚ A todos ustedes agradecerles por sus buenos consejos y conocimientos, que me llenan de orgullo.
- ✚ A mis amigos y socios de CDISI S.A.C. por su paciencia y gestos de motivación constante.
- ✚ A todos mil gracias.

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPITULO I: PROBLEMA	11
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Objetivos: General y Específicos	11
a. Objetivo general	11
b. Objetivos específicos	11
1.4. Justificación	12
CAPITULO II: MARCO TEORICO	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1 Análisis sísmico	16
2.2.2 Zonificación sísmica	16
2.2.3 Categoría de edificación	17
2.2.4 Espectro	18
2.3. Hipótesis	19
2.4. Variables de estudio	20
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	21
3.1. Ámbito de estudio	21
a. Ubicación Política	21
b. Ubicación Geográfica	21
c. Factores Climáticos	21
d. Límites territoriales	21
3.2. Tipo de investigación	22
3.3. Nivel de investigación	22
3.4. Método de investigación	22

3.5. Diseño de investigación	22
3.6. Población, muestra y muestreo	22
a. Población	22
b. Muestra	22
c. Muestreo	22
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.8. Procedimiento de recolección de datos	23
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	23
CAPITULO IV: RESULTADOS	24
4.1. Presentación de resultados	24
4.2- Discusión	40
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	49
ARTICULO CIENTIFICO	50
ANEXO	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Zonificación sísmica	16
Cuadro N° 2. Categoría de edificación	18
Cuadro N° 3. Análisis sísmico estático y dinámico	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01. Zonificación sísmica	17
Figura N° 02. Modelos dinámicos	28
Figura N° 03. Modelos dinámicos	29
Figura N° 04. Modelos dinámicos	30
Figura N° 05. Asignación cargas vivas al software Sap 2000	30
Figura N° 06. Espectro de aceleración	31
Figura N° 07. Modelos dinámicos en elevación	32
Figura N° 08. Modelos dinámicos en elevación en vista 3D	33
Figura N° 09. Modelo tridimensional del conjunto vista Y-Z	35
Figura N° 10. Modelo tridimensional del conjunto vista X-Z	35
Figura N° 11. Análisis sísmico estructural	36
Figura N° 12. Diagrama de esfuerzos	37
Figura N° 13. Diagrama de esfuerzos	37
Figura N° 14. Diagrama de esfuerzos	38
Figura N° 15. Valores de desplazamiento máximo y mínimo	39

RESUMEN

El Perú es un país sísmico, por lo tanto tenemos que tener todas las precauciones posibles en la medida de poder evitar desastres tanto en vidas humanas como en patrimonios culturales.

Los monumentos históricos son una especie de aspecto primordial en cuanto a prevención de desastres se refiere, debido a esto a nivel mundial se han llevado y se llevan hasta la actualidad varios estudios que nos permiten saber si estas estructuras podrán resistir una inminente alteración de la naturaleza.

Las iglesias, templos o parroquias del Perú y del mundo son vulnerables debido a su estructuración irregular en la mayoría de ellas, éstas tienden a fallar en no menos de 50% del total de su estructura, tomando en cuenta experiencias obtenidas en sismos de la historia, y para lo cual podremos ampliar mejor los conceptos en cuanto a prevención y mantenimiento de estos patrimonios culturales.

Se modeló estructuralmente la iglesia en el programa Sap2000, como también se realizó un estudio de sitio o de suelos, un estudio de materiales con los que están hechas estas estructuras, todo esto para poder acercarnos de la mejor forma y comportamiento de las estructuras en un sismo y con la mayor de las intenciones en ayudar a la sociedad Acobambina con el fin de que esta estructura emblemática de la zona no se vea afectada y contribuir a que sigan llegando turistas a nuestra ciudad y poder seguir teniendo ingresos por parte de estos.

El software que se ha utilizado para este trabajo de investigación se basa en un modelo matemático "Método de elementos finitos", este método consiste en la discretización de la estructura a analizar y formar una matriz de rigidez.

Al modelar la estructura en el Software Sap 2000 se puede observar en el diagrama de esfuerzos una variación de 0 a -1.7 kgf/cm^2 , en cual se muestra en fig. 12 nos indica las partes que pueden sufrir un ligero daño durante el sismo, el cual se mejora la estructura con el uso de geomalla. También el programa nos muestra al aplicar las cargas de peso propio, carga viva, carga muerta y carga sísmica (S_x, S_y) nos muestra los desplazamientos permisibles E 030 que es de máximo de 7cm, el cual nuestro resultado no sobrepasa máximo es 2cm en la dirección x.

INTRODUCCIÓN

El conjunto arquitectónico de la iglesia católica de la ciudad de Acobamba, ubicado en el barrio de pueblo viejo de esa ciudad.

La vulnerabilidad de edificaciones compuestas de muros de piedra ante las acciones sísmicas, es debido a que su sistema estructural de conjunto fue concebido como de "gravedad".

Reemplazar una infraestructura destruida significa utilizar recursos que pudieron haberse utilizado en nuevas inversiones en el desarrollo económico y social. En el caso de las Iglesias estas costarían más reemplazarlas o arreglarlas después de un sismo que intervenirlas y prepararlas para la acción de este fenómeno ahora.

En la ciudad peruana de Huancavelica Acobamba existen varios monumentos por preservar y estudiar, la Iglesia de Barrio de pueblo viejo "San Juan Bautista" es una de las más significativas ubicada en barrio pueblo viejo de la ciudad, los habitantes de esta ciudad se verían afectados moralmente si ocurriera una tragedia en dicho monumento.

El conocimiento de las prácticas constructivas del país, las normas de diseño sismo resistente, el tipo de materiales utilizados, la clasificación de los estilos arquitectónicos y el comportamiento sísmico observado de diversos sistemas estructurales sometidos a movimientos telúricos en el pasado, aportan elementos importantes para el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones objeto de este trabajo.

La estimación de la vulnerabilidad y el daño sísmico probable de las edificaciones existentes es un componente imprescindible de cualquier plan de mitigación, tanto más, si se piensa que los avances del conocimiento en Ingeniería Sísmica, reflejados en los conceptos de diseño sismo resistente, pueden estar incorporados, al parecer, sólo en las construcciones más recientes.

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú es un país sísmico, por lo tanto, tenemos que tener toda la precaución posible en las construcciones a fin de evitar desastres tanto del patrimonio cultural como vidas humanas.

Las iglesias coloniales requieren un tratamiento especial en cuanto a prevención de desastres se refiere, debido a esto a nivel mundial se viene llevando, estudios que nos permitan conocer si estas estructuras podrán resistir una alteración sísmica.

Las iglesias, templos o parroquias del Perú y del mundo son vulnerables debido a su estructura irregular o empírica en la mayoría de ellas, éstas tienden a fallar en no menos de 50% del total de su estructura, tomando en cuenta experiencias obtenidas en sismos de la historia; y para lo cual, en el presente estudio podremos ampliar mejor los conocimientos en cuanto a prevención y refuerzo estructural de la iglesia colonial "San Juan Bautista" del Barrio de Pueblo Viejo.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia "San Juan Bautista" del Barrio Pueblo Viejo Acobamba – Huancavelica?

1.3. OBJETIVO: GENERAL Y ESPECIFICOS

General

- Evaluar la Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia de "San Juan Bautista" del Barrio de Pueblo Viejo - Acobamba – Huancavelica.

Específico

- Medir la Resistencia de las estructuras de la Iglesia en estudio.

- Mostrar el modelamiento estructural de la iglesia usando para tal fin el software SAP2000 con el fin de conocer esfuerzos y deformaciones de la iglesia "San Juan Bautista".
- Establecer los posibles impactos ambientales a ocurrir, impactos no previstos, y proponer las medidas planteamiento de la propuesta estructural de reforzamiento.

1.4. JUSTIFICACION

Científico

El trabajo proporcionará información en tiempo real referido análisis sísmico para su modelamiento estructural usando el software SAP2000 poder mostrar las evaluaciones de los daños para posteriormente considerar una propuesta de reforzamiento estructural del mismo.

Social

En la ciudad de Acobamba existe una iglesia colonial histórico colonial y eclesiástico por preservar y estudiar, la Iglesia "San Juan Bautista" es una de las más significativas ubicada en Barrio de Pueblo Viejo, donde la población se vería afectado moralmente si ocurriera una tragedia en dicha iglesia.

Económico

Reemplazar una infraestructura destruida significa utilizar recursos que pudieran haberse utilizado en nuevas inversiones en el desarrollo económico y social de la provincia de Acobamba. En el caso de las Iglesias estas costarían más reemplazarlas o arreglarlas después de un sismo que intervenirlas y prepararlas para la prevención de este fenómeno.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA CATEDRAL DE CHICLAYO (2010) reporta como, resultados que se realizó la técnica de elementos finitos, asignando a los muros, cúpulas, bóvedas y torres, elementos Shell, y a las columnas y vigas elementos de barra.

En el modelo existen 866 elementos franne (barras), 15,919 elementos shell.

Se diferencian 3 tipos de materiales de construcción, uno es la quincha utilizada para bóvedas y cúpulas, el ladrillo utilizado para los muros y columnas y la madera utilizada para los techos y vigas.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA BELEN EN MOQUEGUA (1995) reporta como, resultados El planteamiento de un modelo dinámico debe seguir ciertos pasos lógicos, por ejemplo empieza por tener información fotográfica de la estructura real, en la cual puede verse todos los componentes del monumento a esto le llamaremos estructura real, luego se hace un elevamiento arquitectónico para conocer las características más saltantes desde el punto de vista de formas secciones, texturas, etc. En el caso de restauración es importante muchos más detalles dada la importancia del patrimonio a preservar.

Finalmente, debe tomarse las características más importantes para plantear el modelo dinámico de la estructura. El planteamiento de un modelo adecuado es fundamental para obtener resultados cualitativamente correctos, este debe considerar todas las características de la estructura que influyen significativamente en la respuesta sísmica y debe permitir determinar con relativa facilidad los efectos de interés. La obtención de dicha respuesta, es decir el análisis sísmico, requiere de la definición previa tanto del movimiento del terreno como de las características estructurales.

En nuestro caso se ha usado elementos finitos tipo solid (bloque) para modelar los muros de piedra de la torre campanario y los muros de contrafuerte del evangelio y epístola y para el caso de la parte superior de la torre, en cambio para la cúpula se ha usado elementos shell (lamina) todo esto empleando un software de cálculo estructural SAP2000 que nos permite realizar el análisis sísmico dinámico.

Se ha realizado la elección de los elementos estructurales del modelamiento en función a las características propias de la estructura real y a la correspondencia con los esfuerzos y deformaciones que se presentan.

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA CATEDRAL DE CUSCO

Olarte (1987) menciona que, para hacer referencia al comportamiento sísmico de La Iglesia, deben tenerse en cuenta las características de los materiales empleados. Aun cuando la resistencia de los bloques de piedra es similar a la que tendrían algunos concretos empleados en edificaciones modernas, la mampostería tiene una capacidad bastante menor. Esta afirmación es válida incluso para la mampostería organizada de las caras exteriores de las columnas. El material de relleno de las columnas tiene una resistencia muy inferior, de otro orden de magnitud. En comparación con el material de las columnas, la calidad del material en muros es inferior. En general, los materiales empleados en todos los casos tienen cierta capacidad frente a acciones de compresión, pero una resistencia muy pequeña frente a esfuerzos de tracción.

La estructura de La Iglesia está concebida para soportar cargas de gravedad. La forma de arcos y bóvedas es tal que la resultante de fuerzas en cualquier sección está dentro del núcleo central, salvo pequeñas excepciones. Esto significa que no se producen tracciones, que no podrían ser resistidas con el material empleado. Por otro lado, a pesar de tenerse una estructura de gran peso los esfuerzos de compresión debidos a las cargas de gravedad son relativamente bajos (son inferiores a 1,7 MPa). Esto se debe a las grandes dimensiones de los principales elementos estructurales.

La estructura de La Iglesia no ha sido concebida para soportar sismos importantes. Puede decirse que tiene características opuestas a lo que normalmente se considera adecuado para un buen comportamiento sísmico: mucho peso en proporción a la

capacidad resistente, poca ductilidad. No obstante esto, hay algunas características de la estructura que resultan favorables. Debe por ejemplo mencionarse el uso de muros transversales, a modo de contrafuertes de los muros longitudinales, sin los cuales la estructura no hubiera podido soportar sismos de moderada intensidad.

Las acciones sísmicas son intrínsecamente variables. Para eventos de pequeña intensidad puede esperarse que la resultante de fuerzas en una sección cualquiera se desplace ligeramente, manteniéndose toda la sección comprimida, o quizás con tracciones tolerables. Sin embargo, en eventos de mayor intensidad pueden tenerse tracciones importantes. Éstas podrían superar largamente a las compresiones preexistentes debidas a las cargas de gravedad. En la condición actual, tales tracciones podrían originar el colapso parcial de las bóvedas, desencadenando sucesivas fallas, que llegarían a afectar también a los pilares.

Debe reconocerse que una estimación precisa de los esfuerzos en una estructura de este tipo es difícil. Los resultados obtenidos con modelos con comportamiento lineal no pueden suponerse como exactos, pero pueden considerarse como cualitativamente correctos.

El análisis sísmico con el modelo de la estructura completa, indica que el sismo de diseño produciría en las bóvedas esfuerzos de tracción en el rango de 0 a 8 MPa. Esto ha sido obtenido suponiendo $R=1$, lo que resulta consistente con la forma de falla frágil esperada. Los esfuerzos antes mencionados superan largamente la capacidad del mortero en tracción. Aun cuando los esfuerzos reales sean menores, es evidente que las bóvedas podrían fallar al ocurrir un sismo severo. Por otro lado, la mayor vulnerabilidad de las bóvedas ha sido puesta en evidencia por los sismos pasados.

Al fallar parcialmente las bóvedas, las columnas quedarían como estructuras aisladas. El estado de esfuerzos se aproximaría entonces al del modelo de un pilar con una porción de los arcos y bóvedas adyacentes. Con ese modelo se obtuvieron esfuerzos cortantes en los arcos de hasta 6,5 MPa y esfuerzos normales en dirección vertical en las columnas del orden de 28 MPa. Estos esfuerzos son excesivos para el material empleado.

En conclusión, la falla de las bóvedas sería seguida por fallas en los arcos y luego en los pilares. En comparación a esos elementos, se espera que los muros perimetrales y aquellos que actúan como sus contrafuertes sean poco afectados, a pesar de estar contruidos con mampostería de inferior calidad.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Análisis sísmico:

NORMA PERUANA DE DISEÑO SISMO RESISTENTE E.030 (2006) menciona que, en concordancia con los principios de diseño sismo resistente se acepta que las edificaciones tendrán incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las solicitaciones sísmicas de diseño se consideran como una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

El análisis podrá desarrollarse usando las solicitaciones sísmicas reducidas con un modelo de comportamiento elástico para la estructura.

2.2.2. Zonificación sísmica:

RUSO (1995) aporta que, cada zona se asigna un factor Z, Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. Equivale a un periodo de retorno de 500 años.

FACTORES DE ZONA	
ZONA	FACTOR DE ZONA Z(g)
3	0.40
2	0.30
1	0.15

Cuadro N° 1



Fig. 1

2.2.3. Categoría de edificación:

RUSSO (1995) aporta que, cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas. El coeficiente de uso e importancia (U), se usará según la clasificación que se haga:

Categoría A. Edificaciones Esenciales: edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.

Categoría B. Edificaciones Importantes edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.

Categoría C. Edificaciones Comunes cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes e depósitos de instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas contaminantes, etc.

Categoría D. Edificaciones Menores edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.

Factores de Uso o Importancia, U

Categoría	Descripción	U
A	Edificaciones Esenciales	1.5
B	Edificaciones Importantes	1.3
C	Edificaciones Comunes	1.0
D	Edificaciones Menores	*

Cuadro 2

(*) A criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis sísmico, pero deberá proveerse rigidez y resistencia para acciones laterales.

2.2.4. Espectro:

Kramer (1996) menciona que, el espectro ha ganado una amplia aceptación como herramienta de la dinámica estructural. Es por ello que se han desarrollado varios tipos de espectros, los cuales presentan características diferentes y se utilizan con distintos objetivos. En particular analizaremos tres de los espectros más comunes:

- **Espectros de respuesta elástica:** representan parámetros de respuesta máxima para un terremoto determinado y usualmente incluyen varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento.

Se utilizan fundamentalmente para estudiar las características del terremoto y su efecto sobre las estructuras. Las curvas de los espectros de respuesta presentan variaciones bruscas, con numerosos picos y valles, que resultan de la complejidad del registro de aceleraciones del terremoto.

- Espectros de respuesta inelástica:** son similares a los anteriores pero en este caso se supone que el oscilador de un grado de libertad exhibe comportamiento no-lineal, es decir que la estructura puede experimentar deformaciones en rango plástico por acción del terremoto. Este tipo de espectros son muy importantes en el diseño sismo resistente, dado que por razones prácticas y económicas la mayoría de las construcciones se diseñan bajo la hipótesis que incursionarán en campo plástico. Como ejemplo, podemos mencionar los espectros de ductilidad (recordemos que ductilidad de desplazamientos es la relación entre el desplazamiento máximo que experimenta la estructura y el desplazamiento de fluencia).

Estos espectros representan la ductilidad requerida por un terremoto dado en función del periodo de vibración de la estructura y se grafican usualmente para distintos niveles de resistencia. También, se construyen espectros de aceleración, desplazamiento de fluencia o desplazamiento último de sistemas inelásticos, en donde se consideran distintos niveles de ductilidad o distintos tipos de comportamiento histerético¹ de la estructura.
- Espectros de diseño:** las construcciones no pueden diseñarse para resistir un terremoto en particular en una zona dada, puesto que el próximo terremoto probablemente presentará características diferentes. Por lo tanto, los espectros de respuesta elástica o inelástica, descriptos previamente, no pueden utilizarse para el diseño sismo resistente. Por esta razón, el diseño o verificación de las construcciones

2.3. HIPOTESIS

Hp: No existen diferencia entre la Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia "San Juan Bautista" del Barrio Pueblo Viejo - Acobamba – Huancavelica.

Ha: Habrá diferencia entre la Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia "San Juan Bautista" del Barrio Pueblo Viejo - Acobamba – Huancavelica.

2.4. VARIABLES DE ESTUDIO

Variables independientes:

Cargas aplicadas a la estructura.

Variables dependientes:

Propiedades de materiales

Elasticidad del material.

Fuerza de compresión.

Modo de poisson.

Peso específico.

Espectro de seudo aceleración

Zonificación sísmica.

Categoría de edificación.

Tipo de suelo y periodo predominante según norma ER - 030.

Coefficiente de reducción sísmica.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

a. Ubicación Política

Departamento	: Huancavelica.
Provincia	: Acobamba.
Distrito	: Acobamba.
Barrio	: Pueblo Viejo.

b. Ubicación Geográfica

Altitud	: 3200 – 3422 m.s.n.m.
Latitud	: 12° 54' 17".
Longitud Oeste	: 74° 31' 48" del Meridiano de Greenwich

c. Factores Climáticos

Temperatura promedio	: 20° C.
Humedad relativa	: 65 %.
Precipitación promedio	: 700 mm/año.

d. Límites

La Provincia de Acobamba limita:

- ✓ Por el norte con Huancavelica
- ✓ Por el sur con Huanta - Ayacucho
- ✓ Por el este con Churcampa
- ✓ Por el oeste con Angaraes

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación fue de tipo aplicado, orientado a realizar el diagnóstico infraestructural de la Iglesia San Juan Bautista del Barrio de Pueblo Viejo de la Provincia de Acobamba, de la región Huancavelica.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

En presente trabajo de investigación fue de nivel descriptivo, por qué se pretendió conocer los factores de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

3.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se empleó el método descriptivo y científico.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El Diseño que se utilizó en el presente trabajo de investigación fue la Observacional (no experimental) - Transversal.

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

a. Población

El presente proyecto de investigación tuvo como población a la iglesia de San Juan Bautista del Barrio de Pueblo Viejo.

b. Muestra

Los datos fueron tomados de la infraestructura y arquitectura de la iglesia "San Juan Bautista "del Barrio de Pueblo Viejo con la fórmula de modelos matemáticos.

c. Muestreo.

En el presente trabajo de investigación el muestreo fue estructura de la iglesia "San Juan Bautista "del Barrio de Pueblo Viejo, parte de la investigación.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos para cada variable de estudio del proyecto de investigación consistió en la toma de datos mediante análisis del material, reglamento nacional de edificación revisión bibliográfica, folletos, revistas, base de datos de la infraestructura de la iglesia de la Provincia de Acobamba. Lo cual fue corroborado con las siguientes actividades

- ✓ Reconocimiento de la infraestructura y arquitectura de la iglesia.
- ✓ Levantamiento topográfico para tomar medidas.
- ✓ Análisis de suelo.

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el proceso de técnicas de recolección de datos o variables a evaluar se realizó análisis del material y reglamento nacional de edificaciones, análisis de documentos, observación y recorrido de la zona en estudio de acuerdo a las variables de estudio del presente proyecto.

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas de análisis de datos, fueron realizados mediante el uso de calculadora científica, y uso de programa de software SAP2000. Para el procesamiento y modelamiento estructural de los datos que se obtuvieron propiedades de los materiales y espectro pseudo aceleración fueron sistematizados y de los cuales se agruparon los problemas potenciales de acuerdo a las variables de estudio planteadas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. PRESENTACION DE RESULTADOS.

La forma de falla de las probetas sometidas a compresión es típicamente por tracción en dirección transversal. Al aplicar esfuerzos relativamente bajos, del orden de 30% a 50% de la resistencia, se observan las primeras fisuras longitudinales. Éstas se propagan a medida que se incrementan los esfuerzos, dando lugar a un incremento de grietas en la dirección axial y la posterior apertura de las grietas por las tracciones transversales.

Mediante regresión con los resultados de ensayos de las muestras de piedra se obtuvo una resistencia a la compresión de 450 kg/cm² (45 MPa) y un módulo de elasticidad de 194000 kg/cm² (19400 MPa). La densidad de este material es del orden de 2.2 g/cm³.

Las columnas de la Iglesia están formadas por una sección cajón de mampostería de piedra y un relleno con material diverso a manera de confite. Para este material de relleno se obtuvo una densidad del orden de 1.76 g/cm³. La resistencia a la compresión resultó 10.9 kg/cm² (1.09 MPa). A partir de los resultados en el rango elástico, se obtuvo un módulo de elasticidad de 6270 kg/cm² (627 MPa). En lo que se refiere a las acciones sísmicas se consideró de manera referencial lo estipulado en la norma de Diseño Sismo resistente NTE.030 vigente (1997), la cual no considera como categoría de las edificaciones a los monumentos históricos. A fin de estimar el nivel de aceleración sísmica esperada en la estructura, se usaron los siguientes parámetros descritos en dicha norma:

Espectro de Seudo Aceleraciones: Para el análisis dinámico se empleó el espectro de seudo aceleraciones definido según la norma E030 (1997).

Zonificación Sísmica: El departamento del Huancavelica provincia Acobamba se encuentra en la Zona Sísmica 2, correspondiendo esto a una sismicidad media con un factor de zona $Z= 0.30g$.

Categoría de las Edificaciones: Se ha supuesto que la estructura es de categoría B debido al patrimonio valioso en su interior y la gran cantidad de personas que concentra. Según esta clasificación, a esta categoría le corresponde $U = 1.3$.

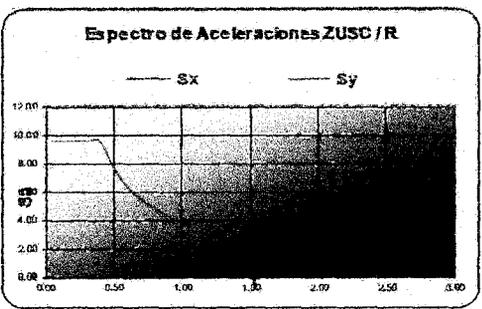
Tipo de suelo y período predominante: De acuerdo al estudio de suelos realizado, el suelo corresponde a un perfil tipo S1 roca suelo muy rígido, con un período característico $T_p=0.6$ s y un factor de suelo de $S = 1.0$.

Coefficiente de reducción de la fuerza sísmica R: La configuración estructural básica es de muros de corte, arcos y columnas de mampostería de piedra. Este caso no está específicamente tratado en la norma vigente. Los elementos sísmo resistentes no son capaces de tomar esfuerzos de tracción debido a que la unión de las unidades de piedra está compuesta con un mortero de tierra. En general tienen escasa ductilidad, por lo que se considera apropiado un valor de $R=1$.

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LA IGLESIA SAN JAUN BAUTISTA DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO ACOBAMBA HUANCAMELICA
Analisis Sismico Estatico y Dinamico

Aceleracion Espectral : $S_a = \frac{ZUSC}{R} * g$

Donde :
 Z =Factor de zona
 U = Factor de uso e importancia
 S = Factor de Suelo
 C =Coeficiente de Amplificación sismica
 R =Coeficiente de reducción de sollicitación sismica
 P = Peso total de la Edificación
 Clasificación: Regular



Parametros Sismicos	DIRECCION	
	X	Y
Z	0.3	0.3
U	1.3	1.3
S	1	1
R	1	1
ES REGULAR?	S	S
R USAR	1	1

$C = 2.5 * \left(\frac{T_s}{T}\right) \leq 2.5$ $\frac{C}{R} \geq 0.125$ $T = \frac{h_n}{C_T}$

$h_n = 13.50$
 $T_s = 0.4$

T (Seg.)	X		Y		Sa	Sa
	Cx	fa	Cy	fa		
0	2.50	0.98	2.50	0.98	9.565	9.565
0.1	2.50	0.98	2.50	0.98	9.565	9.565
0.2	2.50	0.98	2.50	0.98	9.565	9.565
0.3	2.50	0.98	2.50	0.98	9.565	9.565
0.4	2.50	0.98	2.50	0.98	9.565	9.565
0.5	2.00	0.78	2.00	0.78	7.652	7.652
0.6	1.67	0.65	1.67	0.65	6.377	6.377
0.7	1.43	0.56	1.43	0.56	5.466	5.466
0.8	1.25	0.49	1.25	0.49	4.782	4.782
0.9	1.11	0.43	1.11	0.43	4.251	4.251
1	1.00	0.39	1.00	0.39	3.826	3.826
1.1	0.91	0.35	0.91	0.35	3.478	3.478
1.2	0.83	0.33	0.83	0.33	3.188	3.188
1.3	0.77	0.30	0.77	0.30	2.943	2.943
1.4	0.71	0.28	0.71	0.28	2.733	2.733
1.5	0.67	0.26	0.67	0.26	2.551	2.551
1.6	0.63	0.24	0.63	0.24	2.391	2.391
1.7	0.59	0.23	0.59	0.23	2.251	2.251
1.8	0.56	0.22	0.56	0.22	2.126	2.126
1.9	0.53	0.21	0.53	0.21	2.014	2.014
2	0.50	0.20	0.50	0.20	1.913	1.913
2.1	0.48	0.19	0.48	0.19	1.822	1.822
2.2	0.45	0.18	0.45	0.18	1.739	1.739
2.3	0.43	0.17	0.43	0.17	1.663	1.663
2.4	0.42	0.16	0.42	0.16	1.594	1.594
2.5	0.40	0.16	0.40	0.16	1.530	1.530
2.6	0.38	0.15	0.38	0.15	1.472	1.472
2.7	0.37	0.14	0.37	0.14	1.417	1.417
2.8	0.36	0.14	0.36	0.14	1.366	1.366

Cuadro N° 3

4.1.1 MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA

El modelamiento de la estructura se ha basado en considerar las propiedades dinámicas de esta, tales como masa y rigidez, la masa está dada por los componentes estructurales y no estructurales tales como muro cajón de piedra, bóveda de quincha , nave central de techo de estructura de madera machihembrado y torta de barro, torre campanario de piedra, además se ha considerado la rigidez de los elementos estructurales teniendo en cuenta sus secciones y dimensiones en planta y elevación, así como sus parámetros de resistencia, como son:

- Módulo de elasticidad
- Módulo de Poisson 0.15
- Módulo de corte.
- Resistencia a la compresión y tracción.

Para poder realizar el análisis de la estructura es necesario plantear un modelo dinámico que represente las características principales de esta tal como se muestra en la fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig.5 y fig. 6

Módulo de elasticidad del concreto: Según la norma

$$E_c = (w_c)^{1.5} 0.043 \sqrt{f_c} \text{ (en MPa)}$$

E_c : elasticidad del concreto

W_C : peso específico.

F_c : fuerza de compresión.

MPa : mega pascales.

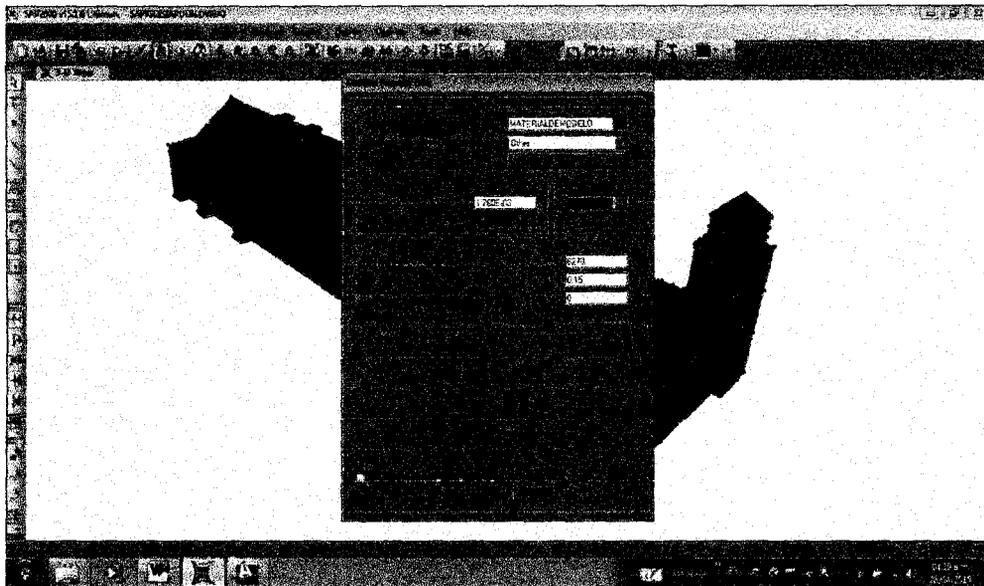


Fig. 2

- **Cargas Actuantes:**

Las cargas a emplear para el presente diseño será:

- ✓ Carga Muerta (D).
- ✓ Carga Viva (L).
- ✓ Carga de Sismo (E).

- **Combinación de Cargas:**

En cuanto a las combinaciones de carga se utilizara

Carga Muerta (D), carga viva (L) y sismo (E)

- ✓ $U=1.40D + 1.70L$
- ✓ $U=1.25D + 1.25L + 1.0E$
- ✓ $U=1.25D + 1.25L - 1.0E$
- ✓ $U=0.9D + 1.0E$
- ✓ $U=0.9D - 1.0E$

- **Para lo cual se ha generado los siguientes combos.**

- ✓ COMBO 01: $1.4CM + 1.7 CV$
- ✓ COMBO 02: $1.25CM + 1.25CV + 1.00 ESPECTROX$
- ✓ COMBO 03: $1.25CM + 1.25CV + 1.00 ESPECTROY$
- ✓ COMBO 04: $0.90CM + 1.00 ESPECTROX$
- ✓ COMBO 05: $0.90CM + 1.00 ESPECTROY$

4

✓ COMBO 06: (COMB 01,..., COMB 05) es el envolvente de todos los combos.

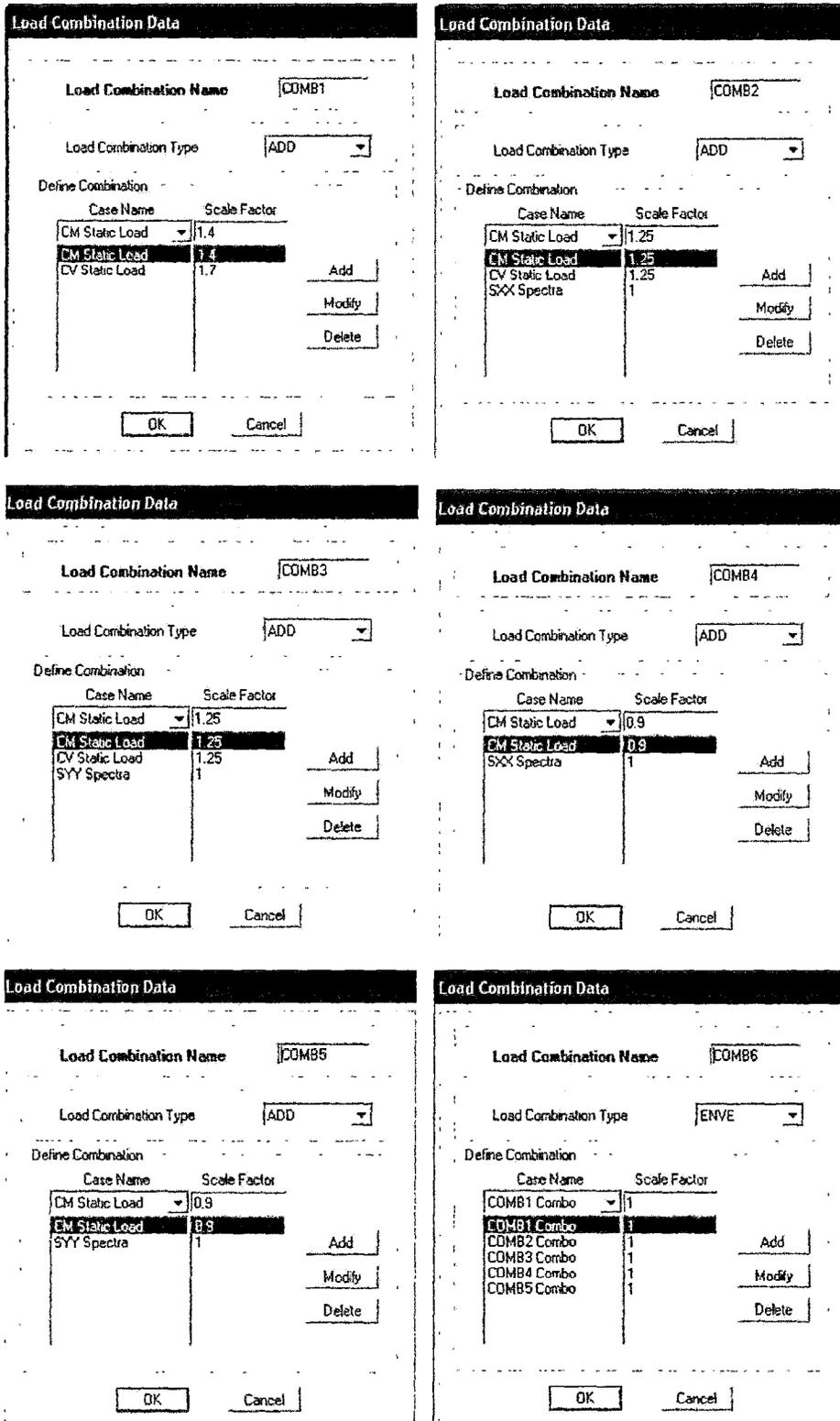


Fig. 3

- **Metrados de Cargas:**

Se usará el programa computacional SAP2000, para el modelamiento de la estructura, por tal razón solo se calcularán las cargas de la siguiente manera:

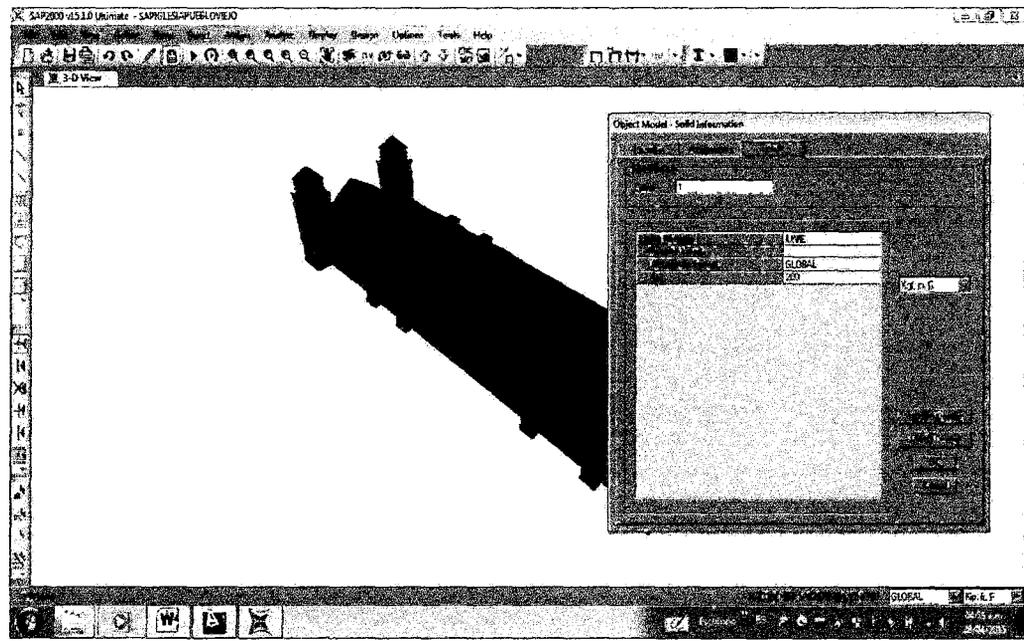


Fig. 4

Asignación De Cargas Viva

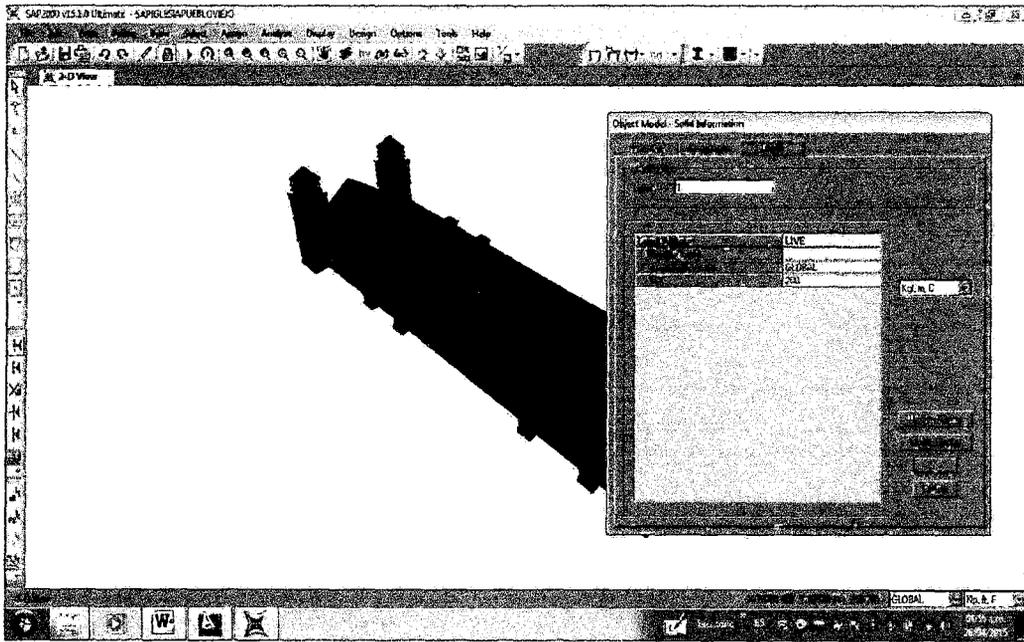


Fig. 5

Espectro En X-X y Y-Y Asignados En El Programa SAP 2000

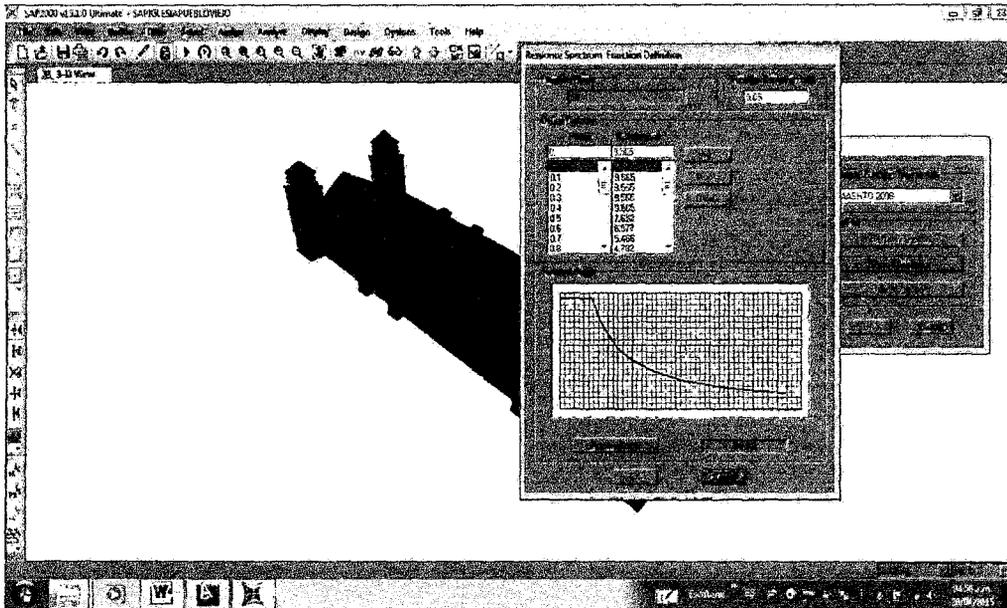


Fig. 6

a. MODELOS DINAMICOS

El planteamiento de un modelo dinámico debe seguir ciertos pasos lógicos , por ejemplo empieza por tener información fotográfica de la estructura real , en la cual puede verse todos los componentes del monumento a esto le llamaremos estructura real , luego se hace un elevamiento arquitectónico para conocer las características más saltantes desde el punto de vista de formas secciones , texturas ,etc. En el caso de restauración es importante muchos más detalles dada la importancia del patrimonio a preservar. Finalmente debe tomarse las características más importantes para plantear el modelo dinámico de la estructura.

El planteamiento de un modelo adecuado es fundamental para obtener resultados cualitativamente correctos, este debe considerar todas las características de la estructura que influyen significativamente en la respuesta sísmica y debe permitir determinar con relativa facilidad los efectos de interés. La obtención de dicha respuesta, es decir el análisis sísmico, requiere de la definición previa tanto del movimiento del terreno como de las características estructurales.

En nuestro caso, se ha usado elementos finitos tipo solid (bloque) para modelar los muros de piedra de la torre campanario y los muros de contra fuerte del evangelio y epístola y para el caso de la parte superior de la torre, en cambio para la cúpula se ha usado elementos shell (lamina) todo esto empleando un software de cálculo estructural SAP2000 que nos permite realizar el análisis sísmico dinámico. Se ha realizado la elección de los elementos estructurales del modelamiento en función a las características propias de la estructura real y a la correspondencia con los esfuerzos y deformaciones que se presentan tal como se muestra en la fig. 7 y fig. 8.

Vista En Elevación

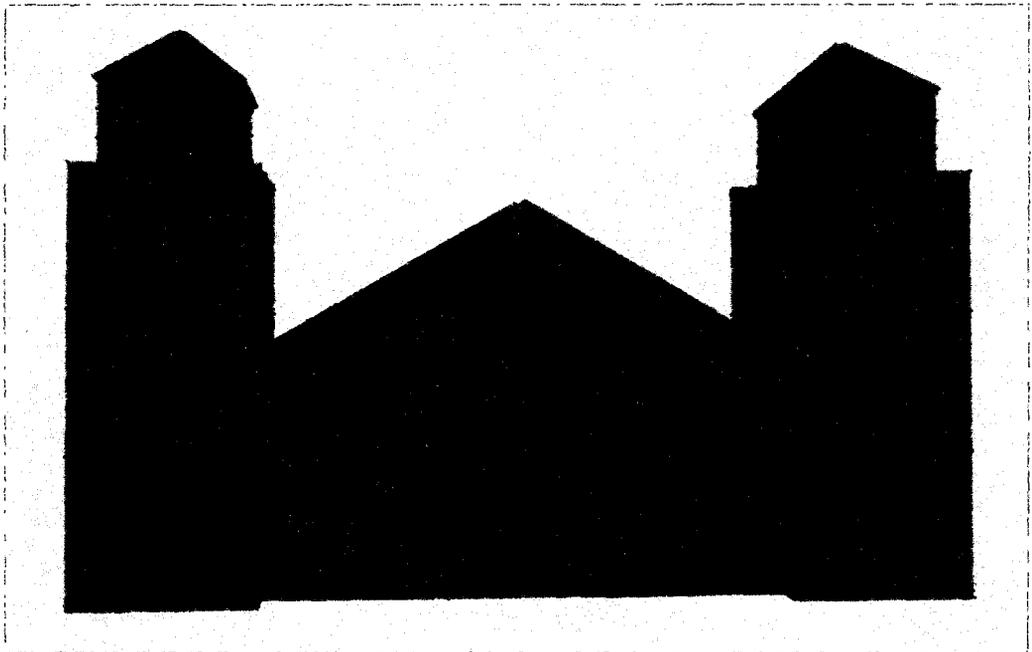


Fig. 7

Vista en 3D

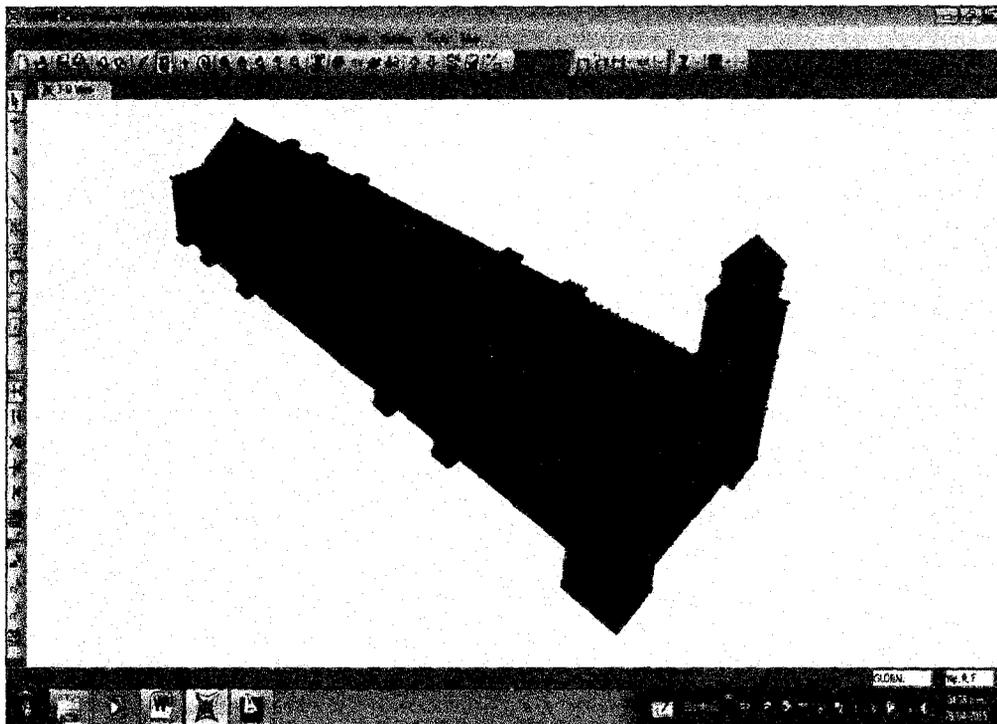


Fig. 8

b. MODELO TRIDIMENSIONAL DEL CONJUNTO.

El modelo de elementos finitos que se muestra en las Figuras 1,2 y 3 fue planteado para estudiar el comportamiento sísmico del conjunto de la Iglesia y las edificaciones adyacentes. Las dimensiones fueron obtenidas de planos proporcionados por el I.E.S.T.P "MANUEL SCORZA TORRE" Filial Paucará, elaborado por un grupo de proyección social de la carrera de Construcción Civil, complementándose la información con mediciones in situ.

El modelo es muy útil para un estudio cualitativo, pero no debe considerarse como una representación matemáticamente exacta de la estructura, ya que la información disponible no es completa. Las pocas muestras de materiales que ha sido posible ensayar proporcionan apenas un panorama preliminar respecto a las propiedades físicas y mecánicas. En algunos casos, como en los muros, no se tiene una medida precisa de los

espesores de los distintos materiales. También hay cierta imprecisión en las dimensiones de elementos en zonas de difícil acceso.

La mayor parte de los elementos finitos empleados son tipo cáscara, con acciones de membrana y de flexión. El modelo tiene 25106 de tales elementos y 273 elementos tipo barra. En total tiene 24 949 nudos y 149 694 grados de libertad.

Las columnas de la Iglesia fueron representadas con elementos tipo barra. Las características geométricas y elásticas de la sección transversal de las columnas se obtuvieron compatibilizando los esfuerzos y deformaciones con los obtenidos del modelo con elementos finitos tridimensionales de la columna aislada.

Los muros fueron considerados como elementos tipo cáscara con un único material y un espesor equivalente. Debe recordarse que los muros en realidad están compuestos por mampostería de piedra con aparejo en las caras exteriores, con un relleno intermedio (de espesor variable) de conglomerado de argamasa y piedra.

Las cúpulas se modelaron con elementos finitos tipo cáscara, cuyo espesor fue calculado inicialmente sobre la base de compatibilizar los desplazamientos verticales del modelo de cáscara con aquellos del modelo con elementos finitos tridimensionales. En cada caso, se usaron dos distintos espesores, para acciones de membrana y para acciones de flexión. Para estudiar las consecuencias de la flexibilidad de las bóvedas, se planteó un modelo alternativo, considerando iguales espesores para las acciones de flexión y de membrana tal como se muestra en la fig. 8 y fig. 9.

VISTA Y-Z

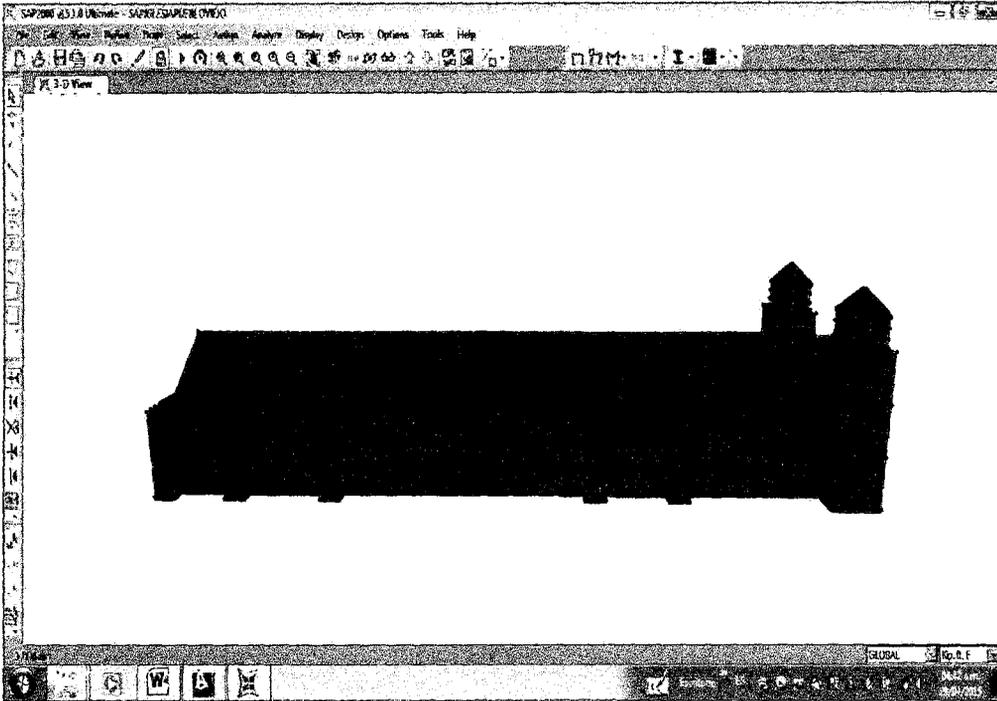


Fig. 9

VISTA X-Z

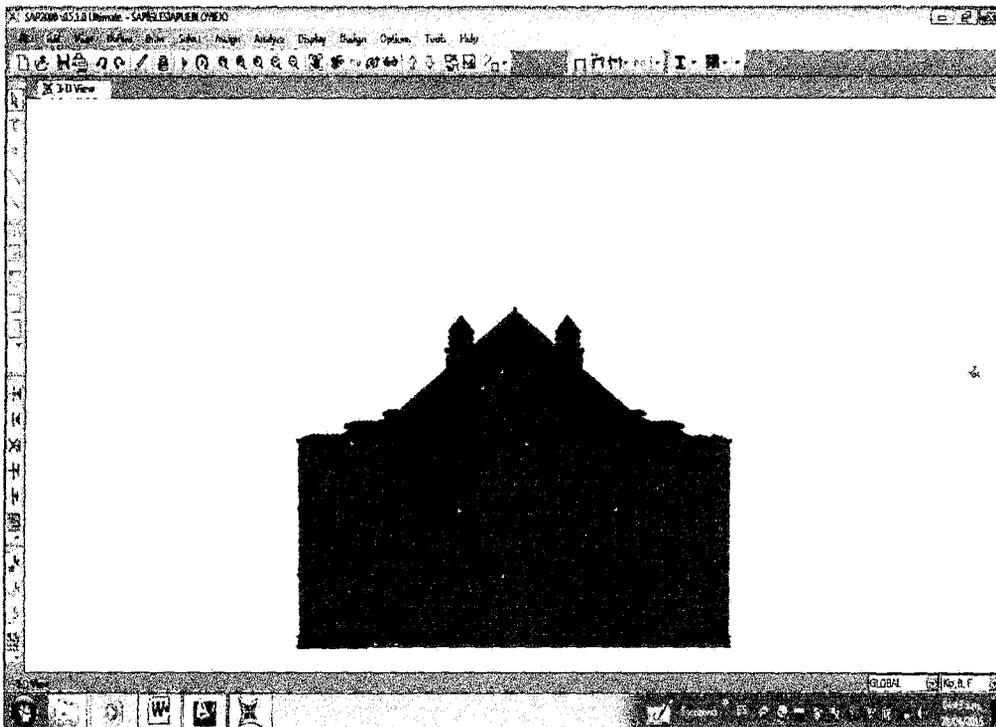


Fig. 10

c. ANÁLISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA

El programa SAP2000 realiza el análisis de la estructura tridimensional y determina las fuerzas actuantes en los elementos que las conforman, así como los esfuerzos y deformaciones.

Como parte del análisis sísmico, se ha considerado el análisis modal de la estructura, el cual es posible de realizar al haberse ingresado las características dinámicas de la estructura como son la masa, rigidez y amortiguamiento tal como se muestra en la fig. 10, fig. 11, fig. 12 y fig. 13

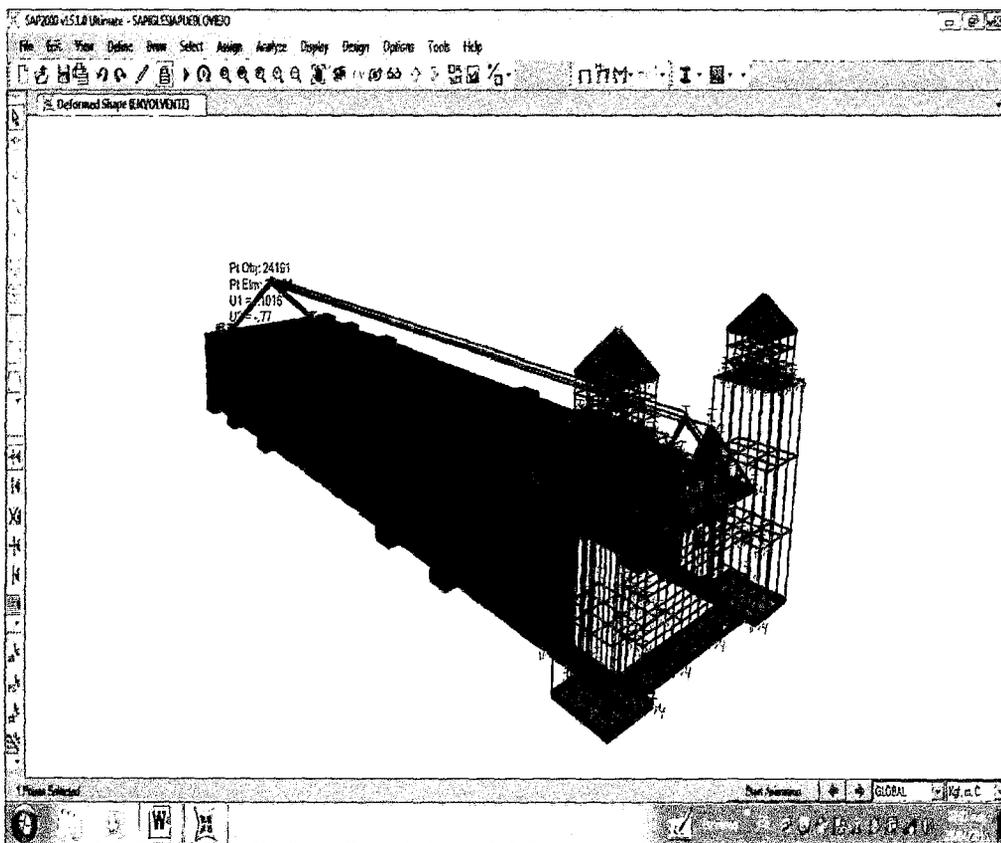


Fig.11

Diagrama De Esfuerzos En Kg/cm2

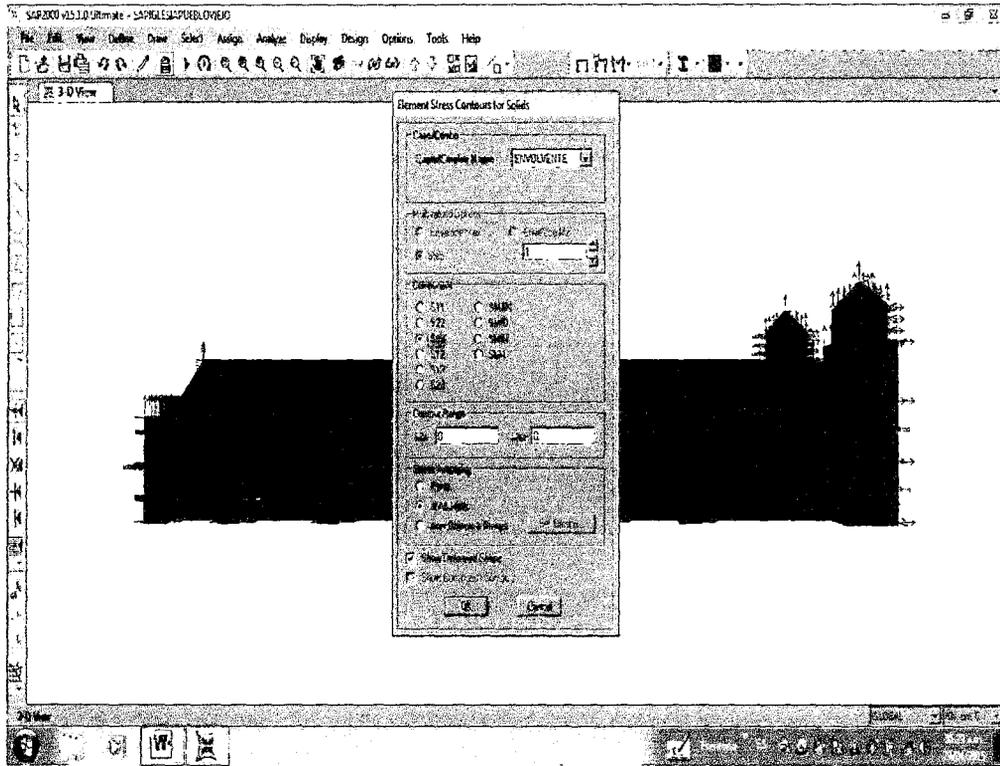


Fig. 12

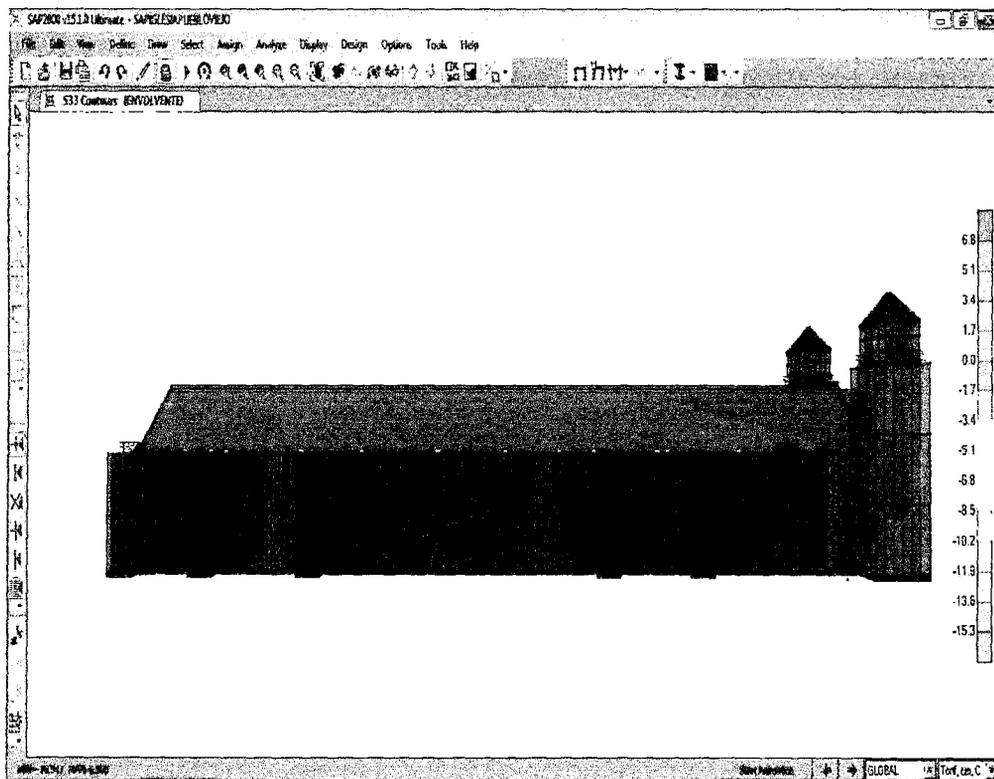


Fig. 13

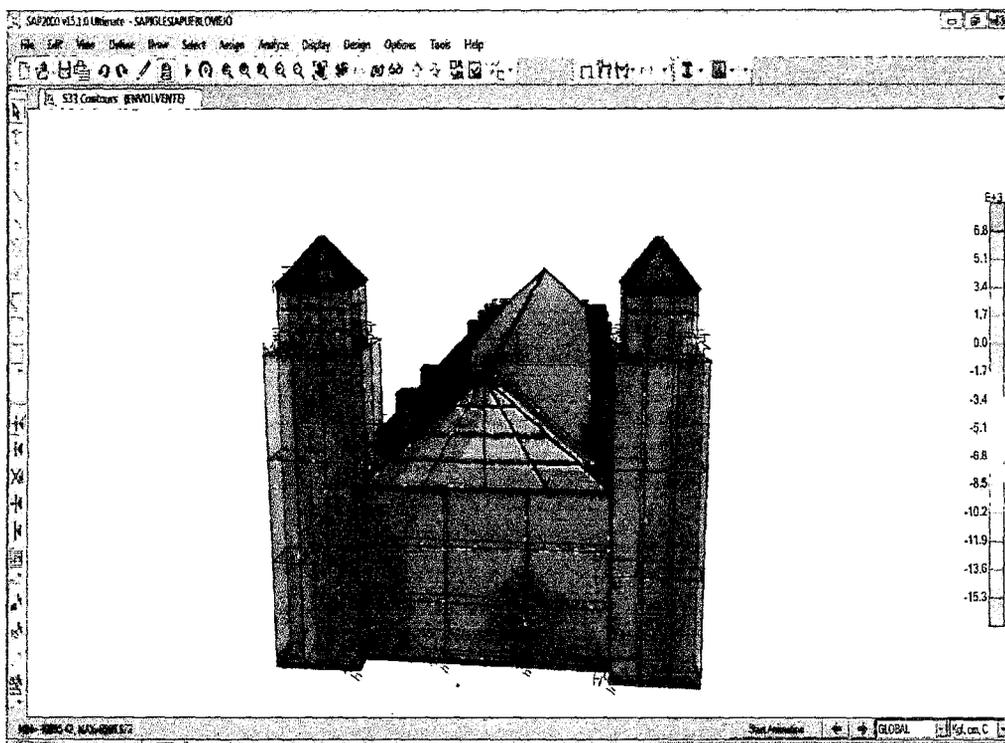


Fig. 14

En el diagrama que se muestra se puede observar la variación de los esfuerzos con los distintos colores de 0 kgf/cm² a -1.7 kgf/cm²

Según los desplazamientos máximos relativos de entrepiso no deba exceder la fracción de la altura de entrepiso como se indica.

$$\Delta / h_{ei} = 0.007 \text{ PARA EL EJE X-X y Y-Y}$$

El máximo desplazamiento será: $(3/4) \cdot 8 \cdot \Delta \leq 0.007$

$\Delta = 0.0012$ este valor es el máximo desplazamiento de todos los puntos para el sentido X-X y en el sentido Y-Y.

Valores Máximos Y Mínimos De Los Desplazamientos Laterales De Los Puntos

Joint	Definite Load	Case Type	U1 cm	U2 cm	M3 cm	R1 Rad/mm	R2 Rad/mm	R3 Rad/mm
71	CDMB1	Combination	2.912571	14.406732	0.767595	12.411406	1.999335	0.001773
72	CDMB1	Combination	1.927541	14.402036	0.9115714	12.411406	1.998833	0.001373
73	CDMB1	Combination	2.035191	14.4117719	0.7146367	12.411406	1.993663	0.001373
74	CDMB1	Combination	1.994864	14.407043	0.914113	12.411406	1.9981	0.001373
75	CDMB1	Combination	1.467566	14.4030711	0.40382	12.2591	1.90792	0.000989
76	CDMB1	Combination	1.478121	14.403316	0.403259	12.2591	1.90678	0.000989
77	CDMB1	Combination	1.349164	14.402172	0.402147	12.2591	2.003402	0.000989
78	CDMB1	Combination	1.363596	14.400205	0.401655	12.2591	2.003442	0.000989
79	CDMB1	Combination	1.371322	14.4014476	0.4013033	12.2591	2.000688	0.000989
80	CDMB1	Combination	1.450299	14.401652	0.401546	12.2591	1.90762	0.000989
81	CDMB1	Combination	1.461132	14.400669	0.4013137	12.2591	1.99838	0.000989
82	CDMB1	Combination	1.420862	14.402345	0.4012415	12.2591	1.994216	0.000989
83	CDMB1	Combination	1.452034	14.400661	0.4015402	12.2591	1.998366	0.000989
84	CDMB1	Combination	1.420004	14.401195	0.401213	12.2591	2.000628	0.000989
85	CDMB1	Combination	1.401365	14.401577	0.4012713	12.2591	2.001632	0.000989
86	CDMB1	Combination	1.41294	14.400195	0.401438	12.2591	2.000287	0.000989
87	CDMB1	Combination	1.299447	14.402564	0.4016702	12.2591	2.001427	0.000989
88	CDMB1	Combination	1.373668	14.401322	0.4016822	12.2591	2.00422	0.000989
89	CDMB1	Combination	1.412897	14.40036	0.4015347	12.2591	2.000254	0.000989
90	CDMB1	Combination	1.37037	14.401032	0.4012347	12.2591	2.00420	0.000989

Fig. 15

Los desplazamientos indicados en el cuadro en la columna U1 no son mayores de los 7cm por lo tanto cumple con la norma E- 030.

4.2. DISCUSIONES

4.2.1. Descripción de la superficie y topografía territorial

Acobamba tiene forma rectangular, como una especie de "Calceñón acordonado" como un islote por cuatro ríos importantes: Ichu, Mantaro, Warpa y el Urubamba (Majacc o Lircay); con relieve accidentado: valles, quebradas, planicies, punas, con pisos ecológicos entre las regiones, quechua, suní y puna.

La Provincia de Acobamba, muestra una variedad de climas ya que contiene pisos ecológicos ubicados entre las regiones de quechua, Suní y Puna, la temperatura promedio anual es de 10.3°C, con una mínima de 2°C y una máxima de 20°C. Las lluvias empiezan en el mes de setiembre-octubre y son intensas entre los meses de enero y febrero alcanzando su plenitud en el mes de Marzo. La humedad relativa fluctúa entre 20 y 60 %.

Acobamba ofrece muchos atractivos turísticos, los cuales por su belleza logran deleitar a los visitantes, entre los cuales podemos mencionar a aquellos que se encuentran dentro del casco urbano de la ciudad, como la *Iglesia Colonial de Pueblo Viejo de Acobamba*, templo que también es conocido como la *Iglesia "San Juan Bautista"*. Esta construcción se dice que se concluyó entre los siglos XV y XVI, motivo por el cual la consideran como la más antigua de esta ciudad, que además por su diseño contrasta con el estilo de la Iglesia Colonial de la zona de Pueblo Nuevo.

Es así que, la *Iglesia "San Juan Bautista" de Pueblo Viejo*, la encontramos en el barrio de Pueblo Viejo al cual se localiza a unos 10 minutos de la ciudad. Esta imponente construcción destaca por su estilo barroco y churrigueresco; su frontis por magníficos tallados en piedra "cheqos" mientras que en el interior de esta los impresionantes altares y particularidad originalidad, las pinturas murales con técnicas tradicionales.

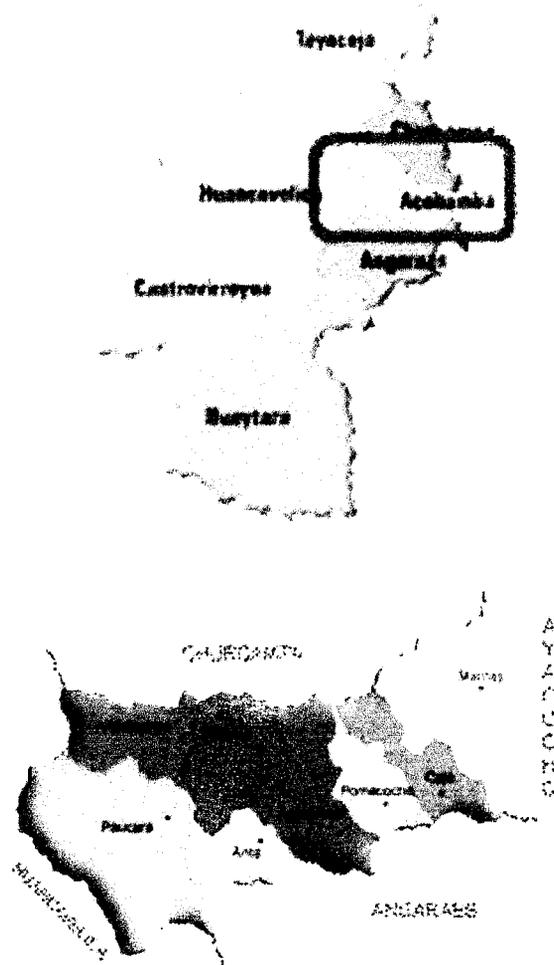


Fig. 15

4.2.2. DEFINICIÓN DE MATERIALES ESTRUCTURALES Y SUS PROPIEDADES

a. MATERIALES ESTRUCTURALES

La iglesia está conformada en su mayoría por mampostería de piedra, este sistema consta de muros cajón ya que en la zona central tiene un núcleo conformado por piedra y argamasa de cal, arena y barro.

En cuanto a la nave central, esta consta de una armadura de madera sobre la cual se ha encontrado una cobertura de entablado de madera y con un acabado final de torta de barro. En las torres del campanario puede notarse la presencia de una estructura de piedra la cual internamente también cuenta con presencia de argamasa de cal, arena y barro.

Finalmente, la cúpula posterior de la iglesia es de estructura de madera con quincha y acabado final de torta de barro.

b. MATERIALES NO ESTRUCTURALES

Entre los materiales no estructurales tenemos la presencia de elementos decorativos de yeso, tal es el caso de cornisas, frisos, pilastras .etc., que es necesario preservar ante la ocurrencia de sismos severos que generen esfuerzos importantes, esto dependerá del reforzamiento que se proponga en los elementos estructurales y su correspondiente interacción con los no estructurales.

4.3 FABRICA ORIGINAL

La iglesia fue construida en el siglo XV, XVI sobre los cimientos de una fábrica anterior. La original fábrica era con muros de piedra con el sistema llamado de "muros de cajón", la bóveda original que es de mojinete del tipo trunco con cañas y estructura de madera vista interiormente, con entablado y torta de barro, sin el falso techo de caña recubierto de yeso que ahora tiene y que es visible desde el interior del templo, y sin la armazón de cerchas de madera y machihembrado recubierto con torta de barro.

La cúpula era de sistema constructivo de quincha con recubrimiento de torta de barro. Es por esta razón que, se hace necesario estudiar cuidadosamente todas estas alteraciones para fundamentar la propuesta estructural.

4.4. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y SU COMPORTAMIENTO

El comportamiento sísmico de una edificación depende principalmente de la configuración de la estructura; por configuración se entiende, a la forma de cómo se encuentran dentro de la edificación los elementos resistentes así como los elementos no estructurales.

Es necesario resaltar que la vulnerabilidad de edificaciones como estas ante las acciones sísmicas, se debe a que su sistema estructural de conjunto fue concebido como de "gravedad", en el que las acciones externas que experimentan, esencialmente se transmiten como esfuerzos de compresión. El componente

excéntricos a los elementos verticales. Además, los materiales que constituyen la estructura no tienen capacidad para resistir esfuerzos de tensión y de cortante significativos. La construcción de los monumentos se hacía con base en mamposterías simples (sin refuerzo) unidas con morteros pobres, cuyas secciones son de grandes espesores (masivas) con mortero a base de cal, ladrillo, piedras naturales o una combinación de estos materiales. Debido a que generalmente las mamposterías son heterogéneas, sus propiedades mecánicas tienen un alto grado de dispersión.

Este tipo de construcciones han acumulado durante su "vida útil", problemas de inestabilidad progresiva debida al deterioro por la falta de mantenimiento, ya que el intemperismo degrada la capacidad de los materiales, además del deterioro provocado por la acción recurrente de los sismos. El nivel de daños va desde la aparición de fisuras y agrietamientos en la mampostería hasta colapsos parciales como en este caso de la bóveda y torre campanario.

Los elementos vulnerables de acuerdo a las fallas estructurales que se presentan en este tipo de construcciones son los arcos, bóvedas, cúpulas, campanarios y contrafuertes. Los problemas de cimentación o de capacidad de carga del suelo, no es un problema representativo para el universo de casos, como luego comprobaremos en este proyecto.

Generalmente en estos casos, los elementos con menor daño son los muros longitudinales que presentan agrietamientos menores, sobre todo en las discontinuidades de su sección.

El sistema estructural de "gravedad", típico de estos templos, tiene un buen comportamiento ante las acciones de peso propio y sismos de poca magnitud. Las fuerzas que actúan sobre la estructura se transmiten axialmente con esfuerzos bajos debido a los grandes espesores de sus elementos constitutivos. Con esto se logra el trabajo eficiente de la mampostería simple para resistir esfuerzos moderados de compresión y cortante, pero sin admitir esfuerzos de tensión.

Las estructuras en base a muros de piedra, no tienen mucha ductilidad, al contrario son muy frágiles tienden a fallar ante la presencia de deformaciones mayores

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis estructural con el software SAP2000 v.15, se ha considerado intervenir la estructura de la Iglesia, considerando diferentes áreas entre las cuales mencionaremos:

1. REFORZAMIENTO DE MUROS MEDIANTE LA ADICION DE VIGA COLLAR DE GEOMALLA.

Se ha planteado como alternativa de reforzamiento la adición de geo-malla biaxial (fuerzas que actúan en X, Y), a manera de viga collar colocado en la parte superior del muro, esta se colocará en forma de cajón, en la zona central del muro, la idea es confinar el muro y darle mayor resistencia a las cargas laterales, se ha considerado como zona de intervención en 3 hiladas de piedra como mínimo para que el comportamiento estructural sea el adecuado.

Este reforzamiento proporciona a la estructura confinamiento lateral y mejora su ductilidad frente a sollicitaciones sísmicas. Las zonas de la iglesia en las cuales se considera este reforzamiento, es en el muro del evangelio, muro de la epístola, muro testero, y en los muros de la sacristía, así como en la base de la cúpula.

2. REFORZAMIENTO DE CAMPANARIO MEDIANTE LA REGIDIZACION CON ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO.

En vista de las evidentes fallas mostradas en la torre campanario, debido a los excesivos desplazamientos producidos por el sismo que llegando inclusive a valores de 5cm , produciendo la separación de algunas zonas de la estructura , sobre todo en el cupulin, el primer cuerpo del campanario y los columnas, se ha considerado la alternativa de rigidizar esta estructura considerando insertos de columnas de concreto armado de 0.30 x 0.30 m que conjuntamente con un sistema de losas y vigas , produzcan la estabilización del campanario.

Estas intervenciones serán interiores a la estructura, ya que no deben notarse exteriormente el concreto, lo que malograría el aspecto de la iglesia.

3. RESTAURACION DE LA COBERTURA DE LA CUPULA.

En el caso de la cobertura de la cúpula, esta presenta daños debido a la vibración que han ocasionado el desprendimiento de algunas zonas en la torta de barro, también se presentan en la cobertura de caña, daños importantes, para este fin se considera un retiro de estos materiales y sustitución por una torta de barro de mejor calidad, así como la preservación de las cañas.

4. RESTAURACION DE LA COBERTURA DE LA NAVE.

En el caso de la cobertura de la nave principal esta presenta daños en la torta de barro y sobre todo debido a la resequeidad de la madera, para este fin se considera un retiro de estos materiales y sustitución por una torta de barro de mejor calidad, así como la preservación de la cobertura de madera y la estructura de tijerales que en algunos casos presenta daños.

5. CONSIDERACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

La estructura de la Iglesia, vista como un todo, tiene suficiente densidad de muros como para soportar las acciones sísmicas previstas. Sin embargo, las bóvedas y arcos no son adecuados para transferir las fuerzas sísmicas a los muros, ya que están constituidas por materiales con insuficiente resistencia a los esfuerzos de tracción y a los esfuerzos cortantes.

Las bóvedas son la componente más vulnerable y presentan además el mayor riesgo para los ocupantes. Una solución estructuralmente apropiada sería la de agregar refuerzo, tanto inmediatamente por encima de la capa inferior de bloques de piedra como en la parte superior de los arcos y bóvedas, para dar a las secciones capacidad para resistir momentos flectores. La cantidad de refuerzo debería proporcionarse a las dimensiones de los elementos involucrados, de modo que su contribución sea significativa.

Si solo se reforzaran los arcos se tendría una solución apropiada para las componentes de sismo en dirección transversal, ya que se conectarían las columnas

con los muros que actúan como contra fuertes. Sin embargo, en dirección longitudinal no se tienen muros alineados con las columnas, por lo que la solución no sería efectiva. Más aún, se produciría un problema de "columna corta" en la zona hacia la entrada principal de la Iglesia, donde se tienen algunos muros que reducen la altura libre de los columnas.

No es una solución conveniente modificar solamente las columnas. Un incremento sustancial en las rigideces, difícil de lograr manteniendo las características visibles de los columnas, podría efectivamente reducir el nivel de daños. Sin embargo, una solución tal como la sustitución del material del núcleo por otro de mejor calidad, aparte de las dificultades constructivas, no resolvería el problema básico de las bóvedas.

RECOMENDACIONES.

- La estructura de la de la iglesia "San Juan Bautista" del Barrio de Pueblo Viejo está concebida para soportar cargas de gravedad. La forma de los arcos y bóvedas es tal que la resultante de fuerzas en cualquier sección está dentro del núcleo central. Por ello no se producen tracciones, que no podrían ser resistidas con los materiales empleados.
- Los esfuerzos máximos de compresión producidos por las cargas de gravedad están, en términos promedio, dentro de los límites admisibles. La razón de esbeltez de las columnas, y localmente, la esbeltez de las paredes de las columnas constituidas por mampostería con aparejo, no son excesivas.
- Es posible usar nuevos materiales para poder reforzar estos monumentos, pero siempre teniendo cuidado de no alterar demasiado el comportamiento inicial, ni de poner en conflicto la autenticidad del monumento, desde el punto de vista arquitectónico.
- En algunos casos las fisuras podrían ser resultado de acciones sísmicas combinadas con los esfuerzos debidos a cargas verticales. Estos problemas parecen estar muy localizados, no siendo indicios de una deficiencia de carácter general.
- Del análisis sísmico lineal y elástico de la estructura completa, suponiendo que las bóvedas permanecieran íntegras, resultan desplazamientos horizontales en la parte superior de las columnas del orden de 8 mm. Suponiendo $R=1$, lo que es necesariamente conservador, se tendrían esfuerzos verticales máximos (tracciones o compresiones) del orden de 5.8 MPa (57 kg/cm²). Las correspondientes compresiones máximas debidas a cargas de gravedad son apenas del orden de 2 MPa (20 kg/cm²).
- Para reducir la vulnerabilidad sísmica de la estructura se propone dar a las bóvedas cierta capacidad para resistir momentos flectores. Para ello sería necesario agregar refuerzo, en dos capas, una inmediatamente por encima de la capa inferior de bloques de piedra y la otra en la parte superior de las bóvedas y arcos.

- El trabajo propuesto sólo debería realizarse después de una investigación más extensa, como parte de la cual se recomienda:
- La determinación más precisa de dimensiones no visibles y propiedades de los diversos materiales en la obra original y en sucesivas restauraciones, con técnicas no destructivas (por ejemplo, sobre la base de velocidades de onda) y destructivas, con una muestra mayor, que permita obtener resultados más confiables y apreciar la variabilidad en las propiedades físicas y mecánicas de cada material.

BIBLIOGRAFÍA.

- **AGUILAR, J. (1994)** Adhesion Between Repair Mortars and Concrete, University of Minho, Portugal.
- **Kramer, S. (1996)** *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.
- **MELI, R. (1993)**. *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*. Fundación Ica A.C. México.
- **Meli, R. (1993)**. Studies for the Rehabilitation of the Mexico City Cathedral. Structural Preservation of the Architectural Heritage, IABSE Symposium, Rome, Italy.
- **Norma Peruana de Diseño Sismo Resistente E.030 (2006)** En concordancia con los principios de diseño sismo resistente
- **Olarte (1987)** Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de La Iglesia Del Huancavelica provincia Acobamba
- **Reforzamiento Estructural de la Iglesia Belén en Moquegua (1995)** los resultados El planteamiento de un modelo dinámico
- **Russo (1995)** Strengthening of Masonry Structures with Innovative Techniques and Materials, 4th International Conference on Inspection Appraisal Repairs & Maintenance of Building Structures, Hong Kong
- **San Cristóbal, A. (1999)**. *Arquitectura Virreinal Peruana*. Instituto General de Investigación, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes. Universidad Nacional de Ingeniería.
- **Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia de Chiclayo (2010)** los resultados que Se realizó la técnica de elementos finitos, asignando a los muros.

ARTICULO CIENTIFICO

“EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA “SAN JUAN BAPTISTA” DEL BARRIO PUEBLO VIEJO ACOBAMBA - HUANCAVELICA”.

Bach. Ing. Alfredo; CHATE PAREJA – Dr. David; RUIZ VILCHEZ

RESUMEN

El Perú es un país sísmico, por lo tanto tenemos que tener todas las precauciones posibles en la medida de poder evitar desastres tanto en vidas humanas como en patrimonios culturales.

Los monumentos históricos son una especie de aspecto primordial en cuanto a prevención de desastres se refiere, debido a esto a nivel mundial se han llevado y se llevan hasta la actualidad varios estudios que nos permiten saber si estas estructuras podrán resistir una inminente alteración de la naturaleza.

Las iglesias, templos o parroquias del Perú y del mundo son vulnerables debido a su estructuración irregular en la mayoría de ellas, éstas tienden a fallar en no menos de 50% del total de su estructura, tomando en cuenta experiencias obtenidas en sismos de la historia, y para lo cual podremos ampliar mejor los conceptos en cuanto a prevención y mantenimiento de estos patrimonios culturales.

Se modeló estructuralmente la iglesia en el programa Sap2000, como también se realizó un estudio de sitio o de suelos, un estudio de materiales con los que están hechas estas estructuras, todo esto para poder acercarnos de la mejor forma y comportamiento de las estructuras en un sismo y con la mayor de las intenciones en ayudar a la sociedad Acobambina con el fin de que esta estructura emblemática de la zona no se vea afectada y contribuir a que sigan llegando turistas a nuestra ciudad y poder seguir teniendo ingresos por parte de estos.

El software que se ha utilizado para este trabajo de investigación se basa en un modelo matemático “Método de elementos finitos”, este método consiste en la discretización de la estructura a analizar y formar una matriz de rigidez.

Al modelar la estructura en el Software Sap 2000 se puede observar en el diagrama de esfuerzos una variación de 0 a -1.7 kgf/cm^2 , en cual se muestra en fig 4.1 – 13 nos indica

las partes que pueden sufrir un ligero daño durante el sismo, el cual se mejora la estructura con el uso de geomalla. También el programa nos muestra al aplicar las cargas de peso propio carga viva, carga muerta y carga sísmica (S_x, S_y) nos muestra los desplazamientos permisibles E 030 que es de máximo de 7cm, el cual nuestro resultado no sobrepasa máximo es 2cm en la dirección x.

ABSTRACT

Peru is a seismic country, for so much we have to have all the possible precautions as of being able to avoid disasters both in human lives and in cultural heritage. The historic monuments are a species of essential aspect as for disaster prevention it refers, due to this on a global scale they have taken and take even the actuality I finish, studies that allow us to know if these structures will be able to resist an imminent alteration of the nature. The churches, temples or parishes of Peru and of the world are vulnerable due to its irregular structure in most of them, these tend to fail in not less than 50 % of the whole of its structure, taking into consideration experiences obtained in earthquakes of the history, and for which we will be able to extend better the concepts as for prevention and maintenance of this cultural heritage. The church modelled itself structurally in the program Sap2000, as also there was realized a study of place orof soils, a study of materials with which these structures are done, all this to be able we bring over of the best form and behavior of the structures in an earthquake and with the biggest of the intentions in helping the society Acobambina in order to whom this emblematic structure of the area does not turn out to be affected and contributing that tourists keep on coming to our city and to be able to keep on having income on the part of these. The software that has been used for this research work is based on a mathematical model "Method of Infinite elements", this method consists of the discretización of the structure to analyze and to form a rigidity counterfoil. On having shaped the structure in the Software Sap 2000, it is possible to observe in the efforts diagram a change of or to-1.7 kgf/cm², in which it appears in fig 12 indicates us that the parts that can incur a light loss during the earthquake, which improves the structure with the use of geo malla. También the program shows us after living load applies the charges of proper weight, dead load and seismic load (S_x, S_y) shows us the permissible

displacements E 030 that is of maximum of 7cm, which our result does not exceed maximum is 2cm in the direction x.

INTRODUCCIÓN

El conjunto arquitectónico de la iglesia católica de la ciudad de Acobamba, ubicado en el barrio de pueblo viejo de esa ciudad.

La vulnerabilidad de edificaciones compuestas de muros de piedra ante las acciones sísmicas, es debido a que su sistema estructural de conjunto fue concebido como de "gravedad".

Remplazar una infraestructura destruida significa utilizar recursos que pudieron haberse utilizado en nuevas inversiones en el desarrollo económico y social. En el caso de las Iglesias estas costarían más reemplazarlas o arreglarlas después de un sismo que intervenirlas y prepararlas para la acción de este fenómeno ahora.

En la ciudad peruana de Huancavelica Acobamba existen varios monumentos por preservar y estudiar, la Iglesia de Barrio de pueblo viejo "San Juan Bautista" es una de las más significativas ubicada en barrio pueblo viejo de la ciudad, los habitantes de esta ciudad se verían afectados moralmente si ocurriera una tragedia en dicho monumento.

El conocimiento de las prácticas constructivas del país, las normas de diseño sismo resistente, el tipo de materiales utilizados, la clasificación de los estilos arquitectónicos y el comportamiento sísmico observado de diversos sistemas estructurales sometidos a movimientos telúricos en el pasado, aportan elementos importantes para el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones objeto de este trabajo.

La estimación de la vulnerabilidad y el daño sísmico probable de las edificaciones existentes es un componente imprescindible de cualquier plan de mitigación, tanto más, si se piensa que los avances del conocimiento en Ingeniería Sísmica, reflejados en los conceptos de diseño sismo resistente, pueden estar incorporados, al parecer, sólo en las construcciones más recientes.

RESULTADOS Y DISCUSION.

La forma de falla de las probetas sometidas a compresión es típicamente por tracción en dirección transversal. Al aplicar esfuerzos relativamente bajos, del orden de 30% a 50% de

la resistencia, se observan las primeras fisuras longitudinales. Éstas se propagan a medida que se incrementan los esfuerzos, dando lugar a un incremento de grietas en la dirección axial y la posterior apertura de las grietas por las tracciones transversales.

Mediante regresión con los resultados de ensayos de las muestras de piedra se obtuvo una resistencia a la compresión de 450 kg/cm² (45 MPa) y un módulo de elasticidad de 194000 kg/cm² (19400 MPa). La densidad de este material es del orden de 2.2 g/cm³.

Las columnas de la Iglesia están formadas por una sección cajón de mampostería de piedra y un relleno con material diverso a manera de confite. Para este material de relleno se obtuvo una densidad del orden de 1.76 g/cm³. La resistencia a la compresión resultó 10.9 kg/cm² (1.09 MPa). A partir de los resultados en el rango elástico, se obtuvo un módulo de elasticidad de 6270 kg/cm² (627 MPa). En lo que se refiere a las acciones sísmicas se consideró de manera referencial lo estipulado en la norma de Diseño Sismo resistente NTE.030 vigente (1997), la cual no considera como categoría de las edificaciones a los monumentos históricos. A fin de estimar el nivel de aceleración

sísmica esperada en la estructura, se usaron los siguientes parámetros descritos en dicha norma:

Espectro de Seudo Aceleraciones: Para el análisis dinámico se empleó el espectro de seudo aceleraciones definido según la norma E030 (1997).

Zonificación Sísmica: El departamento del Huancavelica provincia Acobamba se encuentra en la Zona Sísmica 2, correspondiendo esto a una sismicidad media con un factor de zona $Z = 0.30g$.

Categoría de las Edificaciones: Se ha supuesto que la estructura es de categoría B debido al patrimonio valioso en su interior y la gran cantidad de personas que concentra. Según esta clasificación, a esta categoría le corresponde $U = 1.3$.

Tipo de suelo y período predominante: De acuerdo al estudio de suelos realizado, el suelo corresponde a un perfil tipo S1 roca suelo muy rígido, con un período característico $T_p = 0.6$ s y un factor de suelo de $S = 1.0$.

Coefficiente de reducción de la fuerza sísmica R: La configuración estructural básica es de muros de corte, arcos y columnas de mampostería de piedra. Este caso no está específicamente tratado en la norma vigente. Los elementos sismo resistentes no son

capaces de tomar esfuerzos de tracción debido a que la unión de las unidades de piedra está compuesta con un mortero de tierra. En general tienen escasa ductilidad, por lo que se considera apropiado un valor de $R=1$.

MODELAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA

El modelamiento de la estructura se ha basado en considerar las propiedades dinámicas de esta, tales como masa y rigidez, la masa está dada por los componentes estructurales y no estructurales tales como muro cajón de piedra, bóveda de quincha , nave central de techo de estructura de madera machihembrado y torta de barro, torre campanario de piedra, además se ha considerado la rigidez de los elementos estructurales teniendo en cuenta sus secciones y dimensiones en planta y elevación, así como sus parámetros de resistencia, como son:

- Módulo de elasticidad
- Módulo de Poisson
- Módulo de corte.
- Resistencia a la compresión y tracción.

Para poder realizar el análisis de la estructura es necesario plantear un modelo dinámico

MODELOS DINAMICOS

El planteamiento de un modelo dinámico debe seguir ciertos pasos lógicos , por ejemplo empieza por tener información fotográfica de la estructura real , en la cual puede verse todos los componentes del monumento a esto le llamaremos estructura real , luego se hace un elevamiento arquitectónico para conocer las características más saltantes desde el punto de vista de formas secciones , texturas ,etc. En el caso de restauración es importante muchos más detalles dada la importancia del patrimonio a preservar.

Finalmente debe tomarse las características más importantes para plantear el modelo dinámico de la estructura.

El planteamiento de un modelo adecuado es fundamental para obtener resultados cualitativamente correctos, este debe considerar todas las características de la estructura que influyen significativamente en la respuesta sísmica y debe permitir determinar con relativa facilidad los efectos de interés. La obtención de dicha respuesta, es decir el

análisis sísmico, requiere de la definición previa tanto del movimiento del terreno como de las características estructurales.

En nuestro caso, se ha usado elementos finitos tipo solid (bloque) para modelar los muros de piedra de la torre campanario y los muros de contra fuerte del evangelio y epístola y para el caso de la parte superior de la torre, en cambio para la cúpula se ha usado elementos shell (lamina) todo esto empleando un software de cálculo estructural SAP2000 que nos permite realizar el análisis sísmico dinámico. Se ha realizado la elección de los elementos estructurales del modelamiento en función a las características propias de la estructura real y a la correspondencia con los esfuerzos y deformaciones que se presentan.

MODELO TRIDIMENSIONAL DEL CONJUNTO.

El modelo de elementos finitos que se muestra fue planteado para estudiar el comportamiento sísmico del conjunto de la Iglesia y las edificaciones adyacentes. Las dimensiones fueron obtenidas de planos proporcionados por el I.E.S.T.P "MANUEL SCORZA TORRE" Filial Paucará, elaborado por un grupo de proyección social de la carrera de Construcción Civil, complementándose la información con mediciones in situ.

El modelo es muy útil para un estudio cualitativo, pero no debe considerarse como una representación matemáticamente exacta de la estructura, ya que la información disponible no es completa. Las pocas muestras de materiales que ha sido posible ensayar proporcionan apenas un panorama preliminar respecto a las propiedades físicas y mecánicas. En algunos casos, como en los muros, no se tiene una medida precisa de los espesores de los distintos materiales. También hay cierta imprecisión en las dimensiones de elementos en zonas de difícil acceso.

La mayor parte de los elementos finitos empleados son tipo cáscara, con acciones de membrana y de flexión. El modelo tiene 25106 de tales elementos y 273 elementos tipo barra. En total tiene 24 949 nudos y 149 694 grados de libertad.

Las columnas de la Iglesia fueron representadas con elementos tipo barra. Las características geométricas y elásticas de la sección transversal de las columnas se obtuvieron compatibilizando los esfuerzos y deformaciones con los obtenidos del modelo con elementos finitos tridimensionales de la columna aislada.

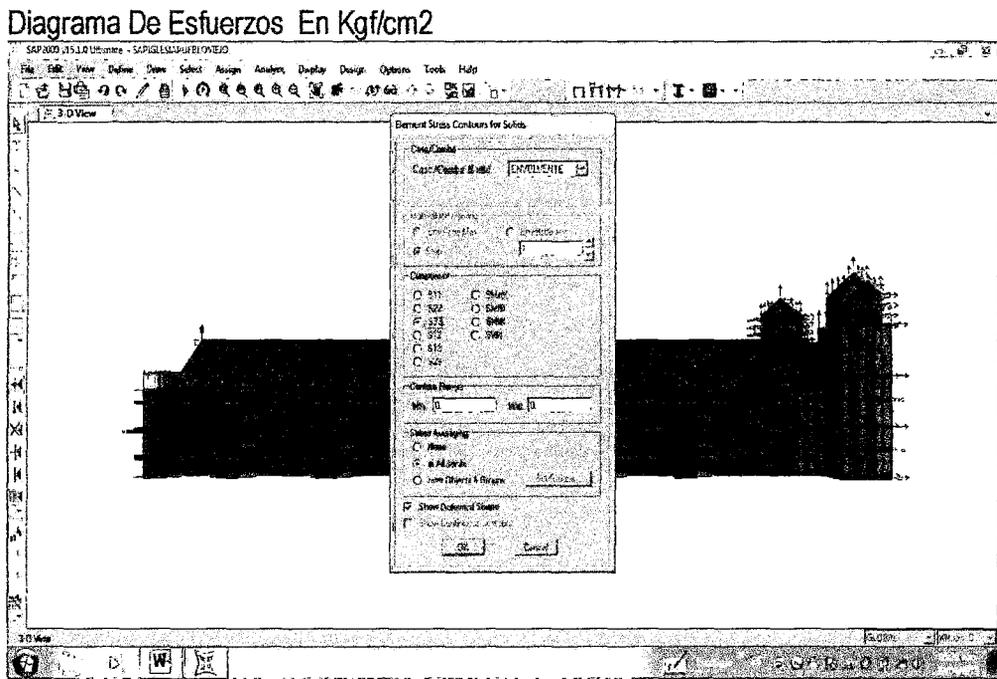
Los muros fueron considerados como elementos tipo cáscara con un único material y un espesor equivalente. Debe recordarse que los muros en realidad están compuestos por mampostería de piedra con aparejo en las caras exteriores, con un relleno intermedio (de espesor variable) de conglomerado de argamasa y piedra.

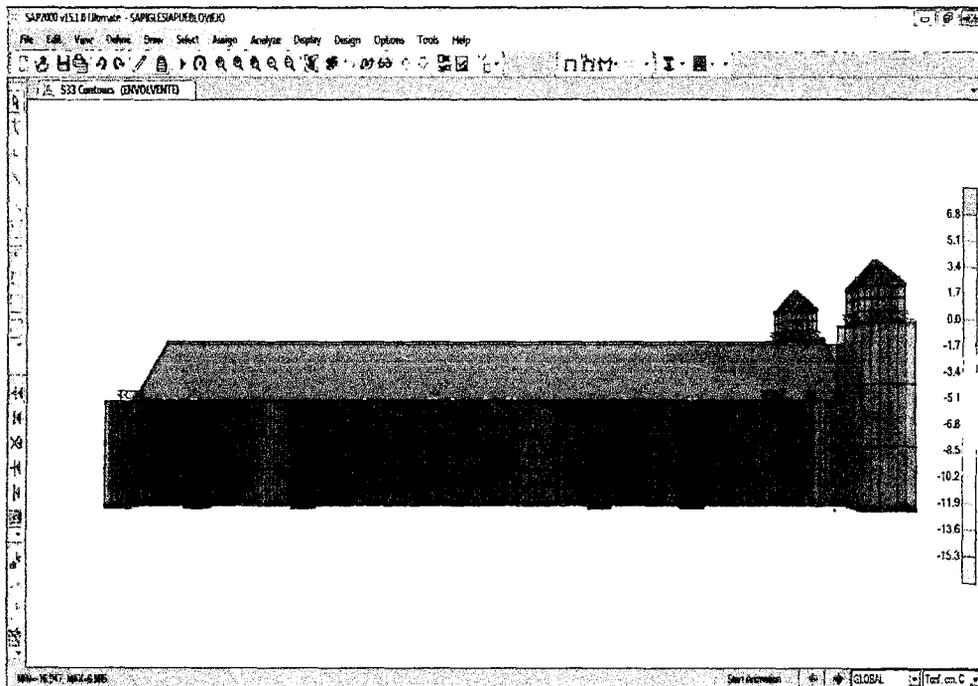
Las cúpulas se modelaron con elementos finitos tipo cáscara, cuyo espesor fue calculado inicialmente sobre la base de compatibilizar los desplazamientos verticales del modelo de cáscara con aquellos del modelo con elementos finitos tridimensionales. En cada caso, se usaron dos distintos espesores, para acciones de membrana y para acciones de flexión. Para estudiar las consecuencias de la flexibilidad de las bóvedas, se planteó un modelo alternativo, considerando iguales espesores para las acciones de flexión y de membrana.

ANÁLISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA

El programa SAP2000 realiza el análisis de la estructura tridimensional y determina las fuerzas actuantes en los elementos que las conforman, así como los esfuerzos y deformaciones.

Como parte del análisis sísmico, se ha considerado el análisis modal de la estructura, el cual es posible de realizar al haberse ingresado las características dinámicas de la estructura como son la masa, rigidez y amortiguamiento.





CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis estructural con el software SAP2000 se ha considerado intervenir la estructura de la Iglesia, considerando diferentes áreas entre las cuales mencionaremos:

1. Reforzamiento de muros mediante la adición de viga collar de geo malla.
2. Reforzamiento de campanario mediante la rigidización con elementos de concreto armado.
3. Restauración de la cobertura de la cupula.
4. Restauración de la cobertura de la nave.
5. Consideraciones para la reducción de la vulnerabilidad sísmica.

BIBLIOGRAFÍA.

- **AGUILAR, J. (1994)** Adhesion Between Repair Mortars and Concrete, University of Minho, Portugal.
- **Kramer, S. (1996)** *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.
- **MELI, R. (1993)**. *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*. Fundación Ica A.C. México.
- **Meli, R. (1993)**. Studies for the Rehabilitation of the Mexico City Cathedral. Structural Preservation of the Architectural Heritage, IABSE Symposium, Rome, Italy.
- **Norma Peruana de Diseño Sismo Resistente E.030 (2006)** En concordancia con los principios de diseño sismo resistente
- **Olarte (1987)** Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de La Iglesia Del Huancavelica provincia Acobamba
- **Reforzamiento Estructural de la Iglesia Belén en Moquegua (1995)** los resultados El planteamiento de un modelo dinámico
- **Russo (1995)** Strengthening of Masonry Structures with Innovative Techniques and Materials, 4th International Conference on Inspection Appraisal Repairs & Maintenance of Building Structures, Hong Kong
- **San Cristóbal, A. (1999)**. *Arquitectura Virreinal Peruana*. Instituto General de Investigación, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes. Universidad Nacional de Ingeniería.
- **Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia de Chiclayo (2010)** los resultados que Se realizó la técnica de elementos finitos, asignando a los muros.

ANEXO

TESTIMONIO FOTOGRÁFICO



VISTA PANORÁMICA DEL BARRIO PUEBLO VIEJO



VISTA FRONTAL DE LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO



VISTA COSTADO DE LADO DERECHO DE LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO



VISTA DEL ATRÁS DE LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO



VISTA COSTADO DE LADO IZQUIERDO DE LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO.



TOMANDO MEDIDAS ALREDEDOR DE LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO



TOMANDO DATOS EN EL INTERIOR DE LA DE LA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA"
DEL BARRIO DE PUEBLO VIEJO.



TOMANDO MEDIDAS DE LA COLUMNA IGLESIA "SAN JUAN BAUTISTA" DEL BARRIO
DE PUEBLO VIEJO.

PLANOS

VISTA ISOMETRICA

PLANO DE PLANTA

PLANO DE CORTE

PLANO DE ELEVACIÓN

