

ANÁLISIS SÍSMICO DE LA DESTRUIDA IGLESIA DE AMBIL – DEPARTAMENTO GRAL. OCAMPO- LA RIOJA –ARGENTINA- COMO JUSTIFICACIÓN DE SU COMPORTAMIENTO PARA INDICAR SU POSTERIOR RESTAURO.-

ARQ. ALEJANDRA PALMIERI.- Prof. FAUDI - UNC.- Córdoba.-

ING. CIVIL L. H. NOGUERA.- Prof. FAUDI y FCEFyN - UNC.- Córdoba.-

RESUMEN.-

El Objetivo: reconocer el primer proyecto construido del templo y buscar relacionarlo con las grietas severas existentes para tener así una primera idea conceptual de su comportamiento ante la acción del terremoto e inferir una política de restauración satisfactoria.- Además, establecer estrategias posibles a seguir en el restauro de construcciones con connotación religiosa e histórica.

La metodología, en ésta primera etapa que denominamos conceptual, será atender lo recomendado por los reglamentos de diseño en zona sísmica y analizar si es compatible con la construcción existente de la iglesia. Si ello no resulta, se adaptará el restauro a aquellos consejos. En etapa posterior, que ahora no se incluye por los alcances de éste trabajo, se cuantificarán: esfuerzos, detalles constructivos, etc. luego de modelar las distintas partes de la intervención que ahora resulte. La segunda etapa será la denominada de proyecto propiamente dicho o cálculo. Reconoceremos mayor jerarquía en importancia a la que calificamos primero: etapa conceptual.-

A modo de conclusión podemos asentir que es posible lograr estabilidad espacial a fuerzas verticales y horizontales con la estrategia desarrollada (creación de cinco cuerpos); relacionando la construcción inicial con la que resultó del acomodamiento que tuvo ante fuerzas sísmicas en el transcurso del tiempo.

SEISMIC ANALYSIS OF THE DESTROYED CHURCH OF AMBIL – GRAL. OCAMPO DISTRICT - LA RIOJA – ARGENTINA- AS A JUSTIFICATION OF ITS REACTION TO INDICATE ITS RESTORATION.-

ARCHITECT ALEJANDRA PALMIERI.- Prof. FAUDI - UNC.- Córdoba.-

CIVIL ING L. H. NOGUERA.- Prof. FAUDI y FCEFyN - UNC.- Córdoba.-

ABSTRACT.-

The objectives of this work are to identify the constructed project and relate it to the severe existing fissures in order to have a first conceptual idea of its reaction to earthquakes and then, infer a restoration policy.- In addition, the aim is to establish possible strategies to follow in the restoration of those constructions with historical and religious connotations in a seismic area since, in some opportunities, the possibility of restoration versus demolition is suggested.- The methodology to follow, at this first stage, is related to the analysis of what is suggested by the design regulation in seismic places, and examine if it is compatible with the totally damaged and existing church construction. If that does not work, the restoration will be adapted to what the regulation suggests. It will also be of interest to analyze what were the fissures that appeared after the earthquake since the phenomenon in this place is like a truly laboratory with a scale of one in one that affects the constructions. That is why, it is important to identify the current fissures connected with adequate disposition of the parts of the construction.- The fissures will be used as joints.

One first stage will be considered the conceptual stage. As a subsequent stage, not included here due to the scope of this work, there will be a quantification of efforts, constructive details, etc. after modeling different parts of the building that will now be proposed. This second stage will be called the project or the proper calculation stage. The most important stage will be the conceptual stage that is considered to be not only previous to the calculation stage but also more significant.-

To conclude, it can be said that, with the strategy developed, it is possible to reach the spatial stability with vertical and horizontal forces in each of the parts in which the church will be divided respecting the fissures-joints "set up" for the earthquake.

1.-INTRODUCCIÓN.-

La Comunidad Católica de La Rioja pretende la restauración y puesta en valor de La Iglesia San Nicolás de Bari, ya que así se denomina el templo de Ambil, por cuanto es una construcción de gran valor histórico provincial y tradicional para los pobladores de la zona.

Revalorizar el atractivo turístico que tiene la localidad de Ambil, mediante esta acción de fomentar y resguardar la historia del lugar que los pobladores “defienden a raja tabla” es otro motivo de intervención en esta tarea.

Este trabajo pretende estudiar como fue el acomodamiento de la construcción que se produjo ante la acción de los sismos que la afectaron. Los terremotos cuando actúan en el sitio hace que éste sea un verdadero laboratorio para un ensayo en las edificaciones a escala uno en uno: por ello hay que prestar gran atención a la presencia de grietas y fisuras que se relevaron en este caso. Se reconocerá este hecho del sismo, como ensayo real de laboratorio para las construcciones en esa área geográfica. Esto hace que el fenómeno reconozca las reales masas y rigideces (resistencias) presentes al momento de actuar y valorar las excentricidades relativas para verificar si son correctas o no, y de acuerdo a ello distribuir los esfuerzos correspondientes a cada elemento resistente, etc. En definitiva presentar toda su respuesta a lo que nosotros estudiamos solo como un modelo teórico ideal de su comportamiento en dos direcciones perpendiculares independientes entre si.-

En la Iglesia de Ambil las grietas presentes afectan, las más notables, a todo el espesor de los muros donde ellas están. Esas grietas habrán de ser materializadas como juntas en los cuerpos en que se dividirá el templo. Aquí el restauo no será reparar las grandes grietas sino trasformarlas en juntas que separaran cuerpos estables a la acción de fuerzas verticales y horizontales. Se tendrán así: grietas-juntas.- Todo en atención a que la tarea de valorar masas, la rigidez (resistencia) particular de cada elemento y general de toda la construcción, de última: imponer equilibrio ya fue realizado en un primer momento. Lo que seguirá será conceptualizarlo y reconocer como quedaron los cuerpos separados y en estos últimos saber si es posible restaurar con un nuevo orden que respete el proyecto inicial.-

También interesará en este caso saber como fue el fenómeno real en la secuencia de la presentación de los eventos que se sucedieron en el edificio. Así permitir ver las características relevantes del comportamiento sísmico en lo que hace a la forma en planta; ya que el peso y la rigidez, por lo dicho antes, ya fueron considerados de manera real. Se demostrará que el primer proyecto inicial tiene reducciones bruscas indeseables de las dimensiones de la planta, con esquinas entrantes. Procurando cuantificar este aspecto, se verificará el mismo a través de los autores Decanini, Bázan/Meli.

Todo lo anterior involucra lo que se reconoce como una primera etapa conceptual; restando otra, que se denominará a modelo de cálculo numérico por elementos finitos (Noguera, Ronca) para la conclusión definitiva de la tarea. Esta segunda etapa no se hará en esta oportunidad por los alcances de éste trabajo. Por ello indicamos la forma de cómo realizarla para tener en cuenta algunas particularidades.-

1.1.--UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL TEMPLO, ALGO DE HISTORIA Y SU RELACIÓN CON LA ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (CIRSOC 103)-

Se manifiesta dar respuesta a la necesidad edilicia que tiene la actividad del culto católico y favorecer la reactivación del turismo regional con la restauración y puesta en valor de La Iglesia **San Nicolás de Bari**: ubicada en **Ambil**, localidad del departamento General Ocampo, provincia de La Rioja, Argentina. Ambil se encuentra sobre la Ruta Nacional 79 (FIG.1).

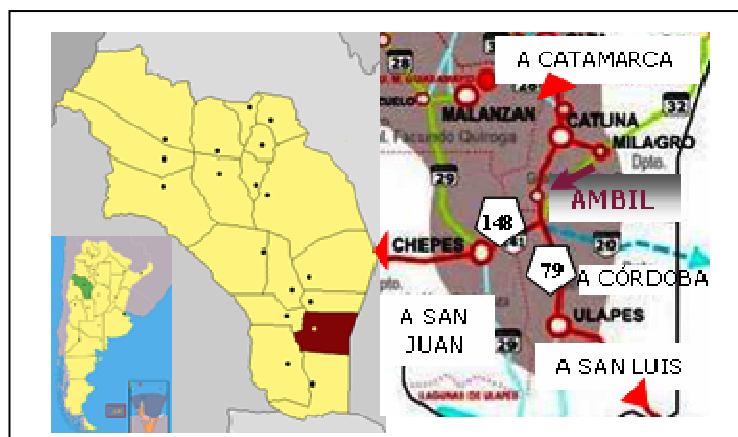


FIG.1

La Iglesia de estilo ecléctico, data de 1894, año en el que en el territorio nacional se presenta uno de los mayores terremotos destructivos, el del 27/10/1894, denominado Argentino (justamente por ello) de magnitud 8.2 y X en MM que repercute en la zona.-

Emplazada en zona 2 (peligrosidad sísmica moderada) según código CIRSOC (Argentina).- Esta Iglesia soportó sin ninguna consecuencia de afección edilicia, el terremoto de San Juan de 1944 (FIG.5).

El terremoto del 23 de noviembre de 1977 (FIG5) la afectó en un 20% de su construcción (FIG.2), quedando cerrada desde entonces. En ese año el pueblo, mediante una manifestación impide su demolición (prevista con dinamita).

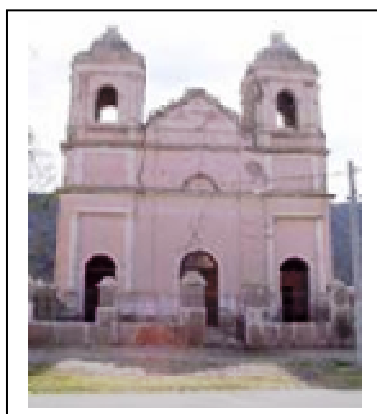


FIG.2

Es afectada por un derrumbe el 06/12/2003, en el que se desploma el muro central de la fachada principal (FIG.3).



FIG.3

AMBIL: LÍNEA DEL TIEMPO

En la línea del tiempo (FIG4) se sintetiza ésta historia que tiene eventos sísmicos y otros.

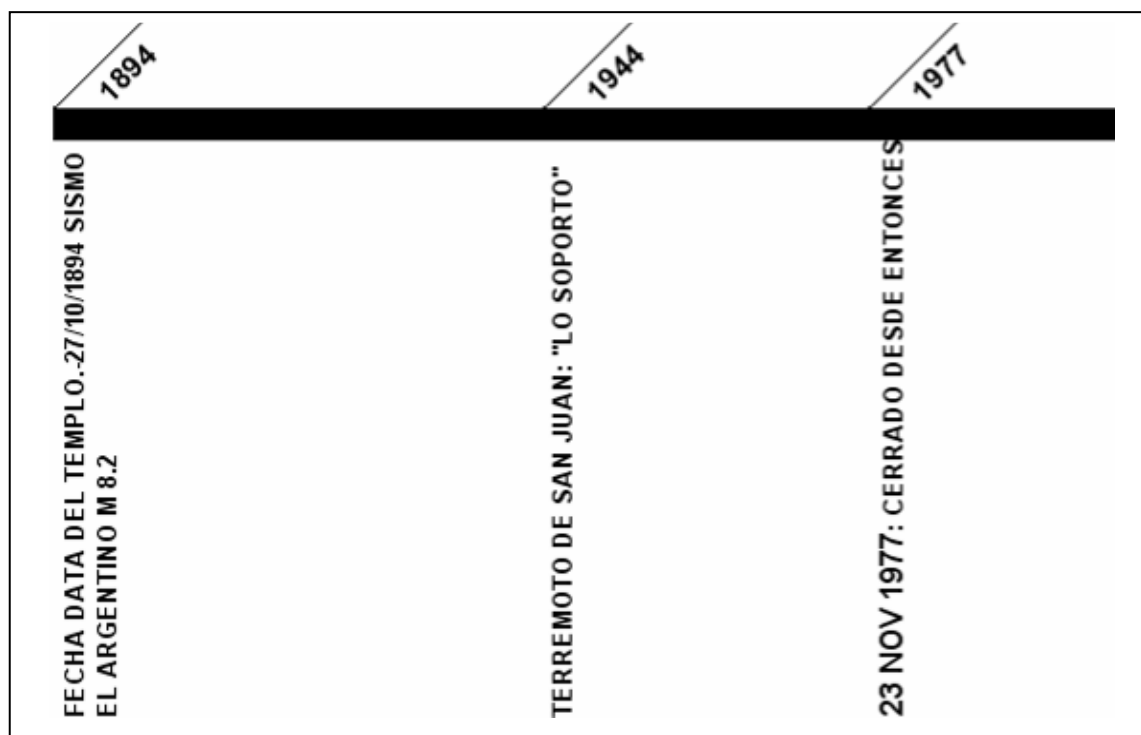


FIG.4

En definitiva la Iglesia no sólo tiene valor espiritual y religioso sino histórico, cultural, turístico y comunitario que se reflejan en opiniones que van desde aquellas que responsabilizan a un Obispo (Diario 1), con una restauración tardía (Diario 2) hasta la que es una Iglesia que se niega a desaparecer (Diario 3), pues se trata de un verdadero monumento que los identifica como pueblo ya que los ha acompañado desde hace 114 años.

Preservar la identidad del lugar mediante la restauración de la construcción, teniendo en cuenta la reglamentación vigente CIRSOC 103 es otro aspecto que nos convoca en esta instancia.

2.-EL RELEVAMIENTO.-

Interesó a toda la construcción afectada y tal como en la actualidad se encuentra (FIG. 5).



FIG. 5

Esta importante tarea de relevamiento (incluido el fotográfico), se considera a la fecha prácticamente concluida en lo que hace a la medición de toda la construcción faltando investigar la profundidad, las características de las fundaciones y calidad estructural de los materiales que componen la Iglesia.



FIG. 6

En las FIG. 3, FIG. 5 y FIG. 6 se puede apreciar el estado de conservación de la construcción, faltando en la actualidad el cerramiento horizontal y el del sector de fachada entre las dos torres.

Es en el reconocimiento del relevamiento de las grietas principales, que atraviesan los muros como se dijo, donde se observa su ubicación prácticamente simétrica en relación al eje longitudinal de la nave principal (FIG.7). Esto permite planificar el restauro a la luz de lo indicado por los reglamentos de sismo e inferir las estrategias que posteriormente se establecen.

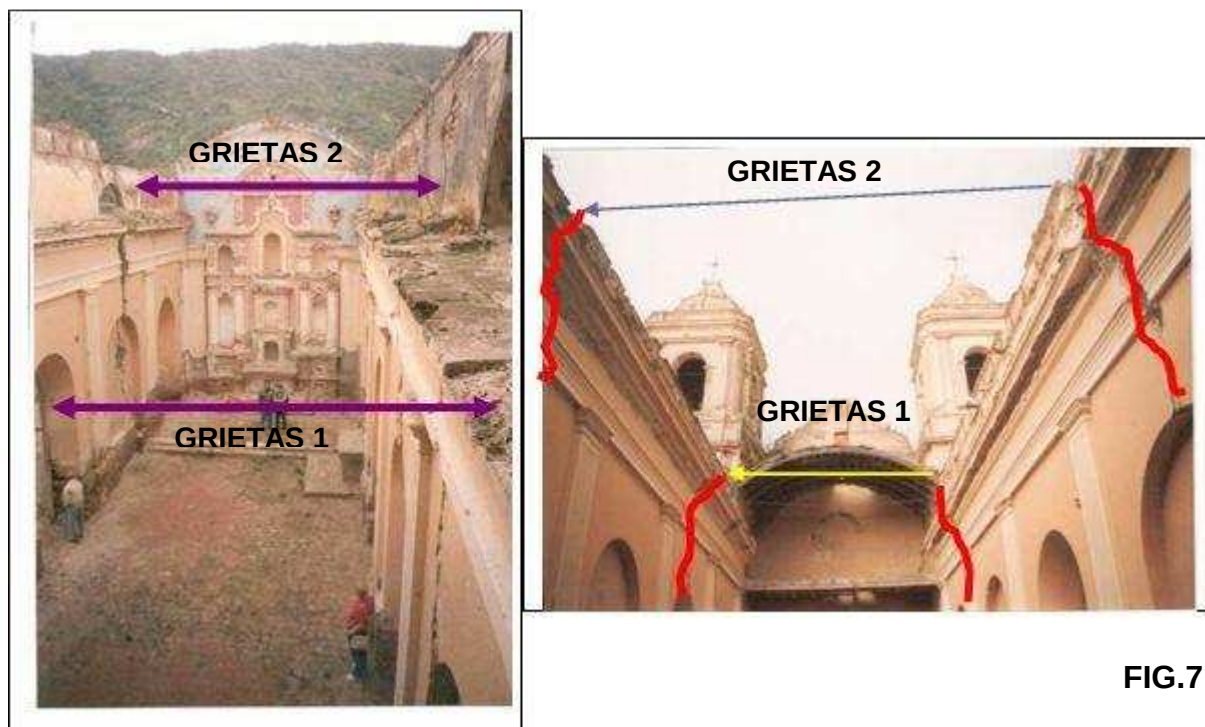


FIG.7

En la FIG. 8 se ve la grieta que divide la nave principal (volumen A) del cuerpo lateral (volumen E) (FIG 7). Esto será considerado también en la propuesta de restauro.



FIG.8

3.-CARACTERIZACIÓN DE LA GEOMETRÍA GENERAL DE LA IGLESIA EN PLANTA Y ELEVACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE SUS PARTES PRINCIPALES PARA EL ANÁLISIS DEL ESPECTRO ACTUAL DE GRIETAS Y FISURAS PRODUCIDAS POR EL SISMO.-

Atentos a la sola disposición en planta y elevación (FIG. 9 y FIG. 10) de las partes generales que componen la construcción se reconocerán cuatro (4) con propiedades propias en sus dimensiones y materiales que las forman y que serán denominadas:

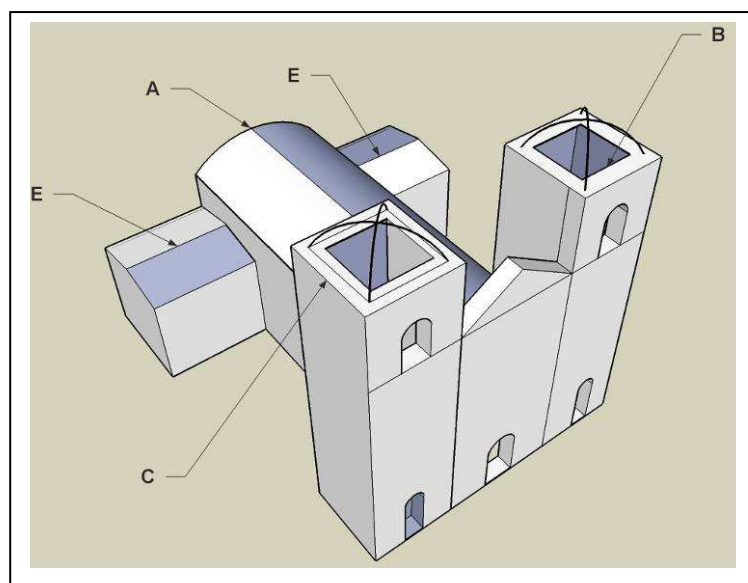


FIG. 9

A.- Nave principal con ancho de 1.00m y altura de 10.00m en sus muros laterales de mampostería y de 10.20m de ancho por 29,20m (incluido coro) de largo en sus dimensiones externas.-

B.- Torre Campanario (norte) con ancho de 1.20m y altura de 21,30m (incluido campanario) en los muros que la componen y configurando una sección en cajón de mampostería de 5.00 x 6.20m en sus dimensiones externas.-

C.- Torre Nueva (sur) ídem torre B -

D.- Coro: que hace de transición sobre todo entre B y C de dimensiones 10.20m por 6.20m.-

E.- Sectores ubicados al fondo de la Iglesia y al lado de la nave principal: hacia el N y el S de dimensiones 8.00m x 8.00m.- Es considerable la diferencia de nivel del plano de la cubierta de este sector E con relación al plano promedio de la cubierta de la nave central A.-

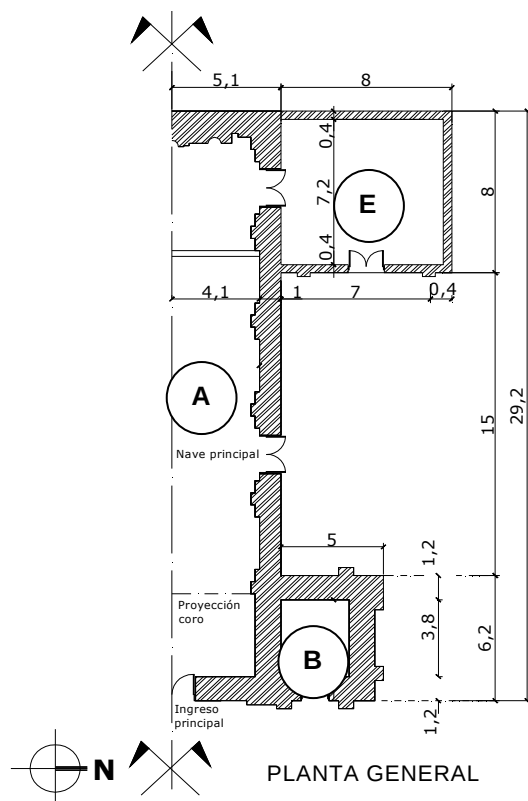


FIG. 10

4.-UN PRIMER ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN EN PLANTA Y ELEVACIÓN DE LOS SECTORES ANTES RECONOCIDOS POR SUS CONSECUENCIAS EN LAS ROTURAS EXISTENTES.-

4.1.- Un primer análisis lleva a reconocer la irregular disposición de las importantes masas que constituyen la iglesia en planta, en elevación y en el espacio: si se piensa en un modelo dinámico de la distribución de las masas se tendrá (FIG. 11).- Algo ya descalificado por los códigos sísmicos entre los que se encuentra CIRSOC (Argentina) y la afirmación de prácticamente todos los autores de la especialidad que recomiendan evitar esta configuración y si ello no es posible, separar la construcción general en sectores lo más regulares posibles mediante juntas. Se verá luego que el modelo dinámico a proponer en el presente responderá a (FIG. 12).-

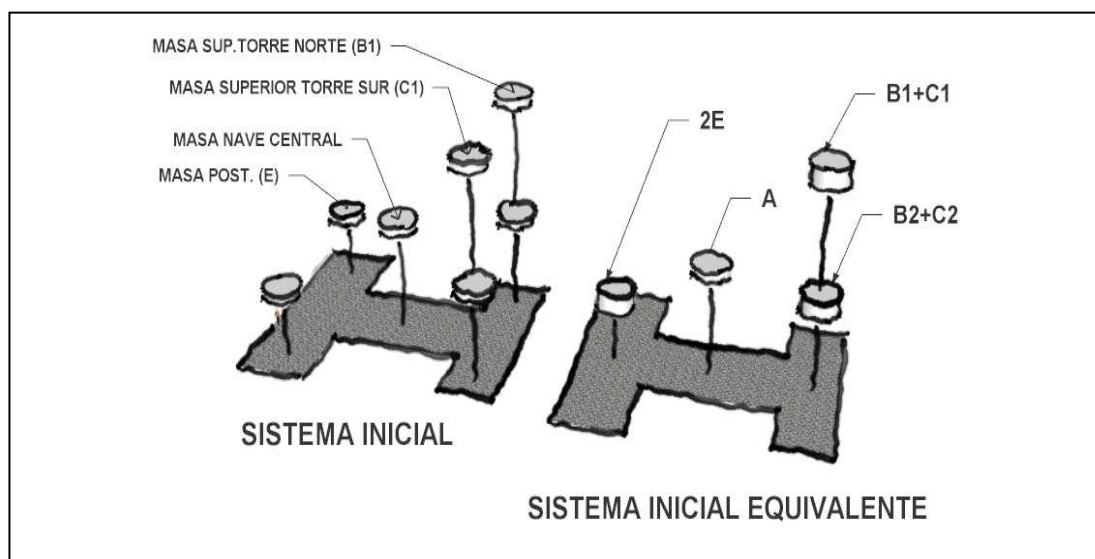


FIG. 11

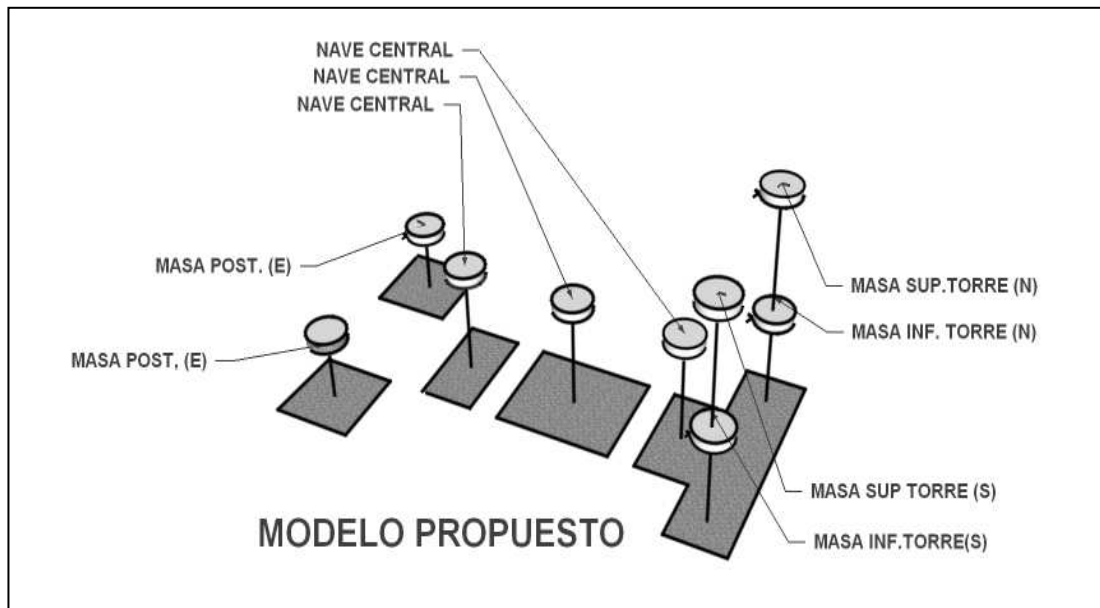


FIG. 12

Este primer análisis también lleva a reconocer a toda la construcción monolítica como de forma DOBLE TE para toda la disposición del diseño en su conjunto, cuyas entrantes y salientes en planta exceden las recomendaciones de CIRSOC y la de otros autores (FIG. 13).-

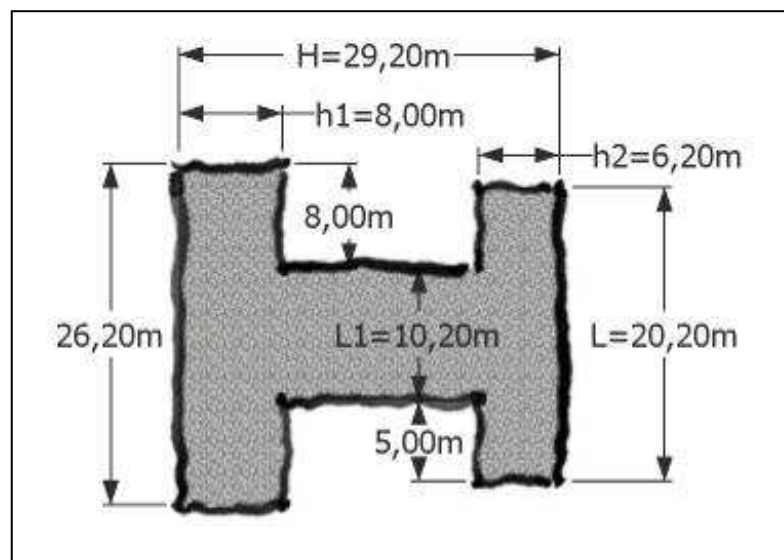


FIG. 13

A modo de cuantificar en alguna medida este aspecto indeseable de disponer entrantes y salientes en la planta de la edificación se verifica lo indicado (Decanini) FIG. 13:

Si $L_1 < \alpha L$ con $\alpha=0.70$ para zonas con moderadas actividad sísmica

$$10.20 < 0.70 \times 20.20 = 14.14$$

10.20 < 14.14 (no verifica)

lo indicado (Bazán/Meli) FIG. 13:

$$\text{Evitar. } \frac{h_1}{H} = \frac{8.00}{29.20} = 0.27 > \frac{1}{5} = 0.20 \quad (\text{no verifica})$$

$$\frac{h_2}{H} = \frac{6.20}{29.20} = 0.21 > \frac{1}{5} = 0.20 \quad (\text{no verifica})$$

Y también (Bazán/Meli) FIG.13:

$$\frac{a_1 + a_2}{A} = \frac{5 + 5}{20.20} = 0.49 > 0.20 \quad (\text{no verifica})$$

Para controlar la esbeltez de las torres referimos a lo mencionado (Bazán/Meli) FIG. 14:

$$\frac{H}{A} = \frac{23.30}{6} = 4.66 > 4 \quad (\text{no verifica a indicación Distrito Federal México})$$

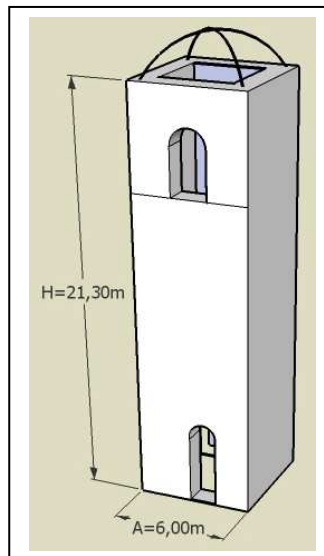


FIG. 14

Atendiendo a la recomendación de Bazán/Meli, para relación de altura y ancho de las torres (FIG: 14):

$$\frac{H}{A} = \frac{23.30}{6} = 4.66 > 2,5 \quad (\text{no verifica})$$

4.2.-Ese consejo será entonces como una primera estrategia a llevar a cabo: separar en sectores de comportamiento independiente frente a la acción del terremoto.-

Pero lo anterior será materializado haciendo coincidir las juntas a colocar (cantidad 4) con las grietas existentes que según se observan se posicionan en los sectores indicados (FIG. 15).

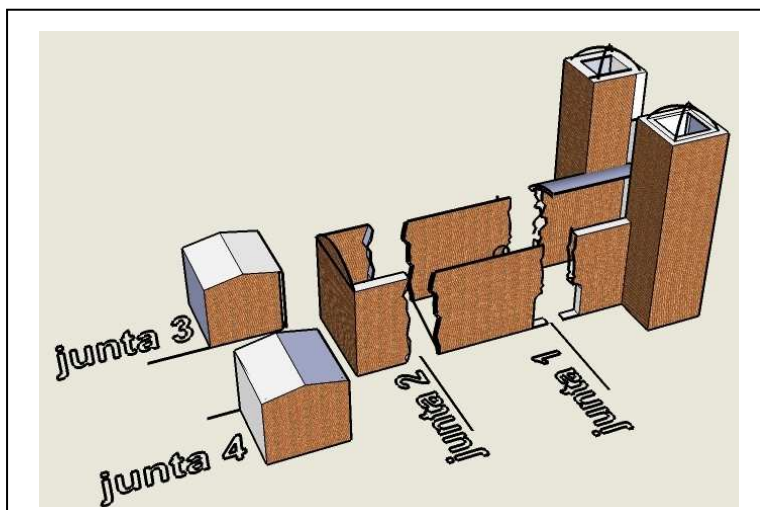


FIG. 15

Así se conformarán los cuerpos (cantidad 5) a considerar en el restauro (FIG. 16).-

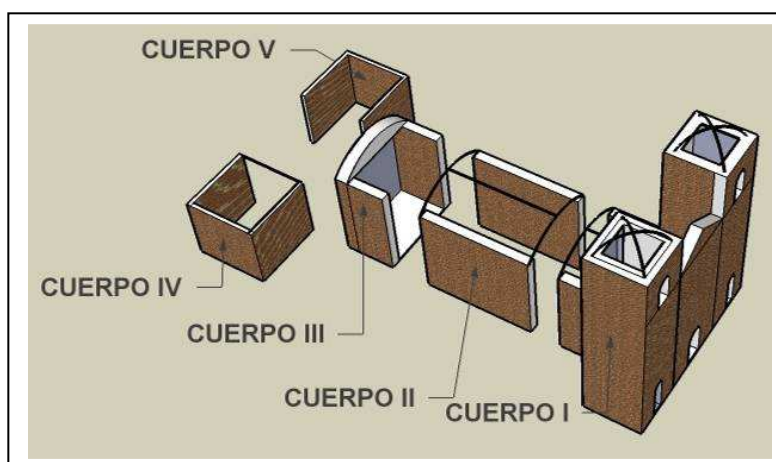


FIG. 16

4.3.-Probable explicación del orden de grietas que se presentaron en la historia de los terremotos que la afectaron.-

Se estima que el proceso en la formación de grietas fue el siguiente:

En el primer terremoto: aparece la GRIETA 1 (FIG.19) debido a que el centro de rigidez (resistencia) de toda la construcción considerada un todo monolítica se ubica en el sector correspondiente a los volúmenes B y C (FIG. 9) campanarios (N y S) que se comportan como lo que son, dos torres de mampostería.-

La FIG. 17 (Diario 4) muestra en fachada (S) la presencia de la GRIETA 1 que también se estima fuera acentuado su posicionamiento por la carpintería en forma de semicírculo en ese sector.-

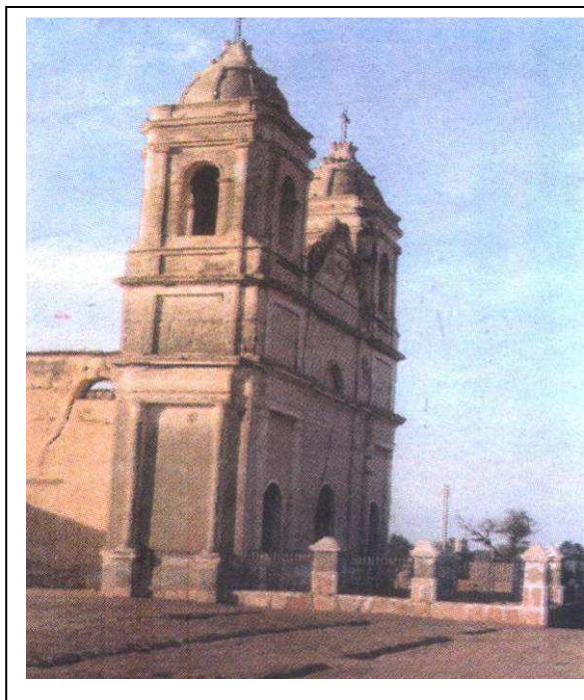


FIG. 17

La FIG. 18 corresponde a la vista desde el interior de Nave Principal, puede notarse como bordeó el sector de menor espesor del muro.

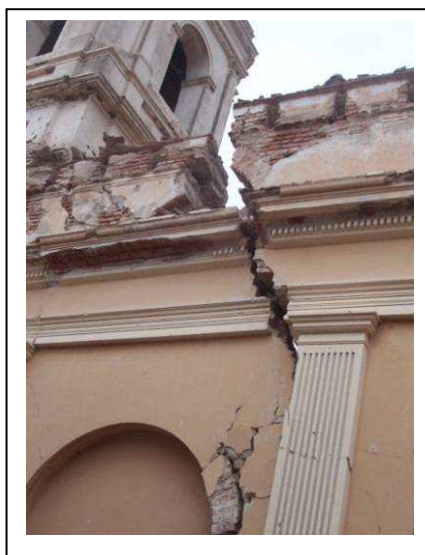


FIG. 18

En el segundo terremoto: ya separada la construcción por GRIETA 1 (FIG.19), el resto lo constituyen la nave central y los sectores posteriores que conforman una verdadera TE.

Se estima por lo anterior, que se presente la GRIETA 2 (FIG. 19 y FIG 21), ya que la cuantificación con las relaciones de la TE así lo demuestran, estas son realizadas según cotas estimativas (FIG 20).-

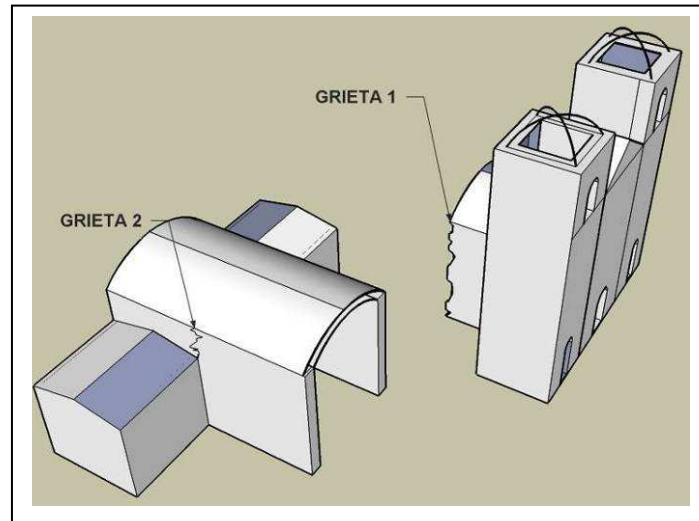


FIG. 19

o indicado (Bazán/Meli) FIG. 23:

Evitar. $\frac{h_1}{H} = \frac{10.00}{18.00} = 0.55 > \frac{1}{5} = 0.20$ (no verifica)

Y también (Bazán/Meli) FIG. 20:

$$\frac{a_1 + a_2}{A} = \frac{8 + 8}{26.20} = 0.61 > 0.20 \text{ (no verifica)}$$

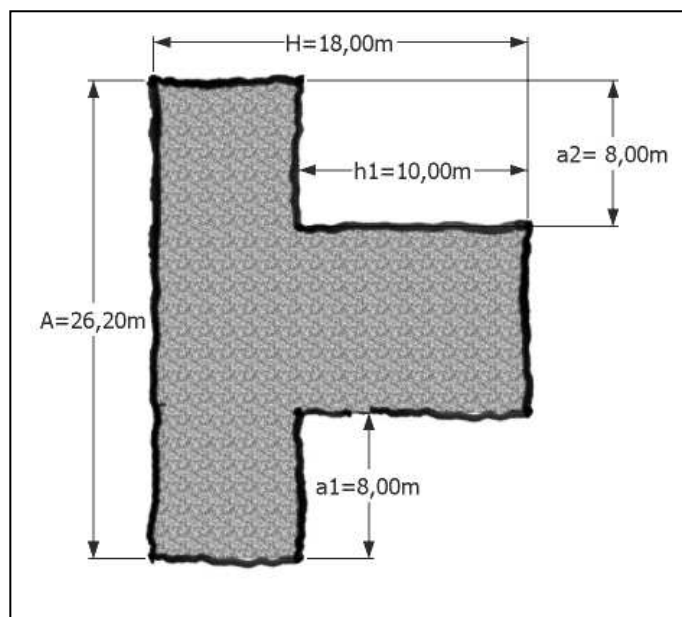


FIG.20

Y se estima que todo esto hace que se presente la GRIETA 2

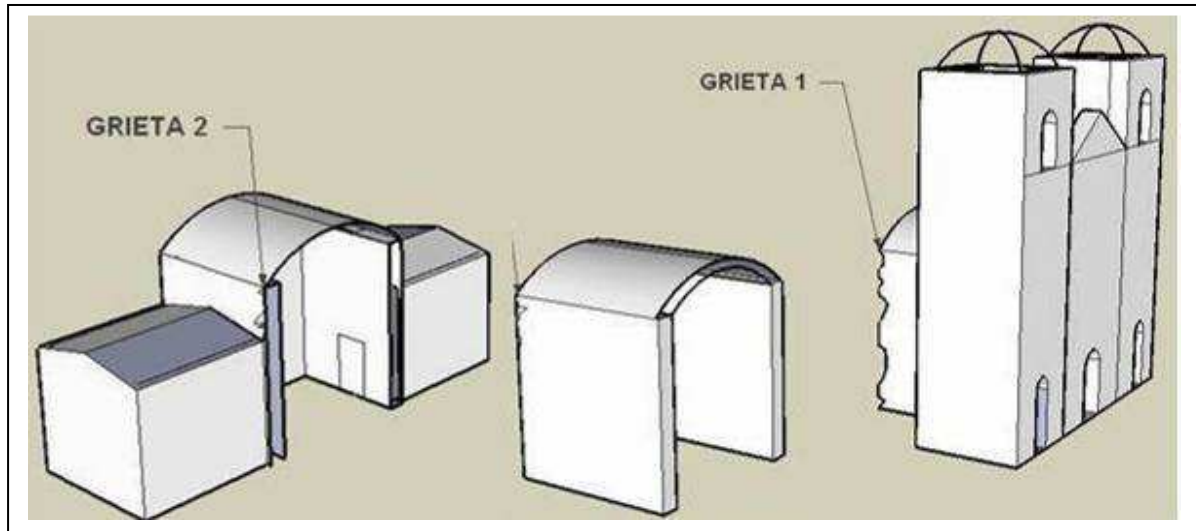


FIG. 21

5.-RECONOCIMIENTO DEL ESPECTRO DE GRIETAS EXISTENTES Y SU POSIBILIDAD DE HACERLAS COINCIDIR CON LAS JUNTAS ESTRUCTURALES Y CUERPOS DE LA CONSTRUCCIÓN (V) PROPUESTOS.-

5.1-SÍNTESIS GRIETAS-JUNTAS EN FACHADA NORTE (VISTA DESDE EL SUR):

Como alternativa de análisis se propone el siguiente esquema (FIG. 22) que será analizado por modelo matemático de elementos finitos. El mismo esquema se repite en la Fachada Sur (Vista desde el Norte)

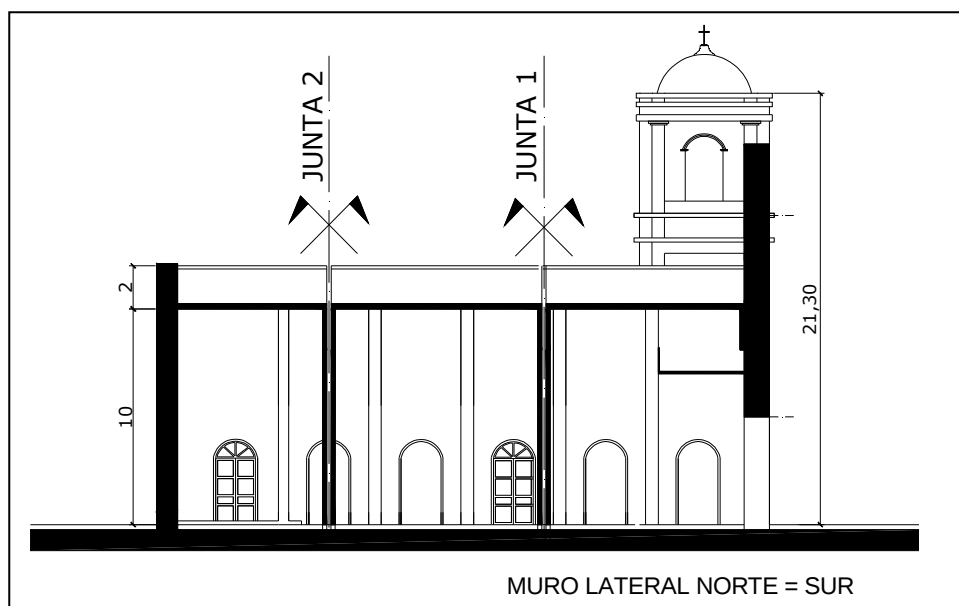


FIG. 22

Estrategia a implementar en las grietas-juntas (FIG. 23) indica otra alternativa posible a desarrollar o implementar en las grietas- juntas cumplimentando áreas máximas de paneles de mampostería (25m²-Zona 2, separación máxima de panel 6m-Zona2, y altura máxima de panel 1,5 L-Zona 2- CIRSOC 103 y Recomendaciones)

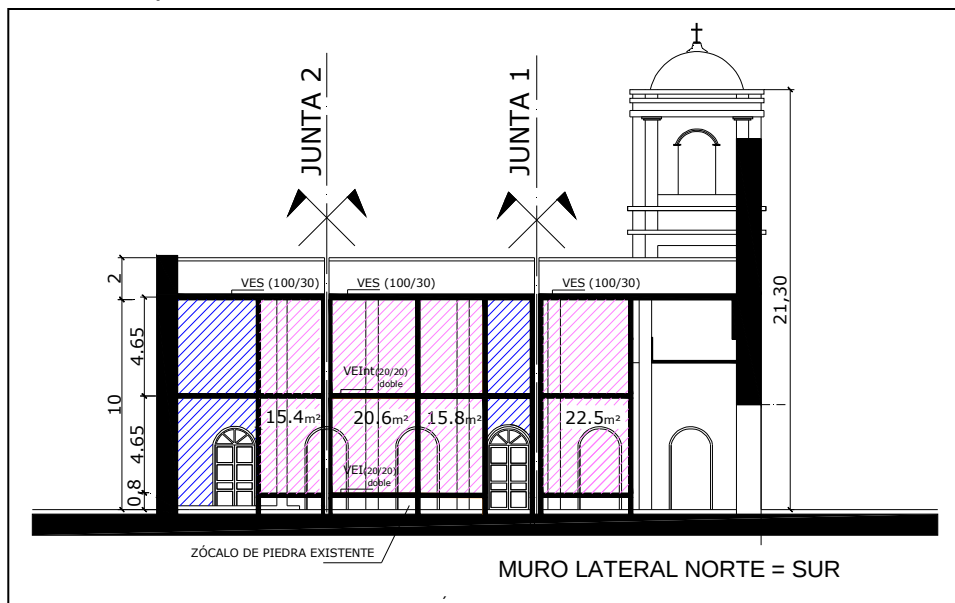


FIG. 23

5.2-SÍNTESIS GRIETAS EN PLANTA:

Estrategia a implementar en las grietas-juntas en planta (FIG: 24) teniendo en cuenta el efecto sísmico producido en el tiempo.

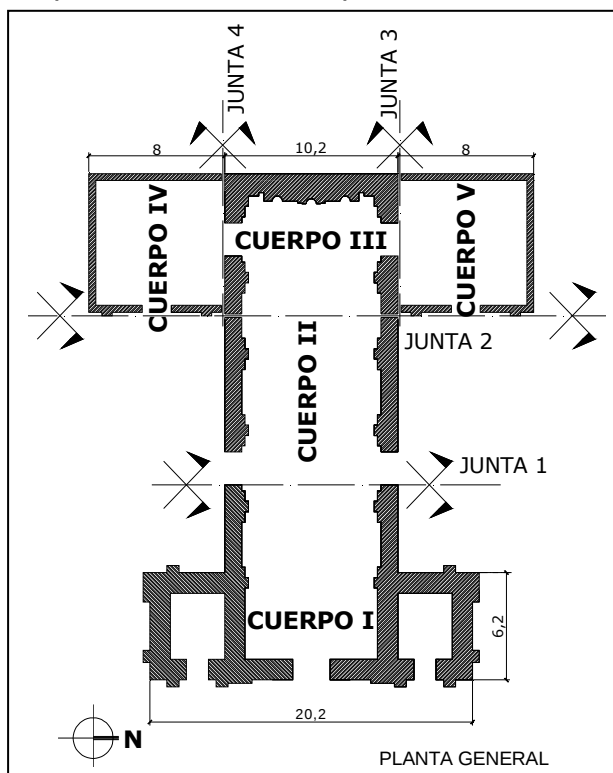


FIG. 24

6.-INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DEL RESTAURO EN CADA UNO (V) DE LOS CUERPOS PROPUESTOS.-

En cada uno de los cuerpos a considerar se dispondrán las mínimas condiciones de estabilidad de equilibrio espacial a tener en cuenta e indicadas por Reglamento: tres (3) planos verticales no paralelos ni concurrentes entre sí más un plano horizontal superior rígido responsable de distribuir la fuerza del sismo que se supone actuando en su nivel.-

Algunos aspectos de interés se mencionan a continuación:

*El plano superior, y a nivel de cubierta, será de hormigón armado:

En cuerpos I (Parte), II y III: integrado a la directriz en curva de la geometría que tenía el templo en su origen.-

En cuerpos IV y V: respetando la directriz recta y con las pendientes iniciales.

Apoyado en vigas de enmarcado superior en todos los casos.-

*Los planos verticales (muros de mampostería) serán enmarcados con vigas y columnas de hormigón armado o tabiques si ello fuera necesario-FIG. 23.-.

Tabiques (relación de lados 1 a 5) de hormigón armado, que buscarán integrarse en correspondencia con las juntas propuestas y con sus fundaciones.-

Fundaciones (bases) cuya profundidad y áreas mínimas deben fijarse según estudios

Lo indicado deberá cumplir lo requerido por reglamento CIRSOC.-

En cuerpo II se colocarán en sus extremos, y en sentido perpendicular al eje longitudinal del mismo, dos planos verticales con sus vigas integradas a la directriz curva del plano superior.- Se caracteriza que este cuerpo tiene gran rigidez longitudinal faltando disponer rigidez trasnacional en sentido transversal.- Con lo dicho se tendrá así cuatro (4) planos verticales.

En vista para las fachadas norte y sur, se esquematiza lo mencionado anteriormente - FIG. 22 (si verifica mampostería sin enmarcar) -FIG: 23 (si fuese necesario enmarcar).- En ambas figuran grietas-juntas 1 y 2.-

AGRADECIMIENTOS.-

Al Obispo de La Rioja, Roberto Rodríguez por haber indicado la temática de la Iglesia de Ambil y haber manifestado su interés en Ella. Además por haber ofrecido toda la colaboración necesaria para la obtención de datos referidos a la misma.

A la Arq. Claudia Peralta.- Prof. UNLaR.- por la valiosa tarea realizada en el relevamiento métrico y fotográfico de la toda Iglesia que fue de gran importancia para el desarrollo de este trabajo y haberse comprometido también en la historia de su estilo arquitectónico (eclectico) al cual puso claridad.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Bazán/Meli.-Diseño Sísmico de Edificios.-Limusa
- 2.-Decanini Luis D.-Influencia de la configuración y regularidad estructural sobre el comportamiento sísmico de las construcciones.-
- 3.-Diario 1 El Independiente.-La Rioja.-07/12/2003/Interior.-El Independiente Digital-La Rioja.-www.elindependiente.com.ar
- 4.-Diario 2 El Independiente.-La Rioja.-03/01/2004/Correo del Lector.- El Independiente Digital-La Rioja.-www.elindependiente.com.ar
- 5.-Diario 3 El Independiente.-La Rioja.-03/04/2007/Interior.- El Independiente Digital-La Rioja.-www.elindependiente.com.ar
- 6.-Diario 4 El Independiente.-La Rioja, sábado 1 de Febrero de 2003.-
- 5.-Noguera Luis.-Análisis dinámico modal y diagnóstico del estado de conservación de la Iglesia Santo Domingo en la Ciudad de La Rioja-Argentina.-XVIII Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural
- 6.-Revista Vivienda 283.-Febrero 1986.-
- 7.-Ronca,I.Giustina.-Linear and non linear models for the S. Francis Basilica in Assisi under the seismic events of the 26th of September 1997.-
- 8- CIRSOC (ARGENTINA)