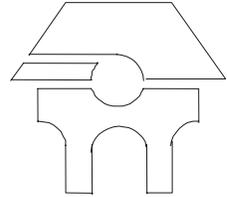


Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Facultad de Arquitectura

División de Estudios de Posgrado



EL MÉTODO DE RIGIDEZ EN EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS DE LA SIERRA PURÉPECHA EN MICHOACÁN

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Arquitectura,
Investigación y Restauración de Sitios y Monumentos
presenta:

FRANCISCO MÉNDEZ FLORES

Asesor de Tesis:
Dr. Luis Alberto Torres Garibay

Morelia, Michoacán, octubre de 2006

EL MÉTODO DE RIGIDEZ EN EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS DE LA SIERRA PURÉPECHA EN
MICHOACÁN



Director de Tesis:

Dr. Luis Alberto Torres Garibay

Sinodales:

Dr. Fernando López Carmona

Dr. Ramón Salvador Medina López

Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán

M. Arq. Juan Cabrera Aceves

Morelia, Mich., octubre de 2006

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la fortaleza que me otorgó en los momentos decisivos de mi vida. A la memoria de mis seres queridos que han partido, sea éste un testimonio de gratitud y recuerdo.

A mi madre por la confianza y bondad en estos momentos, a mis hermanos y sobrinos, que este trabajo sea un estímulo.

A mis compañeros de la tercera generación de la Maestría en Arquitectura [Salvador, Francisco Javier, Ofelia, José Martín, Víctor Manuel, Alberto, Marcela, Claudia, Mónica y Jorge], como agradecimiento por sus consejos y buena compañía.

A mis maestros por haber creído en este trabajo el cual hoy presento como resultado de sus consejos y enseñanzas.

A todos los mencionados y a los que he omitido mi eterno agradecimiento.

Francisco Méndez Flores
Morelia, Mich. otoño del 2006

CRÉDITOS

DR. LUIS ALBERTO TORRES GARIBAY
ASESOR Y DIRECTOR DE TESIS

DR. FERNANDO LÓPEZ CARMONA
ASESOR EXTERNO

DRA. GUADALUPE SALAZAR GONZÁLEZ
LECTORA

DR. J. JESÚS ÁLVAREZ SERENO
LECTOR EXTERNO

M. EN ARQ. JOSÉ MARTÍN TORRES VEGA
REVISIÓN DEL BORRADOR FINAL

RESUMEN

La arquitectura es un testimonio y producto de la presencia del hombre sobre determinado contexto geográfico y humano.

La necesidad de construir lo lleva a utilizar diversos materiales, y para lo cual tiene que hacerse llegar de diversas técnicas constructivas, muchas de las cuales son propias.

Los edificios de los cuales se estudiaron las estructuras de madera, se localizan en una región michoacana conocida como la Sierra Purépecha, la cual tiene una larga historia y una connotación cultural y humana significativa, con artesanos que han trabajado y trabajan la madera como parte de sus actividades económicas y culturales.

El presente trabajo demuestra la manera en que se emplean dos métodos analíticos estructurales en edificios religiosos de la mencionada zona para detectar la problemática existente y de esa manera poder llegar a una solución específica.

ABSTRACT

The architecture is a testimony and product of the presence of the man on certain geographic and human context. The necessity to construct takes it to use diverse materials, and for which it must be necessary to improve diverse constructive techniques, many of which are they own.

The buildings which we studied the wood structures, are located in a region from Michoacán, Mexico that is called "La sierra Purépecha", which has a long history and one significant cultural and human connotation, with craftsmen who have worked and work the wood like part of their economic and cultural activities.

The present work demonstrates the way in that two structural analytical methods in religious buildings of the mentioned zone are used to detect the existing problematic and approach us of the way to be able to reach a specific solution



INTRODUCCIÓN	08
1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	22
1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA REGIÓN	24
1.2. CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO	28
1.3. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	30
2. APROXIMACIÓN A LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS SELECCIONADOS	34
2.1 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES EMPLEADOS EN EDIFICIOS RELIGIOSOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	38
2.2. ARANZA	38
2.3. COCUCHO	43
2.4. NURÍO	48
2.5. ZACÁN	52
2.6. DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS SELECCIONADOS	58
3. COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA ANTE SOLICITACIONES PERMANENTES Y EXTRAORDINARIAS	67
4. REVISIÓN DEL EDIFICIO MEDIANTE LOS MÉTODOS DE RIGIDEZ Y ELEMENTO FINITO	74
4.1 ASPECTOS GENERALES	74
4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	78
CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXO A	92
ANEXO B	151

INTRODUCCIÓN

La arquitectura es muestra fehaciente de esta actividad edificatoria con la cual el hombre marca su presencia a través de las diversas épocas de su producción. Una actividad cultural inherente al ser humano es la característica de construir en el mas amplio sentido de la palabra, construye con cualquier cosa, hace uso de materiales diversos empleando técnicas propias o de influencia externa. Todo tendiente hacia un fin: la actividad constructiva, con la cual se apropia del medio o se integra a él, para lograr plasmar desde aspectos tecnológicos hasta notables expresiones del sentir artístico cuya, permanencia a través del tiempo será función directa del grado de conocimiento y dominio de los materiales y del sistema constructivo empleado en su construcción.

Los siglos XVI y principios del XVII son determinantes para la valoración de las características de la arquitectura mexicana, caso especial lo constituyen las realizaciones marginales o populares de la sierra Purépecha en Michoacán, cuyas características y particularidades que éstas manifiestan, han marcando muy notoriamente a esta región con costumbres propias y por consecuencia han singularizado las manifestaciones culturales, que como grupo las identifican. Asimismo ésta es testimonio que participa en el ámbito de la significación cultural de cada sociedad.

El poblamiento de la Sierra Purépecha se articuló desde épocas tempranas, derivado de la división del reino tarasco en tres regiones culturales con un núcleo central alrededor del lago de Pátzcuaro, la cañada y la sierra. Sus pobladores haciendo uso del medio y aprovechándose de él recurrieron a la utilización de la madera como elemento constructivo, así como el empleo de la piedra en la mampostería de las edificaciones. Por lo que en la etapa de la colonización su conocimiento y dominio de la construcción con estos materiales fue determinante en el quehacer edificatorio.

Con relación a la ocupación y administración del territorio, el programa congregacional definió una política clara de ordenación territorial en forma prioritaria y estratégica.¹ En este programa las ordenes religiosas, participaron activamente y aprovecharon las circunstancias para edificar los templos cristianos de los nacientes pueblos.² Para lo cual dos factores fueron determinantes: la abundancia de recursos forestales en la región, y la capacidad expresiva del artesano, esta capacidad otorgará características particulares a las edificaciones presentes como permanencias culturales en la zona.

¹ García Martínez, Bernardo, "Los pueblos de la sierra. El poder y el espacio entre los indios de Puebla hasta 1700" en Paredes Martínez, Carlos, (Director General), *Arquitectura y espacio social en poblaciones purépechas de la época colonial*, Morelia, Michoacán, México, UMSH-IIIH-UKJ-CIESAS, 1998, p. 47.

² César Villa, Ma. Guadalupe, "Las congregaciones de pueblos de indios en tres partidos cerranos y sus consecuencias en el siglo XVII", en Paredes Martínez, Carlos, (Director General) *Op. Cit*, p. 47.

Por lo que respecta a la construcción de las estructuras de madera de las cubiertas, éstas representan el adelanto tecnológico presente en la época. Además que la aportación de la mano de obra y concepción estructural de los habitantes del lugar representan en el momento actual un valor que las definen y ubican en un sitio privilegiado. Por lo que deberá considerarse su relevancia como monumento, ya que comprende una parte de un todo.

Atendiendo a su empleo a lo largo de la historia la madera fue posiblemente el primer material de construcción empleado por el hombre³, ya que a lo largo de los siglos la técnica para el empleo de la madera fue perfeccionándose hasta alcanzar un grado de desarrollo que permitiera su empleo mediante una sistematización y tecnología propia cuya aplicación se contempla en estructuras más elaboradas con un grado de refinamiento estructural que permitía salvar claros mayores con un grado de seguridad aceptable. Si este criterio se lleva a la construcción de las cubiertas en los edificios religiosos de la época, estas adquieren relevancia ya que su origen y concepción estarán vinculadas a un momento histórico del poblamiento de nuevas ciudades, ejecutado por un grupo minoritario de personas cumpliendo una función evangelizadora en las ciudades recién creadas.

En la región se aprecia la presencia del artesano del lugar, quien aporta la solución al sistema constructivo con aleros de Michoacán. Esta aportación se aprecia entre una estructura de par y nudillo, contra las que se encuentran en la zona de estudio. En las adaptaciones regionales a la estructura, respecto a modelos establecidos estriba la importancia de las cubiertas presentes en esta región, además de la gran riqueza pictórica que se encuentra en su interior, que muestra características que le confieren una singularidad en la región, que se aprecia por su gran calidad y la delicadeza de su trazo. Si la construcción de las cubiertas de madera se acepta como la unión de dos acontecimientos que en una época definen una situación: mano de obra del lugar con adecuaciones a las necesidades y concepción europea.

Objetivo

El presente trabajo pretende demostrar cómo el empleo de métodos analíticos estructurales aplicados a los edificios históricos religiosos son fundamentales para conocer el grado de conservación o deterioro que estos manifiestan, con lo cual se estará en posibilidades de interpretar los resultados obtenidos por el proyectista de estructuras, y mediante las teorías del restauración estar en posibilidad de aplicar dichos resultados para alcanzar una intervención fundamentada que venga a aliviar razonadamente la problemática existente.

El objetivo del presente trabajo es realizar una propuesta de análisis sobre la problemática existente y manifiesta en los edificios religiosos de la sierra. Se pondrá énfasis en la solución específica y particular, como es el de la interacción apoyo-estructura, problema a todas luces complejo por la diversidad de posibilidades a considerar, así como por las características de los materiales y sistemas constructivos.

³ Robles Fernández, Francisco, *et al.*, *Estructuras de madera*, México, Editorial Limusa, 1993, p. 19.

El empleo de dos métodos de análisis estructural consideró su mutua complementación ya que el método de rigidez deberá aplicarse a la estructura, y las reacciones obtenidas producto de este análisis, deberá ser considerada en el método del elemento finito con una carga variando a lo largo de su plano, el objetivo de la aplicación de los dos métodos deberá tender a comprobar el efecto que sobre el muro provoca la componente horizontal obtenida del análisis de la cubierta.

Los deterioros presentes en los edificios religiosos, para este caso, fueron observados y comprendidos para poder interpretarlos y hacerlos compatibles con algunas teorías o métodos de análisis estructural o aún más refinar el método empleado haciendo hincapié en la solución de los detalles, ya que el análisis y solución deberá mostrar al edificio como una unidad. Respecto a los materiales que componen la estructura del edificio fue necesario conocer sus propiedades fundamentales, con la posibilidad de contar con la ayuda del laboratorio de materiales, -si el caso lo amerita-. Acción que permitió la versatilidad de realizar diversas opciones de análisis al considerar las propiedades de los materiales y el estado que guarda la estructura. Por lo anterior se aporta una nueva interpretación en las estructuras de madera en los edificios religiosos, donde tan escasa es la información, para abrir los horizontes hacia una tendencia al análisis de estas estructuras con fines de conservación. Por lo cual el método de rigidez, se considera, cumple las expectativas por la versatilidad que presenta. Éste método de análisis es utilizado para resolver estructuras en las cuales se consideran como magnitudes a calcular giros y desplazamientos de las estructuras, considerando como principio fundamental el que los nudos y miembros de esta estructura esten en equilibrio, bajo la acción de fuerzas exteriores e interiores.⁴

Fueron objeto de estudio los templos de San Jerónimo en Aranza, San Bartolomé en Cocucho, Santiago Apóstol, Señor de los milagros, en San Miguel Nurío, así como el de San Pedro en Zacán, **edificios ubicados en La Sierra Purépecha**, los cuales manifiestan una tipología similar en su aspecto formal y constructivo ya que hacen uso de materiales de construcción similares, por lo que su elección obedece a la diferencia en la forma de resolver la estructura de madera de la cubierta.

Entre los antecedentes históricos de los edificios señalados se menciona al templo de Nurío como generador y eje sobre el cual habrá de desarrollarse la traza y crecimiento de la población; por otra parte también la historiografía señala que la mano de obra de la región participó activamente en la construcción de las cubiertas de madera por su recia tradición en el trabajo de la madera, así como el conocimiento de las características de los materiales a emplear.

Por lo que el sistema constructivo empleado en la construcción del templo de Nurío se define como un sistema de vigas que conectadas en cumbre, transmiten la carga al muro por medio de vigas inclinadas, que pueden definirse como vigas trabajando en colaboración, finalmente la gran riqueza presente en

⁴ Colindres Selva, Rafael. *Estructuras Hiperestáticas*, Editorial Limusa, México, 1984, p 26.

el interior del edificio muestra y participa como testimonio del esplendor y el grado de identidad que los habitantes manifiestan hacia el edificio.

- Los edificios mencionados fueron intervenidos recientemente en diferentes elementos; como la inyección en muros, el cambio de cubierta, así como el reforzamiento con agregados, que alteran las condiciones de trabajo y el partido estructural original.
- Las anteriores intervenciones se han realizados sin un soporte analítico que muestre la situación real de la problemática existente.

La consecuencia inmediata a lo anterior se refleja en que las fallas que motivaron la fatiga del elemento no tienen un seguimiento que pueda ser ubicado dentro de un rango de seguridad como lo permite un soporte analítico, ya, que en la realidad se acusan por la presencia de efectos no deseables a la estructura. Por otra parte las incertidumbres con las que deberá enfrentarse el proyectista de estructuras resultan evidentes: escasa información sobre las características mecánicas de la madera, esto es evidente en la especie de coníferas, cuya extensión y tipo es variado, además, en la práctica se habla de madera de Durango, Coalcomán o Chiapas, donde lo que preocupa son grandes extensiones del bosque que faciliten su obtención. Pasando a segundo plano el conocer sus características físico-mecánicas. Si se considera que para el Estado de Michoacán, el número de especies de coníferas es grande, es comprensible la escasa información que al respecto se tiene sobre sus características físico-mecánicas. Para subsanar este vacío los especialistas en estructuras deben apoyarse sobre la información que proporcionan los reglamentos de construcción que obviamente estos se ubican en un rango intermedio de los que se pueden obtener mediante un estudio específico de laboratorio.

El uso de la herramienta, como es el análisis estructural, para conocer el estado de esfuerzos de una estructura histórica, es un campo en el cual no han incursionado los especialistas en esta área, las razones pueden ser diversas:

- El arquitecto restaurador en la gran mayoría de casos resuelve él mismo el problema.
- Se minimiza la aportación que el estructurista puede otorgar argumentando el desconocimiento que estos especialistas tienen sobre el tema.

De los dos aspectos anteriores habrá de surgir un pensamiento que balancee la situación, donde tanto el arquitecto restaurador como el estructurista definan el problema con criterios que tiendan hacia un solo objetivo.

Respecto a los deterioros presentes en los edificios, considero que el criterio de restauración debe ser contemplado con objetividad y considerando como antecedente el contexto en el cual se ubica. La consecuencia inmediata de la valoración del deterioro será conocer, por medio del análisis estructural la

situación que guardan los edificios y poder tener con base en resultados que determine dicho análisis un sustentable y sólido criterio de intervención.

La conservación del patrimonio edificado debe ser una labor que involucre a un equipo multidisciplinario⁵ con un mismo objetivo y con un criterio que tome en consideración todos los puntos de vista al emitir el diagnóstico.

En el caso de los inmuebles que nos ocupan, las soluciones de intervenciones realizadas se han tomado de manera unilateral, al ignorar y/o no tomar en cuenta las características propias del edificio y amén de recurrir a un estudio objetivo del comportamiento estructural de estos objetos arquitectónicos. Y aunque pareciera que el problema no es grave, hay consideraciones importantes que minimizan el panorama, nos referimos a que los edificios religiosos ubicados en la sierra Purépecha presentan un tipo de falla que puede considerarse característica, por la similitud en que esta se presenta. Por lo anterior debe considerarse una metodología del problema estructural, sustentada en un estudio integral del conjunto.

El problema presente y la solución que se considere deberán sustentarse en un criterio analítico que tome en cuenta las variantes, así como las similitudes que se presentan entre algunos de los edificios ubicados en la zona de estudio. Es decir, las constantes se valorarán cada una para conocer su repercusión sobre la respuesta de la estructura como es el caso de la piedra, arcilla, y madera. Respecto a las variables presentes; diversos sistemas constructivos, cargas adicionales del tipo extraordinarias, se analizaron para conocer el efecto que causan sobre el edificio. Resta decir que es factible de analizar en el laboratorio los materiales, como es el caso de las arcillas y también a la madera; este análisis deberá mostrar sus características; módulo de sección, resistencia a la flexión y esfuerzo cortante para la madera, así como contenido de humedad así como las propiedades fundamentales y componentes básicos del mortero de arcilla. Es decir el modelo matemático empleado deberá ser considerado en forma flexible ante la posibilidad de analizar diferentes condiciones de carga y equilibrio, considerando implícitamente las propiedades de los materiales, con lo cual se estará en la posibilidad de obtener la condición más desfavorable del edificio, este análisis y valoración del conjunto estructural con un criterio analítico, deberá tender hacia la aportación de nuevos conocimientos en este campo. Al respecto Luis Torres G. manifiesta que:

Para acometer realmente una práctica completa, con relación al análisis de la historia de la arquitectura religiosa, su mensaje y sus aportaciones, debe ser superando el criterio arraigado de la simple descripción y embellecimiento literario, por una real observación, análisis, cuestionamiento y explicación de cada caso revisado.⁶

Por lo que las preguntas de investigación giraron en torno a la problemática existente y consideraron a los factores que intervienen en ella, con lo cual a través

⁵ Prado Núñez, Ricardo. *Procedimiento de Restauración y Materiales, protección y conservación de edificios artísticos e históricos*, México, Ed. Trillas, p. 44.

⁶ Torres Garibay, Luis Alberto. *Michoacán Cubiertas de Madera en Inmuebles Eclesiásticos de la Cuenca Lacustre de Pátzcuaro*, Morelia, Morevallado Editores, 2002, p. 10.

de las respuestas que se buscaron se estuvo en la posibilidad de acercarse a la realidad presente en el edificio.

1.- El tipo de apoyo, ¿en qué medida determina el estado de esfuerzos en la estructura de madera?

2.- ¿Cómo afecta al muro de apoyo el tipo de esfuerzo existente producto de la disposición en los apoyos de la estructura de madera?

3.- ¿La deformación y agrietamiento del muro se puede atribuir a una deformación en la estructura de madera?⁷ o ¿los muros se deforman por peso propio o dependientes del efecto de la estructura de cubierta?

4.- La disposición en planta del edificio, ¿qué relación presenta con la respuesta de éste a las solicitaciones a las cuales está sometida?⁸, Como la presencia de un sismo.

5.- ¿Se puede cuantificar el grado de sujeción entre elementos (la interacción apoyo-estructura)?⁹ Es decir, ¿cuál elemento sujeta a cuál? o aún más ¿es la viga de arrastre la que "empotra" a la viga de alero? o ¿se presenta la solución de una articulación total o parcial?

El empleo conveniente de métodos de análisis estructural, para este caso, debía comprobar que las reacciones de la estructura deformada actúan en forma inconveniente hacia el muro de apoyo y además que esta reacción mediante dicho análisis podía ser absorbida con la colocación de un elemento que contrarreste o disminuya esta acción, por lo que la veracidad de las hipótesis planteadas debía mostrarse con dicho análisis.

Para la presente investigación se consideraron las siguientes hipótesis.

- El tipo de apoyo determina el estado de esfuerzos presentes en la estructura de madera, por lo cual un apoyo fijo esforzará más a la estructura, que un apoyo articulado.¹⁰
- La componente horizontal, producto de la deformación excesiva de la cubierta, repercute sobre el comportamiento del muro manifiesto por desplomes y fisuras.¹¹

⁷ Se considera, lo cual se demostró mediante el análisis estructural, que la fisura en el muro es atribuible a un efecto de sismo, pero la componente horizontal aumenta la inercia del edificio y por lo tanto acentúa la magnitud de esta grieta.

⁸ Los edificios con una relación largo-ancho que exceda la relación de 3 son altamente susceptibles de responder a variaciones mecánicas de tipo permanente y mayormente dinámicas del tipo sismo.

⁹ En el presente trabajo se considera la palabra apoyo como en la corona del muro y por consecuencia éste, como el apoyo sobre el cual se desplanta la estructura, la cual se define como la cubierta de madera.

¹⁰ Un apoyo fijo provoca coceo (efecto no deseable hacia el muro) y un apoyo articulado únicamente carga vertical, situación que resulta benéfica para la estabilidad del muro.

- La conformación en planta del edificio repercute sobre su respuesta a la acción de las cargas de la cubierta y a su propia estabilidad.

De la experiencia física obtenida en las localidades de los objetos arquitectónicos de estudio se planteó en este trabajo la siguiente metodología:

1. El primer paso en la elaboración del trabajo consistió en el análisis histórico-bibliográfico de la zona de estudio.
2. Estudio de las unidades de análisis y de todos sus componentes, fue fundamental para entender y conceptualizar la problemática existente; como la disposición en planta, obteniendo de ésta su relación de aspecto, y comparándola con la recomendación dada por otros estudios; cortes para determinar la altura y su relación con la respuesta del edificio; así como particularidades en el sistema constructivo que debían considerarse en la configuración del modelo estructural.
3. Determinación de las características físicas de la estructura con respecto a los materiales, forma, escala, detalle, orientación, ubicación y condiciones de apoyo. Aspectos que influyen básicamente en el deterioro que presentan los edificios religiosos, los anteriores aspectos son fundamentales y determinan el grado de aproximación del modelo establecido con la realidad.
4. Modelado de la estructura que considere las demandas impuestas sobre esta; esto es, las cargas y su forma de aplicación, con lo cual se estableció el modelo estructural para analizar la estructura de madera.
5. Las condiciones obtenidas del modelo estructural se aplicaron a un modelo de análisis matricial como es el método de rigideces, y los resultados obtenidos de este análisis se aplicó al método del elemento finito con una carga variando a lo largo del eje del muro. El método de rigidez permite analizar diversas opciones de carga así como considerar como variables las características de los materiales ante una sollicitación establecida (cargas permanentes) o de tipo extraordinaria (viento o sismo). La variación de los materiales consideró la calidad, grado de conservación y en su caso, contenido de humedad y género o especie.
6. Diagnóstico y modelo de análisis aplicable a los edificios religiosos de la sierra y extensivo a otros inmuebles con características similares.

¹¹ La componente horizontal aumenta la inercia del edificio en situaciones sísmicas, ya que la carga horizontal producto de la reacción de la estructura actúa como una carga sostenida de tipo permanente.

Enfoque Teórico.

La arquitectura se ha perfeccionado a través de los años y por lo tanto el conocer y calificar este progreso es la tarea más importante del historiador al igual que de los estudiosos de este tipo de temáticas.¹²

Para entender un bien cultural, como por ejemplo las construcciones religiosas de la Sierra Purepecha de Michoacán, es fundamental conocer su técnica de manufactura, pues a partir de ese conocimiento se pueden identificar las alteraciones y deterioros que transforman las estructuras.¹³

Conocer estas cuestiones es esencial para comprender el valor del monumento y por lo tanto establecer las conductas transformativas frente al mismo.¹⁴

La tecnología constructiva de cubiertas de madera, es un problema grave de conservación en el campo de la arquitectura y desafortunadamente en gran medida se desconoce la función y el diseño de los componentes que la conforman.

Por construir se entiende armar o ajustar las diversas partes de un edificio o receptáculo.¹⁵ Para este estudio en particular las cubiertas de madera fueron consideradas como un conjunto de elementos constructivos (arrastres, vigas, fajillas, etc) unidos por vínculos en un todo único.¹⁶ Es decir que una armadura es un sistema compuesto por diversos elementos los cuales funcionan y hacen funcionar al todo, cuando uno o algunos fallan, se manifiesta en la totalidad del sistema.

La falla de una armadura se manifiesta a través de la deformación de sus elementos, es por ello que se hace necesaria la utilización de un método que permita conocer el estado de esfuerzo de las estructuras históricas, realizando una esquematización o idealización del fenómeno de análisis, el cual será calculado.

“El cálculo de una estructura tomando exacta cuenta de todas las medidas y formas geométricas de sus elementos, como así también de la rigurosa interacción entre ellos, es complicado en la práctica y por consiguiente, inaceptable, o teóricamente inadmisibles. Por eso, la mecánica de construcción, como cualquier otra ciencia, emplea el procedimiento de abstracción científica, sustituyendo las estructuras por sus esquemas”.¹⁷

El esquema de una estructura es una representación simplificada, que contiene solamente los datos medulares que determinan el comportamiento de la estructura bajo carga. En el esquema las vigas se sustituyen por líneas llamadas ejes, en donde las cargas sobre las superficies de los elementos son trasladados a los ejes o a otros puntos del sistema, los cuales son calculados y analizados por el método de rigidez con lo cual responde a preguntas tales como la disposición de los apoyos y la forma en que estos se conectan. Por lo que respecta a la utilización del método del elemento finito, éste muestra resultados que responden al efecto que el muro manifiesta, producto de la componente horizontal, la cual

¹² Bossegoda Nonell, Juan. *Historia de la arquitectura*, México, Editorial Mexicana, 1984, p. 17.

¹³ González, Olga Lucía y Gilberto Buitrago S. *La techumbre mudéjar de la Catedral de Tlaxcala, México*, Colombia, Universidad Externado de Colombia, 2000, p. 28.

¹⁴ Fernández de Alba. *Teoría e Historia de la Restauración*, Madrid, Ed. Manilla-Leria, 1997, p. 58.

¹⁵ Ruskin, Jonh. *Las siete lámparas de la arquitectura*, México, Ediciones Coyoacán, 1996, p. 17.

¹⁶ Kiseliov, V. A. *Mecánica de construcción*, Tomo I, Moscú, Editorial Mir, 1976, pp. 20-21.

¹⁷ *Ibidem*, p. 21.

se presenta como un esfuerzo de tensión en los vértices del muro el cual responde con deformaciones y agrietamientos sin la participación del peso propio del muro, el cual participa incrementando la inercia del edificio en sollicitaciones dinámicas únicamente. Por lo anterior se puede considerar producto del análisis que la condición de apoyo es del tipo fijo, ya que las deformaciones alcanzadas con esta consideración son las que más se aproximan a las existentes en la estructura, la presencia de esta reacción horizontal como una carga sostenida sobre el muro incrementada por efectos de deformación de la estructura, favorece la presencia de esfuerzos y deformaciones sobre el muro.

La aplicación de los modelos analíticos con la realidad presente en la estructura de los edificios religiosos, donde estos responden satisfactoriamente a este modelo, es decir no se consideran suposiciones que simplifiquen el análisis.

Por supuesto su puesta en marcha deberá fundamentarse en un criterio analítico y teórico soportado por la teoría del restauro de manera espacial el concepto referente de respeto a la segunda historia. La conservación y buen uso de estos edificios representan el encuentro con la conciencia histórica, ya que los edificios religiosos ubicados en la Sierra Purépecha representan en gran medida para los habitantes del lugar un signo de identidad, que manifiesta el núcleo sobre el cual gira la vida social de estas comunidades. Este símbolo de identidad debe preservarse mediante la conservación del objeto arquitectónico, es decir con su permanencia en buen estado, esto se puede lograr con medidas prácticas como:

- Integrando elementos de madera que optimicen el trabajo estructural.
- Mejoras en el sistema constructivo sin alterar la disposición geométrica de la estructura (por que de alterar la geometría del elemento se estaría cambiando la forma del objeto y el significado de la forma también cambiaría).

Por supuesto las dos propuestas anteriores deberán fundamentarse en la teoría de la restauración, para con este criterio justificar las acciones que se consideran son fundamentales para lograr el buen funcionamiento de la estructura y la conservación de su resolución formal. Los agregados y adecuaciones propuestos a la estructura son el resultado de un análisis y estudio fundamentado en el partido arquitectónico, así como el aspecto tipológico y de sistemas constructivos mostrando los deterioros presentes, además de aspectos históricos, que tienen incidencia sobre el objeto de estudio, tendientes finalmente a determinar la estabilidad del edificio.¹⁸ Haciendo uso de la herramienta como es el análisis estructural.

Si producto de este análisis, se admite que la estructura debe modificarse, la Carta del Restauro admite este concepto, ya que el Art. 7, fracción 4ª manifiesta *“se admiten modificaciones o inserciones de carácter sustentante y de conservación en la estructura interna o en el estrato o soporte”*.¹⁹ Por supuesto, se

¹⁸ Brandi, Cesare. *Teoría de la restauración*, Madrid, Alianza Forma, 1996, p. 138.

¹⁹ Brandi, Cesare. *Teoría de la restauración*, Madrid, Alianza Forma, 1996, p. 133.

considera que la estructura deberá tener estas adiciones que deberán alterar inevitablemente la percepción formal de la estructura de madera, pero en su acción mínima, como son los extremos.

Los mismos términos los refiere la carta de Venecia en su Art. 10, que manifiesta que si es necesario consolidar, ésta sea hecha con técnicas modernas,²⁰ para lo cual se aprovecha la disposición de las dos vigas inclinadas existentes, las cuales se pueden hacer trabajar en colaboración, ya que se puede implementar un sistema de armadura en los extremos. Dicho concepto de armadura es de concepción contemporánea y se da con el uso del acero. Es decir las armaduras trabajan a base de riostras y triangulan el espacio rigidizando los elementos a los cuales concurren formando nudos.²¹

En contrapartida la estructuración de los edificios religiosos es de concepción simple ya que presentan en su estructura extremos libres²², características estas que hacen que sea fácilmente visible la inserción de estos elementos dentro del conjunto, ya que es muy notorio el trabajo estructural de ambos, otra característica se da en la diferenciación del sistema constructivo de ambos, característica que recomienda la carta de Venecia en su Art. 12.²³

Asimismo los elementos propuestos para optimizar el trabajo estructural por su propia disposición y que al colocarse en una zona crítica y notoriamente visible como es la zona próxima a la corona del muro o borde libre de la estructura de madera,²⁴ constructivamente muestran el sello de la época, marcando por este hecho una nueva diferenciación. Por las características anteriores los elementos propuestos para la optimización del trabajo estructural son susceptibles de optar por una colocación reversible, acción que se considera no afecta espacialmente y formalmente a la estructura de madera²⁵, no así estructuralmente, por lo anterior es práctica recomendable en una restauración el dejar inscrita la fecha de ejecución de los trabajos, tanto en alguno de los elementos de la estructura como en la documentación que soporta a la restauración²⁶, como hecho. Así mismo debe quedar constancia en un documento que muestre la intervención que sobre un edificio se da, el cual representa un documento de primer orden al realizar una revisión sobre el estado del edificio.

El presente análisis esta permeado sobre dos pensamientos que han marcado fuertemente a la teoría de la restauración como es el de Viollet le Duc y el de John Ruskin por las siguientes razones; para Viollet le Duc la restauración de un edificio debería considerar el estado que tendría después de la restauración aunque anteriormente no lo fuera producto de los trabajos de restauración, como

²⁰ Carta de Venecia, citada por Meli, Roberto, *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*, Fundación ICA, p. 5.

²¹ Kiseliov, V. A. *Mecánica de construcción*, Tomo I, Moscú, Editorial Mir, 1976, pp. 145-146.

²² Meli, Roberto, *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*, Fundación ICA, p. 6.

²³ *Idem*, p. 6

²⁴ Brandi, Cesare. *Op. Cit.* p. 30.

²⁵ *Ibidem*, pp. 14-17.

²⁶ *Ibidem*, p. 32.

una consecuencia de una lógica arquitectónica o para nuestro caso, estructural.²⁷

Este pensamiento repercute en las acciones que producto del análisis deben considerarse en el mejoramiento del comportamiento estructural de los edificios en estudio ya que la integración del concepto de armadura, es un concepto que la estructura nunca tuvo, además que la armonía del trabajo estructural de los elementos es totalmente congruente con sus propiedades físicas y materiales.

Con este mismo criterio para John Ruskin la restauración no existe como tal y sí en cambio, fundamenta categóricamente a la conservación como medida para prolongar la permanencia del edificio sobre todas las acciones que sobre él se tomen²⁸. Ya que los deterioros presentes en estos edificios tienen antecedentes de mínimo mantenimiento.

Esta postura del pensamiento de Ruskin debe considerarse para nuestro caso como acción a ejecutar y posterior a la restauración, ya que el darle seguimiento y ejecutar labores de mantenimiento sobre un edificio intervenido invariablemente prolongará la vida de éste. En este mismo aspecto la función social de los habitantes del lugar deberán ser piezas clave para alcanzar un grado de mantenimiento que pueda considerarse aceptable.

También se puede decir como conclusión que el pensamiento de Viollet le Duc tiene aplicación en el caso de Cocucho y Nurio con la implantación del sistema de armadura a la estructura existente. Por otra parte el pensamiento de Ruskin está presente en Aranza y Zacán por la mínima intervención hacia su estructura, ya que en estos casos con mejoras mínimas a la estructura en su sistema constructivo, se mejorará su respuesta estructural.

Así mismo atendiendo a un criterio de restauración debe considerarse el retirar los materiales contemporáneos en cubierta como las láminas de asbesto y losas de concreto, que son perjudiciales tanto en el aspecto formal como ambiental, ya que se aprecia en la cubierta de madera vestigios del empleo de materiales tradicionales para la solución de la cubierta como es el tejamanil²⁹, el cual sabemos que constructivamente es benéfico al sistema.

Conclusión

Los resultados obtenidos mostraron el grado de complejidad del problema y la solución, que siendo armónica deba aplicársele a los edificios para garantizar una intervención satisfactoria y congruente a las necesidades y características propias del edificio. Considerando para la solución, el empleo de la teoría del restauro como fundamento para justificar la acción que se considere conveniente y benéfica a la problemática existente. Acciones con las cuales se justificará la

²⁷ *Ibidem*, p. 19.

²⁸ *Ibidem*, p. 23.

²⁹ **Tejamanil**. Denominación local utilizada para una laminilla de madera, de sección triangular, que se fabrica manualmente desgajando en forma radial un pedazo de tronco muy joven. Para este efecto se utiliza un peine de madera muy dura y sección triangular. Tomado de Torres Garibay, Luis Alberto. *op. cit.* p. 131.

preservación del patrimonio que se ubica en la Sierra Purépecha la cual se considera como una zona cuya identificación se da en los aspectos lingüísticos, religiosos, geográficos y étnicos. Así mismo en últimas fechas y debido a los estudios que se han realizado por diferentes dependencias e instituciones interesadas en el rescate de este magnífico patrimonio tangible e intangible, se ha valorado aun más esta expresión del patrimonio. Las notables expresiones que de patrimonio se dan en esta región deben preservarse ya que representan una época, un patrimonio artístico, cultural y tecnológico y que como ejemplo se consideran los casos de estudio motivo del presente trabajo, cuyas creaciones se dan en el momento histórico del encuentro de dos culturas, la europea y la local.

ANTCEDENTES HISTÓRICOS DE LA REGIÓN DE ESTUDIO

La riqueza cultural de una región o un país, lo constituye el patrimonio tangible e intangible. Parte del tangible lo constituyen los objetos arquitectónicos, los cuales expresan y fundamentan un significado simbólico que contribuye a la formación de la identidad histórica, la cual es parte de la sociedad en una época.

La disciplina de la historia permite, -aunque como en este caso de manera sucinta- conocer y reconocer el valor de esta región, sus objetos arquitectónicos y por supuesto la sociedad.

Lo anterior implica el estudio y comprensión de los edificios religiosos, cuya edificación está estrechamente relacionada con la concepción religiosa de la época, así como a las ideas sociales de la misma¹²; la disponibilidad de los constructores, que hicieron uso de una técnica de construcción, propia o implementada. Factores que desembocan en la existencia del hecho arquitectónico, considerado como producto de la concepción y las habilidades del hombre de esta tierra, sumado a las propias ideas y conocimientos de los españoles, cuya suma generó un grupo de constructores anónimos, ubicados geográficamente, al respecto Luis Torres, manifiesta que :

La producción arquitectónica del pasado, presente tangiblemente en las ciudades y poblados históricos, es una manifestación cultural del hombre. En su configuración espacial, constructiva, ambiental y expresiva, están plasmados los rasgos significativos de cada grupo humano, las formas de pensar, habitar y comunicarse con cada sociedad y, las particularidades ocasionadas por las condiciones físico geográficas de cada región.¹³

La esencia de esta arquitectura se considera a partir del complejo religioso conformado por templo y hospital, cronológicamente en orden inverso al expuesto, este conjunto constituyó entre otros factores el origen de los actuales pueblos de la región de la sierra Purépecha, en la cual se ubican notables edificios religiosos como es el caso de los templos de San Miguel en Nurío y San Bartolomé en Cocucho, cuyas cubiertas de madera son del tipo par y nudillo con adecuaciones regionales que se apartan de las que muestra Enrique Nuere en la descripción que sobre el tratado de López de Arenas realiza

Así mismo los templos de San Pedro en Zacán y San Jerónimo en Aranza, cuyas cubiertas de madera son del tipo media tijera, presentan adecuaciones regionales respecto a las analizadas por Luis Torres en la zona lacustre. Por lo que se considera que estas adecuaciones técnicamente les otorgan relevancia al confrontarlas con los modelos concebidos como tales.

¹² Kubler, George. *Arquitectura Mexicana del siglo XVI*. México, Fondo de Cultura Económica, 1982, p. 26.

¹³Torres Garibay, Luis Alberto. op. cit. p. 9.

Adicional a lo anterior los templos mencionados albergan en su interior extraordinarias representaciones pictóricas de gran riqueza y colorido,¹⁴ constituyendo por esto uno de los más importantes tesoros artísticos y culturales de la región.

También habrá que considerar que las portadas de estos edificios son histórica y artísticamente importantes, debido a que son testimonios de su momento histórico, es por ello que muchas de las fachadas son y contienen elementos de influencia plateresca.

El objetivo medular sobre el cual se desarrolla el presente trabajo, fue analizar desde el punto de vista estructural las cubiertas de madera y el efecto que sobre esta ejerce la disposición que presenta la estructuración del edificio¹⁵, ya que en la medida que se conozca su conformación, se estará en posibilidad de analizarla y estudiarla con herramientas analíticas congruentes.

Por todo lo anterior; la historicidad que representan estos edificios y su permanencia en el presente son testimonio de un legado que debe ser preservado.



Graf. 01 Estado de Michoacán y la zona de la Sierra Purépecha.

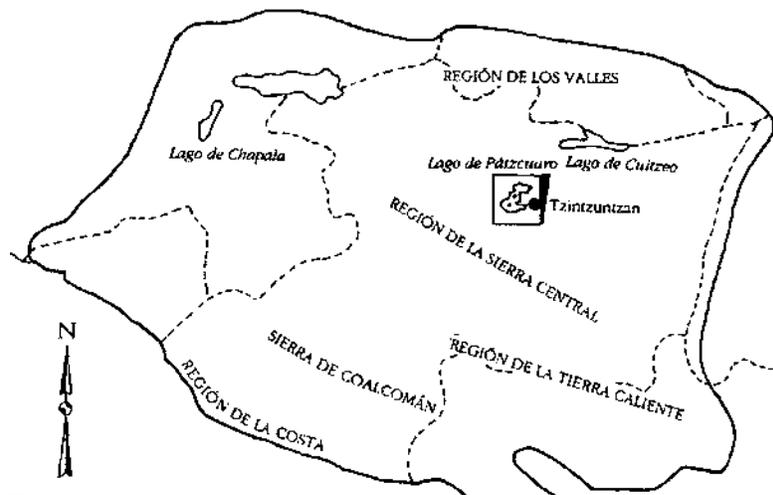
1.1. Antecedentes históricos de la región

¹⁴ Sigaut, Nelly. "El cielo de colores", en: Paredes, Martínez Carlos (dir. gral.). *Arquitectura y espacio social en poblaciones purepechas de la época colonial*, Morelia, Michoacán, México, UMSH-IIH-UKJ-CIESAS, 1998, pp. 269-304.

¹⁵ Por estructuración deberá entenderse a la disposición de resolver al elemento de apoyo como los muros y la cubierta de madera así como demás elementos que contribuyan a su estabilidad, formando parte del conjunto arquitectónico y estructural.

En el occidente de México, se ubica el Estado de Michoacán, el cual con anterioridad a la llegada de los españoles fue una importante región poblada por diversos grupos étnicos con una gran diversidad cultural, la cual se da como producto de sus múltiples recursos naturales y de los diversos señoríos que la habitaban. La Sierra Purépecha geográficamente se ubica en la porción Centro-Noroeste del estado de Michoacán, históricamente, la región de la sierra durante el periodo del dominio Purépecha es comprendida como una extensión del reino el cual comprende un núcleo central alrededor del lago de Pátzcuaro, donde Tzintzuntzan fue la capital del reino con Tzitzispandacuare, irecha de Tzintzuntzan como Cazonci o señor único de los tarascos. Dicho reino se extiende mas allá de la región del lago de Pátzcuaro políticamente en forma de provincias. Siendo la sierra una de esas regiones. Una fuente que trata algunos aspectos relativos sobre los habitantes de la zona y su gobierno es el libro manuscrito conocido como La Relación de Michoacán.¹⁶

Otra mención es la referente a los reyes Uanacaxe, o sea los [serranos) ya que unax es raíz de uanacaxe o piña del pino, distintivo de la sierra (graf. 2).



Graf. 02 La región lacustre de Pátzcuaro y la extensión de los dominios tarascos, según Donald D. Brand.

La relación de Michoacán muestra a los grupos de habitantes de estas regiones de la sierra referente a una desavenencia entre Ticateme y sus cuñados por el desollamiento de un venado

¹⁶ El título completo de este documento es *Relación de las ceremonias y ritos y población y gobierno de los indios de la Provincia de Michoacán*, del cual se conocen alguna docena de ediciones y facsimilares, para este trabajo se tomó la edición Moreliana del año de 1977, con transcripción de José Tudela y Estudio Preliminar de José Corona Núñez. De Alcalá, Fray Jerónimo. *Relación de Michoacán*, Balsal Editores, Morelia, 1977, p. X.

...y como fuese muy de mañana, fue por un cántaro de agua, la mujer de Ticateme, y sus hermanos que estaban allí la saludaron en su lengua, que eran serranos...¹⁷

La sociedad purépecha presentaba una notable organización social y de gobierno que para el caso de la actividad edificatoria, ésta contemplaba a unos caciques llamados ocambecha, que tienen encargo *de*

...y de hacellos juntar para las obras publicas...¹⁸

Es así que la organización de la sociedad Purépecha se basaba sobre mayordomos o diputados y oficiales especializados que se dedicaban tanto a la construcción de los edificios, como a su mantenimiento, el nombre estaba de acuerdo a su especialidad, se menciona que existía:

...un mayordomo mayor, diputado sobre todos los oficiales de hacer casas que son de mas de dos mil: otros mil para la renovación de los cues, que hacían muchas veces. No entendían en otra cosa, más de hacer las casas e cues.

Respecto a las demás actividades de la edificación menciona que:

había otro llamado cacari, diputado sobre todos los canteros y pedreros, mayordomo mayor en este oficio...¹⁹

El antecedente a esta organización se da en la sociedad Mesoamericana, la cual tuvo gran capacidad de organización, manifestándose en la realización de una considerable actividad edificatoria en diversas regiones. En Tenochtitlán se utilizaron postes de madera hincados para cimentar a las construcciones cuando su peso era considerable ante un suelo poco resistente, en Teotihuacan, se empleó la madera para formar techos planos.²⁰ Por su parte los Purépechas cuyas regiones boscosas proveían abundantemente de madera, *La Relación de Michoacán* la nombra ampliamente.²¹ Esa abundancia de madera y la calidad de la mano de obra les permitió construir una muralla en los límites del reino purépecha y el mexicana.

Lo diestro de los nativos en la carpintería y trabajos de la madera se generaba en el aprendizaje de oficios, el cual formaba parte de las enseñanzas que recibían los nobles indígenas. Dentro de las actividades de estos alumnos se encontraban la de ayudar en la construcción de obras públicas, actividades que formaban parte de la formación de los alumnos lo cual puede explicar el fundamento de la tradición constructiva.

¹⁷ *Ibidem*, p. 21.

¹⁸ *Ibidem*, p. 173.

¹⁹ *Ibidem*, p. 174-175.

²⁰ Robles Fernández, Francisco, *op. cit.*, p. 26.

²¹ De Alcalá, Fray Jerónimo. *op. cit.*, p. 23.

Por lo anterior, las culturas prehispánicas que utilizaban la madera como elemento constructivo y estructural, muestran un claro dominio de sus propiedades y empleo. Otro de los materiales empleados fue la piedra, la cual fue utilizada para construir sus edificios religiosos, básicamente, ya que los taludes recubiertos con este material presentan un extraordinario conocimiento sobre la estabilidad, los cuales definen formalmente a estas construcciones. El empleo y conocimiento de estos dos materiales; piedra aglutinada con arcilla y madera, fue fundamental en la labor edificatoria en la zona de la Sierra Purépecha.

Con la llegada de los religiosos, el conocimiento constructivo no sólo permaneció, sino que se diversificó y completo producto de la transculturación. Así pues los Agustinos fundaron en 1537 en Tiripetio un convento en el que enseñaban a los indígenas las artes y oficios requeridos para satisfacer las nuevas necesidades y en el que continuaron su labor hasta 1548.²² Ahora bien los indígenas pudieron aprender con gran rapidez estas técnicas gracias a su tradición prehispánica. Todavía en el siglo XVIII, Echeverría señalaba que:

los indios [...] eran mas diestros en edificar de maderas, que de masonería, [...] ²³

Por lo anterior y producto del encuentro de ambas culturas donde sé ha asimilado el fenómeno de la transculturación entre los grupos protagonistas, donde la comprensión del espacio edificado por parte de los grupos locales, es llevado al extremo con la edificación de los templos del lugar, donde la concepción de cubrir con grandes claros es totalmente dominado por los constructores locales, acción que refleja el dominio del sistema constructivo empleado, este hecho representa tecnológicamente el punto culminante del encuentro de ambas culturas.

Para el siglo XVI la región fue escenario de sucesos trascendentales que propiciaran un cambio drástico en la forma de vida de sus pobladores, ya que esta región como muchas otras recién conquistadas y siguiendo la política de apropiación territorial de los conquistadores españoles es dada en encomienda con lo cual comienza su poblamiento de acuerdo a las nuevas disposiciones.

Este fenómeno afectó la forma de vida de sus habitantes, por tanto su estudio es fundamental para entender la etapa histórica de esta región, en la cual una de sus manifestaciones tangibles fue la fábrica de objetos arquitectónicos como producto de factores y procesos.

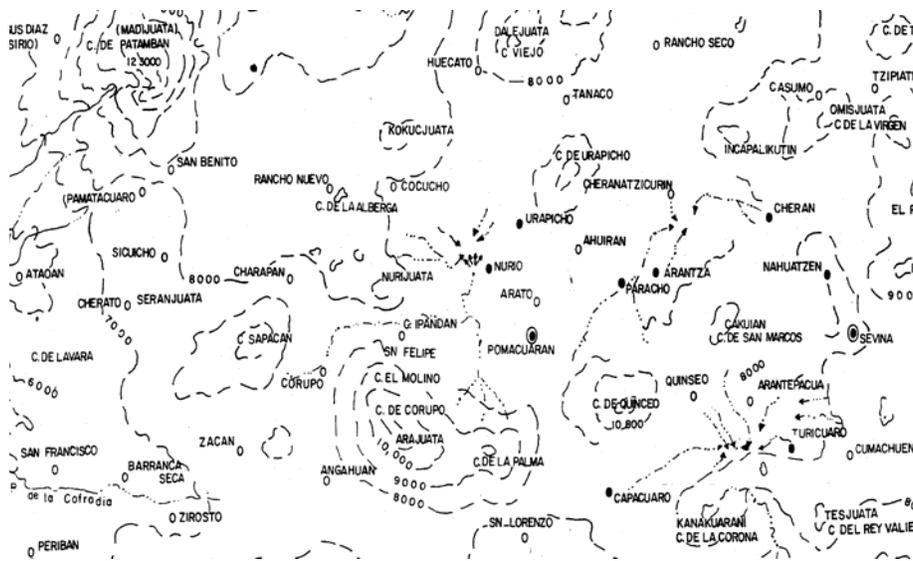
Otros fenómenos que incidieron en la sociedad y por ende en la arquitectura en orden cronológico son; la repartición de tierras mediante las encomiendas y el programa congregacional, el cual se constituye en un elemento de ordenación y apropiación geográfica, tanto de carácter religioso como de centralización política cuyo objetivo para este fin, es el de lograr la civilización formando

²² Kubler, George. *op.cit.* p. 115.

²³ Echeverría y Veytia, M. F., *Historia de la Fundación de la Ciudad de Puebla de los Ángeles en la Nueva España*, Vol. I, p. 295.

pueblos donde vivieran en “policía” y buen orden,²⁴ en el cual participan tanto las autoridades civiles, eclesiásticas y los encomenderos dando por consecuencia un profundo reordenamiento espacial y arquitectónico.²⁵

Las congregaciones fueron una forma de apropiación territorial provocó los movimientos de grupos humanos dando lugar a nuevos asentamientos, por la importancia de los pueblos, su ubicación estratégica estos podían ser políticamente pueblos sujetos o pueblos cabeceros, (Graf. 3). Esta situación política se verá manifestada en la importancia que deberá tener la localidad y por consecuencia el edificio religioso, la cual en mayor o menor medida se reflejara en la riqueza interior, calidad de la portada y propiamente en sus dimensiones.



Graf. 03 Encomiendas de Juan Infante entre 1528 y 1554. Cabeceras, sujetos y otros pueblos no encomendados a Infante. Basado en West, Robert C., *Cultural geography, of the modern Tarascan area*.

Otro factor es el establecimiento en el periodo de la colonización de las ordenes religiosas mendicantes en la región de Pátzcuaro y Uruapan²⁶, hecho con el que propiamente se inicia el proceso constructivo, ya que la región dentro del extenso obispado de Michoacán es en la cual se edifica el mayor número de capillas hospital,²⁷ para lo cual se aprovechó la mano de obra local necesaria, lograda por la reciente agrupación de los núcleos de pobladores.

²⁴ César Villa, Ma. Guadalupe, *op. cit.* p. 47.

²⁵ García Martínez Bernardo, *op. cit.* p. 153.

²⁶ López Lara, Ramón. *El Obispado de Michoacán en el siglo XVII*, informe inédito de beneficios pueblos y lenguas, Colección de Estudios Michoacanos III, Morelia, Fimax Publicistas, 1973, p.28.

²⁷ Muriel, Josefina. *Hospitales de la Nueva España*, México, UNAM, 1991.

Así mismo la construcción de capillas y templos, generó que sobre éstos en muchos de los casos de iniciara la traza del lugar²⁸, por tanto estos puntos eran los ejes a través de los cuales gira la vida social, política y económica de la comunidad.

Consecuentemente los grupos participantes en la actividad edificatoria en la región muestran características de influencia recíproca, ya que culturalmente cada uno deberá ser protagonista de una serie de hechos que confluyendo a un punto común deban mostrar como las aportaciones tanto técnicas como culturales deberán mostrar un sincretismo que se plasma magníficamente en la construcción de notables edificios religiosos. Esta unión cultural considero ciertas características en el desarrollo de la actividad edificatoria basadas, fundamentalmente, en la falta de maestros y a la gran necesidad de los mismos ante la enorme geografía a cubrir, lo que llevaría al empleo de técnicas prehispánicas como la generalización del tejamanil como tablazón, tanto exterior como interior, encontrándose magníficos ejemplos de esta arquitectura en la sierra Purépecha cuyas características de concepción las identifican.²⁹

Por supuesto el dominio de la técnica constructiva con madera y el conocimiento de los materiales empleados en la construcción de estos edificios refieren una recia tradición constructiva que denotan el conocimiento de los materiales y procedimientos constructivos por parte de los locales, además se contaba con un medio geográfico favorable y abundante que permitiera la obtención de recursos para su construcción y por otra los grupos dominantes que conceptualmente definen la forma que deberá tener las edificaciones.

1.2. Criterio de selección de los casos de estudio.

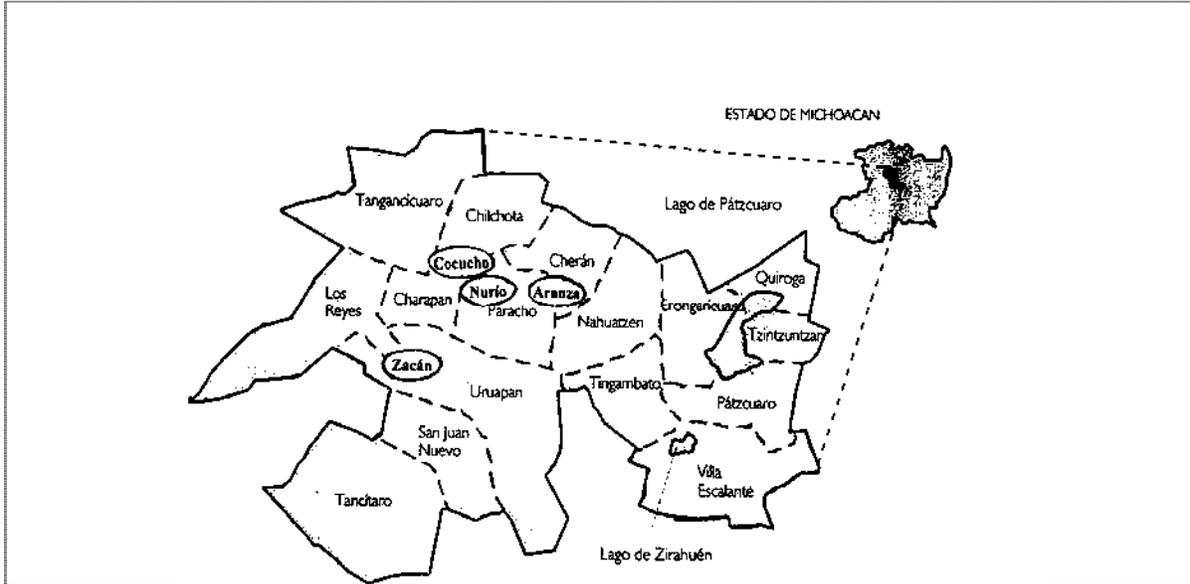
Lo expuesto anteriormente crea una idea clara de los edificios religiosos, los cuales comparten algunas características no solamente materiales las cuales manifiestan un bagaje técnico cultural, sino de identidad, como centros sociales y religiosos de la Sierra Purépecha y su entorno.

Un aspecto para la selección de los casos de estudio es el corte temporal, el cual está comprendido entre mediados del siglo XVI y principios del S. XVII. Históricamente este corte temporal es fundamental en el proceso de consolidación de la vida política y social de la región, debido a que varias de las fundaciones se hacen en la segunda mitad del siglo XVI y el siglo XVII fue el periodo de consolidación de la actividad constructiva de los edificios religiosos de la Sierra Purépecha, tal como se puede apreciar en las inscripciones que se encuentran en las portadas de algunos edificios como el del Señor de los Milagros en Nurío y el de San Pedro en Zacán.

²⁸ Cesar Villa, Ma. Guadalupe y Angel Gutiérrez Equihua. "Espacio y funcionalidad en una institución comunal: los hospitales de Nurío, Pomacuarán, Aranza, Sevina y Turicuaró en el siglo XVII", en Paredes Martínez, Carlos (dir. gral.), *op. cit.*, p. 330.

²⁹ López Guzmán, Rafael, *et al.*, *Arquitectura y Carpintería Mudéjar en Nueva España*, Italia, Grupo Azabache, (col. Arte Novohispano), 1992, pp. 17-18.

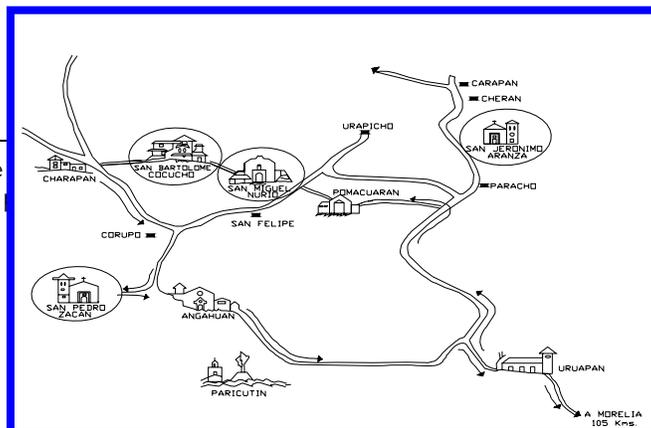
La delimitación espacial de la región es considerada en la Sierra Purépecha, cuya ubicación se da entre los 19°47' latitud Norte, y entre los 101° 50' y 102° 30' longitud Oeste. Ocupando una superficie de 459,855 has, 8% de la superficie del Estado de Michoacán.



Graf. 04 Localización general de la Sierra Purépecha, con división municipal, tomada de Masera, Omar, et. al., *Dinámica y uso de los recursos forestales de la región purépecha*, México, Ed. Gira, p. 16.

La delimitación de la región se considera a partir de un criterio técnico constructivo ya que se pretende analizar estructuralmente tres de los edificios religiosos ubicados en la parte central de la sierra Purépecha y uno ubicado en la frontera de esta región. En los cuales a partir de una inspección física se detectaron inicialmente particularidades respecto a modelos establecidos como ya se mencionó con anterioridad,³⁰ así mismo el criterio de selección considera la semejanza en la forma de resolver constructivamente los muros de apoyo y la cubierta de madera de los cuatro casos de estudio, por lo que se considera que los casos de estudio propuestos representan la tipología de las estructuras de la región. En el municipio de Paracho se ubican dos de los casos de estudio seleccionados como son el templo de San Jerónimo en Aranza, y el templo del Señor de los Milagros en San Miguel Nurio; en Cocucho Municipio de Charapan, se ubica el templo de San Bartolomé y por último en Zacán, Municipio de los Reyes se ubica el templo de San Pedro.

³⁰ En el capítulo de profundizará sobre el



capítulos siguientes se

Graf. 05 Localización de los templos objeto de estudio. Imagen del autor.

Con estos

casos de estudio se hizo la aproximación al conocimiento del comportamiento estructural de los edificios, considerando que la metodología a emplear en el análisis permitió la divulgación de las tipologías presentes en la región por medio de comparaciones con el resto de las estructuras existentes en la zona. Este antecedente y el hecho de conocer el contexto histórico en el cual fueron edificados mostró la importancia que posee el objeto arquitectónico lo que repercute en las consideraciones a tomarse en cuenta.

1.3. Características ambientales de la zona de estudio.

En la actualidad, la región políticamente esta compuesta por trece municipios, formados por 35 localidades con predominio de población indígena concentrada en las cabeceras municipales ante una alternativa de mejores ingresos. Una de las causas del poblamiento de esta región se considera es la riqueza forestal presente en la zona, ya que en términos ambientales la Sierra Purépecha es una zona fuertemente transformada por la actividad humana, y como tal ha estado sujeta a cambios conforme el desarrollo histórico de la región.

En la Sierra Purépecha el clima es templado³¹, con lluvias cuya precipitación varía desde los 700 mm hasta los 1200 mm/año.³² La temperatura del mes más caliente es inferior a 22 grados centígrados y durante cuatro meses inferior a 10° C, con densas nieblas frecuentes.³³

³¹ Garibay, Claudio, *et al.*, *Programa de Desarrollo Regional de la Meseta Purépecha, Municipios de la Región Purépecha 1996-1998*, Pátzcuaro, Ed. Letrasuelta, 1998, p. 17.

³² Maserá, Omar, *et al.*, *Dinámica y uso de los recursos forestales de la región purépecha*, El papel de las Pequeñas empresas artesanales, México, Ed. Gira, 1998, p. 19.

³³ Aguirre Beltrán, Gonzalo, "Memorias del Instituto Nacional Indigenista", en *Problemas de la población indígena de la cuenca del Tepalcatepec*, Vol. III, México, 1952. p. 10.

Los materiales geológicos están representados por basalto, andesita, riolita y tobas feldespáticas, así como materiales de tipo clástico.³⁴ El carácter poroso del basalto sobre el que asientan los suelos y una abundante precipitación pluvial, determinan la especialísima hidrología de la región. No existen corrientes permanentes de agua; ésta se filtra y acumula en forma subterránea, se carece de agua durante toda la temporada de secas y sólo existen manantiales de poca significación cuyos rendimientos son utilizados, para uso domestico de los habitantes.³⁵ Esta situación no es un problema nuevo ya que desde el siglo XVII se habla de este problema de carencia.

La vegetación está caracterizada por bosques de pino, oyamel y encino principalmente,³⁶ así como relictos de bosque mesófilo de montaña, pastizales, y matorral secundario. La región representa actualmente una de las áreas de mayor interés silvícola de la porción centro norte del Estado de Michoacán, ya que cuenta con una considerable reserva de recursos naturales como la madera y resina, por lo que la economía se sustenta en función de la actividad forestal, en las tierras altas la presencia de bosques permite que la mayor parte del agua que se precipite se infiltre al subsuelo, de manera que en las partes bajas aflora en manantiales y ojos de agua.³⁷

La explotación forestal comercial en gran escala en la Sierra Purépecha se remonta hacia 1886 cuando se introduce el ferrocarril. Para inicios del siglo XX se concesionaron grandes extensiones de bosques a compañías de capital extranjero que se dedicaron a la extracción indiscriminada de la madera—particularmente para durmientes de las vías de ferrocarril. Hecho que ha disminuido considerablemente la extensión de la zona boscosa por lo que a partir de 1940 se ha verificado un rápido proceso de deterioro ambiental en la región. En el periodo de gobierno de Lázaro Cárdenas en Michoacán se prohíbe el arrendamiento de los bosques a empresas nacionales o extranjeras y se inicia el período de veda forestal que dura hasta el año 1973. Esta veda favorece una red de extracción clandestina de madera que se mantiene hasta el presente.³⁸ Donde la explotación de recursos va más allá de su capacidad de regeneración, se estima que en los últimos años se ha perdido aproximadamente mas del 50% de la superficie arbolada que se tenía en la década de 1950.³⁹

³⁴ Masera, Omar; *op cit.*, p. 23.

³⁵ Aguirre Beltrán, Gonzalo, *op cit.*, p. 10.

³⁶ El empleo de la madera de pino fue general en la construcción de cubiertas de madera, como lo muestran los vestigios de lo que posiblemente fue la estructura original, a últimas fechas y debido a la falta de esta especie se ha empleado el oyamel, que tiene una densidad menor a la del pino y presenta menos tendencia a ser atacada por agentes xilófagos, pero presenta un fuerte inconveniente estructural; tiende a rajarse en el sentido longitudinal afectando la resistencia del elemento, en cuanto al encino se usa como elemento de sujeción en los extremos de las vigas tirantes.

³⁷ Garibay, Claudio, *et al, op. cit.* p. 50.

³⁸ Alvarez-Icaza, *et al.*, "Los Umbrales del Deterioro", en *Dinámica y uso de los Recursos Forestales de la región Purépecha*, México, Friedri EberStiftung, 1993, p. 28.

³⁹ Mas-Porras, J. *Evolución de los recursos forestales hacia el año 2000*, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1992, p. 19.

Por otra parte, las especies vegetales que todavía están presentes en la zona se encuentran sujetas a un proceso de deterioro como la reducción del volumen aprovechable de madera, explotación selectiva de los mejores ejemplares, (Foto No. 1). Por lo que el deterioro ecológico se manifiesta por una reducción en la diversidad genética resultando en una mayor propensión al ataque de plagas, enfermedades e incendios.⁴⁰ Así mismo en amplias áreas de la región, la vegetación natural ha sido modificada o substituida por actividades agrícolas; que van desde el cultivo de maíz de temporal, diversos tipos de pastos para forraje hasta el monocultivo del aguacate. Las causas de este fenómeno se dan por un deterioro social de la población, incrementado por los conflictos intercomunales por tierras, así mismo las pocas empresas comunales al no poder competir con las grandes empresas madereras, optan por la producción de artículos semiterminados, así como una mano de bajo costo, por lo que ante la falta de alternativas de empleo remunerativo para la población ésta encuentra en el bosque una opción abierta de ingreso diario.⁴¹

En conclusión los problemas ambientales son evidentes: pobreza extrema,⁴² deforestación y erosión de suelos, disminución de la calidad de los bosques remanentes, y por consecuencia disminución de biodiversidad, resultando en general, una disminución de la calidad estética del paisaje.⁴³ Como lo muestra la fotografía 01, en la cual se aprecian las grandes áreas deforestadas en la región. Los problemas manifestados impactan los edificios religiosos ubicados en la zona de estudio, los cuales son afectados por factores ambientales y antropogénicos, que como ejemplo se da en el templo de san Bartolomé en Cocucho en el cual se a colocado lamina de asbesto en substitución del tejamanil, lo cual se muestra en la foto 2, dando por resultando deterioros de consideración hacia el edificio.



⁴⁰ Alvarez-Icaza, *et al*, *op. cit.* p. 19.

⁴¹ Garibay, Claudio, *et al.*, *op. cit.*, p. 35.

⁴² INEGI-SPP 1986.

⁴³ *Ibidem.* p. 39.

APROXIMACIÓN A LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS SELECCIONADOS

En la actividad edificatoria, el conocimiento y dominio de los materiales y procedimientos constructivos que posee el hombre, representa el adelanto tecnológico de la época, el cual dependerá de factores tecnológicos, culturales o de disponibilidad de materiales.

El medio físico geográfico en el cual se desarrollan los grupos sociales determina factores que son manifestados en la arquitectura, que para el caso de la zona de estudio el aprovechamiento de los recursos naturales existentes en la región, muestra características en la utilización de materiales y sistemas constructivos que pueden considerarse como una tipología arquitectónica, la cual se apropia del medio incidiendo directamente en la configuración tipológica y en su determinación formal.¹² Como ya se ha mencionado en esta región el uso de la madera tiene relación directa con el medio físico, es decir que era el material que se tenía a la mano, por tanto se recurrió a él. De tal manera que para los constructores, cubrir las naves de los templos con techumbres de madera, muestra ante todo congruencia entre los materiales de la región y la forma de resolver los objetos arquitectónicos. Al respecto de las cubiertas de madera Manuel Toussaint mencionó:

...El empleo de los alfarjes fue general por una sencilla razón: era más fácil tender techos de madera donde ésta abundaba y los carpinteros eran hábiles, que no bóvedas, difíciles de construir y más costosas...¹³

La importancia que tienen los materiales y técnicas constructivas como factores determinantes de la forma, dimensiones y posibilidades funcionales de los inmuebles es determinante ya que forma y material mantienen una relación estrecha. En la historia de la arquitectura se aprecia que el material, por sus características de comportamiento estructural, condiciona en buena medida la forma arquitectónica, August Choisy en su *Historia de la Arquitectura*, hace énfasis en la importancia del sistema constructivo en la determinación de la forma, al afirmar que la esencia de la arquitectura es la construcción y todas las transformaciones estilísticas son la consecuencia lógica del desarrollo tecnológico.

La construcción de los edificios religiosos supone el conocimiento de un conjunto de prácticas sobre los materiales y sistemas constructivos que reflejaban, por una

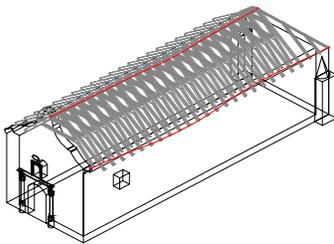
¹² Guerrero Baca, Luis F., *et al.*, *Estudios de tipología arquitectónica*, UAM-Azcapotzalco, México, 1998, pp. 55-69.

¹³ Toussaint, Manuel. *Arte Colonial en México*, México, UNAM-IIE, 1974, p. 64.

parte, un certero conocimiento de las propiedades de los materiales a emplear y, por otra, conocimiento de conceptos de estática de las construcciones a las que frecuentemente se mezclarían consideraciones míticas y religiosas.¹⁴ Estas construcciones en su gran mayoría representan características constructivas similares, *por los factores comunes que en su construcción intervinieron*; la dirección de estas obras, en algunos casos estuvo a cargo de los frailes quienes recurrieron a la mano de obra indígena, con lo cual se da un mestizaje cultural similar al alcanzado en la zona lacustre. Un factor adicional a considerar es la capacidad expresiva del artesano, cuyas habilidades y sensibilidad provoca hoy en día una frecuente sensación de contemplación, admiración y reconocimiento a su ejecutor, es un factor fundamental, ya que la mano de obra artesanal singulariza el resultado. Una muestra de lo anterior se aprecia en la siguiente expresión:

En multitud de viejas ilustraciones destacan las techumbres de madera a dos aguas y en no pocos escritos se cuentan sus bellezas...¹⁵

La utilización de un procedimiento constructivo determinado, necesariamente se ajusta a premisas técnicas generalizables a diversos inmuebles en una misma localidad y época, por lo que resulta lógica la detección de tipos condicionados por el uso de materiales específicos, ya que en la mayoría de los casos, la libertad de inventiva individual de los constructores, se encuentra asociada a aspectos estructurales. Esto explica las coincidencias presentes a lo largo del tiempo en amplios contextos geográficos.



Graf. 06 Isométrico mostrando la volumetría del edificio. Elaborado por Francisco Méndez

En conclusión las estructuras de madera ubicadas en la zona de estudio presentan similitudes en su tipología y variaciones respecto al patrón de diseño en el cual se inspiraron, además que resuelven el problema de esfuerzos haciendo uso de conceptos propios de los materiales en este caso la madera, que para el momento de su aplicación

representaba un recurso natural disponible que se utilizó por su bajo peso y su buena resistencia a esfuerzos de tensión básicamente. Es así que la presencia y abundancia de recursos forestales y el empleo de la piedra como mampostería en la construcción de los edificios de la zona determinan el sistema constructivo presente así como el aspecto formal de las construcciones del lugar. Por lo que respecta a la forma de resolver la estructura de madera dos casos de estudio presentan similitudes como es la ubicada en el templo de San Jerónimo

¹⁴ Por ejemplo un árbol debe ser cortado en luna llena y además esto debe ser precedido por una ceremonia en la cual se le reconoce la vida al árbol en la comunidad Purépecha.

¹⁵ López Guzmán, Rafael, *et al., op. cit.* p.26.

en Aranza y el de San Pedro en Zacán, estructuras que pueden considerarse del tipo caballete y tijera con variaciones y adecuaciones producto de su disposición dentro del partido estructural existente. Por lo que respecta a los otros dos casos de estudio como son las estructuras de madera de los templos de San Miguel Nurío, y el de San Bartolomé Cocucho estos resuelven la estructura utilizando el tipo de par y nudillo, con adaptaciones con respecto al patrón de diseño.

Respecto a los materiales que constituyen al muro de apoyo, este está construido con mampostería irregular de basalto poroso aglutinado con un mortero de arcilla. La combinación de piedras con el mortero da lugar a la mampostería, en la que el mortero cumple múltiples funciones, como servir de aglutinante y llenar los huecos entre las piedras, propiciar una mejor y más uniforme transmisión de cargas en el elemento constructivo y permitir el posicionamiento deseado de las piedras, por lo que el muro de apoyo debe su equilibrio a su propio peso, pues se considera una estructura trabajando a gravedad que admite cargas verticales del tipo axial. En todos los casos de estudio los muros de apoyo se resuelven utilizando la piedra aglutinada con mortero de arcilla. Por supuesto estos edificios han sufrido modificaciones o adaptaciones a lo largo del tiempo, estas modificaciones o adaptaciones estéticas están presentes en la bóveda de madera al interior y en la portada al exterior.

El estilo definido como tal ha motivado un amplio estudio en los edificios religiosos de la zona, realizado por Wakako Yokohama, en lo que denomina *estilo Michoacano del siglo XVI*, dicho estudio se basa en las características de las portadas religiosas de los templos que se ubican en la Sierra Purépecha, con lo que su singularidad queda plasmada ampliamente en este interesante análisis, que toma en cuenta factores tales como rasgos peculiares, proceso y formación, así como causas que determinaron su creación.¹⁶

Los edificios objeto de estudio manifiestan una integración de estilo en su estructura, caso específico lo constituyen las portadas cuya construcción va a la par, de la bonanza económica del sitio y el estilo imperante en la época. Constructivamente la adaptación al edificio se manifiesta por el empleo de materiales de rigidez diferente a los existentes en el edificio, por lo que invariablemente muestran diferente comportamiento estructural respecto al resto del edificio. Y consecuentemente mostrarán zonas críticas de contacto con el resto de la estructura

Por sus características de concepción es importante referirse al color, a los elementos decorativos y a la iluminación, ya que normalmente, los elementos decorativos aluden aunque sea indirectamente a trabajos artesanales, como fielmente se plasma en las construcciones religiosas ubicadas en la zona de estudio cuyas expresiones pictóricas muestran una gran riqueza y colorido que indican el empleo de una mano de obra artesanal que singulariza y otorga relevancia a las construcciones y a su expresión estilística.

¹⁶ Wakako Yokoyama, "Las portadas religiosas en los pueblos tarascos del siglo XVII: Auge y persistencia de un estilo regional", en Paredes, Martínez Carlos (dir. gral.) *Arquitectura y espacio social en poblaciones purépechas de la época colonial*, op. cit. p. 231.

Los edificios religiosos de la zona de estudio al ocupar un lugar predominante en la topografía del lugar se erigen en volúmenes referenciales, por lo que su volumetría establece una relación visual con sus alrededores. Como lo manifiestan los edificios de Nurío y Cocucho. Por lo que el emplazamiento de estas construcciones representa una expresión relevante de la arquitectura de la época

2.1 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES EMPLEADOS EN EDIFICIOS RELIGIOSOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

ARANZA

Templo de San Jerónimo.

Ubicación.

El poblado de Aranza se localiza al noreste de la ciudad de Paracho, Mich., que es la cabecera municipal y de la cual este sitio forma parte en los aspectos administrativo-políticos. A Aranza se llega a través de la carretera Federal México-Guadalajara, tramo Carapan-Uruapan o por la vía secundaria Pichataro-Cherán. La infraestructura fundamental de la población la conforman la plaza, templo con casa cural y jefatura de tenencia, las calles, etc. La actividad económica de sus habitantes gira a través del trabajo de la madera, aquí se manufacturan objetos diversos que van desde juguetes, enseres domésticos hasta la fabricación de guitarras¹⁷ que son comercializadas en la ciudad de Paracho.

Antecedentes históricos.

Bravo Ugarte refiere la descripción del pueblo de Aranza en los siguientes términos:

Dista este pueblo del de Cherán dos lenguas de muy buen camino, al rumbo del O. su temperamento es poco húmedo, frío y sano. El lugar lo refiere como: ...sobre una loma, inclinada por todas partes, que a trechos es de piedra.

No tiene frondosidad en sus solares, y las casas son bajas casi todas de madera, dispuestas en chicos pelotones, no hay casas reales y sí cúrales ruines, ni más templo que la parroquia, que consta de una nave, con paredes recién hechas de piedra y lodo (S. XVII, mala sacristía, sin coro, torre, ni bautisterio, buen entablado inferior, ruin el superior, techo de tejamanil, y solo tres altares con sus retablos dorados; el mayor aseado y de mala escultura y los restantes antiguos y maltratados.

¹⁷ Masera, Omar, *et. al. Dinámica y uso de los recursos forestales de la región Purépecha*, grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada, A. C. Mich. Mex. pp.108-115.

...La población la ubica compuesta por catorce tributarios, indios de reducción, que eligen alcalde, regidor topil, y se ocupan en solo la labranza del maíz para la que tienen tierras suficientes.¹⁸

Políticamente se consideraba a Arantzan como pueblo cabeza importantísimo en la sierra. El código de Arantzan muestra las pretensiones que este pueblo tuvo para enseñorear la región, ya que sus principales pretendían ser indios caciques emparentados con el Cazonzi Tariácuri mostrando que los pueblos serranos dependían de Tzintzuntzan, aún para el primer tercio del siglo XVIII siguieron ostentando esta pretensión, cuando el pueblo había quedado reducido a dos jefes de familia únicamente.

Descripción arquitectónica del templo.

El templo es una nave rectangular, cuya planta presenta una directriz longitudinal en proporción largo/ancho = 2.99, se ingresa a él por un acceso central único enmarcado por un alfiz, el cual da jerarquía a la portada.

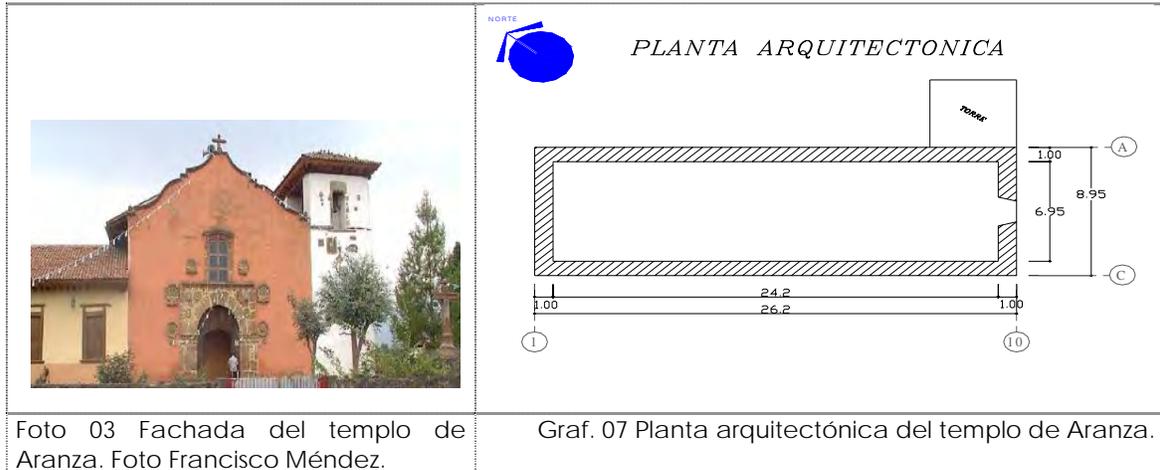


Foto 03 Fachada del templo de Aranza. Foto Francisco Méndez.

Graf. 07 Planta arquitectónica del templo de Aranza.

Al costado sur se ubica la casa cural, ubicada al norte la torre campanario anexa, marca una singularidad ya que otros edificios ubicados en la zona presentan en su partido arquitectónico la torre campanario en forma exenta (Foto 03) Al interior se aprecian sobre los muros laterales unos canes de madera moldurada que apoyan una serie de vigas dispuestas en forma horizontal que definen el plafón.

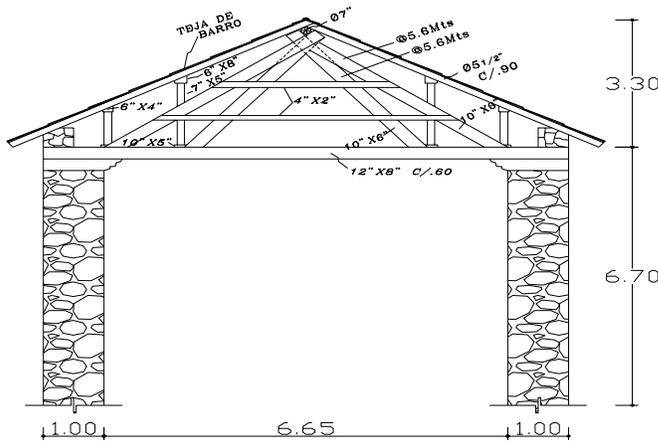
Los muros son de piedra asentados con mezcla de arcilla, con un espesor constante hasta el enrase de 1.00 m., que al estar enjarrados por el interior y aparentes por el exterior, muestran claramente el sistema constructivo el cual se define como una mampostería irregular del tipo *opus incertum* sistema constructivo característico en la región. En este caso de estudio no se presentan contrafuertes sobre los muros, pero si en cambio se ubican unos sillares del tipo aparente cuya función es reforzar la cadena de ángulo de los muros, como

¹⁸ Bravo Ugarte, José. *Inspección ocular en Michoacán*, México, Editorial JUS, 1960, p. 101.

corresponde a la disposición o aparejo de los enlaces de los muros cuyo sistema constructivo corresponde al anteriormente mencionado.

Descripción Estructural de la cubierta.

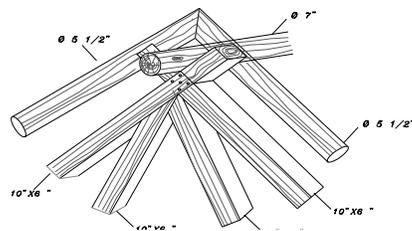
La estructura de la cubierta de madera se compone de una estructura a dos aguas, recubierta con teja de barro, con un peralte de 3.30 m. y claro de 6.65 m. así como de unas vigas horizontales que salvando el claro y apoyadas sobre los muros laterales definen el plafón.



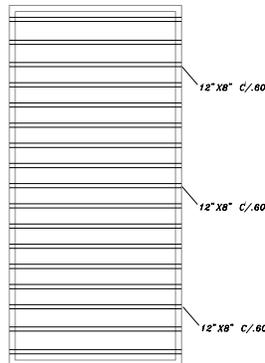
El partido estructural esta conformado por vigas larguero que definen la pendiente de la cubierta los cuales son soportados por el caballete y puntales alternados, uno al tercio del claro y el otro sobre la corona del muro, los cuales se considera, disminuyen la acción de la componente horizontal. Graf. 08

Graf. 08 Sección transversal de la estructura del templo de Aranza, mostrando el partido estructural que por sus características se considera como un sistema inestable lateralmente.

Graf. 10



Graf. 09 Detalle de conexión en cumbre, mostrando la disposición del apoyo de la estructura y el caballete al cual concurren todos los elementos que forman a la estructural.

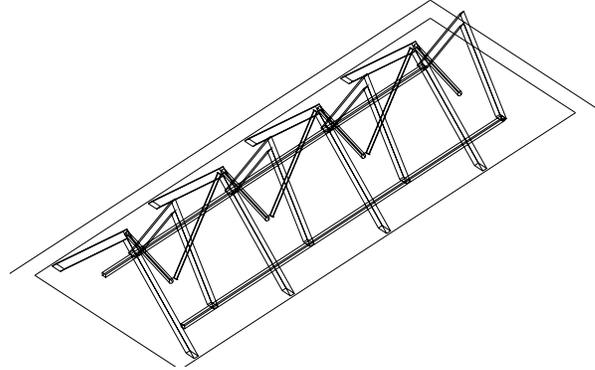


La estructura se define del tipo caballete el cual presenta una particularidad; este se apoya sobre dos estructuras secundarias alternadas (Ver Graf. 09) una de las cuales se apoya sobre una serie de vigas horizontales, que

definen el plafón, (Graf. 10)

La otra estructura se apoya sobre el borde interior del muro, estas estructuras presentan un par de cuerdas tipo tensor colocadas fuera de concepto para que cumplan su función como tensores. Esta alternancia de las estructuras y sus condiciones de apoyo que se pueden considerar del tipo elástico, ya que se apoya sobre las vigas del plafón determinan un comportamiento inestable, razón

por la cual se ubican longitudinalmente una serie de elementos de madera tipo rollizo los cuales cumplen la función de rigidizar a la estructura.



Graf. 11 Perspectiva de la estructura mostrando la interacción de elementos entre plafond y estructura de madera a dos aguas apoyada sobre vigas soleras que son soportadas por las vigas que definen el plafón.

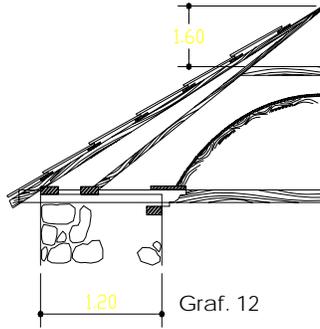
Este sistema de arriostramiento longitudinal contrarresta el efecto de inestabilidad lateral beneficiando al edificio. El partido estructural existente y la disposición que dentro del conjunto presentan las estructuras que componen la cubierta, explican la presencia del sistema de arriostramiento colocado a la estructura como principal deterioro presente en la estructura de la cubierta, Graf.11.

El análisis de la volumetría y especialmente la forma de la planta arquitectónica, tratando de encontrar una disposición abstracta aproximada que los pudiera englobar, es lo que se denomina la "*estructura formal*", que viene a ser una interpretación de los rasgos comunes de diversos edificios, confrontado con la finalidad de identificar las leyes compositivas que rigen su lógica distributiva. Teniendo adicionalmente consecuencias de carácter estructural.

La construcción de las estructuras de madera que presentan los edificios religiosos de la zona, su comprensión y análisis para el momento actual se pueden fundamentar sobre los estudios de Enrique Nuere¹⁹, quien partiendo del manuscrito de López de Arenas, llega a la comprensión definitiva del proceso en el taller de carpintería. Sus investigaciones develan la concepción de las estructuras de madera, lo que abre paso a investigaciones sobre bases científicas precisas para las estructuras de madera novohispanas.

Las estructuras de la región presentan adaptaciones respecto a modelos establecidos como los de par y nudillo ya que en estas el constructor local, singulariza las expresiones al aportar la solución al sistema constructivo con el empleo de aleros.

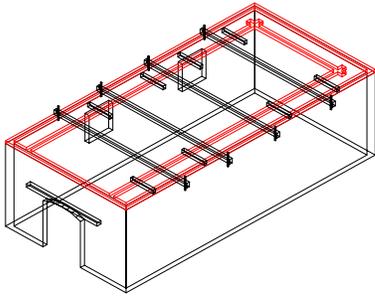
¹⁹ Nuere, Enrique. "*Los cartabones como instrumento exclusivo para el trazado de lacerías*" en *Arquitectura y carpintería mudéjar en Nueva España, México*, Grupo Azabache, pp. 372-427.



Graf. 12

Solución que en la región se resuelve utilizando una viga paralela apoyada sobre los pares mejorando el trabajo estructural de ambas piezas, así mismo el tirante, es sustituido por una gualdra de amarre con un mecanismo de sujeción en la zona de contacto entre el extremo de esta viga y la corona del muro.²⁰ (Graf. No. 12). Lo que deberá en forma apreciable disminuir los desplazamientos en el extremo superior del muro contribuyendo a la estabilidad del sistema. Dos de

los casos de estudio caen dentro de las anteriores características como es el caso de Cocucho y Nurío, caso contrario lo presenta la estructuración del templo de Aranza y Zacán que se considera del tipo caballete con adaptaciones.



Graf. No. 13 Que muestra la disposición de las vigas tensoras sobre los muros, y cuya disposición sobre estos estabiliza al conjunto.

La proporción en la construcción de los templos objeto de estudio varía por diversos factores; son construidos cuando se tiene un mayor dominio de la técnica constructiva, entre otros factores lo cual hace que las dimensiones recomendadas sean excedidas por los constructores locales. Lo que provoca que posteriormente le sean agregados al edificio refuerzos para contrarrestar este efecto de incremento a las dimensiones del edificio. Esta proporción se ubica en rangos del orden de los 2.99 (Aranza) hasta 3.85 (Nurío) observándose deterioros similares entre ellos.

COCUCHO

Templo de San Bartolomé

Ubicación

La comunidad de Cocucho, se ubica a 35 kilómetros al noroeste de la ciudad de Uruapan y al norte de Charapan que es su cabecera municipal, colinda con Nurío, Charapan, San Felipe de los Herreros y Ocumicho. La comunidad conserva tradiciones Purépechas en su vestimenta, su alimentación y sus tradiciones y

²⁰ Torres Garibay, Luis, *op. cit*, p. 105.

costumbres, de un añejo patrón cultural de este pueblo.²¹ La toponimia del lugar es Kukuchu o Kuareki, "lugar de ollas grandes."

La inspección ocular de Michoacán describe a Cocucho como:

Dista este pueblo de Tanaco 42 leguas al oeste, de camino de herradura, transitable la mayor parte por una vereda poco usada, montes poblados de pinos, y subiendo, su temperamento es frío, húmedo y sano. Su situación emboscada, el piso terroso y desigual con callejones de comunicación; las casas de madera en solares con algunos duraznos, manzanos y capulines. Están arruinadas las casas curales; y una troje de gruesos tablonés son las casas reales y cárcel.

No hay capilla del hospital, y la iglesia es una nave proporcionada al vecindario, con paredes de piedra y lodo, sacristía desaseada, techo de tejamanil, coro alto, buen entablado inferior, artesón, pintados los dos tercios con molduras doradas y tres altares formales con sus retablos dorados antiguos, de bastante buena escultura, teniendo dos colaterales pinturas al óleo, que una representa Nuestra Señora de la Concepción y la otra San Sebastián, bien ejecutados particularmente la última. Hay además dos tarimas con retablos indecentes.

La población consta de 55 tributarios, indios de reducción, que eligen alcalde, regidor mayor, y se ocupan en hacer con pequeños tornos y con herramientas convenientes, cuentas de rosarios de cierta madera fina que van a buscar a tierra caliente y llaman tapinzirán poniéndolas muy lustrosas con un palito de la misma madera, y un pedazo de gamuza; y están tan diestros, que concluye cada oficial en un día el surtido de 6 rosarios.²²

Las mujeres por sí solas fabrican ollas, forman parte importante de la economía de la región la fabricación de estas piezas, siendo un eslabón más de la cadena de comercio de la sierra tarasca, actividad que distinguía a San Bartolomé Cocucho desde finales del siglo XVII, además todos siembran *cortos pedazos de maíz*.

Respecto a su población la refiere como:

...ladinos, algo holgazanes, subordinados a la justicia, pero con fama de ladrones y cuatrerros; y a la verdad que su situación que los segrega de la frecuente comunicación de los demás pueblos y lobreguez perpetua de los cerrados *montes que los circundan, son otras tantas proporciones que logran para ocultar sus robos, y hacer vanas las pesquisas: manifiestan ser muy miserables, sus tierras son pocas para la agricultura, y quizás la pobreza y aguda hambre que los espolea causan una conducta tan reprensible.*²³

La población de Cocucho se ha mantenido con una economía desde finales del siglo XVII a base del cultivo de maíz en tierras poco aptas para la agricultura así como la elaboración de artesanías de alfarería y madera.²⁴ Actividades que se han heredado de generación en generación, sus habitantes hablan dos idiomas; el español y el tarasco siendo este último su lenguaje privado, sus celebraciones

²¹ Medina, Alberto, et al. *Fiestas de Michoacán*, Michoacán, SEP, 1986, (Colección Cultural No. 7), p. 136.

²² Bravo Ugarte, José, op. cit., p. 103.

²³ *Ibidem*, pp.83-84.

²⁴ *Ibidem*, p. 84.

son varias teniendo como principal los días 27 y 28 de enero, en los cuales se celebra a la Inmaculada Concepción, a quien se le ofrecen danzas y procesiones.

Descripción arquitectónica del templo.

El edificio se ubica sobre un eje vial, ya que de ahí parten los caminos hacia Charapan, Ocumicho y Nurío. (Foto No. 4).

La nave carece de torre como tal, por lo que al lado norte de la nave se ubican dos troncos que soportan una cubierta a dos aguas con lámina de asbesto que funge como campanario, de la que penden dos campanas. La fachada es plana, compuesta por muros de piedra aparente con juntas irregulares, sobre esta se ubica el alfiz de cantera delimitado con una moldura de media caña. Foto. No. 8



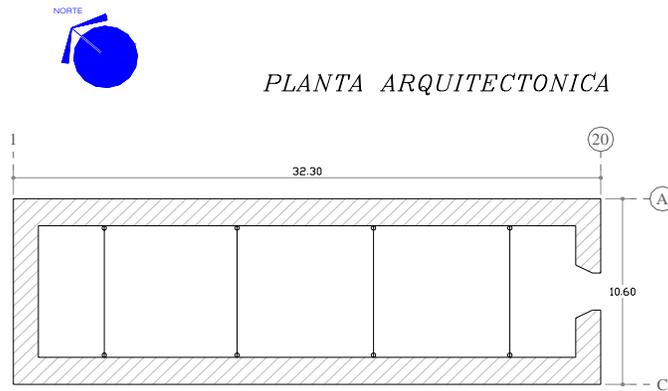
Foto 04 El templo, atrio y cruz de Cocucho. Foto Francisco Méndez.



Foto 05 Portada principal del templo de Cocucho. Foto Francisco Méndez.

El acceso principal (Foto No. 5), consiste de un arco de medio punto compuesto por grandes dovelas, que presenta como ornato dos labras floridas, así mismo sobre la clave se ubica una cruz labrada, las jambas son monolíticas y en su basa y capitel presentan una talla con perlas isabelinas, así mismo sobre el alfiz se ubica la ventana ajimez con doble vano de Medio punto y tallas perimetrales, separados por una columnilla central. La fachada se remata con un imafrente de diseño mixtilíneo a base de piedra volcánica que presenta un óculo en su parte media y se delimita por una cornisa labrada de cantería que remata en la cúspide con una cruz del mismo material. La puerta es tablerada, conserva tallas muy desgastadas.

La nave es rectangular con ábside plano, se delimita con gruesos muros de piedra de la región, aparentes por el exterior y recubiertos al interior, en los muros laterales se ubican unos vanos rectangulares delimitados con dintel de madera; el piso es de mosaico.



Graf. 14 Planta arquitectónica del Templo de Cocucho.

En el presbiterio se ubica un altar de corte neoclásico con imafrente semicircular que remata con un resplandor dorado y un nicho que alberga la imagen de San Bartolomé, patrono de este lugar. La sacristía consiste en una troje de madera con cubierta de lámina.



Foto 06 Detalle del sotocoro. Foto Francisco Méndez



Foto 07 Interior del templo. Foto Francisco Méndez

Sobre el sotocoro se ubica una magnífica escenificación de un coro de ángeles con sus instrumentos musicales que rodean el recuadro central (foto No. 06). Sobre este se ubica a Santiago Matamoros –o quizá un Santiago Mata Indios- en su caballo pisando los cuerpos de los infieles, dos españoles con vestimenta característica disparan arcabuces; otros más oran a la Virgen que intercede por ellos ante la Trinidad, mientras en el extremo derecho un castillo arde en llamas. Por la vestimenta de los personajes y las armas se considera que esta representación es de origen virreinal, considerándose por lo anterior una escenificación muy original de la conquista española en actitud bélica. Al exterior se localiza la cruz atrial sobre un basamento de piedra escalonado que vestibula la iglesia y que al elevarla le concede jerarquía sobre el espacio exterior. La

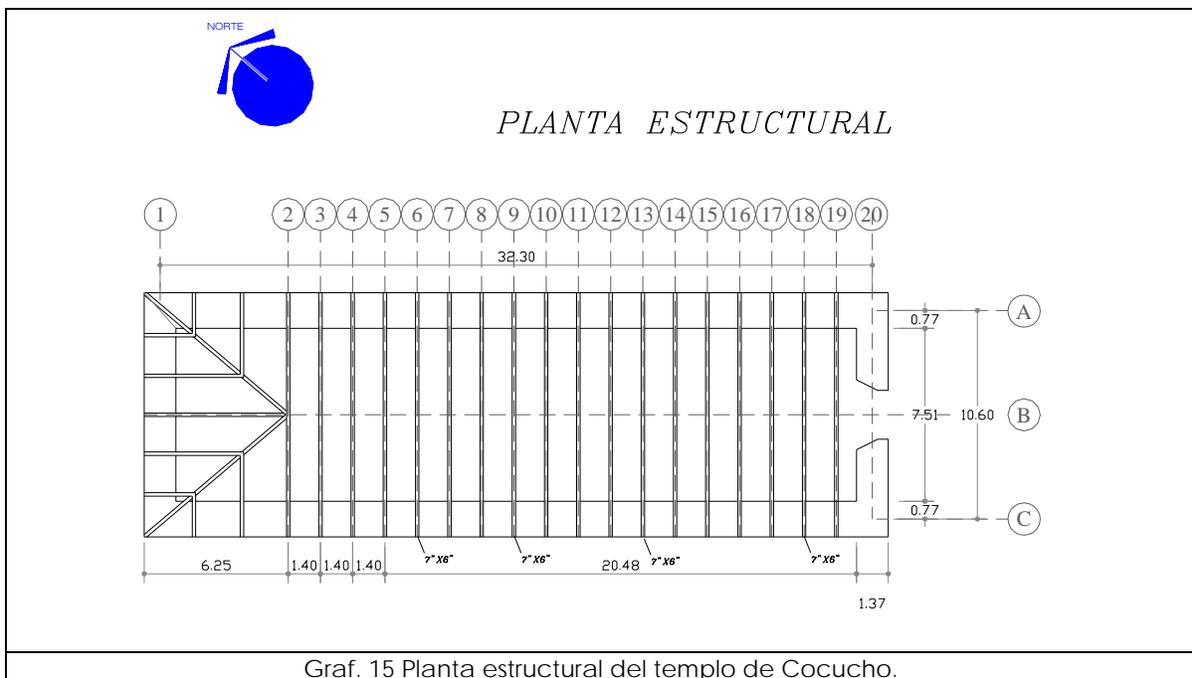
construcción de piedra y adobe que se ubica al lado norte de la Iglesia, con cubierta a dos aguas con lámina de asbesto funge como el curato.

Descripción Estructural

La planta del edificio es rectangular con una relación largo/ancho = 3.05

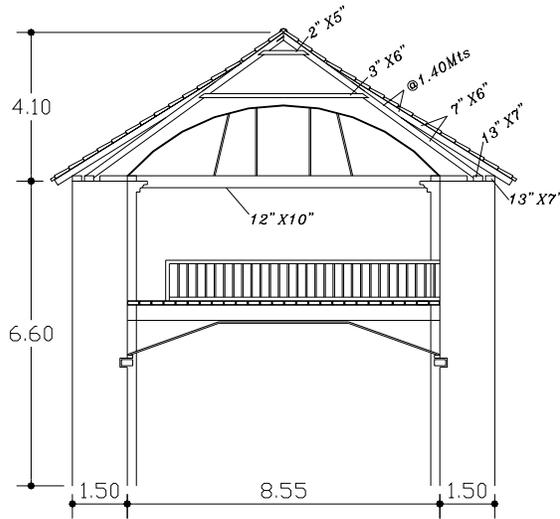
$$A = l / b = 32.30 / 10.60 = 3.05$$

La cubierta de madera se compone de una estructura a dos aguas, recubierta con tejas de cemento, con un peralte de 4.10 mts. Y un claro de 7.60 mts. Al interior se ubican unas gualdras que salvando el claro, estabilizan al muro ya que se conciben como elementos trabajando a tensión, así mismo la bóveda de cañón se apoya sobre una cornisa la cual es soportada por unos elementos verticales exentos del muro.

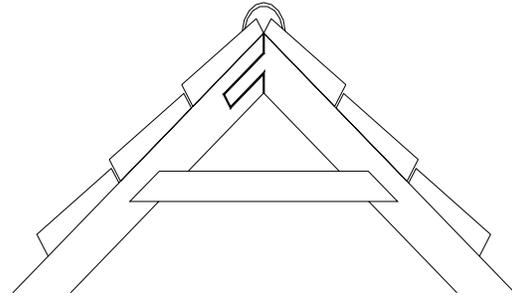


El partido estructural para este caso, esta conformado por vigas larguero que definen la pendiente de la cubierta, las cuales se conectan únicamente en cumbre con una estructura que se puede definir como de par y nudillo con vigas alero como elementos agregados.

Adicionalmente esta estructura presenta en cumbre un ensamble en espiga que se considera le da cierta continuidad estructural, además la presencia de un elemento horizontal en esta zona rigidiza a esta conexión. Graf. 16.



Graf. 16 Sección transversal de la estructura que forma la pendiente.



Graf. 17 Detalle de la conexión en cumbrera que se da por un ensamble de espiga lo que le confiere continuidad estructural.

Por lo que la disposición de la estructura, la cual presenta una separación entre ejes de 1.40 m, y la conexión alcanzada en cumbrera²⁵, así como el hecho de que la bóveda no se apoye directamente sobre el muro, le confieren al sistema un margen razonable de estabilidad, en contrapartida el apoyo de la estructura sobre el muro, el cual es de forma excéntrica, crean una inestabilidad²⁶ al sistema favoreciendo la presencia de cargas excéntricas. Para este caso el muro presenta características constructivas similares al caso de Aranza.

NURÍO Templo de Santiago Apóstol

La descripción que en el siglo XIX se hace de Nurío lo muestra como:

...situado sobre una loma llana y despejada. El caserío son chozas de madera, dispuestas sin simetría, y en solares sin frondosidad.

Lo ubica como a una legua de buen camino al suroeste del pueblo de Urapicho. Respecto a su clima manifiesta que es húmedo, frío, sano y con continuas nieblas. Así mismo La inspección ocular describe el templo durante el primer cuarto del S. XIX de la siguiente manera:

²⁵ En sentido estricto, por la presencia de la viga superior la denominación de estructura de par y nudillo no se considera correcta estructuralmente, por lo que la denominación que se les e deberá contemplar el sistema constructivo empleado para en función de sus características nombrarlas con propiedad.

²⁶ Por inestabilidad debe entenderse su tendencia a deformarse, sobre esforzarse, y en general, la pérdida de resistencia.

...las casas cúrales son una troje; las reales de piedra y lodo, mal techada de tejamanil...

El bachiller José Cardoso y Lunas en 1765 fue más explícito y en su respuesta a la Real Cédula de Carlos III referente a la capacidad de atención de los religiosos a sus templos de visita describe la iglesia de Nurío como:

...muy buena iglesia, su fabrica de piedra con su artesón de madera pintado de azul y oro que aunque antiguo y en algunas tablas maltratado, está muy lucido con un arco de madera todo dorado. Tiene su colateral mayor decente y otros seis que adornan nuevos, con sus pies de altar vestidos con todo lo necesario. También realiza un inventario de bienes muebles...tiene un órgano muy bueno y otro pequeño que llaman ranillas. Su sacristía, decente en la que está un cajón grande en que se guardan los ornamentos...

Lo pueblan 2 familias de razón labradores, y 114 tributarios indios sujetos, que nombran alcalde, regidor y mayor, y se emplean en fabricar sombreros ordinarios y sembrar en tierras propias maíz. Sufren mucho de la falta de agua, pues para surtirse van hasta el pueblo de San Felipe de los Herreros.

Esta fundación fue de franciscanos, cuyo testimonio se aprecia en el arrocabe que presenta el característico cordón franciscano. Posteriormente pasó a constituir visita de Zirosto cuando éste se trasladó a manos agustinas.

Descripción Arquitectónica del templo.

La nave es de planta rectangular con ábside plano, es una de las más grandes de la región, los muros son de piedra volcánica unidos con una mezcla de arcilla, se refuerzan en las esquinas del ábside con dos contrafuertes, dos vanos a la altura del presbiterio iluminan al altar, presenta una bóveda de cañón corrido con media naranja en el presbiterio (Foto 08), sin decoración, la cubierta es de madera a dos aguas con lámina de asbesto.

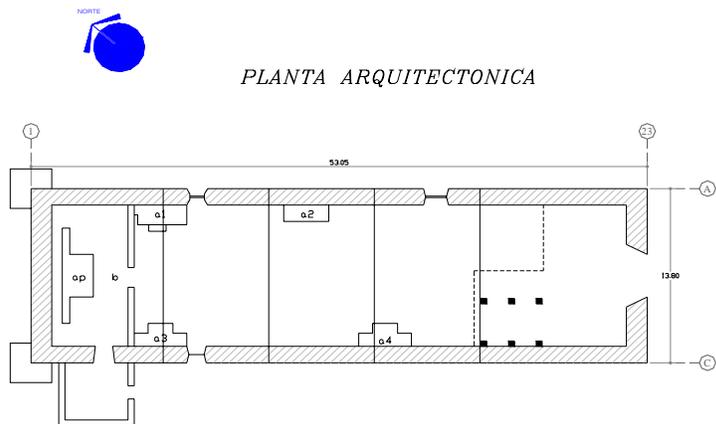


Foto 08 Interior del templo. Graf. 18 Planta arquitectónica del templo de Nurío.
Foto Francisco Méndez.

El paramento interior esta recubierto con mezcla a la cal y color de tierra, en el cual se ubica una pintura mural de San Cristóbal. Por el exterior los muros son aparentes junteados con arcilla; en el muro norte se ubica un nicho con un arco ojival. El piso es de madera y sube un escalón hacia el amplio presbiterio en el que se ubican tres retablos, dos neoclásicos y uno plateresco. La fachada es un elevado paramento de dos cuerpos, que conserva restos de enlucido. En la parte central la portada de cantería muestra en el friso una fecha: "1639 AÑOS"; consta de un arco de medio punto que descansa sobre pilastras de capitel toscano y paso.

El coro es uno de los más importantes de la región, ya que sobre este se ubica una de las más bellas piezas de policromía de la Sierra Purépecha. Lo que le confiere originalidad a Nurío. Diseñado en arco rebajado, apoyando en columnas circulares y policromadas, la técnica de la aplicación cromática determina una mano experta de traza seguro resultando en una excelente policromía única en la región por sus características.²⁷ En el sotocoro del templo de Nurío se aprecian escenas de los doctores de la ley, como San Agustín, así como un conjunto de Ángeles cantores.

La sacristía se ubica del lado izquierdo del presbiterio y consiste en un espacio cuadrado con muros de piedra, viguería de madera y cubierta de lámina de asbesto que se prolonga al frente soportándose en pies derechos de madera creando un portal exterior. La originalidad del edificio lo convierte en el máximo exponente de los edificios religiosos en la región.

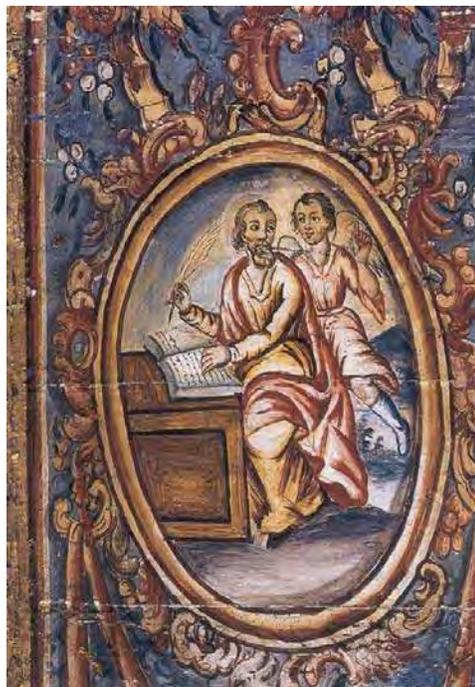


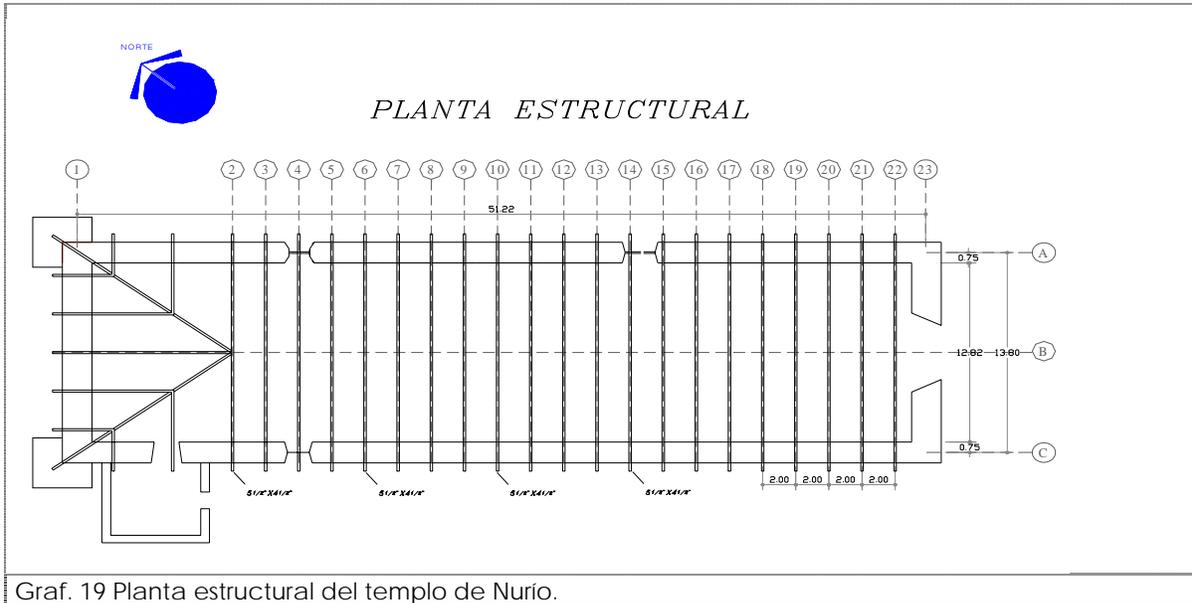
Foto 09 Muestra unos de los recuadros de los cuales se compone la pintura del sotocoro.

²⁷Sigaut, Nelly, "El cielo de Colores", en *Arquitectura y espacio social en poblaciones purépechas de la época colonial* en Paredes Martínez, Carlos (dir. gral.) Op. Cit., p. 280.

Descripción estructural

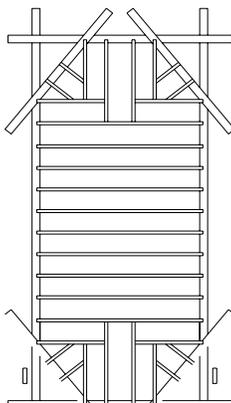
La planta del edificio es rectangular con relación largo/ancho de 1:3.85

$$A = l / b = 53.05 / 13.80 = 3.85$$

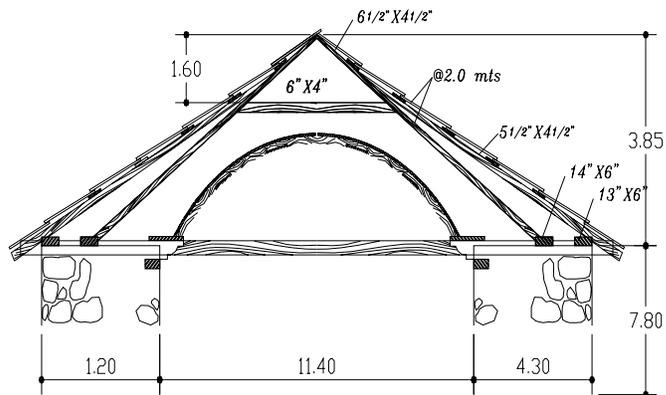


Graf. 19 Planta estructural del templo de Nurio.

La cubierta de madera se compone de una estructura a dos aguas, recubierta con lámina de asbesto, con un peralte de 3.85 mts. y un claro de consideración de 11.40 mts. Al interior se ubican como en el caso de Cocucho una bóveda de cañón corrido y unas gualdras de madera trabajando a tensión cuya función es estabilizar al edificio disminuyendo el desplazamiento vertical en la corona del muro.



Graf. 20 Planta de la bóveda del templo de Nurio.



Graf. 21 Corte de la estructura del templo de Nurio.

En este caso la bóveda de cañón corrido se apoya sobre unas zapatas y una solera que presentan policromía las cuales reciben la carga y la transmiten al muro. Para este caso el partido estructural esta conformado por vigas larguero que definen la pendiente de la cubierta conectadas únicamente en cumbre y apoyados en los estribos con una estructura que se define totalmente como de par y nudillo sin más elementos agregados como en el caso de Cocucho.

La planta del edificio presenta cierta asimetría por la presencia de la sacristía, además que el edificio presenta torre campanario exenta, respecto a los muros compuestos de mampostería irregular, estos se refuerzan en los vértices con dos contrafuertes de sección circular y remate cónico.

La disposición que presentan las vigas larguero con las vigas pares pueden considerarse estructuralmente como vigas trabajando en colaboración,²⁸ mediante el empleo de un mecanismo de conexión, lo cual se puede comprobar mediante un análisis estructural del modelo propuesto.

ZACÁN

Templo de San Pedro

Toponimia tzacanda que significa “pedregal”,

El poblado de San Pedro Zacán, dista según Lejarza 10 leguas de su cabecera, es decir Uruapan, ubicada al noreste.²⁹ De Zirosto, así mismo la Inspección Ocular ubica a Zacán a dos leguas al rumbo del noroeste de buen camino de herradura y de subida, respecto a su ubicación menciona que se encuentra

...sobre loma algo pedregosa con casas todas bajas de piedra y lodo o madera, callejones derechos de comunicación y solares tristes, pues sólo se ven en ellos algunos duraznos, membrillos, capulines y aguacates.³⁰

Respecto al templo lo describe como una nave despejada, de piedra y lodo, cubierta de tejamanil, torre adjunta, debajo el bautisterio, piezas separadas de ante sacristía y sacristía desalineadas, coro alto, buen entablado superior, y 11 altares con sus retablos.

La población la ubica compuesta por: 2 labradores de razón, y 120 indios tributarios, que eligen alcalde, regidor y alguacil mayor, y se ocupen principalmente en alquilarse por temporalidades de peones en las minas de Guanajuato y sembrar maíz en tierras propias.

Su centro está integrado entre otros inmuebles por el templo de San Pedro con su exconvento anexo y la huatápera que inicialmente formaron un solo conjunto, hoy dividido por la carretera. La fundación del convento corresponde a la orden Agustina según los cronistas de dicha orden Basalenque y Escobar, quienes

²⁸ Mc Cormac, Jack C. *Diseño de Estructuras Metálicas, Representaciones y servicios de ingeniería*, México, 1972, p. 481.

²⁹ Martínez de Lejarza, Juan José. *Análisis Estadístico de la Provincia de Michoacán en 1822*, Morelia, Fimax Publicistas, 1974. p. 294.

³⁰ Bravo Ugarte, José. *Historia Sucinta de Michoacán*, 2ª Edición, Morelia, Morevallado Editores, 1993., p. 25.

indican que a la eficacia de fray Alonso de la Veracruz se debe la expansión de los órdenes agustinos en territorio michoacano, ya que fray Alonso hizo:

*...las fundaciones de nueve conventos y doctrinas que este trienio se recibieron; la primera fue Pátzcuaro, después se siguió la sierra donde se fundaron seis conventos: el primero fue Santa Ana Zirosto, San Juan Parangaricutiro, **San Pedro Zacán**,... en total veinte y dos conventos de que fue autor... todos con muchas crecidas visitas...³¹*

Fray Matías de Escobar informa que fray Alonso de la Veracruz hizo las fundaciones de la sierra donde después de Pátzcuaro, se fundaron seis conventos, el primero Santa Ana Zirosto y después el de San Pedro Zacán.³² Luis Enrique Orozco afirmaba que fray Sebastián de Trasierra, a su vez fundó el convento de San Agustín de Jacona y desde el año de 1575 atendió todos los pueblos de la Parroquia de Santa Ana Zirosto [entre ellos Zacán], haciéndoles grandes beneficios como el construirles iglesias, enseñarles oficios, creando escuelas y dando a la población la forma que hoy tienen en las plazas, calles y huertas.³³ Se admira de lo mucho que hizo diciendo:

...en cuanto al coro y sus músicos es muy linda, que se echa de ver que en sus principios fueron muy bien enseñados, porque cantan con destreza y tañen muy bien sus Instrumentos... Parangaricutiro y Tzacán, donde hay tanta curiosidad el día de hoy en la música del coro y doctrina que iguala a la de Tzirosto...³⁴

Correspondió al primer provincial de la provincia de San Nicolás de Tolentino de Michoacán fray Pedro de Vera quien más que nuevas fundaciones pueden llamarse transformaciones las que emprendió respecto de San Juan Parangaricutiro y San Pedro Tzacán, al desmembrarlos de Tzirosto, cuyas visitas eran, haciéndolas capellanías autónomas y luego doctrinas independientes.

Esto se hizo a petición de los indígenas, quienes se comprometieron a proveer la sustentación del ministro y los objetos necesarios del Culto Divino, en un tiempo de cinco años (1603-1608) estos lugares se convierten en conventos doctrineros con una comunidad de cuatro Padres cada uno y sin ser ya carga económica para los feligreses.³⁵

Descripción arquitectónica del templo

El conjunto, consta de templo, torre, sacristía, atrio y las ruinas de lo que fue el antiguo convento. La fachada con su portada central, compuesta por dos columnas de corte clásico, rematadas con un friso. Enmarca el arco moldurado que conforma el acceso principal. Sobre este se ubica la ventana coral enmarcada con dovelas y jambas de estilo plateresco. El remate de la fachada es de forma triangular. La fecha de construcción se encuentra grabada en el friso, sobre la columna izquierda y refiere el año de 1560. La torre de tres cuerpos se retrae del alineamiento de la fachada; presenta en el tercer cuerpo en que se

³¹ Escobar, Fray Matías. Americana Thebaida. *Crónica de la Provincia Agustiniense de Michoacán*, Morelia, Basal Editores. Colección Testimonios y Documentos, 1970, p.40.

³² *Idem*.

³³ *Ibidem*.

³⁴ *Ibidem*.

³⁵ Navarrete, Nicolás. O.S.A. Cronista y Provincial, *Historia de la Provincia Agustiniense de San Nicolás Tolentino de Michoacán*, Editorial Porrúa, México 1978, p. 35.

ubican las campanas dos vanos decorados con estrías verticales hasta la imposta de la que arrancan arcos de medio punto decorados, sobre el pretil se desplantan las almenas, rematando una cúpula.

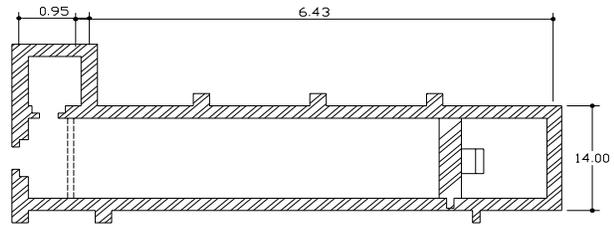


Foto 10 Fachada del templo de Zacán. Graf. 20 Planta del templo de San Pedro Zacán³⁶

Al interior los muros de mampostería conservan un aplanado de lodo y cal (Foto 11). Por el exterior al no estar recubiertos los muros muestran el sistema constructivo. Así mismo pueden observarse las ventanas originales que fueron tapiadas para ser substituidas por otras de trazo neogótico. Sobre el muro norte se ubica la sacristía.



Foto 11 Interior del templo de Zacán. Foto Francisco Méndez

Descripción estructural

$$A = l / b = 45.50 / 14 = 3.05$$

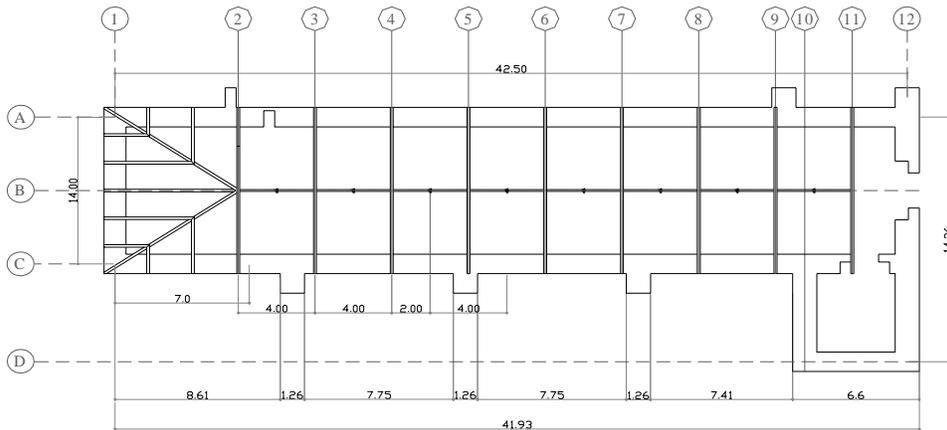
El edificio se define a través de una planta rectangular con una proporción largo / ancho =3.05, 1:3.035 el edificio presenta cierta asimetría producto de tres contrafuertes, así como una torre-campanario, los cuales se ubican sobre el paramento lateral norte, así como la presencia de una construcción sobre el muro lateral sur, que es el exconvento y la casa cural.

La cubierta de madera se compone de una estructura a dos aguas, recubierta con lamina galvanizada, con un peralte de 3.35 mts. y un claro de consideración

³⁶ Catálogo de monumentos muebles e inmuebles de propiedad federal, Reg. CNCA, No. 000526.

del orden de los 11.60 mts., al interior se ubican unas vigas horizontales que salvando el claro y apoyadas sobre zapatas molduradas definen el plafón.

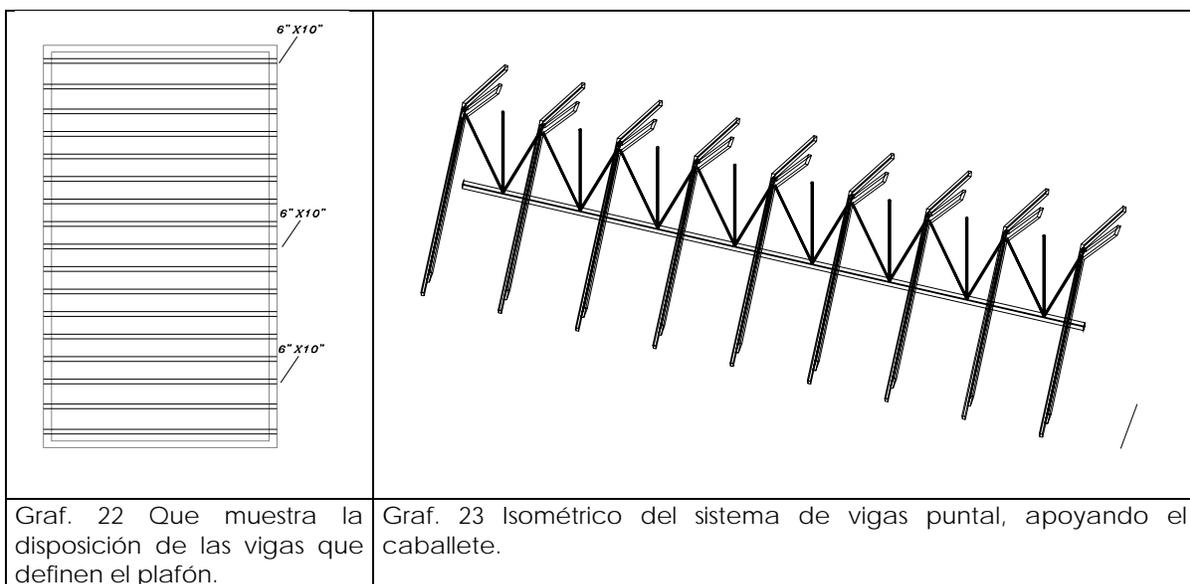
PLANTA DE ESTRUCTURA



Graf. 21 Planta estructural del templo de San Pedro Zacán.

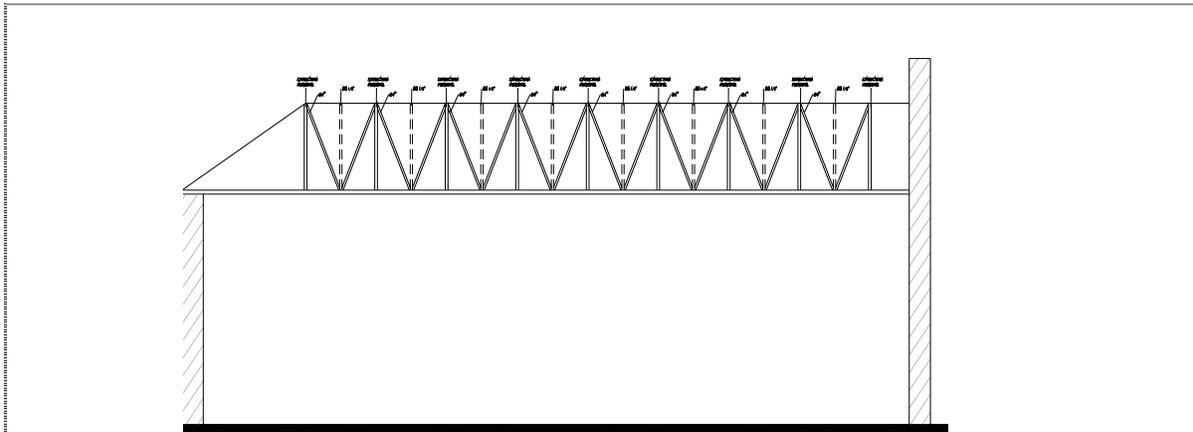
El partido estructural existente se define como del tipo caballete soportado sobre una estructura secundaria la cual transmite las cargas al muro al apoyarse sobre este.

La estructura secundaria presenta una considerable separación entre estructuras del orden de los 4.0 mts. Razón por la cual han sido colocados entre ejes una serie de pie derechos o puntales con el objeto de apoyar a la viga del caballete, (Graf. 23). Adicionalmente y debido a la estructuración presente se ubica un sistema de arriostramiento longitudinal a lo largo de la estructura.

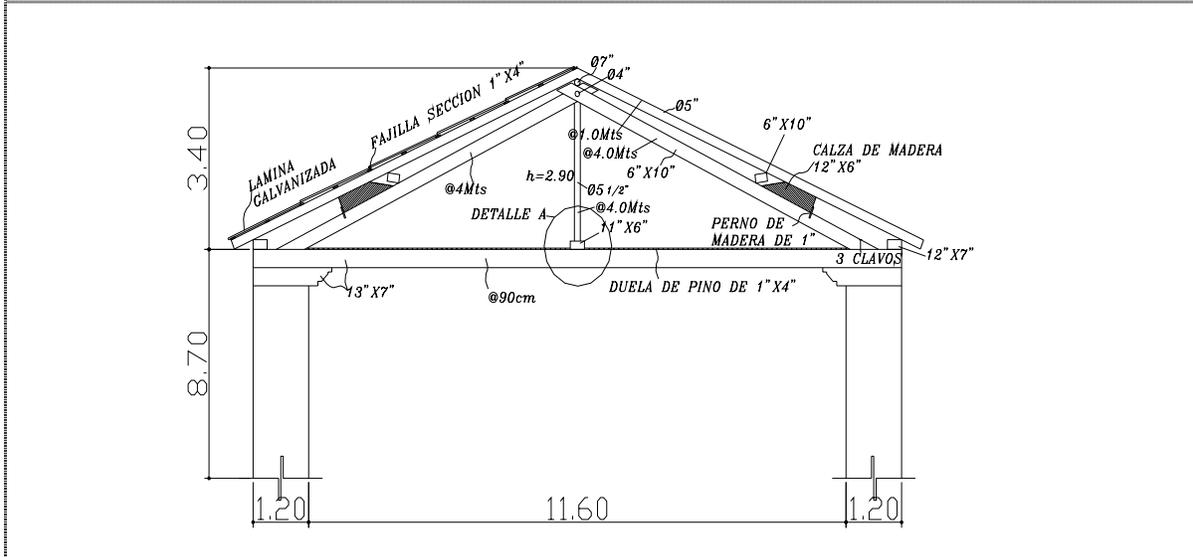


Respecto a los muros de soporte éstos son similares a los de Aranza y Cocucho; muros de mampostería irregular con sillares aparentes en la cadena de ángulo, la estructura descrita presenta una particularidad como es la presencia de una viga que ubicada al tercio de la estructura secundaria apoya al larguero, transmitiendo la carga a esta, que se considera propiamente como una viga trabajando a flexión simple.

Por las características anteriores, el sistema estructural formado se puede clasificar como una estructura trabajando en colaboración,³⁷ por un elemento horizontal que ubicado al tercio del claro, conecta a ambas vigas y transmite las cargas del techo a la viga inferior.



Graf. 24 Sección transversal, mostrando el sistema de arriostramiento longitudinal del templo de Zacán.



Graf. 25 Sección transversal de la estructura de Zacán.

³⁷ Mc Cormac, Jack C., *op. cit.*, p. 481.

Esta particularidad de la carga concentrada, así como la disposición de los apoyos que se define para la viga de alero como un apoyo guiado y para la cuerda o viga inferior, un apoyo articulado, con posibilidad de desplazamiento en una dirección,³⁸ marcan el estado de esfuerzos presentes; es decir es necesario un desplazamiento unitario para que la estructura de madera se sobreesfuerzo, producto de la disposición de los apoyos y la excesiva flexibilidad de las vigas pares, la cual es función del claro que salva.

Finalmente, el análisis de la presente estructura determina lo siguiente:

La estructura salva un claro de consideración con una geometría en su estructuración que genera la presencia de esfuerzos y deformaciones de considerable magnitud.

La presencia de elementos agregados como los puntales propicia el esfuerzo por cedencia, ya que estáticamente el esfuerzo de este elemento es nulo.

³⁸ Beer, P. Ferdinand, *et al. op. cit.* p. 125.

2.6. DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS OBJETOS ARQUITECTÓNICOS SELECCIONADOS

La región de la sierra purépecha manifiesta características de deterioro ambiental que impactan directamente la estructura del edificio por factores diversos tales como ráfagas de viento, nieblas frecuentes, variaciones bruscas de temperatura, así como agentes de deterioro extraordinario como los sismos, un agente de deterioro específico lo constituyen los organismos vivos como las palomas, que son considerados como factores biológicos que al anidar al interior de la estructura, sus desechos se depositan sobre la madera causando deterioro, así mismo el intemperismo es de consideración a nivel de las juntas.³⁹ La acción del ser humano debe considerarse, ya que este modifica constructivamente a lo largo de los años la estructura del edificio, manifestándose en la sustitución de partes de la estructura o adiciones que hubieran incrementado las cargas o invertido el sistema de trabajo estructural, adicional a los anteriores se considera la contribución al deterioro de los siguientes agentes:

AGENTES HUMANOS (Inherentes a la acción humana)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento hacia el edificio, • Pérdida de la tradición constructiva con materiales tradicionales, • Empleo de materiales contemporáneos en sustitución de los tradicionales, (foto no. 3)
AGENTES FÍSICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Daños por sismo. • Filtración de agua afectando primeramente a los elementos estructurales de madera y a los acabados.⁴⁰
AGENTES BIOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioros por ataque de polilla y carcoma.⁴¹



Foto 12 Cadena de ángulo intervenida con elementos de concreto. Foto Francisco Méndez.



Foto 13 En esta techumbre se observa el empleo de materiales contemporáneos, como lámina de asbesto. Foto Francisco Méndez

³⁹ Prado Núñez, Ricardo. *op. cit.* pp. 33-44.

⁴⁰ Méndez Flores, Francisco. Reporte emitido ante las instancias correspondientes por la Asociación Adopte una obra de arte A. C., Uruapan, Mich., Feb. 2002.

⁴¹ Se considera que el ataque de insectos xilófagos afecta al elemento por la pérdida de sección, lo que influye para que pierda resistencia, aumentando en consecuencia la deformación.

Los agentes de deterioro descritos anteriormente afectan a la estructura del edificio en sus componentes y en diverso grado o intensidad, por lo que la acción de cada uno deberá determinarse y su efecto de deterioro cuantificarse. Para determinar una congruente solución a la problemática existente, ésta deberá contemplar al edificio como una unidad, dando importancia al fenómeno causa-efecto y su implicación directa sobre la problemática existente, así como una solución que contemple el entorno y se integre a él, por lo que la interdisciplinariedad en este tipo de proyectos determinara una serie de consideraciones tendientes a visualizar un horizonte más amplio a favor del edificio, por lo que deberá valorarse desde los aspectos estructurales, formales hasta los de acabados. Es así como en la estructura, ésta es atendida considerando únicamente el efecto sin atender la causa; respecto al deterioro estructural, éste se manifiesta con deformaciones considerables tanto longitudinales como transversales en la estructura de madera, esta deformación puede atribuirse a cargas sostenidas a lo largo del tiempo, así como el ataque por polilla y el efecto sísmico. Factores que disminuyen la resistencia mecánica de los elementos y por consecuencia de la estructura. Un argumento de la poca atención que se da hacia el edificio es la creencia común al considerar el hecho de que una construcción que haya substituido por muchos años, es prueba suficiente de que su estabilidad es adecuada, y el que considera que éste a permanecido por mucho tiempo sin mayor afectación por lo que es innecesario un estudio analítico de su estabilidad, Así mismo se tiene una resistencia a modificar la causa que provoca el deterioro.

Por lo que respecta al interior de las estructuras éstas se encuentran alteradas en el aspecto estructural por la presencia de elementos agregados para "reforzar" a la estructura. Su efectividad deberá ser analizada para valorar dependiendo del resultado, su permanencia o su retiro de la estructura. Así mismo los deterioros por filtración de agua producto del nulo mantenimiento de la cubierta, son de consideración, ya que han afectado parcialmente magníficas representaciones pictóricas de carácter iconológico al intrados de bóvedas y en el plafón de los coros de los templos del lugar.⁴² Es interesante para el estudio del desarrollo tipológico, la detección de la etapa de transición que se presenta con la aparición de nuevos materiales en determinados lugares, los cuales suelen ser manejados y colocados mediante las técnicas constructivas ya conocidas, mientras va evolucionando la experimentación de nuevas posibilidades y capacidades. Acción esta que para el momento actual afecta considerablemente a la estructura de los edificios religiosos ubicados en la zona de estudio.

Un ejemplo en este sentido es el caso de la tecnología de cubiertas de viguería, que ha permanecido casi inalterada aunque las vigas de madera hayan sido substituidas por perfiles de acero o viguetas de concreto. Algo similar sucede con el descubrimiento de nuevas posibilidades tecnológicas de materiales antiguos,

⁴² Sigaut, Nelly. *op. cit.*, p. 279.

ya sea por cambios en su disposición o por el manejo de combinaciones no probadas con anterioridad. En ambos casos las transformaciones pueden ser endógenas, habiendo surgido por ensayos y errores históricos en un determinado sitio, o exógenas, cuando se producen por el influjo o imposición de culturas ajenas.

Los cambios de materiales en edificios antiguos pueden obedecer a diversas causas: falta de disponibilidad de los materiales originales, pérdida del conocimiento constructivo, alto costo en la aplicación del sistema constructivo, o por el rechazo de los usuarios a su empleo, así como al interés de los constructores por hacer evidente su intervención o debidos a la falsa creencia de que determinados materiales, como el concreto armado, son capaces de resolver todos los problemas estructurales. La elección de los sistemas constructivos aplicables en la intervención de edificios antiguos o para el diseño de elementos de integración constituye también parte del campo de aplicación de la tipología del medio construido.

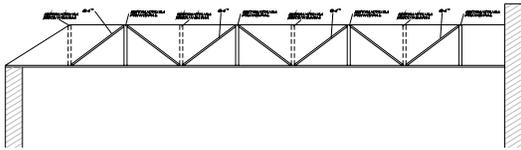
Una afectación que se considera en forma especial y que se produce al interior de la estructura es la alteración al microclima causada por la introducción de elementos de construcción contemporáneos como la lámina de asbesto o galvanizada cuyo empleo produce notorias variaciones del clima que en algunos casos llegan a ser radicales.⁴³ Al exterior el empleo de estos materiales ha afectado formalmente el edificio como se aprecia en los templos de San Pedro en Zacán, Sr. De los milagros en Nurío y San Bartolomé en Cocucho. Por lo que respecta a los deterioros constructivo estructurales que presenta la estructura de Aranza, ésta se ve afectada por flexiones excesivas de la cubierta, así como por un sistema de arriostramiento longitudinal con el empleo de morillos de madera. En este caso se minimiza la contribución que el sistema de enfajillado proporciona, al respecto, Luis Torres Garibay muestra la función que cumple la fajilla de madera al rigidizar la estructura de cubierta.⁴⁴

Otro factor a considerar es la disposición de la estructura secundaria con respecto a las vigas que forman el plafond, que al apoyarse sobre este, es la causa de la flexibilidad que la estructura manifiesta, siendo la razón por la cual se ubica un par de elementos horizontales sobre la estructura secundaria, así como el arriostramiento longitudinal, ambos con la intención de reforzarla. La causa por la cual se acentúa la flexibilidad de la estructura se puede atribuir a una asimetría causada por la presencia de estructuras secundarias, siendo esta más crítica en la conexión a tres aguas, eje 2 ya que concurren a este nudo varios elementos, por lo cual se considera que el problema de la estructura es una deficiente rigidez.

⁴³ Se advierte al interior ex ceso de calor y frío, cuyos efectos se dan como positiva o negativamente en la resistencia de la madera y los acabados.

⁴⁴ Torres Garibay, Luis Alberto. *op. cit.* pp.103-105.

Para el caso de la estructura del templo de san Bartolomé en Cocucho la cubierta presenta en cumbre, un ensamble de espiga y un elemento horizontal superior adicional al tirante, el primero le da continuidad estructural a la estructura, y el segundo rigidiza a la cumbre. Así mismo la disposición de las vigas inclinadas que se apoyan en la zona próxima al borde exterior del muro crean una excentricidad, lo cual resulta en una tendencia a generar empujes horizontales sobre el muro, respecto a los desplomes, se considera que no son de consideración por la poca esbeltez del muro.



Graf. 25 Corte longitudinal de la estructura.



Foto 14 templo del Señor de los Milagros en Nurío.

Para el caso de la estructura del templo del Señor de los Milagros en Nurío, cuyas proporciones lo convierten en el edificio con mayores dimensiones que se ubica en la sierra, comparado únicamente con el de San Pedro en Zacán. Su estructura se encuentra sin agregados, por lo que los deterioros que se observan son; flexiones en la cubierta en ambos sentidos, así como desplomes de los muros longitudinal y testero, así como la presencia de grietas en la intersección de muros laterales y testero y de éstos con la portada. Los cuales se pueden atribuir a su gran masa y a sus considerables dimensiones las cuales directamente impactan a la estructura al momento de ser requeridas por solicitaciones de diversa naturaleza.

El caso del templo de San Pedro en Zacán, aunque es un edificio de marcada esbeltez como Nurío, la presencia de contrafuertes laterales y la existencia en el otro extremo de una construcción adosada han impedido que este manifieste desplomes, pero en cambio muestra fisuras en la intersección de muros laterales y testero. Además la estructura de madera presenta una marcada flexión en ambos sentidos, se considera que el exceso de flexión tiene su origen en el considerable claro que salva.

Pero básicamente se considera que la estructuración de la cubierta es con tendencia a la esbeltez.



Foto 15 Interior de la estructura de madera con una notable deformación.

Por otra parte el clima en todos sus aspectos, es una de las causas fundamentales del deterioro de los edificios, aunado, al deterioro que con el tiempo suelen experimentar las propiedades estructurales de los materiales y, por otra, a que mientras mayor es la vida de una construcción, crece la intensidad que puedan alcanzar los fenómenos que la afectan, por lo que la resistencia de los materiales disminuye con la exposición y el envejecimiento.⁴⁵ Fenómenos que puedan llevar la construcción al colapso, inclusive ante el efecto de su peso propio, en general este deterioro es evidente a la simple observación; agrietamientos, aplastamientos, desplomes en muros y deformaciones excesivas en cubierta de madera. Este tipo de deterioros ha estado presente como una constante en los edificios analizados en este estudio, por lo cual tendrán mayor incidencia a ser afectados por las sollicitaciones de tipo dinámico.

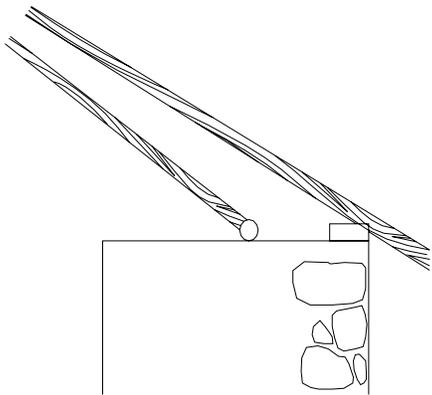
La repercusión de estos efectos mostrará una mayor o menor magnitud, ya que para el caso específico del sismo, éste deteriora en forma mecánica y su efecto es altamente notorio en la estructura del edificio, caso contrario lo representan los demás factores considerados, ya que sus efectos no son tan notorios inicialmente, como es el caso de las ráfagas de viento que provocan cargas del tipo dinámico hacia la estructura, así mismo los desechos de las palomas que al anidarse al interior de la estructura provocan deterioros a la madera,⁴⁶ los cuales se incrementan cuando existen filtraciones.

Para el caso de los deterioros causados por la acción humana se pueden considerar los resultados de una intervención en el templo del Señor de los Milagros en Nurío, por citar alguno, donde se considera que no se analizó a profundidad la problemática y constructivamente se sustituye el tejamanil que cubría a la cubierta, por un material contemporáneo como la lámina de asbesto,

⁴⁵ Feilden, Bernard M. *Conservation of historic buildings butterworth architecture*, Chicago, Btterworth-Beinemann Ltd, 1994, p. 91.

⁴⁶ *Ibidem*, p. 40.

con las consecuencias ya descritas, así mismo se inyectan con mortero de cemento las grietas existentes en muros, que si bien es buena solución inmediata, una solución mas congruente sería reponer la disposición de la mampostería en la zona de las grietas, (en la fotografía no 12 se aprecia para la consolidación el empleo de materiales contemporáneos como el concreto reforzado). Por lo que la solución de las inyecciones con mortero de cemento o algunos otros trabajos “emergentes” como la colocación de la lámina de asbesto en algunas techumbres, son recursos inmediatos, que por su relativa facilidad en obra son recurrentes, pero que valdría más la pena concienciar a los responsables de los inmuebles para que recurran a soluciones más acertadas y especializadas.

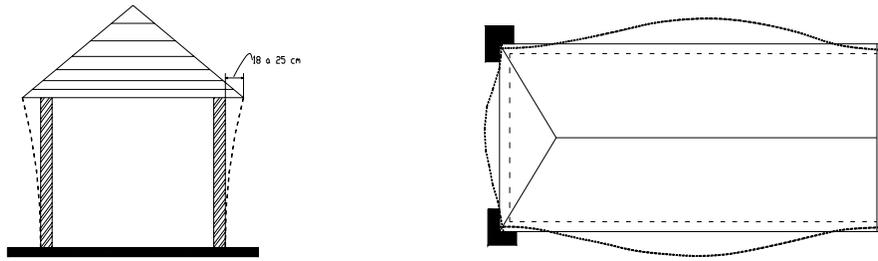


Graf. 26 La viga inferior se puede modelar por su geometría, como un apoyo guiado, incrementando la posibilidad de desplazamiento horizontal de la estructura.

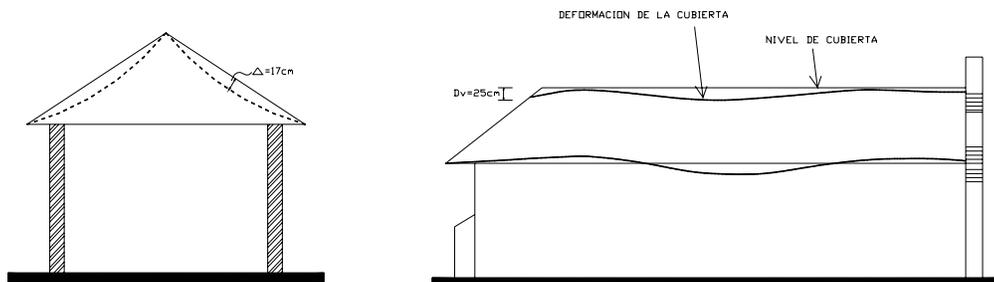
En ocasiones no se encuentra evidencia externa de la pérdida progresiva de resistencia de una estructura, solo en casos muy extraordinarios existen reportes que como el realizado en el templo de Nurío por personal de la SEP, éstos dictaminaron que:

...los fuertes sismos y el abandono, éste último provocado por la reducción de la población, que ya no está en posibilidades de mantener un edificio de tan considerables dimensiones han dado como consecuencia severos daños estructurales estando a punto de perderse este extraordinario edificio por las grietas verticales que se multiplican en sentido horizontal corriendo paralela al piso, otra más indicaba la ruptura del muro norte amenazando colapsar, ya que los desplomes rebasaban los límites de tolerancia admisibles para su ancho y altura. Los muros longitudinales se observaban desgajados por grietas en su núcleo y la techumbre en su parte central había colapsado parcialmente.⁴⁷

⁴⁷ Catálogo de Monumentos Muebles e Inmuebles de Propiedad Federal, Dirección General de Sitios y Monumentos del Patrimonio Cultural, Reg. CNCA, No. 000679.

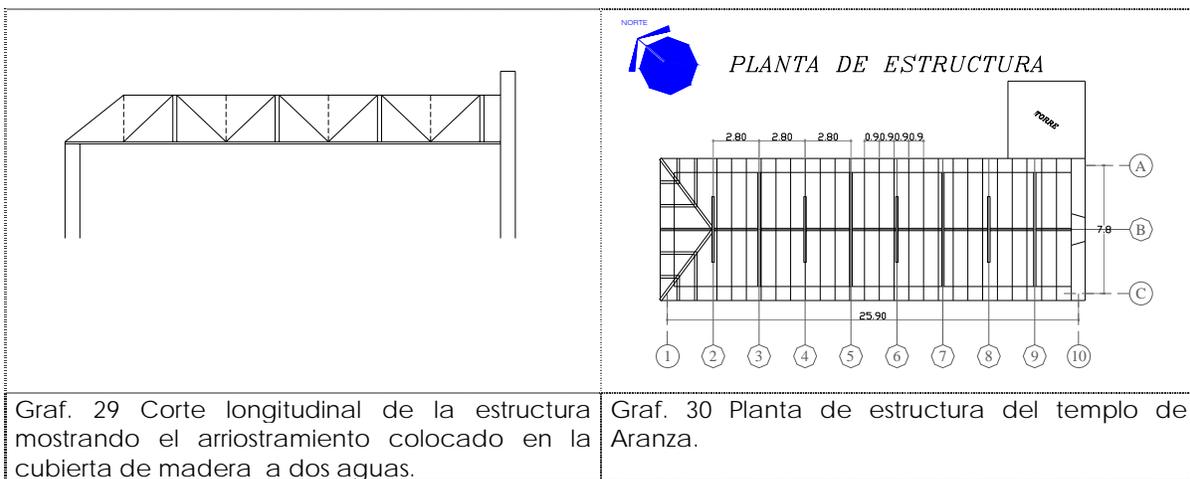


Graf. 27 Sección transversal y planta de la estructura mostrando la deformación de muros.



Graf. 28 Sección transversal y longitudinal en la cual se muestra la flexión alcanzada en la estructura de madera.

Por todo lo anterior se puede diagnosticar un deterioro generalizado en los edificios objeto de estudio por dos razones; incidencia de factores ambientales y biológicos, así como los provocados por el hombre; ambos de carácter permanente, así como un factor extraordinario, el cual es causado por el sismo cuya acción puede considerarse de carácter acumulativo, los efectos de estos deterioros son acentuados por una falta de mantenimiento hacia el edificio, lo que por consecuencia puede llegar a incrementar los efectos dinámicos.



Graf. 29 Corte longitudinal de la estructura mostrando el arriostramiento colocado en la cubierta de madera a dos aguas.

Graf. 30 Planta de estructura del templo de Aranza.

Los deterioros mencionados afectan en forma interna a los elementos que forman la estructura como la madera la cual para fines de diseño se puede considerar con menor resistencia y menor módulo de elasticidad. Respecto al muro los deterioros que lo afectan como las grietas y los desplomes tendrán una repercusión sobre su resistencia y por consecuencia a su tendencia a deformarse. Los deterioros que por estructuración se presentan se aprecian en forma externa y deberán mostrar la situación estructural de cada caso de estudio.

COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA ANTE SOLICITACIONES PERMANENTES Y EXTRAORDINARIAS

El desarrollo de la práctica estructural desde la antigüedad tiene su origen en la observación de las estructuras creadas por la naturaleza; la lectura inteligente de las mismas, y su progresiva extrapolación a las construcciones creadas por el hombre, permitieron crear una base empírica de conocimientos, la cual se fue ampliando y perfeccionando, es así como hoy en día admiramos construcciones que por su diseño y eficacia estructural son dignos ejemplos del legado de una época o un periodo en el que se plasma fielmente el desarrollo tecnológico de la época. Verdadera muestra de lo anterior lo presentan los edificios ubicados en la sierra Purépecha cuya estructuración a base de madera y muros de mampostería irregular aglutinadas con mortero de barro, muestran propiedades mecánicas variables, que dependerán de la calidad de la piedra y el mortero. Ambos materiales muestran ejemplos de verdadera relevancia de su trabajo estructural, en los cuales el sistema de estructuración considera a estos dos materiales; madera y piedra como fundamentales a través de los cuales deberá sustentarse la estabilidad del edificio.

Respecto a las estructuras de madera de las cubiertas, se conciben como sistemas elementales a base de vigas de madera simplemente apoyadas sobre el muro y ensambladas en cumbrera básicamente, que permitieron la elaboración de estructuras de cubierta, que además de salvar claros mayores respecto a las capillas hospital que se construyeron primero que los templos, permitían dar directamente la pendiente necesaria para el desagüe de los techos y lograr formas más atractivas. En estas estructuras el elemento crítico es la cuerda inferior, que trabaja en tensión y es de una sola pieza ya que al apoyarse sobre los muros muestra condiciones particularmente críticas al estar expuesta a cambios importantes de humedad en la zona de contacto con el muro. Por lo que el sistema de cubierta se apoya simplemente sobre los muros a través de vigas de madera, en este caso, la interacción entre ambos materiales depende en forma importante del acomodo o en general de la distribución interna de los mismos ya que en algunos casos pueden alcanzarse apoyos del tipo elástico lo que puede explicar los excesivos desplazamientos verticales de la estructura de madera, pero en cambio disminuye el efecto sísmico. Respecto a los materiales con los que está constituido el muro es difícil proponer valores para las propiedades mecánicas de la mampostería de piedra, se considera la resistencia a tensión con valores relativamente bajos la cual está regida por la adherencia entre el mortero y las piedras, para fines de revisión se considera igual a cero, aunque puede alcanzar valores entre 1 y 2 k/cm².¹²

¹² Estos valores difieren en gran medida de las alcanzadas para mamposterías de ladrillo, cuyos rangos varían entre 5 y 50 k/cm².

La resistencia de un muro a fuerzas de corte esta regida por esfuerzos de tensión, esta vez en dirección diagonal; por lo mismo, los valores que se alcanzan son bajos, pero en este caso no pueden despreciarse, ya que de ellos depende la resistencia de los muros, y de las construcciones ante fuerzas laterales.

Por lo todo lo anterior se puede considerar que el comportamiento estructural de la mampostería ante las solicitaciones a las cuales está sometida es esencialmente frágil, además que las propiedades pueden verse afectadas por el deterioro, el cual es más activo en el mortero de barro, que para diversos arreglos de las piedras, se presentan por el abultamiento de un tramo de muro y la separación en franjas verticales independientes, lo que conduce al desplome y al subsecuente colapso.¹³

Esto es, el material falla de manera brusca al alcanzar su capacidad de carga.¹⁴

Para fines de cálculo de las deformaciones de las estructuras de mampostería, es importante conocer el módulo de elasticidad del material, el cual varía en intervalos sumamente amplios. El rango en el cual se encuentra la mampostería irregular con altos contenidos de mortero es al orden de 5 000 k/cm², cuando la mampostería regular alcanza los 200,000 k/cm². En un mismo edificio, el módulo de elasticidad del material puede presentar variaciones e influir significativamente en la distribución de esfuerzos internos, además los efectos volumétricos afectan en forma importante a los elementos componentes de la mampostería, como también el flujo plástico que es otro factor a considerar ya que este actúa cuando la carga de compresión se acorta inicialmente. Posteriormente continua deformándose mientras la carga siga permaneciendo.

Apoyos con estructuras de mampostería de piedra

Para el cálculo de la resistencia de elementos de mampostería de piedra. Se emplean dos métodos: el del comportamiento lineal hasta la falla, lo que da lugar al empleo de la teoría elástica para el cálculo de esfuerzos, y el llamado comportamiento plástico en el que antes de la falla es factible que toda el área de la sección que esta sujeta a esfuerzos de compresión, alcance el máximo resistente, este método se asemeja a las condiciones reales que se presentan antes de la falla. Todo lo anterior expuesto tiene su fundamento en teorías contemporáneas de la construcción pero son aplicables a edificios históricos, haciendo las consideraciones pertinentes, ya que estos edificios como se mencionó con anterioridad, su construcción estuvo influenciada por reglas constructivas transmitidas por los grupos que evangelizaron la región, por lo que son construcciones que se considera su edificación desde el siglo XVI.

¹³ Meli, Roberto. *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*, México, Fundación ICA, p. 29.

¹⁴ La falla de tipo frágil se presenta con pocas señales de daño previo y colapso súbito.

El análisis de las configuraciones ha sido la más difundida debido a que cumple con la mayoría de las características establecidas para definir a los tipos. Para entender la obra arquitectónica es necesario conocerla a fondo, en toda su complejidad derivada de su naturaleza como producto cultural, que se origina para satisfacer una necesidad. Al analizar los volúmenes generales se requiere el establecimiento de comparaciones dimensionales entre los casos de estudio, tratando de identificar si son producto de las técnicas constructivas utilizadas, de los materiales o de disposiciones reglamentarias, entre muchas otras condiciones.

En los edificios cuya estructuración se da a partir del uso de materiales simples se debe comprender con claridad el comportamiento estructural de la construcción original y el mecanismo de transmisión de fuerzas concebido por sus constructores como primera medida para intentar conservarlo, además de lograr un modelo de análisis lo más apegado a las características propias del edificio. Estas dos consideraciones son fundamentales para intentar realizar una propuesta de análisis, así como un concepto clave en la práctica restauratoria.

Cubiertas con estructuras de madera

Las estructuras de madera de los edificios en estudio son de concepción estructural simple, su conservación esta en función de la preservación de la madera como material en sí y de la estabilidad de su estructura, es práctica común el pensar que una estructura debe ser segura en términos absolutos, lo que implica que sus posibilidades de fallar sean remotas, este pensamiento no es real, si bien se acepta que las estructuras tiendan a fallar (requisito básico de diseño) a menos que sean corregidos los indicios potenciales de falla, asimismo es práctica común el pensar que no hay necesidad de revisar las condiciones de estabilidad de un edificio histórico, basta con la evidencia de su subsistencia.¹⁵

Un aspecto que debe ser considerado en el comportamiento de estructuras sometidas a diversas solicitaciones es el de la seguridad estructural,¹⁶ que se manifiesta mayormente cuando es incierto el grado de seguridad presente en un edificio que ha sufrido alteraciones producto de diversos factores tanto en su geometría como en sus condiciones de carga. En esta situación es necesario verificar las propiedades estructurales de los miembros componentes de la estructura, así como el empleo de métodos de análisis congruentes con el comportamiento real de la estructura, en esta situación el criterio del estructurista deberá enfrentarse a una serie de incertidumbres tales como resistencias de los elementos que son susceptibles de revisión, ya que si bien las diversas pruebas de laboratorio muestran los esfuerzos que actúan sobre el elemento las condiciones reales difieren respecto a las pruebas de laboratorio,¹⁷ mas aún en las características técnico constructivas de los edificios religiosos. Por lo que un elemento fundamental para la revisión de la seguridad de una estructura es la

¹⁵ Meli, Roberto., *op. cit.*, p. 9.

¹⁶ *Ibidem*, p. 12.

¹⁷ *Ibidem*, pp. 16-17.

determinación de las cargas a las que está sometida, así como las que producto de diversos factores se le agregan. En un amplio panorama, las condiciones a las cuales está sometida una estructura se llaman acciones, estas acciones en el más amplio criterio estructural no difieren grandemente en un edificio histórico que en uno de reciente construcción.¹⁸ La diferencia estriba en su respuesta y en el grado de deterioro que estas muestran, además que en la estructura de los edificios históricos se tiende a ser más tolerable respecto a la presencia de daños por diversos factores, uno de ellos es su permanencia en el tiempo.

Por lo tanto el comportamiento de una estructura ante acciones de tipo permanente o extraordinario estará en función de diversos factores:

- a) Tipos de cargas impuestas
- b) Estructuración del edificio.

Respecto a las cargas que actúan sobre un edificio, las de tipo permanente representan la parte más significativa de la carga total para construcciones masivas, ya que actúan en forma permanente sobre el edificio, el grado de precisión para cuantificar este tipo de acciones puede ser tan exacto como el caso lo requiera, ya que se puede determinar el peso volumétrico de los materiales dependiendo del grado de conservación que para el momento presentan.

Respecto a las acciones que por carga viva afectan la estructura de un edificio habitualmente representan una fracción de la acción total,¹⁹ en casos extraordinarios estas pueden ser consideradas como acciones de primer orden, particularmente en la región de Nurío se aprecia la acción del viento, donde su velocidad está establecida en 100 k/h,²⁰ creando ráfagas de viento que impactan la estructura de madera.

La estructura de madera que poseen los edificios religiosos de la región puede considerarse como sistema ligero, es así que el impacto que provoca el viento crea movimientos en la estructura que se traducen en cargas de tipo dinámico que repercuten hacia los muros de apoyo. Ya que si bien los intervalos de tiempo a los cuales se presentan son grandes su efecto sobre el muro de mampostería es significativo debido a que presenta muy baja resistencia a este tipo de solicitaciones, lo que acentúa los daños. Un factor que contribuye a incrementar la inestabilidad del edificio ante las solicitaciones a las cuales está sometida, son los cambios volumétricos, ya que la variación en la humedad del ambiente y en

¹⁸ *Ibidem*. p. 17.

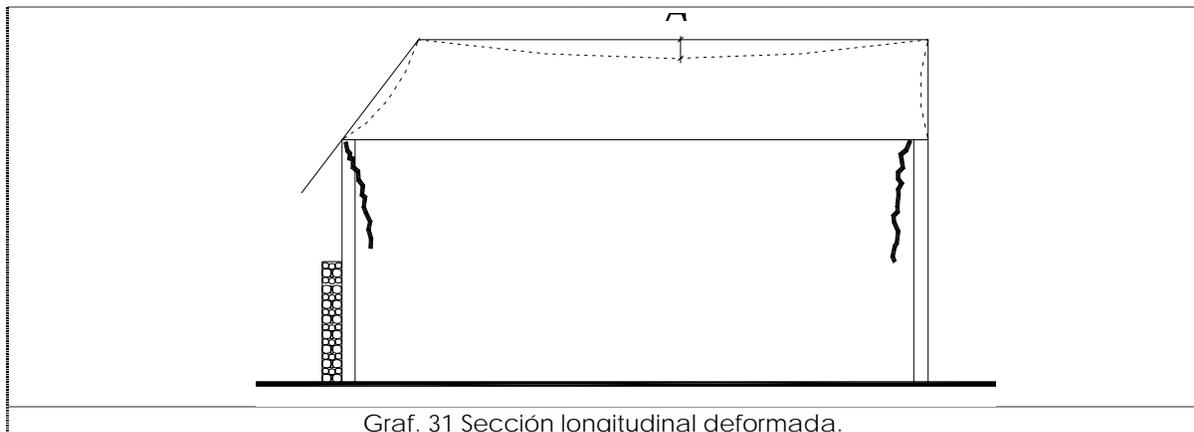
¹⁹ *Reglamento de Construcciones del Estado de Michoacán*, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán, SAHOP, 1990, pp. 91-93.

²⁰ *Ibidem*. p. 284.

la temperatura impactan en forma importante a las estructuras de madera que tienen alta susceptibilidad a ser atacadas por este factor.²¹

Asimismo los sismos han sido causa de falla de un gran número de edificios históricos. Es aceptado generalmente como razón suficiente de seguridad, la estabilidad de los edificios que han subsistido durante siglos, sin daños apreciables, sin embargo, esto debe considerarse, pues la capacidad del edificio para resistir al sismo puede reducirse con el tiempo por diversas razones; los materiales se deterioran naturalmente debido a la recurrencia de sismos y a las alteraciones al partido estructural concebido inicialmente.²²

Por lo anterior el comportamiento de los edificios religiosos ubicados en la Sierra Purépecha, optimizan las propiedades de los materiales para trabajar a las cargas con las cuales son concebidas; esfuerzos de compresión y tensión básicamente. Para lo cual hacen uso de las propiedades básicas de los materiales empleados: esfuerzos de tensión para la madera y de compresión para la mampostería de piedra.



En cambio el comportamiento que por efectos sísmicos manifiestan los edificios de muros de mampostería, se caracterizan por que los muros laterales son los que reciben la carga horizontal, producto de la masa del peso propio del edificio, incrementado por factores sísmicos.

Estas construcciones manifiestan apreciable peso y una importante rigidez, por lo que los daños por sismo pueden ser de consideración,²³ ante esta misma solicitud se considera que el techo no proporciona gran restricción al desplazamiento del extremo superior del muro, el cual se considera para fines de revisión, como elemento con el borde libre.

²¹ Feilden, Bernard M. *op. cit.* p. 91.

²² Meli, Roberto. *op. cit.* p 93.

²³ *Ibidem.* p. 100.

Esta consideración de las características de apoyo de la estructura de madera y el considerable peso del muro, que se considera como elemento trabajando a gravedad es lo que ocasiona las grietas entre los muros, lo que se da como producto de las fuerzas de inercia perpendiculares al plano del muro, el cual posee baja capacidad para resistir esfuerzos de tensión,²⁴ para absorber esta carencia se ubican en el muro testero contrafuertes o vértices resueltos con el empleo de sillares de piedra aparente en cadena de piedra que absorben las fuerzas de inercia resultantes y que favorecen la estabilidad del edificio ante cargas extraordinarias.

El sistema constructivo del muro se define como un mampuesto de piedra volcánica, asentado con una mezcla de arcilla como argamasa, sistema común en la Sierra Purépecha.



Foto No. 16 Sistema constructivo a base de piedra aglutinada con arcilla característico de la Sierra Purépecha

Por lo anterior se puede concluir que estas construcciones son estables ante cargas permanentes, no así ante cargas extraordinarias cuya respuesta puede ser amplificada por factores de deterioro o mantenimiento.

²⁴ *Ibidem.* p. 101.

REVISIÓN DEL EDIFICIO MEDIANTE EL MÉTODO DE RIGIDEZ Y ELEMENTO FINITO.

4.1 ASPECTOS GENERALES.

Tradicionalmente los libros de análisis estructural han sido orientados hacia el estudio de la solución de problemas específicos de estructuras; en cambio los libros contemporáneos están orientados hacia los métodos de análisis. La base del método matricial tiene su antecedente en los métodos energéticos empleados desde el renacimiento, la formulación matricial del análisis estructural no se desarrolló completamente sino hasta hace algunas décadas, ya que este enfoque implica la solución de un gran número de ecuaciones simultáneas, la solución de tal número de ecuaciones simultáneas no fue viable sino hasta el advenimiento de los equipos de computo. El empleo de esta herramienta marca la puesta en marcha de los conceptos del análisis estructural y su metodología usando formulaciones matriciales desde el comienzo.²⁵

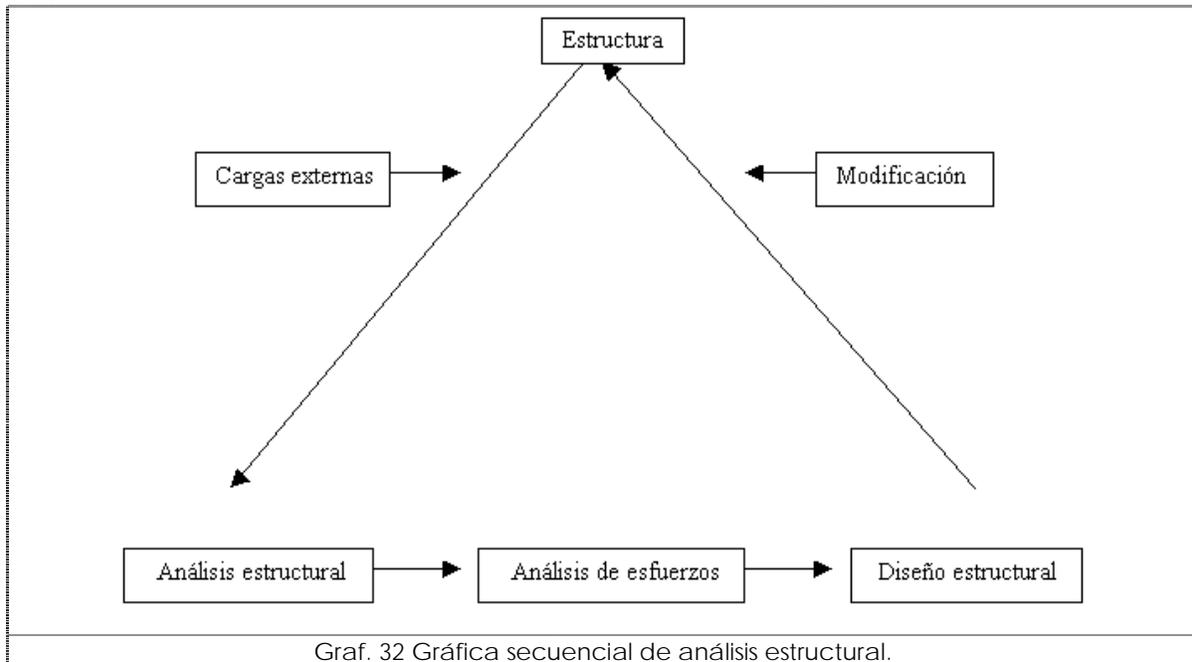
El análisis estructural es una rama de las ciencias físicas que tiene que ver con el comportamiento de las estructuras bajo determinadas condiciones de carga. Las estructuras se definen como los sistemas que soportan cargas y la palabra comportamiento se entiende como su tendencia a deformarse, vibrar, pandearse o en última instancia fluir dependiendo de las condiciones a que estén sometidas.

La ingeniería de estructuras trata principalmente sobre tres temas básicos: el análisis estructural, el análisis de esfuerzos y el diseño estructural. Todos, a pesar de estar interrelacionados, son tan distintos que se estudian independientemente. Mientras que el análisis estructural se basa sobre los principios de la estática, el diseño de estructuras asegura que en ningún lugar del cuerpo se presenten esfuerzos que excedan los límites.

Para el caso específico del estudio de los edificios religiosos, los dos primeros tendrán aplicación en forma directa y el diseño estructural deberá considerarse como la revisión de la geometría de las secciones existentes. Es decir en un proyecto de restauración los tres temas del análisis deberán coincidir para garantizar una confiable interpretación de las condiciones existentes en el edificio²⁶. Su secuencia en un proyecto estructural se muestra en la graf. 32.

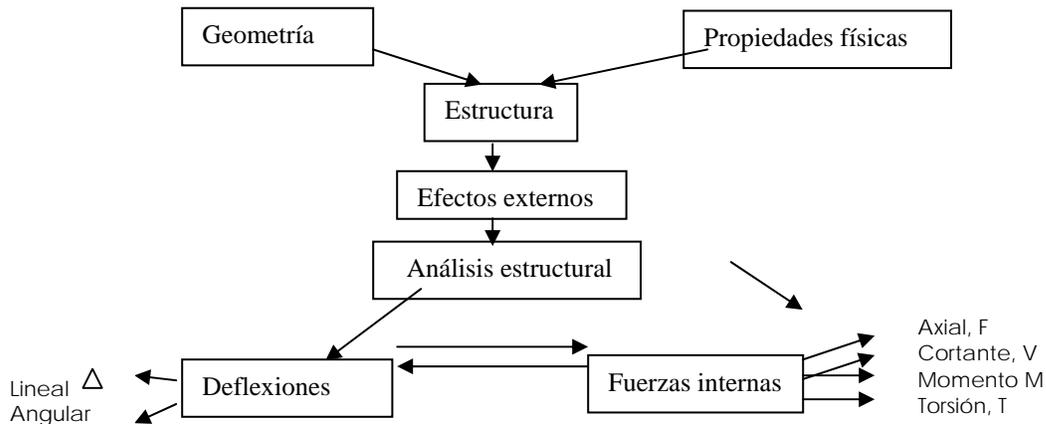
²⁵ Kardestuner, Hayrettin. *Introducción al análisis estructural con matrices*, México, Ed. Mcgraw- Hill, 1975, p. 1.

²⁶ *Ibidem*. p. 4.



Graf. 32 Gráfica secuencial de análisis estructural.

De acuerdo con esta figura, el fin es diseñar una estructura, y el análisis estructural es una de las herramientas para alcanzar tal fin. Independientemente del método de análisis, el resultado es único y depende solamente de las condiciones iniciales. Los datos iniciales en el análisis estructural y los resultados finales se ilustran en la Graf. 33.



Graf. 33 Gráfica de factores incidentes en el análisis estructural

Por lo que los resultados del análisis se usan entonces para determinar la forma de las estructuras deformadas y verificar si son adecuadas para soportar las cargas para las cuales se han diseñado. Una estructura se define por su geometría y por las propiedades físicas E , A , I que representan, respectivamente, *el módulo de elasticidad, el área y el momento de inercia* de sus elementos.

Se considera que la deformación total es la suma de las deformaciones unitarias y la fluencia se debe al exceso de esfuerzo, además el esfuerzo y la deformación están relacionadas entre sí por *el módulo de elasticidad E*.²⁷ Los efectos externos sobre ella consisten en cargas vivas y *otros efectos* adicionales o considerados en forma muy específica como (temperatura, falta de sujeción, asentamientos de los apoyos, etc.).

Para el presente trabajo esos aspectos deberán en algunos casos considerarse en forma prioritaria, tales como la falta de sujeción y la posibilidad de asentamiento de los apoyos (apoyos elásticos), constantes que se encuentran muy frecuentemente en los edificios religiosos de la sierra Purépecha. Atendiendo a la Graf. 33, se concluye que los resultados del análisis no son solamente dependientes de la geometría de la estructura, sino también de las propiedades físicas de la estructura.

En general, una estructura está formada por elementos interconectados, los cuales independientemente de su forma, se consideran en una, dos o tres dimensiones. Las estructuras de madera en los edificios religiosos ubicados en la Sierra Purépecha se consideran como unidimensionales, ya que el ancho y el espesor comparados con su longitud son pequeños. Aún cuando es posible analizar la estructura completa como un sistema integrado –cimientos, muros y cubierta - las dificultades que se encontrarán no justifican el esfuerzo. Además que esta consideración no es válida al analizar los templos, objeto de estudio, por lo heterogéneo de los materiales y si matemáticamente se realiza el análisis, los resultados obtenidos deberán considerarse con ciertas reservas, por lo que tomando en cuenta otras incertidumbres tales como propiedades de los materiales, técnicas de construcción, así como deterioros²⁸, hay algunas justificaciones para hacer la idealización de las estructuras separando las diferentes partes en diferentes grupos (descomposición) y analizarlas luego independientemente; debiendo en todo momento conservar la unidad en la estructura hacia la continuidad de las cargas y las consecuentes reacciones hacia los elementos de apoyo.

Las estructuras de esqueleto o unidimensionales pueden a su vez dividirse en los siguientes grupos:

- (a) Cerchas
- (b) Sistemas planos
- (c) Reticulados
- (d) Marcos rígidos tridimensionales

Los dos primeros son los que pueden asemejarse a las estructuras en estudio, es así como en las *cerchas*, los elementos se unen entre sí por articulaciones sin

²⁷ El módulo de elasticidad, representa una de las propiedades de los materiales que en el presente trabajo tiene trascendental función, ya que su determinación numérica influye en los resultados analíticos sobre las estructuras de madera.

²⁸ Santanley J. Rabuia. *Historical Buildings, Restoration, preservation, and adaptive Reuse*, New York, John Wiley & Sons, 2000, pp. 1-3.

rozamiento y las cargas se aplican en los nudos. En consecuencia, los elementos están sometidos únicamente a fuerzas axiales. En la práctica, por supuesto, los elementos están unidos entre sí por pernos de madera o clavos forjados ya que idealmente se consideran unidos por un pasador sin rozamiento, además que están sujetos a cierta flexión y fuerza cortante. Sin embargo, como las rigideces a la flexión de los elementos de la cercha son en general muy pequeñas, los errores introducidos por tal idealización son también pequeños. Si se desearan conocer, además los esfuerzos de flexión, normalmente considerados como esfuerzos secundarios en las cerchas, las uniones pueden considerarse como uniones rígidas y el análisis puede desarrollarse de acuerdo con esto. Como lo representa el caso de la estructura de Cocucho, la cual al estar conectada en cumbrera por un ensamble en espiga le da continuidad estructural al sistema.

Así mismo en los *sistemas planos*, los elementos están unidos entre sí por nudos rígidos lo mismo que por articulaciones sin rozamientos y las cargas se aplican tanto en los nudos como en los elementos. Las rigideces a la flexión de estos elementos normalmente son grandes comparadas con las de las cerchas. Los elementos no están sujetos a torsión, pues la estructura y las cargas están en el mismo plano.

Los anteriores tipos de estructuras podrán ser analizados por dos tipos diferentes de métodos matriciales denominados:

- **método de rigidez** (desplazamientos) y
- **método de flexibilidad** (fuerzas).²⁹

Por lo que respecta al método del elemento finito, este es propuesto para ser utilizado en la situación de la transmisión de la carga al muro. El método del elemento finito considera que el sistema, para ser calculado, se divide en elementos aislados de dimensiones finitas, de tal forma que sea accesible a un estudio previo del estado deformado de ellos en tensión bajo la acción de la carga y los esfuerzos de interacción entre los elementos, donde se pueda hallar la dependencia entre las fuerzas de interacción y sus respectivos desplazamientos.³⁰

Las condiciones consideradas en el cálculo, de acople de los elementos finitos para los elementos de análisis, así como las condiciones de apoyo y equilibrio, se preparan solamente en los sitios fijados, denominados nudos que para este caso lo constituyen las condiciones de apoyo³¹, que considera que sean conocidas las cargas que actúan sobre el muro, para en función de estar en posibilidades de determinar el punto exacto en el ancho del muro en el cual es posible absorber la componente horizontal por medio de un mecanismo de transmisión. La conceptualización del problema consiste en lo siguiente: dada una carga

²⁹ También se conocen como los métodos de equilibrio y compatibilidad, respectivamente.

³⁰ Kiseliov, V. A. *Mecánica de construcción*, tomo 1, Moscú, Editorial Mir, 1976, p. 267.

³¹ *Ibidem*. p. 268.

cualquiera determinar en que punto de transmisión esta es aplicada para alcanzar el objetivo planteado inicialmente. Utilizando condiciones de equilibrio, deformación y esfuerzos.

4.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Congruente con la realidad de que las estructuras se deforman, estas deben ser analizadas con este criterio de deformación, para lo que se propone el empleo del método de rigidez, ya que su característica principal es estar fundado en los desplazamientos de las estructuras (verticales, horizontales y giros). Desplazamientos que, en las estructuras de los edificios religiosos, se manifiestan en forma muy notoria. Por lo que los conceptos del análisis estructural deben extrapolarse tendiendo a la aplicación en estructuras de concepción analítica diferente, pero necesariamente deban converger a un punto común; por lo que la factibilidad de ser analizadas con herramientas analíticas contemporáneas deberá ser la premisa a considerar en estos casos, así como la interpretación de su concepción primaria. Aquí se expondrán brevemente los fundamentos del método de rigidez, y su total fundamentación se localiza en el **anexo A**.

El método de rigidez hace uso de la computación como una herramienta, que utilizada por un usuario pueda optimizar la solución de problemas complejos, ya que el método contempla la solución de un gran número de ecuaciones simultáneas mediante el empleo de matrices de transformación, que implican gran demanda de memoria en una computadora. Ya que el pensar en resolver una estructura muy elemental por este medio en forma manual, resulta prácticamente imposible. De otra forma, el empleo de esta herramienta puede mostrar las opciones que sobre un proyecto deban considerarse, esto es que pueden variar las cargas, condiciones de apoyo, incluso la geometría de la estructura, que puede considerarse afectada por deterioros diversos, que impliquen considerarla no a su sección total, sino a un porcentaje que tome en cuenta los factores que causan esta consideración, como son los deterioros, dejando a las demás matrices como constantes. Esta posibilidad de diversas opciones de análisis de la estructura, mediante el empleo del método de rigidez, para la restauración, resulta de gran valor, ya que mediante estos recursos se deben mostrar, en forma objetiva y clara, acciones que sobre el patrimonio sean necesarias tomar para preservar el bien cultural.

Caso específico, lo refiere el programa para calcular estructuras, su nombre es **Mar-Plan**, programa que permite analizar marcos planos, empleando el método de rigidez. Este programa no es el utilizado en el análisis de los casos de estudio, pero si ejemplifica la metodología del empleo del software que se empleará.

La metodología de empleo del programa es la siguiente:

- La estructura debe referirse a un sistema de referencia.- En general se tienen dos sistemas de referencia, uno llamado local para poder referirnos

a cada elemento y otro llamado sistema global, que será el que se utilice para hablar en su totalidad de todo el sistema estructural.

- Debe obtenerse la matriz de rigidez de cada elemento: el programa permite calcular la matriz de rigidez tomando en cuenta las deformaciones por fuerza axial, fuerza cortante y momento flexionante.
- El programa calcula la matriz de continuidad "a" de cada elemento que es la matriz de rigidez de cada elemento del sistema local al sistema global. Posteriormente el programa realiza el triple producto matricial $a^t ka$, y ensambla la matriz de rigidez global de la estructura.
- El programa trabaja barras que soportan carga uniformemente distribuida y calcula las fuerzas y momentos de empotramiento y los suma al vector de cargas nodales. Una vez que se han calculado los elementos mecánicos en las barras, se hace la superposición con las fuerzas y momentos de empotramiento para obtener los elementos mecánicos definitivos en cada barra.
- Una vez que el programa calcula o ensambla la matriz de rigidez global de la estructura, el programa resuelve el sistema.

$$F = kd$$

Es decir, calcula los desplazamientos nodales utilizando el método de Gauss-Jordán, para triangular la matriz K y resuelve el sistema de ecuaciones por el método de sustitución regresiva.

Una vez calculados los desplazamientos, se calculan las deformaciones en los extremos de cada barra, empleando las ecuaciones de continuidad.

$$e = ad$$

Finalmente se calculan los elementos mecánicos en los extremos de cada barra, haciendo el producto matricial.

$$P = ke$$

Un caso particular que considera el programa es el que se pueda liberar uno o más grados de libertad en los extremos de las barras, por lo cual es necesario condensar la matriz de rigidez de la barra en cuestión. Otro caso particular es que se pueden considerar apoyos elásticos. Situación que se observa en la disposición de la viga de arrastre con la corona del muro al ubicarse maderas perpendiculares a la viga de arrastre, lo que define el tipo de apoyos elásticos que ocasiona grandes desplazamientos verticales a la estructura de madera, lo que puede explicar las grandes deformaciones presentes en las estructuras de los edificios objeto de estudio.

De las consideraciones anteriormente expuestas se aprecia que para el análisis de las estructuras de los edificios religiosos el método propuesto es el de rigidez, el cual considera que los siguientes principios son válidos.

- ✓ Linealidad
- ✓ Superposición
- ✓ Equilibrio
- ✓ Compatibilidad
- ✓ Condiciones de contorno

Sin introducir ciertas condiciones en los contornos, los problemas estructurales, como muchos otros problemas físicos, no se consideran enteramente definidos. Estas condiciones se especifican o en función de fuerzas (fuerzas en los nudos o en los elementos) o en función de desplazamientos, como los asentamientos en los apoyos y los apoyos mismos, es decir especifica la forma en que una estructura está apoyada y su efecto sobre esta. Es decir, si se puede determinar el tipo de apoyo³² y la acción que este produce sobre el estado de esfuerzos en la estructura se estará en posibilidad de dictaminar más certeramente el estado de conservación o deterioro presente³³ en las estructuras de madera.

Por lo anteriormente expuesto, se aprecia que la respuesta correcta a cualquier problema estructural es aquella que satisface las tres condiciones siguientes: condición de equilibrio, de compatibilidad y de contorno. Además de las anteriores, debe considerarse implícitamente la siguiente condición que es la que corresponde a la unicidad de las soluciones.

³² En el presente trabajo, por apoyo se considera a la unión de la viga de arrastre en el coronamiento del muro con las vigas del techo que forman el alero.

³³ Santanley J., Rabuia. *op. cit.*, pp. 4 -5.

CONCLUSIONES

Los edificios religiosos ubicados en la zona de estudio son considerados como testimonios del aporte tecnológico de una época, cuya construcción muestra el tipo de adelanto manifiesto a través de los materiales y los sistemas constructivos. Esos edificios que en su época fueron utilitarios, en nuestro tiempo además de cumplir sus funciones de culto son considerados como monumentos y por tanto pasan a formar parte del patrimonio tangible de la cultura Purepécha, aunque como lo hemos mencionado en el corpus del presente trabajo son producto del encuentro de dos culturas, donde la mano de obra indígena haciendo uso de los materiales regionales y del dominio de la técnica constructiva construyeron los edificios presentes en la zona de estudio, mismos que ahora son testimonio de una nueva ideología de aquella época.

Formalmente estas grandes masas de piedra y madera lograron impactar el contexto, pues físicamente se convirtieron en volúmenes referenciales y ejes a través de los cuales deberá referirse la traza de los poblados. El empleo de materiales y sistemas constructivos similares empleados en la construcción de estos edificios, se considera como una regionalización en su uso, resultando en una tipología del medio construido que los caracteriza.

La estructuración que éstos presentan, resuelve satisfactoriamente las condiciones de estabilidad del edificio, tanto en condiciones ordinarias como en condiciones extraordinarias, sin embargo en la actualidad debido a varios factores como la antigüedad, la incidencia de agentes biológicos, ambientales, así como un mínimo mantenimiento, y la intervención del hombre –en muchos casos con pocos conocimientos sobre la restauración de este tipo de edificios- ha ocasionado que muchas veces se deteriore más el objeto arquitectónico.

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación se han mostrado las características constructivas y propiedades estructurales de los edificios objeto de estudio, así como los diversos factores que los afectan razón por la cual se plantearon preguntas de investigación, se trazó un objetivo y se plantearon hipótesis que trataran de ubicar la problemática presente que estos manifiestan, lo cual se soporta utilizando métodos estructurales que dan respuesta a estas y que además muestran las condiciones imperantes en la estructura del edificio.

Bajo estas consideraciones los resultados obtenidos por el método de rigidez responden a preguntas tales como la disposición de los apoyos y la forma en que estos se conectan, por lo que respecta a la utilización del método del elemento finito, éste muestra resultados que responden al efecto que el muro manifiesta producto de la componente horizontal, la cual se presenta como un esfuerzo de tensión en los vértices del muro, en el que se presentan deformaciones y agrietamientos sin la participación del peso propio del muro, el cual participa incrementando la inercia del edificio en solicitaciones dinámicas únicamente.

Por lo anterior se puede considerar producto del análisis que la condición de apoyo es del tipo fijo, ya que las deformaciones alcanzadas con esta consideración son las que más se aproximan a las existentes en la estructura, la presencia de esta reacción horizontal como una carga sostenida sobre el muro incrementada por efectos de deformación de la estructura, favorece la presencia de esfuerzos y deformaciones sobre el muro. Estos análisis efectuados sobre los edificios en estudio que se fundamentan en dos métodos analíticos que se complementan ha sido el objetivo de la presente investigación para lo cual se han considerado las características propias del material tales como fracturas (rajaduras), ataque por polilla, deterioros por conectividad los cuales disminuyen la resistencia de los elementos. Como pudo apreciarse en la aplicación de los modelos analíticos con la realidad presente en la estructura de los edificios religiosos, estos responden satisfactoriamente a este modelo, es decir no se consideran suposiciones que simplifiquen el análisis.

Los resultados obtenidos contestan ampliamente a las cuestiones inicialmente planteadas, por lo que la vertiente de toma de decisiones deberá girar en torno a aspectos estructurales, formales y ambientales.

Por lo tanto su puesta en marcha deberá fundamentarse en un criterio analítico y teórico fundamentado en la teoría del restauro, en el criterio de *respeto a la segunda historia*.

Las estructuras de madera deben preservarse, mediante dos aspectos que deben realizarse:

- 1) Integrando elementos de madera que optimicen el trabajo estructural.
- 2) Mejoras en el sistema constructivo sin alterar la disposición geométrica de la estructura.

Si producto de este análisis, se admite que la estructura debe modificarse, la carta del restauro admite este concepto, ya que el Art. 7, fracción 4ª manifiesta *“se admiten modificaciones o inserciones de carácter sustentante y de conservación en la estructura interna o en el estrato o soporte”*.¹² Por supuesto, se considera que la estructura deberá tener estas adiciones que deberán alterar inevitablemente la percepción formal de la estructura de madera, pero en su acción mínima, como son los extremos.

Los mismos términos los refiere la carta de Venecia en su Art. 10, que manifiesta que si es necesario consolidar, este trabajo sea hecho con técnicas modernas,¹³ para lo cual se aprovecha la disposición de las dos vigas inclinadas existentes, las cuales se pueden hacer trabajar en colaboración, ya que se puede implementar un sistema de armadura en los extremos. Dicho concepto de armadura es de concepción contemporánea y se da con el uso del acero. Es decir las armaduras

¹² *Ibidem*. p. 133.

¹³ Carta de Venecia, *op. cit.* p. 18.

trabajan a base de riostras y triangulan el espacio rigidizando a los elementos a los cuales concurren formando nudos.¹⁴

En contrapartida la estructuración de los edificios religiosos es de concepción simple ya que presentan en su estructura extremos libres¹⁵, características estas que hacen que sea fácilmente visible la inserción de estos elementos dentro del conjunto, ya que es muy notorio el trabajo estructural de ambos, otra característica se da en la diferenciación del sistema constructivo de ambos, característica esta que recomienda la carta de Venecia en su Art. 12.¹⁶

Asimismo los elementos propuestos para optimizar el trabajo estructural por su propia disposición y que al colocarse en una zona crítica y notoriamente visible como es la zona próxima a la corona del muro o borde libre de la estructura de madera,¹⁷ constructivamente muestran el sello de la época, marcando por este hecho una nueva diferenciación.

La conservación y buen uso de estos edificios representa el encuentro con la conciencia histórica, ya que los edificios religiosos ubicados en la sierra Purépecha representan para los habitantes del lugar un signo de identidad, que manifiesta el núcleo sobre el cual gira la vida social de estas comunidades.

¹⁴ Kiseliou, *op. cit.* pp. 145-146.

¹⁵ Meli, Roberto, *op. cit.* p. 93.

¹⁶ Carta de Venecia, *op. cit.* p. 18.

¹⁷ Brandi, Cesare. *op. cit.* p. 30.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Beltrán, Gonzalo. "Memorias del Instituto Nacional Indigenista" Vol. III, en *Problemas de la población indígena de la cuenca del Tepalcatepec*, México, 1952.

Alvarez-Icaza, *et al.*, "Los Umbrales del Deterioro", en *Dinámica y uso de los Recursos Forestales de la región Purépecha*, México, Friedri EberStiftung, 1993.

Beltrán, Ulises, *et al.*, *El Michoacán Antiguo*, Zamora, El Colegio de Michoacán-Gobierno del Estado de Michoacán, 199

Bravo Ugarte, José. *Historia Sucinta de Michoacán*, 2ª Edición, Morelia, Morevallado Editores, 1993.

Bravo Ugarte, José. *Inspección ocular en Michoacán*, México, Editorial JUS, 1960.

Díaz Berrio, Salvador. (Traducción). *Carta Internacional de Venecia*, ICOMOS -UNESCO, México, Universidad de Guanajuato, 1968.

Colindres Selva, Rafael. *Estructuras hiperestáticas*, México, Limusa, 1984.

Corona Núñez, José. (Estudio Preliminar). *Relación de Michoacán*, México, Balsal Editores, 1977.

Echeverría y Veytia, M. F., *Historia de la Fundación de la Ciudad de Puebla de los Ángeles en la Nueva España*, Vol. I.

Escobar, Fray Matías. Americana Thebaida. *Crónica de la Provincia Agustiniiana de Michoacán*, Morelia, Basal Editores. Colección Testimonios y Documentos, 1970.

Feilden, Bernard M. *Conservation of historic buildings butterworth architecture*, Chicago, Btterworth-Heinemann Ltd, 1994

Garibay, Claudio, *et al.*, *Programa de Desarrollo Regional de la Meseta Purépecha, Municipios de la Región Purépecha 1996-1998*, Pátzcuaro, Ed. Letrasuelta, 1998.

Guerrero Baca, Luis F., *et al.*, *Estudios de tipología arquitectónica*, México, UAM-Azcapotzalco, 1998.

INEGI-SPP 1986.

Kardestuner, Hayrettin. *Introducción al análisis estructural con matrices*, México, Ed. Mcgraw- Hill, 1975.

Kiseliov, V. A. *Mecánica de construcción*, tomo 1, Moscú, Editorial Mir, 1976.

Kubler, George. *Arquitectura mexicana del siglo XVI*, México, Fondo de Cultura Económica, 1983.

López Guzmán, Rafael. *et. al.*, *Arquitectura y Carpintería Mudéjar en Nueva España*, Italia, Grupo Azabache, (col. Arte Novohispano), 1992.

Mc Cormac, Jack C. *Diseño de Estructuras Metálicas*, México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1972.

Martínez de Lejarza, Juan José. *Análisis Estadístico de la Provincia de Michoacán en 1822*, Morelia, Fimax Publicistas, 1974.

Masera, Omar. *Dinámica y uso de los recursos forestales de la región purépecha. El papel de las Pequeñas empresas artesanales*, México, Ed. Gira, 1998.

Mas-Porras, J. *Evolución de los recursos forestales hacia el año 2000*, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1992.

Medina, Alberto, *et al.*, *Fiestas de Michoacán*, Morelia, SEP, 1986.

Mejía Ramírez, Joaquín. *Análisis de Estructuras Elásticas por Métodos Energéticos*, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Escuela de Ingeniería Civil, 1984.

Meli, Roberto. *Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*, México, Fundación ICA, 1990.

Muriel, Josefina. *Hospitales de la Nueva España*, México, UNAM, 1991.

Navarrete, Nicolás. O.S.A. *Historia de la Provincia Agustiniana de San Nicolás Tolentino de Michoacán*, México, Editorial Porrúa, 1978.

Paredes Martínez, Carlos, (Director General). *Arquitectura y espacio social en poblaciones purépechas de la época colonial*, Morelia, UMSH-IIH-UKJ-CIESAS, 1998.

Prado Núñez, Ricardo. *Procedimiento de Restauración y Materiales, protección y conservación de edificios artísticos e históricos*, México, Ed. Trillas, 1995.

Reglamento de Construcciones, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas, SAHOP, 1990.

Martínez de Lejarza, Juan José. *Análisis Estadístico de la Provincia de Michoacán en 1822*, Morelia, Fimax Publicistas, 1974.

Robles Fernández, Francisco, *et. al.*, *Estructuras de madera*, México, Editorial Limusa, 1993.

Santanley J. Rabuia. *Historical Buildings, Restoration, preservation, and adaptive Reuse*, New York, John Wiley & Sons, 2000.

Torres Garibay, Luis Alberto. *Michoacán Cubiertas de Madera en Inmuebles Eclesiásticos de la Cuenca Lacustre de Pátzcuaro*, Morelia, Morevallado Editores, Morelia, 2002.

Toussaint, Manuel. *Arte Colonial en México*, México, UNAM-IIIE, 1974.

REPORTES Y OTROS DOCUMENTOS

Catálogo de Monumentos Muebles e Inmuebles de Propiedad Federal,
Reg. CNCA, No. 000526.

Catálogo de Monumentos Muebles e Inmuebles de Propiedad Federal,
Reg. CNCA, No. 000679.

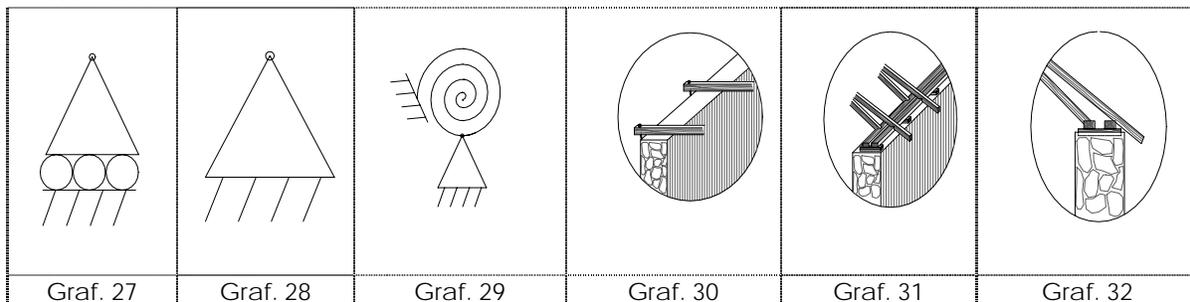
Méndez Flores, Francisco. *Reporte emitido ante las instancias correspondientes por la Asociación Adopte una Obra de Arte A. C.* Uruapan, Mich., Feb. 2002.

ANÁLISIS Y REVISIÓN ESTRUCTURAL POR EL MÉTODO DE RIGIDEZ DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Con los antecedentes mostrados y empleando un software que considera a la estructura en forma plana y las propiedades de los materiales (elementos prismáticos), modulo de elasticidad **E**, el cual dependerá del tipo de madera, la calidad de ésta, la cual incluye el estado de conservación.

Así mismo se puede considerar el tipo de carga al cual estará sometido determinado elemento, asignándole inmediatamente esta carga, el programa considera la conexión entre elementos restringiendo a unos y liberando a otros que por su disposición son susceptibles de ello, caracteriza así mismo la ubicación de los apoyos con su particular disposición dentro del conjunto, por supuesto el programa considera los tipos de carga impuestas sobre la estructura. Una propiedad del programa es que trabaja en base a coordenadas por lo que en determinadas ocasiones puede corregir la geometría de la estructura a nivel de levantamientos previos al análisis, en la entrada de datos el programa considera el que los nudos y las barras sean numeradas en forma secuencial preferentemente para evitar errores en la interpretación de resultados.

Condiciones de apoyo de las estructuras



Análisis estructural de la cubierta **del templo de Aranza.**

Determinación de las cargas gravitacionales:

Peso de teja	_____	50.0 kg/m ² .
Fajilla 4" x 1" x 16'	_____	15.0 kg/m ² .
Carga viva (pendiente mayor de 5%)		30.0 kg/m ²
Total		95.0 kg/m ² .

A continuación se presenta el archivo y resultados del análisis:

STAAD PLANE ARANZA

INPUT WIDTH 72

UNIT METER MTON

JOINT COORDINATES

1	0.000	0.000	0.000
2	1.000	0.000	0.000
3	2.000	0.000	0.000
4	6.650	0.000	0.000
5	7.650	0.000	0.000
6	8.650	0.000	0.000
7	1.000	0.763	0.000
8	7.650	0.763	0.000
9	2.000	1.526	0.000
10	6.650	1.526	0.000
11	4.325	3.300	0.000
12	1.763	0.763	0.000
13	2.526	1.526	0.000
14	6.124	1.526	0.000
15	6.887	0.763	0.000

MEMBER INCIDENCES

1	1	7
2	7	9
3	9	11
4	11	10
5	10	8
6	8	6
7	2	7
8	3	9
9	4	10
10	5	8
11	2	12
12	12	13
13	13	11
14	11	14
15	14	15
16	15	5
17	13	14
18	12	15
19	3	11
20	11	4
21	1	2
22	2	3
23	3	4
24	4	5
25	5	6

UNIT CM KG

```

MEMBER PROPERTY AMERICAN
1 TO 6 PRI YD 13.8
7 TO 10 PRI YD 15.24 ZD 9.144
11 TO 16 19 20 PRI YD 25.4 ZD 13.72
17 18 PRI YD 10.16 ZD 4.57
21 TO 25 PRI YD 30.48 ZD 18.29
MEMBER RELEASE
3 13 19 END MZ
4 14 20 START MZ
MEMBER TENSION
17 18
MEMBER TRUSS
7 TO 16 19 20
CONSTANT
E 55000 ALL
DENSITY 0.0009 ALL
SUPPORT
1 2 5 6 PINNED
LOAD 1 CARGA MUERTA + CARGA VIVA
SELFWEIGHT Y -1.
MEMBER LOAD
1 TO 6 UNI GY -0.57
PERFORM ANALYSIS
PRINT MEMBER PROPERTIES ALL
PRINT MEMBER INFORMATION ALL
PRINT ANALYSIS RESULTS
FINISH
    
```

MEMBER PROPERTIES. UNIT - CM

MEMB	PROFILE	AX/	IZ/	IY/	IX/
		AY	AZ	SZ	SY
1	PRISMATIC	149.57	1780.26	1780.26	3560.51
		149.57	149.57	258.01	258.01
2	PRISMATIC	149.57	1780.26	1780.26	3560.51
		149.57	149.57	258.01	258.01
3	PRISMATIC	149.57	1780.26	1780.26	3560.51
		149.57	149.57	258.01	258.01
4	PRISMATIC	149.57	1780.26	1780.26	3560.51
		149.57	149.57	258.01	258.01
5	PRISMATIC	149.57	1780.26	1780.26	3560.51
		149.57	149.57	258.01	258.01
6	PRISMATIC	149.57	1780.26	1780.26	3560.51

	149.57	149.57	258.01	258.01	
7 PRISMATIC	139.35	2697.16	970.98	2408.10	
	139.35	139.35	353.96	212.38	
8 PRISMATIC	139.35	2697.16	970.98	2408.10	
	139.35	139.35	353.96	212.38	
9 PRISMATIC	139.35	2697.16	970.98	2408.10	
	139.35	139.35	353.96	212.38	
10 PRISMATIC	139.35	2697.16	970.98	2408.10	
	139.35	139.35	353.96	212.38	
11 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
12 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
13 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
14 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
15 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
16 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
19 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
20 PRISMATIC	348.49	18735.72	5466.52	14386.11	
	348.49	348.49	1475.26	796.87	
21 PRISMATIC	557.48	43159.25	15540.73	38539.66	
	557.48	557.48	2831.98	1699.37	
22 PRISMATIC	557.48	43159.25	15540.73	38539.66	
	557.48	557.48	2831.98	1699.37	
23 PRISMATIC	557.48	43159.25	15540.73	38539.66	
	557.48	557.48	2831.98	1699.37	
24 PRISMATIC	557.48	43159.25	15540.73	38539.66	
	557.48	557.48	2831.98	1699.37	
25 PRISMATIC	557.48	43159.25	15540.73	38539.66	
	557.48	557.48	2831.98	1699.37	

MEMBER INFORMATION

MEMBER	START	END	LENGTH	BETA	
	JOINT	JOINT	(CM)	(DEG)	RELEASES

1	1	7	125.784	0.00	
2	7	9	125.784	0.00	
3	9	11	292.450	0.00	000000000001

4	11	10	292.450	0.00	000001000000
5	10	8	125.784	0.00	
6	8	6	125.784	0.00	
7	2	7	76.300		TRUSS
8	3	9	152.600		TRUSS
9	4	10	152.600		TRUSS
10	5	8	76.300		TRUSS
11	2	12	107.904		TRUSS
12	12	13	107.904		TRUSS
13	13	11	252.655		TRUSS
14	11	14	252.655		TRUSS
15	14	15	107.904		TRUSS
16	15	5	107.904		TRUSS
19	3	11	403.678		TRUSS
20	11	4	403.678		TRUSS
21	1	2	100.000	0.00	
22	2	3	100.000	0.00	
23	3	4	465.000	0.00	
24	4	5	100.000	0.00	
25	5	6	100.000	0.00	

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT LOAD X-TRANS Y-TRANS Z-TRANS X-ROTAN Y-ROTAN Z-ROTAN

1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
3	1	0.0006	-0.0306	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0004
4	1	-0.0006	-0.0306	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
5	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
6	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	1	-0.0030	-0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
8	1	0.0030	-0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002
9	1	0.0205	-0.0349	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0017
10	1	-0.0205	-0.0348	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017
11	1	0.0000	-0.0184	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	1	0.2442	-0.2495	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	1	0.3147	-0.3252	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	1	-0.3150	-0.3256	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	1	-0.2442	-0.2495	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
1	1	132.83	66.44	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	282.62	752.23	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	-282.64	752.25	0.00	0.00	0.00	0.00
6	1	-132.80	66.42	0.00	0.00	0.00	0.00

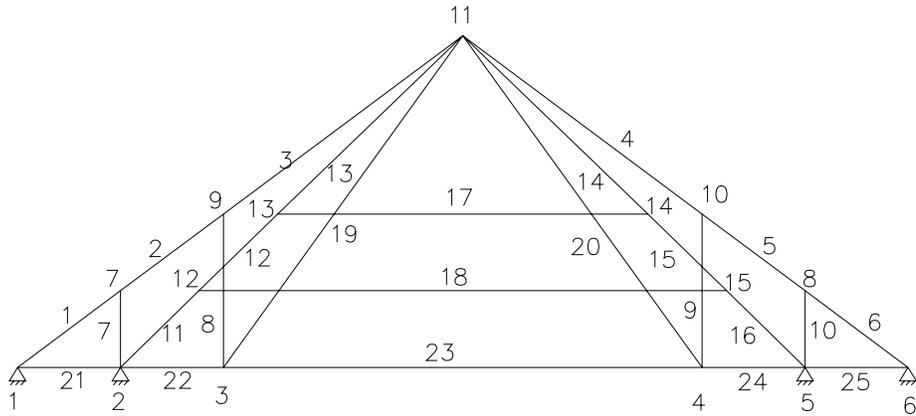
MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
1	1	1	199.21	42.12	0.00	0.00	0.00	1069.98
		7	-145.45	28.34	0.00	0.00	0.00	-203.85
2	7	1	169.79	3.55	0.00	0.00	0.00	203.85
		9	-116.02	66.91	0.00	0.00	0.00	-4188.62
3	9	1	240.51	96.23	0.00	0.00	0.00	4188.62
		11	-115.51	67.59	0.00	0.00	0.00	0.00
4	11	1	115.47	67.59	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	-240.47	96.23	0.00	0.00	0.00	-4188.65
5	10	1	115.99	66.91	0.00	0.00	0.00	4188.64
		8	-169.75	3.55	0.00	0.00	0.00	-203.82
6	8	1	145.41	28.34	0.00	0.00	0.00	203.82
		6	-199.17	42.12	0.00	0.00	0.00	-1069.99
7	2	1	49.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-40.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	3	1	224.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		9	-205.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	4	1	224.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	-205.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	5	1	49.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		8	-40.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

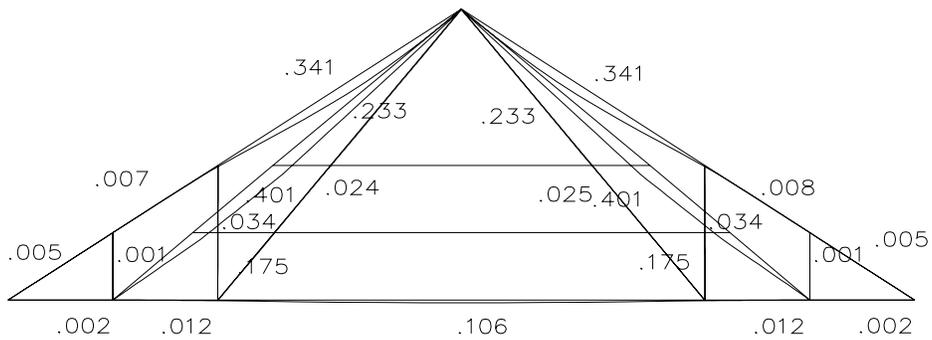
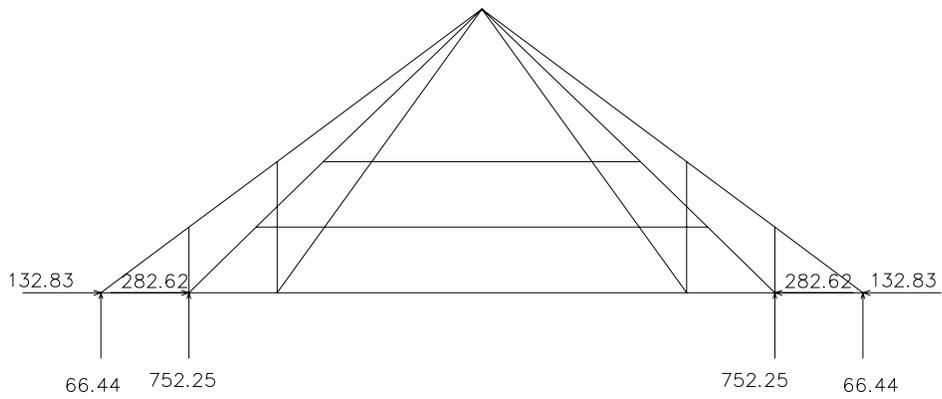
11	1	2	671.93	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
		12	-647.99	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
12	1	12	671.93	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
		13	-648.00	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
13	1	13	683.21	28.21	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	-627.57	28.21	0.00	0.00	0.00	0.00
14	1	11	627.63	28.21	0.00	0.00	0.00	0.00
		14	-683.27	28.21	0.00	0.00	0.00	0.00
15	1	14	648.05	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
		15	-671.98	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
16	1	15	648.05	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-671.98	11.97	0.00	0.00	0.00	0.00
19	1	3	-405.24	36.46	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	508.74	36.46	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1	11	-508.76	36.46	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	405.26	36.46	0.00	0.00	0.00	0.00
21	1	1	0.00	-87.89	0.00	0.00	0.00	-1069.98
		2	0.00	138.06	0.00	0.00	0.00	-10227.51
22	1	2	-184.04	80.90	0.00	0.00	0.00	10227.51
		3	184.04	-30.72	0.00	0.00	0.00	-4646.51
23	1	3	79.16	116.65	0.00	0.00	0.00	4646.52
		4	-79.16	116.65	0.00	0.00	0.00	-4647.11
24	1	4	-184.06	-30.71	0.00	0.00	0.00	4647.11
		5	184.06	80.88	0.00	0.00	0.00	-10226.83
25	1	5	0.00	138.05	0.00	0.00	0.00	10226.82
		6	0.00	-87.88	0.00	0.00	0.00	1069.99

ESTRUCTURA MODELADA :



Resumen de reacciones :

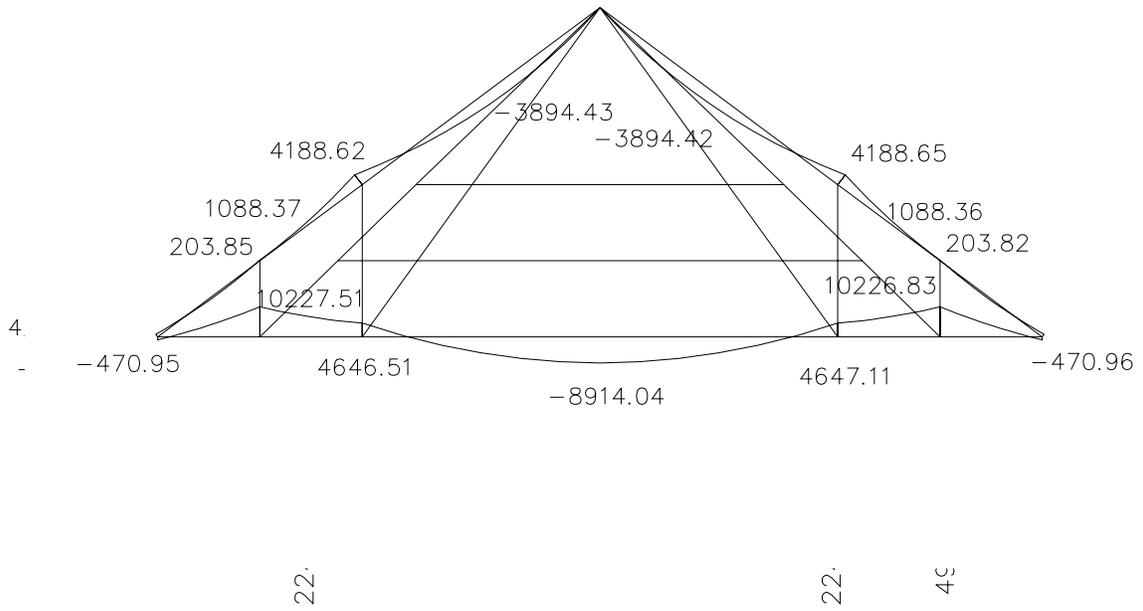
Condición (Carga muerta + carga viva)



Elementos mecánicos:

Carga axial

Cortante



Momento flexionante

Deflexiones : (E= 55000 kg/cm²)

Deflexiones : (E= 30000 kg/cm²)

Análisis estructural de la cubierta del templo de Cocucho.

Determinación de las cargas gravitacionales:

Peso de teja _____	50.0 kg/m ² .
Fajilla 4" x 1" x 16' _____	15 kg/m ² .
Carga viva (pendiente mayor de 5%) _____	30.0 kg/m ² .
Total _____	95.0 kg/m ² .

A continuación se presenta el archivo y resultados del análisis:

STAAD PLANE COCUCHO

INPUT WIDTH 72

UNIT METER MTON

JOINT COORDINATES

1	0.000	0.000	0.000
2	5.300	4.100	0.000
3	10.600	0.000	0.000
4	0.600	-0.550	0.000
5	10.000	-0.550	0.000
6	4.000	2.820	0.000
7	4.790	3.600	0.000
8	6.600	2.820	0.000
9	5.810	3.600	0.000

MEMBER INCIDENCES

1	1	2
2	2	3
3	4	6
4	6	7
5	7	2
6	2	9
7	9	8
8	8	5
9	7	9
10	6	8

UNIT CM KG

MEMBER PROPERTY AMERICAN

1 2 PRI YD 15.24 ZD 9.144

3 TO 8 PRI YD 15.24 ZD 13.716

9 10 PRI YD 15.24 ZD 3.43

MEMBER RELEASE

1 5 END MZ

2 6 START MZ

MEMBER TENSION
 9 10
 MEMBER TRUSS
 3 TO 8
 CONSTANT
 E 55000 ALL
 DENSITY 0.0009 ALL
 SUPPORT
 1 3 TO 5 PINNED
 LOAD 1 CARGA MUERTA + CARGA VIVA
 SELFWEIGHT Y -1.
 MEMBER LOAD
 1 2 UNI GY -0.95
 PERFORM ANALYSIS
 PRINT MEMBER PROPERTIES ALL
 PRINT MEMBER INFORMATION ALL
 PRINT ANALYSIS RESULTS
 FINISH

MEMBER PROPERTIES. UNIT - CM

MEMB	PROFILE	AX/	IZ/	IY/	IX/
		AY	AZ	SZ	
1	PRISMATIC	139.35	2697.16	970.98	2408.10
		139.35	139.35	353.96	212.38
2	PRISMATIC	139.35	2697.16	970.98	2408.10
		139.35	139.35	353.96	212.38
3	PRISMATIC	209.03	4045.74	3277.05	5636.91
		209.03	209.03	530.94	477.84
4	PRISMATIC	209.03	4045.74	3277.05	5636.91
		209.03	209.03	530.94	477.84
5	PRISMATIC	209.03	4045.74	3277.05	5636.91
		209.03	209.03	530.94	477.84
6	PRISMATIC	209.03	4045.74	3277.05	5636.91
		209.03	209.03	530.94	477.84
7	PRISMATIC	209.03	4045.74	3277.05	5636.91
		209.03	209.03	530.94	477.84
8	PRISMATIC	209.03	4045.74	3277.05	5636.91
		209.03	209.03	530.94	477.84

MEMBER INFORMATION

MEMBER	START JOINT	END JOINT	LENGTH (CM)	BETA (DEG)	RELEASES
--------	-------------	-----------	--------------	------------	----------

1	1	2	670.075	0.00	
2	2	3	670.075	0.00	
3	4	6	478.716		TRUSS
4	6	7	111.018		TRUSS
5	7	2	71.421		TRUSS
6	2	9	71.421		TRUSS
7	9	8	111.018		TRUSS
8	8	5	478.716		TRUSS

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
-------	------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0719
2	1	0.0000	-0.0275	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0719
4	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	1	0.3155	-0.3395	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	1	0.0740	-0.0998	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	1	-0.3155	-0.3395	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	1	-0.0740	-0.0998	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
-------	------	---------	---------	---------	-------	-------	-------

1	1	152.15	478.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1	-152.15	478.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1	254.31	297.10	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	-254.31	297.10	0.00	0.00	0.00	0.00

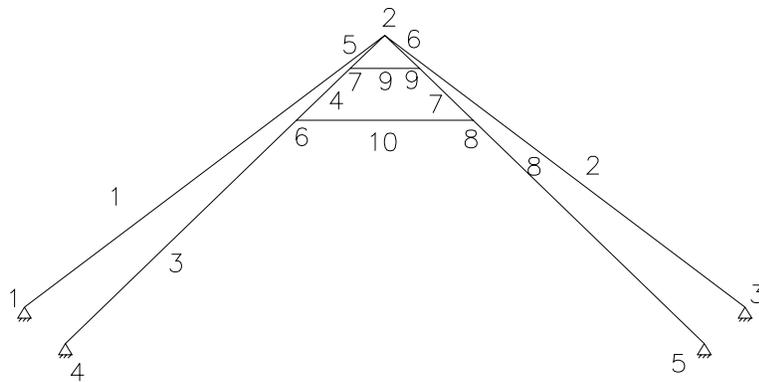
MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

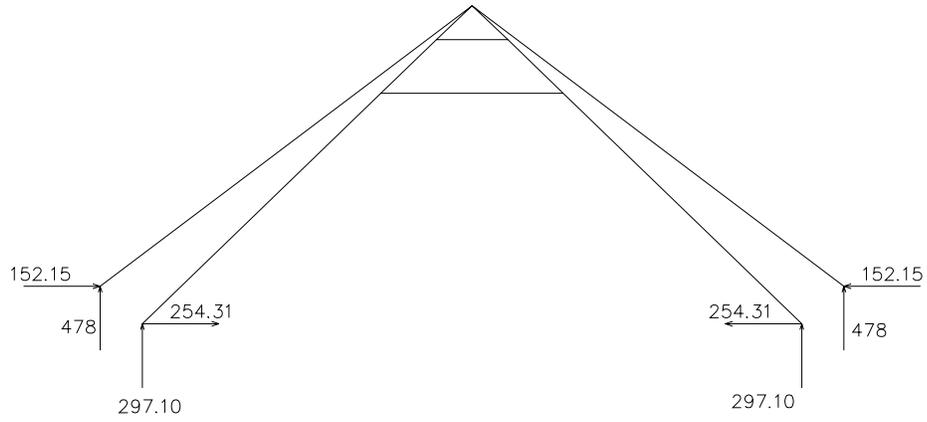
MEMBER	LOAD JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
--------	---------	-------	---------	---------	---------	-------	-------

1	1	1	412.82	284.99	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	28.10	284.99	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	2	-28.10	284.99	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	-412.82	284.99	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1	4	389.77	31.98	0.00	0.00	0.00	0.00
		6	-326.37	31.98	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1	6	364.72	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-350.05	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	7	360.85	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	-351.44	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00
6	1	2	351.44	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00
		9	-360.85	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00
7	1	9	350.05	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00
		8	-364.72	7.43	0.00	0.00	0.00	0.00
8	1	8	326.37	31.98	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-389.77	31.98	0.00	0.00	0.00	0.00

ESTRUCTURA MODELADA :

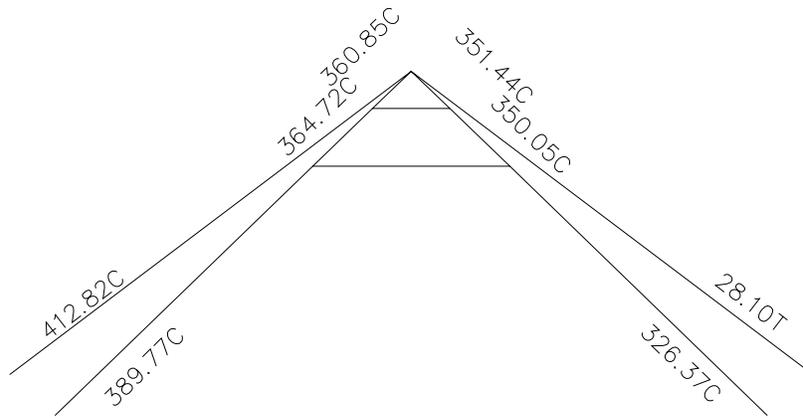


Resumen de reacciones :

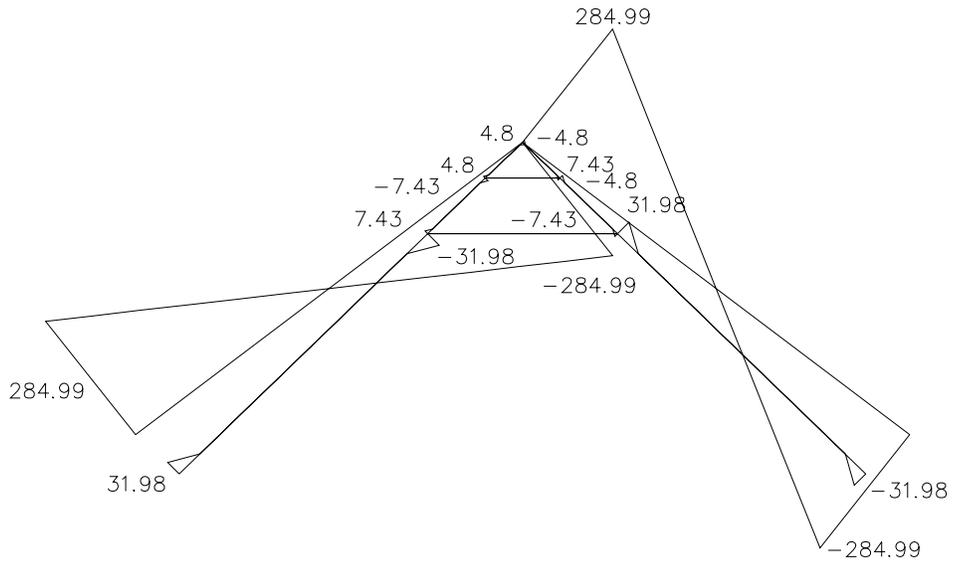


Elementos mecánicos, Condición (Carga muerta + carga viva):

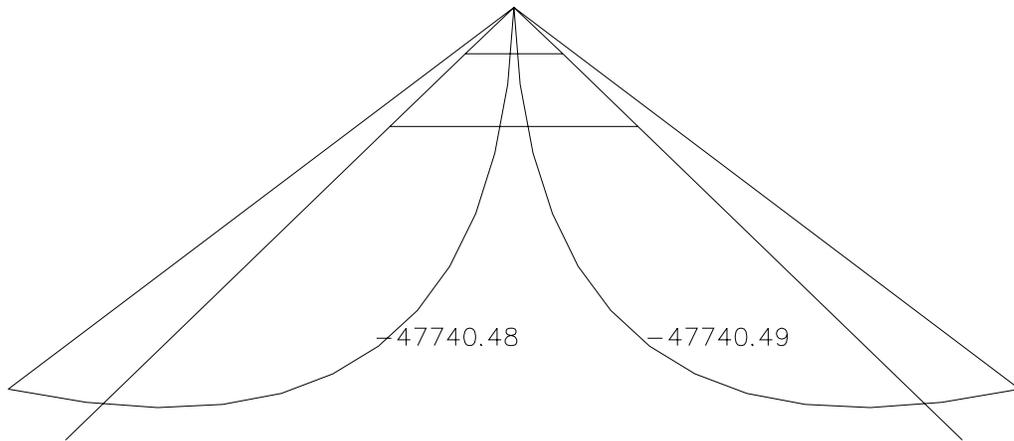
Carga axial



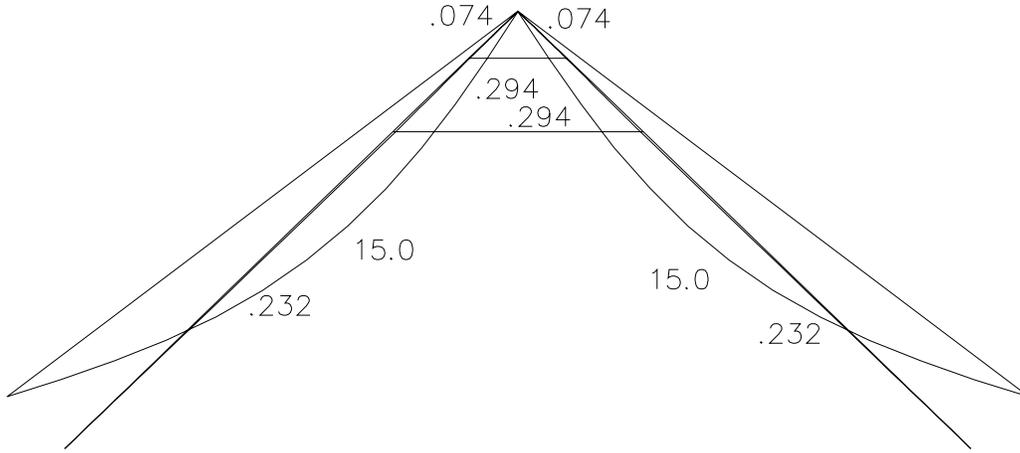
Cortante



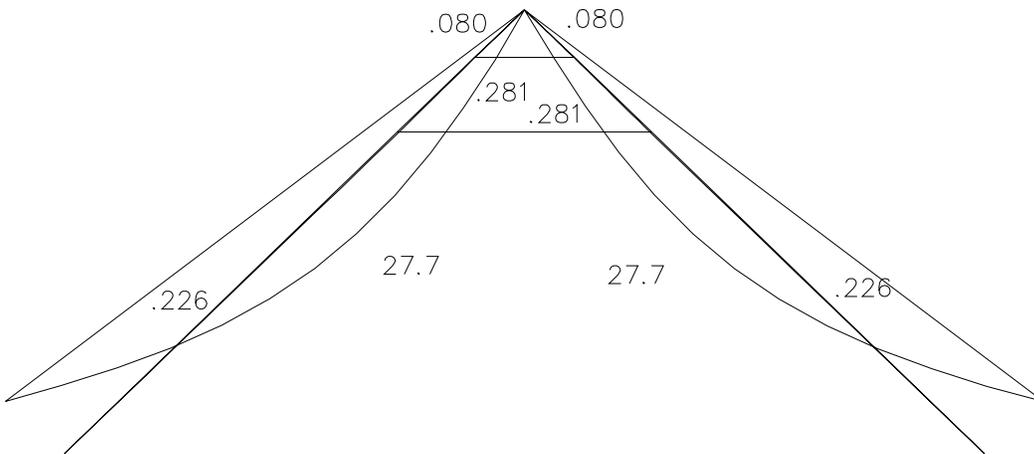
Momento flexionante



Deflexiones : (E= 55000 kg/cm²)



Deflexiones : (E= 30000 kg/cm²)



Análisis estructural de la cubierta **del templo del señor de los milagros.**

San Miguel Nurio, Municipio de Paracho, Mich.

Determinación de las cargas gravitacionales:

Lámina de asbesto 5 mm	_____	13.5 kg/m ² .
Fajilla 4" x 1" x 16'	_____	3.5 kg/m ² .
Carga viva (pendiente mayor de 5%)	_____	30.0 kg/m ² .
Total	_____	47.0 kg/m ² .

A continuación se presentan el archivo y resultados obtenidos:

1. STAAD PLANE TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, AGOSTO D

2. INPUT WIDTH 72

3. UNIT CM KG

4. JOINT COORDINATES

5.	1	0.000	0.000	0.000
6.	2	283.000	160.000	0.000
7.	3	680.000	385.000	0.000
8.	4	100.000	0.000	0.000
9.	5	341.000	160.000	0.000
10.	6	1019.000	160.000	0.000
11.	7	1077.000	160.000	0.000
12.	8	1260.000	0.000	0.000
13.	9	1360.000	0.000	0.000

14. MEMBER INCIDENCES

15.	1	1	2
16.	2	2	3
17.	3	4	5
18.	4	5	3
19.	5	3	6
20.	6	6	8
21.	7	3	7
22.	8	7	9
23.	9	2	5
24.	10	5	6
25.	11	6	7

26. MEMBER PROPERTY AMERICAN

27. 1 2 7 8 PRI YD 17.5 ZD 12.5

28. 3 TO 6 PRI YD 30. ZD 17.5

29. 9 TO 11 PRI YD 17.5 ZD 12.5

30. MEMBER RELEASE

- 31. 2 4 END MZ
- 32. 5 7 START MZ
- 33. CONSTANT
- 34. E 5.5E4 ALL
- 35. DENSITY 0.0009 ALL
- 36. SUPPORT
- 37. * APOYOS ARTICULADOS
- 38. 1 4 8 9 PINNED
- 39. PRINT MEMBER INFORMATION ALL
- 40. PRINT MEMBER PROPERTIES ALL
- 41. LOAD 1 PESO PROPIO
- 42. SELFWEIGHT Y -1.
- 43. LOAD 2 CARGA MUERTA + CARGA VIVA
- 44. SELFWEIGHT Y -1.
- 45. MEMBER LOAD
- 46. 1 2 7 8 UNI GY -0.57
- 47. PERFORM ANALYSIS
- 48. PRINT ANALYSIS RESULTS
- 49. FINISH

MEMBER INFORMATION

MEMBER	START JOINT	END JOINT	LENGTH (CM)	BETA (DEG)	RELEASES
1	1	2	325.098	0.00	
2	2	3	456.327	0.00	000000000001
3	4	5	289.277	0.00	
4	5	3	406.873	0.00	000000000001
5	3	6	406.873	0.00	000001000000
6	6	8	289.277	0.00	
7	3	7	456.327	0.00	000001000000
8	7	9	325.098	0.00	
9	2	5	58.000	0.00	
10	5	6	678.000	0.00	
11	6	7	58.000	0.00	

MEMBER PROPERTIES. UNIT - CM

MEMB	PROFILE	AX/ AY	IZ/ AZ	IY/ SY	IX/

1	PRISMATIC	218.75	5582.64	2848.28	6239.37
		218.75	218.75	638.02	455.73
2	PRISMATIC	218.75	5582.64	2848.28	6239.37
		218.75	218.75	638.02	455.73
3	PRISMATIC	525.00	39374.68	13398.33	33794.61
		525.00	525.00	2624.98	1531.24
4	PRISMATIC	525.00	39374.68	13398.33	33794.61
		525.00	525.00	2624.98	1531.24
5	PRISMATIC	525.00	39374.68	13398.33	33794.61
		525.00	525.00	2624.98	1531.24
6	PRISMATIC	525.00	39374.68	13398.33	33794.61
		525.00	525.00	2624.98	1531.24
7	PRISMATIC	218.75	5582.64	2848.28	6239.37
		218.75	218.75	638.02	455.73
8	PRISMATIC	218.75	5582.64	2848.28	6239.37
		218.75	218.75	638.02	455.73
9	PRISMATIC	218.75	5582.64	2848.28	6239.37
		218.75	218.75	638.02	455.73
10	PRISMATIC	218.75	5582.64	2848.28	6239.37
		218.75	218.75	638.02	455.73
11	PRISMATIC	218.75	5582.64	2848.28	6239.37
		218.75	218.75	638.02	455.73

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT LOAD X-TRANS Y-TRANS Z-TRANS X-ROTAN Y-ROTAN Z-ROTAN

1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0005
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0018
2	1	0.0159	-0.0347	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
	2	0.0288	-0.0692	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002
3	1	0.0000	-0.0168	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0000	-0.0297	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0004
5	1	0.0159	-0.0379	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002
	2	0.0279	-0.0643	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002
6	1	-0.0159	-0.0379	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
	2	-0.0279	-0.0643	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
7	1	-0.0159	-0.0347	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	2	-0.0288	-0.0692	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
8	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
9	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT LOAD FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM Z

1	1	107.89	85.36	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	303.10	264.98	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1	654.29	475.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1032.63	741.36	0.00	0.00	0.00	0.00
8	1	-654.29	475.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	-1032.63	741.36	0.00	0.00	0.00	0.00
9	1	-107.89	85.36	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	-303.10	264.98	0.00	0.00	0.00	0.00

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

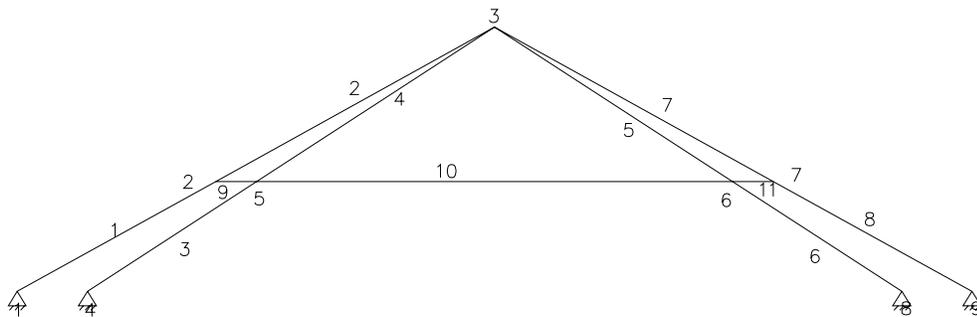
ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER LOAD JT AXIAL SHEAR-Y SHEAR-Z TORSION MOM-Y MOM-Z

1	1	1	135.93	21.21	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	-104.43	34.51	0.00	0.00	0.00	-2162.50
	2	1	394.27	81.50	0.00	0.00	0.00	0.00
		2	-271.57	135.53	0.00	0.00	0.00	-8782.96
2	1	2	153.78	48.25	0.00	0.00	0.00	4186.19
		3	-109.48	29.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	2	232.99	188.81	0.00	0.00	0.00	16693.21
		3	-60.44	115.64	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1	4	808.14	34.32	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-732.54	79.56	0.00	0.00	0.00	-6543.48
	2	4	1270.35	46.48	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-1194.75	67.39	0.00	0.00	0.00	-3023.83
4	1	5	164.83	87.78	0.00	0.00	0.00	3128.74
		3	-58.51	72.40	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	5	342.59	88.34	0.00	0.00	0.00	3356.63
		3	-236.28	71.84	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	3	58.51	72.40	0.00	0.00	0.00	0.00
		6	-164.83	87.78	0.00	0.00	0.00	-3128.73
	2	3	236.28	71.84	0.00	0.00	0.00	0.00
		6	-342.59	88.34	0.00	0.00	0.00	-3356.62

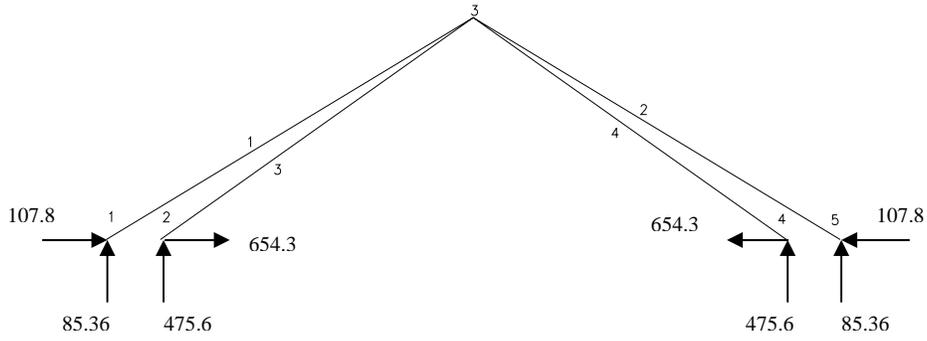
6	1	6	732.54	79.56	0.00	0.00	0.00	6543.47
		8	-808.14	34.32	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	6	1194.75	67.39	0.00	0.00	0.00	3023.82
		8	-1270.35	46.48	0.00	0.00	0.00	0.00
7	1	3	109.48	29.91	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-153.78	48.25	0.00	0.00	0.00	-4186.19
	2	3	60.44	115.64	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-232.99	188.81	0.00	0.00	0.00	-16693.20
8	1	7	104.43	34.51	0.00	0.00	0.00	2162.50
		9	-135.93	21.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	7	271.57	135.53	0.00	0.00	0.00	8782.96
		9	-394.27	81.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	1	2	-2.10	-96.45	0.00	0.00	0.00	-2023.69
		5	2.10	107.87	0.00	0.00	0.00	-3901.43
	2	2	193.50	-263.47	0.00	0.00	0.00	-7910.25
		5	-193.50	274.88	0.00	0.00	0.00	-7701.87
10	1	5	563.40	66.74	0.00	0.00	0.00	7316.17
		6	-563.40	66.74	0.00	0.00	0.00	-7316.17
	2	5	989.54	66.74	0.00	0.00	0.00	7369.07
		6	-989.54	66.74	0.00	0.00	0.00	-7369.07
11	1	6	-2.10	107.87	0.00	0.00	0.00	3901.44
		7	2.10	-96.45	0.00	0.00	0.00	2023.69
	2	6	193.50	274.88	0.00	0.00	0.00	7701.87
		7	-193.50	-263.47	0.00	0.00	0.00	7910.25

ESTRUCTURA MODELADA :

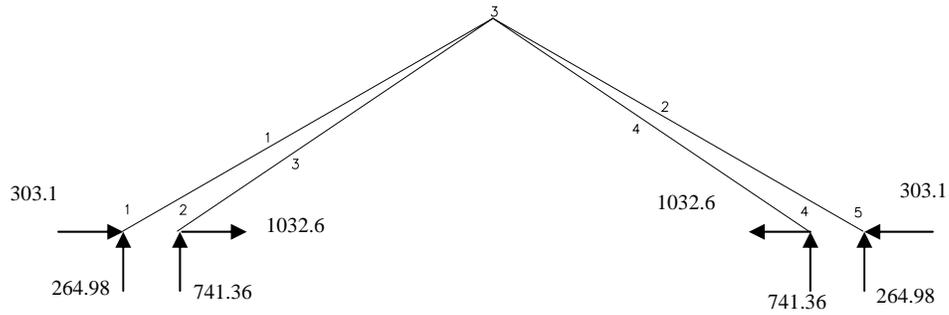


Resumen de reacciones :

Condición 1 (peso propio)

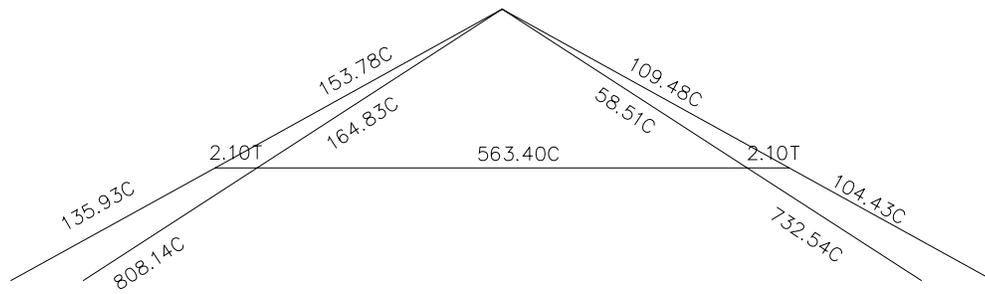


Condición 2 (Carga muerta + carga viva)

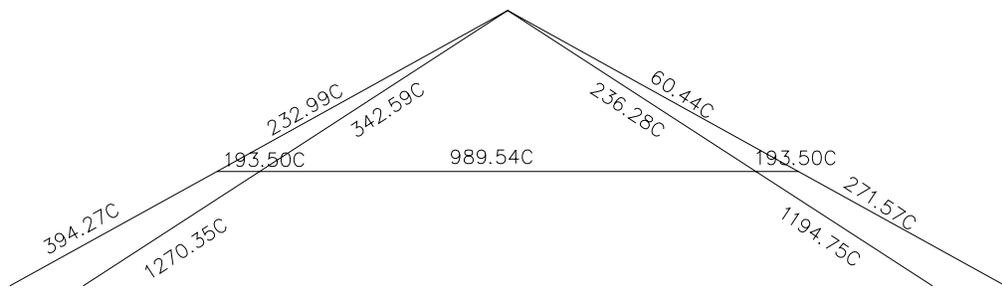


Elementos mecánicos :

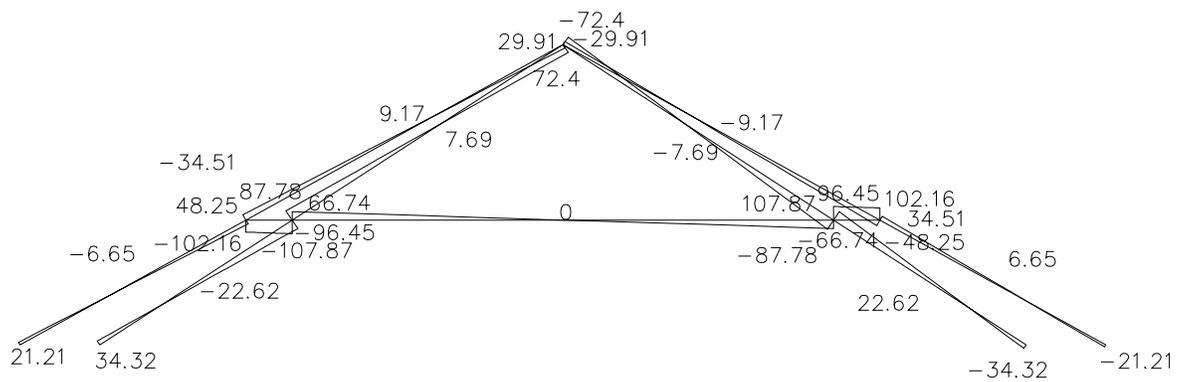
Fuerza Axial (Carga permanente)



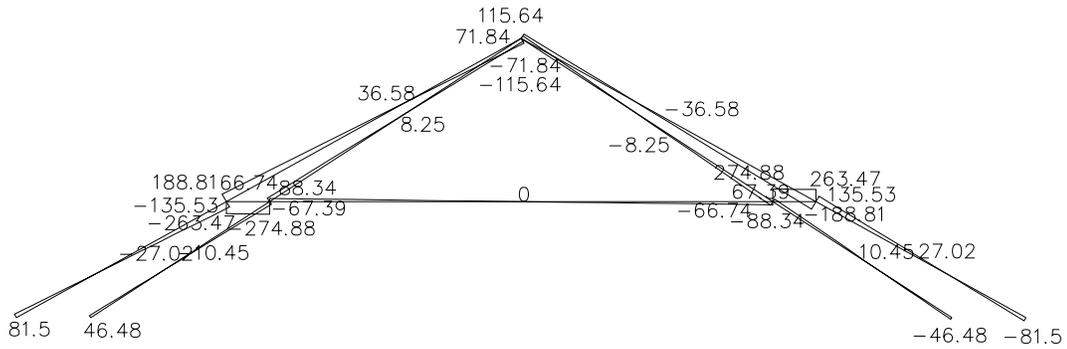
Fuerza axial (Carga permanente + Carga viva)



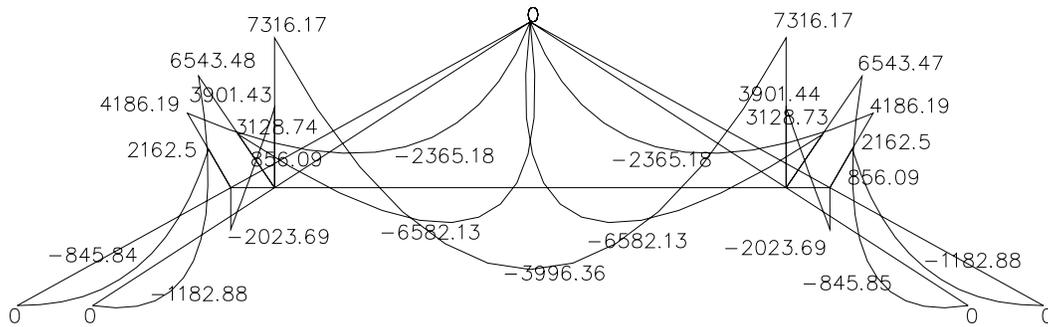
Cortante (Carga permanente)



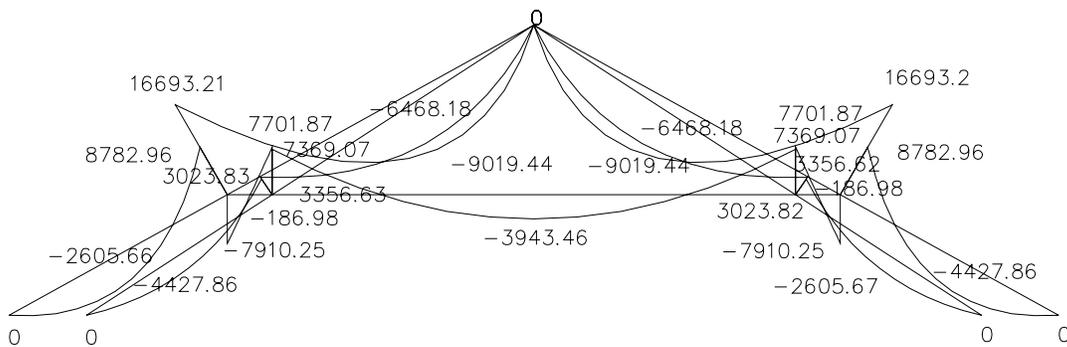
Cortante (Carga permanente + Carga viva)



Momento Flexionante (Carga permanente)

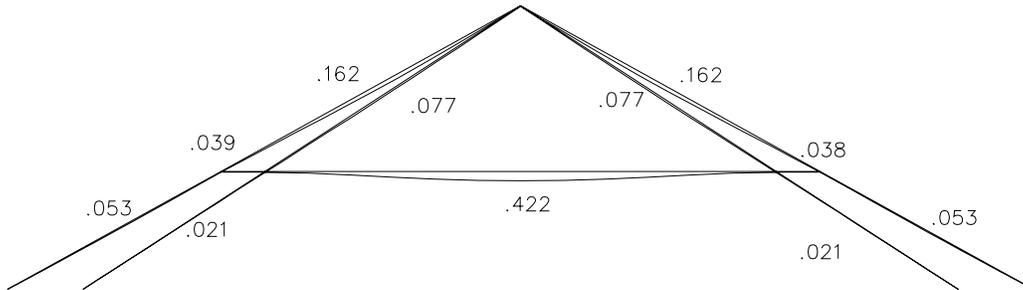


Momento Flexionante (Carga permanente + Carga viva)

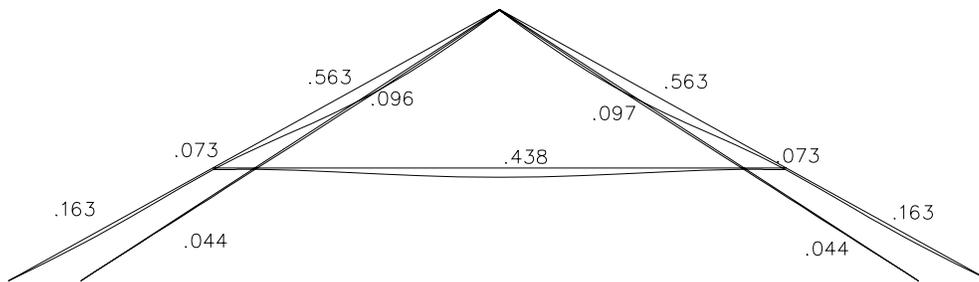


Deflexiones :

Deflexiones (Carga permanente)



Deflexiones (Carga permanente + Carga viva)



Análisis estructural de las armaduras de la cubierta, Templo del señor de los milagros, San Miguel Nurío, Mpio., de Paracho, Mich.

PESO DE LA CUBIERTA

TEJAMANIL	13 K/m ²
TABLA ¾": $\sigma = 700\text{K/m}^3$, X	= 14 K/m ²
0.02	
IMPERMEABILIZANTE: $\sigma =$	= 17 "
CARGA VIVA (P > 5%)	= 30 "
VIGAS MADRINAS	<u>10 "</u>
	84

WCUB. = 84 K/m²

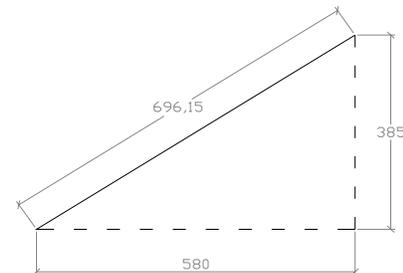
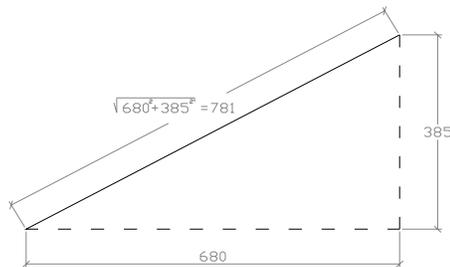
PESO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- VIGA 5" X 7" : $W = 0.125 \times 0,175 \times 1 \times \frac{900 \text{ K/m}^3}{\text{SATURADO}} = 20 \text{ K/m}$
- VIGA 7" X 12" : $W = 0.175 \times 0.30 \times 900 \text{ K/m}^3 = 47 \text{ K/m}$
- VIGA 5" X 6" : $W = 0.125 \times 0.15 \times 900 \text{ K/m}^3 = 17 \text{ K/m}$

$$\frac{900 \text{ Kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^3 = 0.0009$$

$$\frac{74 \text{ K}}{\text{m}} \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) = 0.74 \text{ Kg/cm}$$

- LA GEOMETRIA PROPORCIONADA NO CONCUERDA. POR LO QUE AJUSTARE LA LONGITUD DE LAS VIGAS PRINCIPALES CON EL CLARO Y EL

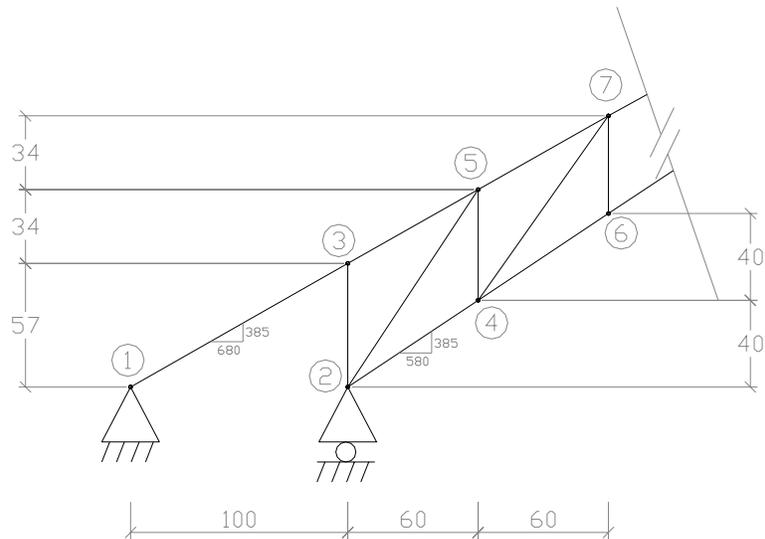


ESTRUCTURA.

Nota: LA NUMERACIÓN SE DA EN FORMA SECUENCIAL PREFERENTEMENTE PARA EVITAR NECESIDADES DE AMPLIAS MEMORIAS DE LA COMPUTADORA, ASÍ COMO NO CONFUNDIR LOS RESULTADOS OBTENIDOS AL CORRER EL PROGRAMA.

EN RESUMEN EVIAR UN CONSUMO DE TIEMPO MAQUINA ELEVADO.

LA POSICIÓN DE DIAGONALES Y MONTANTES EN EL APOYO ES;



DETALLE 1

Y LA POSICIÓN DEL TENSOR:

DETALLE 2

ANALIZARE DOS TIPOS DE APOYOS:

FIJOS, QUE PROPORCIONAN EL COCEO MÁXIMO EN LOS MUROS.

DESLIZANTES (HORIZONTALMENTE) QUE PROPORCIONAN LOS MAYORES ELEMENTOS MECANICOS EN LA ARMADURA, AUN QUE TIENDE A VOLVERLA INESTABLE, PARA LA GEOMETRÍA Y EL TIPO DE CONEXIÓN QUE CONSIDERARÉ (PASADO).

PESO DE CADA ARMADURA

- CUERDA SUPERIOR (L = 780 cm)

$$W = 7.80 \times 20 \text{ K/m} \times 2 = 312 \text{ Kg}$$

- CUERDA INFERIOR (L = 700 cm)

$$W = 7.00 \times 47 \text{ K/m} \times 2 = 658 \text{ Kg}$$

- TENSOR (L = 397 X 2 = 794 cm)

$$W = 7.94 \text{ M} \times 20 \text{ K/m} = 160 \text{ Kg}$$

- MONTAJES ($L_1 = 57$, $L_2 = 51$ cm Y $L_3 = 45$ cm)

$$W = (.57 + 0.51 + 0.45) \times 17 \text{ K/M} \times 2 = 52 \text{ Kg}$$

- DIAGONALES ($L_1 = 109$ cm, $l_2 = 104$ cm)

$$W = (1.09 + 1.04) \times 17 \text{ K/m} \times 2 = 72 \text{ Kg}$$

- CABALLETE : ($L = 4$ m)

$$W = 4 \times 20 \text{ K/m} = 80 \text{ Kg}$$

$$W \text{ TOTAL} = \underline{1334 \text{ Kg}}$$

$$\underline{W_{eq}} = \frac{1334}{1360} = \underline{98 \text{ Kg/m}}$$

NURIO, STD

STAAD PLANE TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO.

UNIT CM KG

JOINT COORDINATES

1 0. 0. ; 2 100. 0. ; 3 100. 57. ; 4 160. 40. ; 5 160. 91
6 220. 80. ; 7 220. 125. ; 8 283. 160. ; 9 341. 160. ; 10 680. 385.
11 1019. 160. ; 12 1077. 160. ; 13 1140. 80. ; 14 1140. 124. ; 15 1200. 40.
16 1200. 91. ; 17 1260 0. ; 18 1260. 57. ; 19 1360. 0.

MEMBER INCIDENCES

1 1 3 ; 2 3 5 ; 3 5 7 ; 4 7 8 ; 5 8 10 ; 6 10 12 ; 7 12 14
8 14 16 ; 9 16 18 ; 10 18 19 ; 11 2 4 ; 12 4 6 ; 13 6 9 ; 14 9 10
15 10 11 ; 16 11 13 ; 17 13 15 ; 24 4 5 ; 24 6 7 ; 25 13 14 ; 26 15 16
27 17 18 ; 28 2 5 ; 29 4 7 ; 30 14 15 ; 31 16 17

MEMBER PROPERTIES

1 TO 10 PRISMATIC YD 17.5 ZD 12.5
11 TO 18 PRIMATIC YD 30. ZD 17.50
19 TO 31 PRIMATIC 4D 17.5 ZD 12.5

MEMBER TRUSS

19 TO 31

MEMBER RELEASES

5 14 END MZ
6 15 START MZ

CONSTANTS

E 55000. ALL
DEN 0.0009 ALL
SUPPORTS

*APOYOS ARTICULADOS FIJOS
1 2 17 19 PINNED
DRAW JOINT MEMBER SUPPORT
PRINT MEMBER INFORMATION
PRINT MEMBER PROPERTY
LOADING 1 PESO PROPIO
SELFWEIGHT Y -1.0
LOADING 2 CARGA MUERTA + VIVA
MEMBER COAD
*CARGA REPARTIDA PARA UN METRO DE ANCHO TRIBUTARIO
I TO 10 UNI GY -0.84
PERFORM ANALYSIS

PRINT ANALYSIS RESULTS
FINISH

```
*****  
*           S T A A D - III           *  
*           Revision 21.1W           *  
*           Proprietary Program of   *  
*           RESEARCH ENGINEERS, Inc. *  
*           Date= SEP 19, 2001       *  
*           Time= 21: 6:30           *  
*                                     *  
*           USER ID: INGENIERIA     *  
*****
```

1. STAAD PLANE TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP/01
2. UNIT CM KG
3. JOINT COORDINATES
4. 1 0. 0. ; 2 100. 0. ; 3 100. 57. ; 4 160. 40. ; 5 160. 91
5. 6 220. 80. ; 7 220. 125. ; 8 283. 160. ; 9 341. 160. ; 10 680. 385.
6. 11 1019. 160. ; 12 1077. 160. ; 13 1140. 80. ; 14 1140. 125.; 15 1200. 40.
7. 16 1200. 91. ; 17 1260. 0. ; 18 1260. 57. ; 19 1360. 0.
8. MEMBER INCIDENCES
9. 1 1 3; 2 3 5; 3 5 7; 4 7 8; 5 8 10; 6 10 12; 7 12 14; 8 14 16; 9 16 18
10. 10 18 19; 11 2 4; 12 4 6; 13 6 9; 14 9 10; 15 10 11; 16 11 13; 17 13 15
11. 26 15 16; 27 17 18; 28 2 5; 29 4 7; 30 14 15; 31 16 17
13. MEMBER PROPERTIES
14. 1 TO 10 PRISMATIC YD 17.5 ZD 12.5
15. 11 TO 18 PRISMATIC YD 30. ZD 17.5
16. 19 TO 31 PRISMATIC YD 17.5 ZD 12.5
17. MEMBER TRUSS
18. 19 TO 31
19. MEMBER RELEASES
20. 5 14 END MZ
21. 6 15 START MZ
22. CONSTANTS
23. E 55000. ALL
24. DEN 0.0009 ALL
25. SUPPORTS
26. * APOYOS ARTICULADOS FIJOS
27. 1 2 17 19 PINNED
28. DRAW JOINT MEMBER SUPPORT
29. PRINT MEMBER INFORMATION

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 2

MEMBER INFORMATION

MEMBER	START JOINT	END JOINT	LENGTH (CM)	BETA (DEG)	RELEASES
1	1	3	115.104	0.00	
2	3	5	68.964	0.00	
3	5	7	68.964	0.00	
4	7	8	72.069	0.00	
5	8	10	456.327	0.00	1
6	10	12	456.327	0.00	1000000
7	12	14	72.069	0.00	
8	14	16	68.964	0.00	
9	16	18	68.964	0.00	
10	18	19	115.104	0.00	
11	2	4	72.111	0.00	
12	4	6	72.111	0.00	
13	6	9	145.055	0.00	
14	9	10	406.873	0.00	1
15	10	11	406.873	0.00	1000000
16	11	13	145.055	0.00	
17	13	15	72.111	0.00	
18	15	17	72.111	0.00	
19	8	9	58		TRUSS
20	9	11	678		TRUSS
21	11	12	58		TRUSS
22	2	3	57		TRUSS
23	4	5	51		TRUSS
24	6	7	45		TRUSS
25	13	14	45		TRUSS
26	15	16	51		TRUSS
27	17	18	57		TRUSS
28	2	5	109		TRUSS
29	4	7	104.043		TRUSS
31	14	15	104.043		TRUSS
31	16	17	109		TRUSS

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

30. PRINT MEMBER PROPERTY

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 3

MEMBER PROPERTIES. UNIT - CM

MEMB	PROFILE	AX/ AY	IZ/ AZ	IY/ SZ	IX/ SY
1	PRISMATIC	218.5	5582.64	288.28	6239.37
		218.5	218.75	638.02	455.73
2	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37
		218.5	518.75	638.02	455.73
3	PRISMATIC	218.5	5582.64	288.28	6239.37
		218.5	218.75	638.02	455.73
4	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37
		218.5	518.75	638.02	455.73
5	PRISMATIC	218.5	5582.64	288.28	6239.37
		218.5	218.75	638.02	455.73
6	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37
		218.5	518.75	638.02	455.73
7	PRISMATIC	218.5	5582.64	288.28	6239.37
		218.5	218.75	638.02	455.73
8	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37
		218.5	518.75	638.02	455.73
9	PRISMATIC	218.5	5582.64	288.28	6239.37
		218.5	218.75	638.02	455.73
10	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37
		218.5	518.75	638.02	455.73
11	PRISMATIC	525.00	5582.64	288.28	6239.37
		525.00	218.75	638.02	455.73
12	PRISMATIC	525.00	5582.64	2848.28	6239.37
		525.00	518.75	638.02	455.73
13	PRISMATIC	525.00	5582.64	288.28	6239.37
		525.00	218.75	638.02	455.73
14	PRISMATIC	525.00	5582.64	2848.28	6239.37
		525.00	518.75	638.02	455.73
15	PRISMATIC	525.00	5582.64	288.28	6239.37
		525.00	218.75	638.02	455.73
16	PRISMATIC	525.00	5582.64	2848.28	6239.37
		525.00	518.75	638.02	455.73
17	PRISMATIC	525.00	5582.64	288.28	6239.37
		525.00	218.75	638.02	455.73

18	PRISMATIC	525.00	5582.64	2848.28	6239.37
		525.00	518.75	638.02	455.73
19	PRISMATIC	218.5	5582.64	288.28	6239.37
		218.5	218.75	638.02	455.73
20	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37
		218.5	518.75	638.02	455.73

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 4

MEMBER PROPERTIES. UNIT - CM

MEMB	PROFILE	AX/ AY	IZ/ AZ	IY/ SZ	IX/ SY	
21	PRISMATIC	218.5	5582.64	288.28	6239.37	
		218.5	218.75	638.02	455.73	
22	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37	
		218.5	518.75	638.02	455.73	
23	PRISMATIC	218.5	5582.64	2848.28	6239.37	
		218.5	518.75	638.02	455.73	
24	PRISMATIC		218.5	5582.64	288.28	6239.37
			218.5	218.75	638.02	455.73
25	PRISMATIC		218.5	5582.64	2848.28	6239.37
			218.5	518.75	638.02	455.73
26	PRISMATIC		218.5	5582.64	288.28	6239.37
			218.5	218.75	638.02	455.73
27	PRISMATIC		218.5	5582.64	2848.28	6239.37
			218.5	518.75	638.02	455.73
28	PRISMATIC		218.5	5582.64	288.28	6239.37
			218.5	218.75	638.02	455.73
29	PRISMATIC		218.5	5582.64	2848.28	6239.37
			218.5	518.75	638.02	455.73
30	PRISMATIC		218.5	5582.64	288.28	6239.37
			218.5	218.75	638.02	455.73
31	PRISMATIC		218.5	5582.64	2848.28	6239.37
			218.5	518.75	638.02	455.73

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

31. LOADING 1 PESO PROPIO

- 32. SELFWEIGHT Y -1.0
- 33. LOADING 2 CARGA MUERTA+VIVA
- 34. MEMBER LOAD
- 35. *CARGA REPARTIDA PARA UN METRO DE ANCHO TRIBUTARIO
- 36. 1 TO 10 UNI GY -0.84
- 37. PERFORM ANALYSIS

PROBLEM STATISTICS

NUMBER OF JOINTS/ MEMBER+ELEMENTOS/SUPPORTS = 19/ 31/ 4
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH = 3/ 3
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 2, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 49
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 588 DOUBLE PREC. WORDS
 REQRD/AVAIL. DISK SPACE = 12.05/ 1430.8 MB, EXMEM = 15.4 MB

- ++ Processing Elemento Stiffness Matrix. 16: 6:30
- ++ Processing Global Stiffness Matrix. 16: 6:30
- ++ Processing Triangular Factorization. 16: 6:30
- ++ Calculating Joint Displacements. 16: 6:31
- ++ Calculating Member Forces 16: 6:32

38. PRINT ANALISIS RESULTS

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 5

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRNS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
2	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
3	1	0.0000	-0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	-0.0039	-0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
4	1	0.0006	-0.0039	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
	2	-0.0046	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
5	1	0.0017	-0.0034	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001

	2	-0.0096	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
6	1	0.0022	-0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
	2	-0.0053	0.0053	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
7	1	0.0036	-0.0083	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002
	2	-0.0130	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002
8	1	0.0148	-0.0321	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0006
	2	0.0193	-0.0598	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0023
9	1	0.0140	-0.0313	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0003
	2	0.0157	-0.0288	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0003
10	1	0.0000	-0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0000	-0.0161	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	1	-0.0140	-0.0313	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
	2	-0.0157	-0.0288	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
12	1	-0.0148	-0.0321	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
	2	-0.0193	-0.0598	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023
13	1	-0.0022	-0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	2	0.0053	-0.0053	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
14	1	-0.0036	-0.0083	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
	2	0.0130	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
15	1	-0.0006	-0.0039	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	2	0.0046	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
16	1	-0.0017	-0.0034	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0096	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
17	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
18	1	0.0000	-0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0039	-0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
19	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001

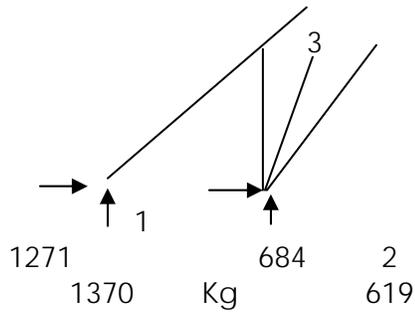
User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 6

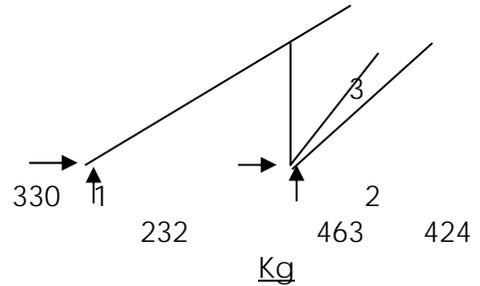
SUPPORT REACTIOS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
1	1	12.71	13.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	330.46	232.33	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	684.11	619.30	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	463.65	424.06	0.00	0.00	0.00	0.00
17	1	-684.11	619.30	0.00	0.00	0.00	0.00

19	2	-463.65	424.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	-12.71	13.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	-330.46	232.33	0.00	0.00	0.00	0.00



PESO PROPIO



CARGA MUERTA + VIVA (B = 1m)

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 7

MEMBER EN FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
1	1	1	17.83	5.61	0.00	0.00	0.00	0
		3	-6.6	14.08	0.00	0.00	0.00	-487

	2	1	402.15	38.2	0.00	0.00	0.00	0
		3	-354.27	45.8	0.00	0.00	0.00	-437
2	1	3	23.14	15.05	0.00	0.00	0.00	487
		5	-16.44	-3.24	0.00	0.00	0.00	153
	2	3	398.37	32.72	0.00	0.00	0.00	437
		5	-369.81	17.68	0.00	0.00	0.00	81
3	1	5	140.42	-14.33	0.00	0.00	0.00	-143
		7	-133.73	26.14	0.00	0.00	0.00	-1252
	2	5	430.86	-31.78	0.00	0.00	0.00	-81
		7	-402.3	82.18	0.00	0.00	0.00	-3848
4	1	7	283.04	-18.7	0.00	0.00	0.00	1252
		8	-276.15	31.11	0.00	0.00	0.00	-3046
	2	7	658.97	-117.46	0.00	0.00	0.00	3848
		8	-629.57	170.38	0.00	0.00	0.00	-14220
5	1	8	124.53	45.76	0.00	0.00	0.00	3046
		10	-80.23	32.4	0.00	0.00	0.00	0
	2	8	-31.16	197.9	0.00	0.00	0.00	14220
		10	220.16	135.58	0.00	0.00	0.00	0
6	1	10	80.23	32.4	0.00	0.00	0.00	0
		12	-124.53	45.76	0.00	0.00	0.00	-3046
	2	10	-220.16	135.58	0.00	0.00	0.00	0
		12	31.16	197.9	0.00	0.00	0.00	-14220
7	1	12	276.15	31.11	0.00	0.00	0.00	3046
		14	-283.04	-18.7	0.00	0.00	0.00	-1252
	2	12	629.57	170.38	0.00	0.00	0.00	14220
		14	-658.97	-117.46	0.00	0.00	0.00	-3848
8	1	14	133.73	26.14	0.00	0.00	0.00	1252
		16	-140.42	-14.33	0.00	0.00	0.00	143
	2	14	402.3	82.18	0.00	0.00	0.00	3848
		16	-430.86	-31.78	0.00	0.00	0.00	81

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 8

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
9	1	16	16.44	-3.24	0.00	0.00	0.00	-143.58
		18	-23.14	15.05	0.00	0.00	0.00	-487.27
	2	16	369.81	17.68	0.00	0.00	0.00	-81.37
		18	-398.37	32.72	0.00	0.00	0.00	-437.08
10	1	18	6.6	14.08	0.00	0.00	0.00	487.27
		19	-17.83	5.61	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	18	354.27	45.8	0.00	0.00	0.00	437.08
		19	-402.15	38.2	0.00	0.00	0.00	0.00
11	1	2	687.01	7.29	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	-668.11	21.06	0.00	0.00	0.00	-496.67
	2	2	471.02	-21.06	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	-471.02	21.06	0.00	0.00	0.00	-1518.62
12	1	4	512.61	-17.37	0.00	0.00	0.00	496.67
		6	-498.71	45.72	0.00	0.00	0.00	-2771.44
	2	4	119.21	-111.47	0.00	0.00	0.00	1518.62
		6	-119.21	111.47	0.00	0.00	0.00	-9556.99
13	1	6	544.81	25.65	0.00	0.00	0.00	2771.44
		9	-507.01	31.52	0.00	0.00	0.00	-3197.27
	2	6	259.24	100.14	0.00	0.00	0.00	9556.99
		9	-259.24	-100.14	0.00	0.00	0.00	4968.24
14	1	9	194.58	87.95	0.00	0.00	0.00	3197.27
		10	-88.27	72.23	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	9	427.99	-12.21	0.00	0.00	0.00	-4968.24
		10	-427.99	12.21	0.00	0.00	0.00	0.00
15	1	10	88.27	72.23	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	-194.58	87.95	0.00	0.00	0.00	-3197.27
	2	10	427.99	12.21	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	-427.99	-12.21	0.00	0.00	0.00	4968.24
16	1	11	507.01	31.52	0.00	0.00	0.00	3197.27
		13	-544.81	25.65	0.00	0.00	0.00	-2771.44
	2	11	259.24	-100.14	0.00	0.00	0.00	-4968.24
		13	-259.24	100.14	0.00	0.00	0.00	-9556.99

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 9

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	
17	1	13	498.71	45.72	0.00	0.00	2771.44
		15	-517.61	-17.37	0.00	0.00	-496.67
	2	13	119.21	111.47	0.00	0.00	9556.98
		15	-119.21	-111.47	0.00	0.00	-1518.61
18	1	15	668.11	21.06	0.00	0.00	496.67
		17	-687.01	7.29	0.00	0.00	0.00
	2	15	471.02	29.06	0.00	0.00	1518.61
		17	-471.02	-21.06	0.00	0.00	0.00
19	1	8	170.73	5.71	0.00	0.00	0.00
		9	-170.73	5.71	0.00	0.00	0.00
	2	8	757.78	0.00	0.00	0.00	0.00
		9	-757.78	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1	9	497.56	66.74	0.00	0.00	0.00
		11	-497.56	66.74	0.00	0.00	0.00
	2	9	555.45	0.0	0.00	0.00	0.00
		11	-555.45	0.0	0.00	0.00	0.00
21	1	11	170.73	5.71	0.00	0.00	0.00
		12	-170.73	5.71	0.00	0.00	0.00
	2	11	757.78	0.0	0.00	0.00	0.00
		12	-757.78	0.0	0.00	0.00	0.00
22	1	2	44.69	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	-33.46	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	2	89.22	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	-89.22	0.00	0.00	0.00	0.00
23	1	4	-110.13	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	120.17	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	4	-73.26	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	73.26	0.00	0.00	0.00	0.00

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 19/SEP -- PAGE NO. 10

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
24	1	6	-83.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	92.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	6	-253.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	253.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	1	13	-83.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		14	92.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	13	-253.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		14	253.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	1	15	-110.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		16	120.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	15	-73.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		16	73.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	1	17	44.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		18	-33.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	17	89.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		18	-89.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	1	2	220.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-202.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	2	109.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-109.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	1	4	229.06	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-212.32	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	4	420.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-420.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	1	14	212.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		15	-229.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	14	420.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		15	-420.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

31	1	16	202.74	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
		17	-220.65	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	16	109.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		17	-109.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

***** END OF LATEST ANALYSUS RESULT *****

39. FINISH

***** END OF STAAD-III *****

**** DATE = SEP 20,2001 TIME= 21: 6:31

For questions on STAAD-III/ISDS, contact:
RESEARCH ENGINEERS,Inc at
Ph: (1714) 974-2500

User ID: INGENIERIA PAGE NO.

* STAAD - III *
* Revisión 21.1W *
* Proprietary Program of *
* RESEARCH ENGINEERS, Inc. *
* Date= SEP 20, 2001 *
* Time= 9:45: 6:30 *

USER ID: INGENIERIA

1. STAAD PLANE TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP/01
2. UNIT CM KG
3. JOINT COORDINATES
4. 1 0. 0. ; 2 100. 0. ; 3 100. 57. ; 4 160. 40. ; 5 160. 91
5. 6 220. 80. ; 7 220. 125. ; 8 283. 160. ; 9 341. 160. ; 10 680. 385.
6. 11 1019. 160. ; 12 1077. 160. ; 13 1140. 80. ; 14 1140. 125.; 15 1200. 40.
7. 16 1200. 91. ; 17 1260. 0. ; 18 1260. 57. ; 19 1360. 0.
8. MEMBER INCIDENCES
9. 1 1 3; 2 3 5; 3 5 7; 4 7 8; 5 8 10; 6 10 12; 7 12 14; 8 14 16; 9 16 18
10. 10 18 19; 11 2 4; 12 4 6; 13 6 9; 14 9 10; 15 10 11; 16 11 13; 17 13 15

11. 26 15 16; 27 17 18; 28 2 5; 29 4 7; 30 14 15; 31 16 17
13. MEMBER PROPERTIES
14. 1 TO 10 PRISMATIC YD 17.5 ZD 12.5
15. 11 TO 18 PRISMATIC YD 30. ZD 17.5
16. 19 TO 31 PRISMATIC YD 17.5 ZD 12.5
17. MEMBER TRUSS
18. 19 TO 31
19. MEMBER RELEASES
20. 5 14 END MZ
21. 6 15 START MZ
22. CONSTANTS
23. E 55000. ALL
24. DEN 0.0009 ALL
25. SUPPORTS
26. * UNA ARTICULACION FIJA Y TRES RODILLOS
27. 1 PINNED
28. 2 17 19 FIXED BUT FX MZ
29. LOADING 1 PESO PROPIO
30. SELFWEIGHT Y-1.0
31. LOADING 2 CARGA MUERTA + VIVA
32. MEMBER LOAD
33. *CARGA REPARTIDA PARA UN METRO DE ANCHO TRIBUTARIO
34. 1 TO 10 UNI GY -0.84
35. PERFORM ANALYSIS

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP -- PAGE NO.

PROBLEM STATISTICS

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 19/ 31/ 4
ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH = 3/ 3
TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 2, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 52
SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 624 DOUBLE PREC. WORDS
REQRD/AVAIL. DISK SPACE = 12.05/ 1430.8 MB, EXMEM = 15.4 MB

++ Processing Elemento Stiffness Matrix.	10:50:30
++ Processing Global Stiffness Matrix.	10:50:30
++ Processing Triangular Factorization.	10:50:30
++ Calculating Joint Displacements.	10:50:30
++ Calculating Member Forces	10:50:30

36. PRINT ANALYSIS RESULTS

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP -- PAGE NO.

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011
	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009
2	1	-0.2083	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0039
	2	-0.1926	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0036
3	1	0.0027	-0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0024
	2	0.0027	-0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0022
4	1	-0.0514	-0.2332	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0040
	2	-0.0459	-0.2177	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0037
5	1	0.1299	-0.2296	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0041
	2	0.1211	-0.2139	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0038
6	1	0.1143	-0.4753	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0042
	2	0.1147	-0.4504	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0041
7	1	0.2663	-0.4738	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0044
	2	0.2518	-0.4482	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0045
8	1	0.4250	-0.7777	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0046
	2	0.4380	-0.8045	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0064
9	1	0.4259	-0.9350	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0030
	2	0.4364	-0.9235	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0030
10	1	0.4431	-0.9344	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.4544	-0.9337	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	1	0.4602	-0.9350	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030
	2	0.4724	-0.9235	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030
12	1	0.4611	-0.7777	0.0000	0.0000	0.0000	0.0046
	2	0.4708	-0.8045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064
13	1	0.7718	-0.4753	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042
	2	0.7941	-0.4504	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041
14	1	0.6198	-0.4738	0.0000	0.0000	0.0000	0.0044
	2	0.6570	-0.4482	0.0000	0.0000	0.0000	0.0045
15	1	0.9375	-0.2332	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040
	2	0.9547	-0.2177	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037
16	1	0.7562	-0.2296	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041
	2	0.7878	-0.2139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038
17	1	1.0944	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039
	2	1.1014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0036

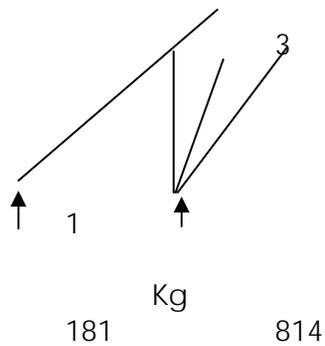
18	1	0.8834	-0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024
	2	0.9061	-0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022
19	1	0.8861	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0011
	2	0.9088	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0009

User ID: INGENIERIA

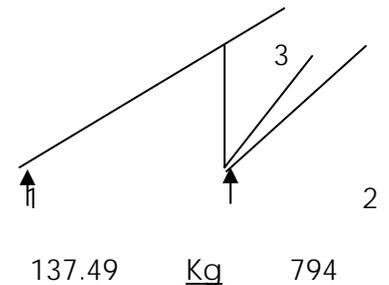
TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP -- PAGE NO.

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CMSTRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
1	1	0.00	-180.93	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	-137.49	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	0.00	813.93	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	793.89	0.00	0.00	0.00	0.00
17	1	0.00	813.94	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	793.89	0.00	0.00	0.00	0.00
19	1	0.00	-180.94	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	-137.49	0.00	0.00	0.00	0.00



PESO PROPIO



PESO CUBIERTA

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP -- PAGE NO.

MEMBER UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
1	1	1	-89.60	-157.19	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	100.82	176.88	0.00	0.00	0.00	-19226.46
	2	1	-68.09	-119.45	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	115.97	203.45	0.00	0.00	0.00	-18583.51
2	1	3	193.11	340.78	0.00	0.00	0.00	19226.46
		5	-186.41	-328.96	0.00	0.00	0.00	3867.49
	2	3	197.21	348.02	0.00	0.00	0.00	18583.50
		5	-168.65	-297.62	0.00	0.00	0.00	3679.68
3	1	5	305.61	-142.96	0.00	0.00	0.00	-3867.47
		7	-298.92	154.77	0.00	0.00	0.00	-6398.95
	2	5	314.87	-179.39	0.00	0.00	0.00	-3679.70
		7	-286.31	229.79	0.00	0.00	0.00	-10429.94
4	1	7	1487.04	154.13	0.00	0.00	0.00	6398.96
		8	-1480.15	-141.72	0.00	0.00	0.00	4261.98
	2	7	1724.66	80.57	0.00	0.00	0.00	10429.96
		8	-1695.26	-27.65	0.00	0.00	0.00	-6530.44
5	1	8	1645.07	29.74	0.00	0.00	0.00	-4262.00
		10	-1600.77	48.42	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	8	1399.29	181.05	0.00	0.00	0.00	6530.45
		10	-1210.29	152.43	0.00	0.00	0.00	0.00
6	1	10	1600.77	48.42	0.00	0.00	0.00	0.00
		12	-1645.07	29.74	0.00	0.00	0.00	4262.00
	2	10	1210.29	152.43	0.00	0.00	0.00	0.00
		12	-1399.29	181.05	0.00	0.00	0.00	-6530.44
7	1	12	1480.16	-141.72	0.00	0.00	0.00	-4261.98
		14	-1487.05	154.13	0.00	0.00	0.00	-6398.94
	2	12	1695.25	-27.65	0.00	0.00	0.00	6530.46
		14	-1724.65	80.57	0.00	0.00	0.00	-10429.94
8	1	14	298.91	154.77	0.00	0.00	0.00	6398.95
		16	-305.60	-142.96	0.00	0.00	0.00	3867.46
	2	14	286.33	229.79	0.00	0.00	0.00	10429.93
		16	-314.89	-179.39	0.00	0.00	0.00	3679.68
9	1	16	186.42	-328.96	0.00	0.00	0.00	-3867.49
		18	-193.11	340.78	0.00	0.00	0.00	-19226.45
	2	16	168.65	-297.62	0.00	0.00	0.00	-3679.69
		18	-197.21	348.02	0.00	0.00	0.00	-18583.51

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP -- PAGE NO.

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
10	1	18	-100.83	176.88	0.00	0.00	0.00	19226.46
		19	89.61	-157.19	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	18	-115.96	203.45	0.00	0.00	0.00	18583.50
		19	68.08	-119.45	0.00	0.00	0.00	0.01
11	1	2	-453.76	-74.23	0.00	0.00	0.00	-0.01
		4	472.66	102.58	0.00	0.00	0.00	-6375.28
	2	2	-517.83	-123.43	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	517.83	124.43	0.00	0.00	0.00	-8900.44
12	1	4	-1449.59	34.25	0.00	0.00	0.00	6375.15
		6	1468.4	-5.9	0.00	0.00	0.00	-4927.38
	2	4	-1812.26	-71.02	0.00	0.00	0.00	8900.39
		6	1812.26	71.02	0.00	0.00	0.00	-14022.03
13	1	6	-1250.18	330.35	0.00	0.00	0.00	4927.27
		9	1287.98	-273.18	0.00	0.00	0.00	38845.15
	2	6	-1480.96	422.72	0.00	0.00	0.00	14022.01
		9	1480.96	-422.72	0.00	0.00	0.00	47296.25
14	1	9	-980.29	-15.38	0.00	0.00	0.00	-38845.18
		10	1086.61	175.56	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	9	-664.19	-116.24	0.00	0.00	0.00	-47296.23
		10	664.19	116.24	0.00	0.00	0.00	0.00
15	1	10	-1086.61	175.56	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	980.30	-15.38	0.00	0.00	0.00	38845.20
	2	10	-664.19	116.24	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	664.19	-116.24	0.00	0.00	0.00	47296.21
16	1	11	-1288.00	-273.18	0.00	0.00	0.00	-38845.30
		13	1250.20	330.35	0.00	0.00	0.00	-4927.35
	2	11	-1480.95	-422.72	0.00	0.00	0.00	-47296.17
		13	1480.95	422.72	0.00	0.00	0.00	-14021.89
17	1	13	-1468.38	-5.90	0.00	0.00	0.00	4927.28

		15	1449.48	34.25	0.00	0.00	0.00	-6375.30
2		13	-1812.26	71.02	0.00	0.00	0.00	14021.89
		15	1812.26	-71.02	0.00	0.00	0.00	-8900.51

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP -- PAGE NO.

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
18	1	15	-472.63	102.59	0.00	0.00	0.00	6375.39
		17	453.73	-74.24	0.00	0.00	0.00	0.06
	2	15	-517.83	123.42	0.00	0.00	0.00	8900.36
		17	517.83	-123.42	0.00	0.00	0.00	-0.04
19	1	8	-191.47	5.71	0.00	0.00	0.00	0.00
		9	191.47	5.71	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	8	340.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		9	-340.40	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1	9	-608.27	66.74	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	608.27	66.74	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	9	-639.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		11	639.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	1	11	-191.49	5.71	0.00	0.00	0.00	0.00
		12	191.49	5.71	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	11	340.41	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
		12	-340.41	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
22	1	2	606.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	-595.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	2	634.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		3	-340.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	1	4	-841.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	851.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	4	-892.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	892.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	6	-395.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	404.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	2	6	-600.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	600.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	1	13	-395.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		14	404.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	13	-600.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		14	600.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

User ID: INGENIERIA

TEMPLO DEL SEÑOR DE LOS MILAGROS, SAN MIGUEL NURIO, 20/SEP -- PAGE NO.

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
26	1	15	-841.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		16	851.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	15	-892.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		16	892.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	1	17	606.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		18	-595.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	17	634.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		18	-634.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	1	2	620.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-602.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	2	658.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-658.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	1	4	1549.39	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-1532.65	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	4	1918.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	-1918.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	1	14	1532.65	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
		15	-1549.39	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	14	1918.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		15	-1928.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	1	16	602.12	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
		17	-620.03	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00

2	16	658.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17	-658.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

37. FINISH

***** END OF STAAD-III *****

**** DATE = SEP 20,2001 TIME= 12:30:31

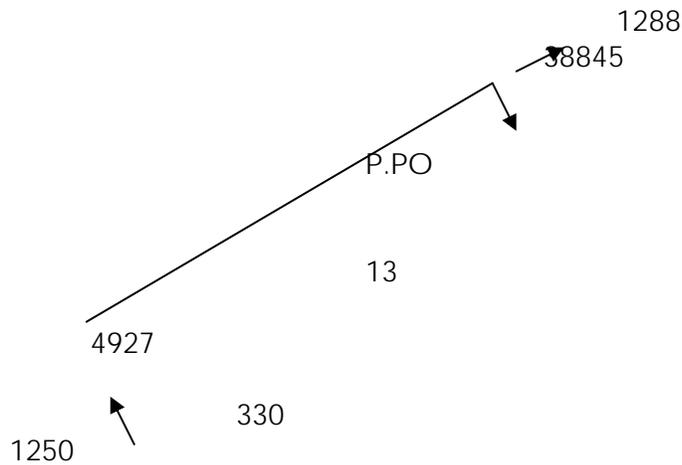
For questions on STAAD-III/ISDS, contact:
 RESEARCH ENGINEERS,Inc at
 Ph: (1714) 974-2500

REVISION DE LAS SECCIONES PROPUESTAS

- CUERDA INFERIOR (SECC. 17,5 X 30)
 - ACCION DEL PESO PROPIO:

$$A = 17,5 \times 30 = 525 \text{ cm}^2$$

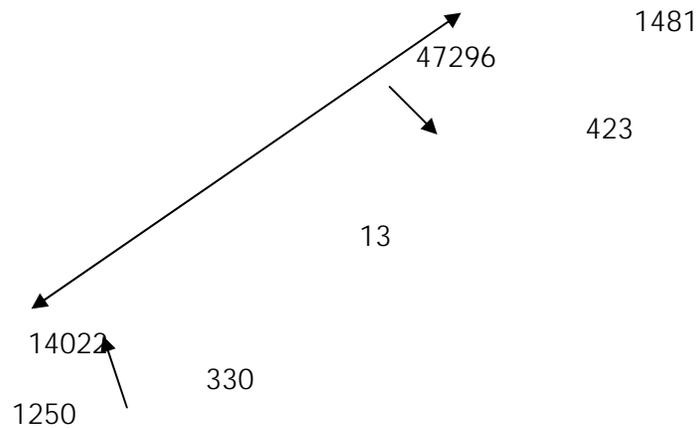
$$I_z = 17,5 \times \frac{30^3}{12} = 39375$$



$$\sigma_{MAX} = \frac{-1288}{525} + \frac{38845}{39375} * 15 = -2,45 + 14,80 = 12,35 \text{ Kg/cm}^2$$

(COMPRESION)

- ACCIÓN DE CARGA MUERTA+VIVA (ANCHO TRIBUTARIO = 1M)



$$\sigma_{MAX} = \frac{1481}{525} + \frac{47296}{39375} * 15 = 15,20 \text{ Kg/cm}^2$$

NOTA: EL REMATE ES DESPRECIABLE

CONSIDERANDO UN ESFUERZO PERMISIBLE A LA COMPRESIÓN, POR FLEXION DE 50 Kg/cm² :

$$12,35 + 15,20 S = 50 \rightarrow S_{MAX} = 2,45 = \underline{2,50 \text{ M}}$$

SEPARACIÓN ENTRE
ARMADURAS

- CUERDA SUPERIOR (SECC. 12,5 X 17,5 I = 5 583 CM⁴)

$$\begin{array}{l}
 \text{APOYOS} \\
 \text{DESGLIZANTES}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 - M \text{ MAX} = 19226 \text{ Kg.- cm (BARRA 1' PESO PROPIO)} \\
 \sigma = \frac{19226}{5583} \times \frac{17,5}{2} = 30 \text{ Kg/ cm}^2 \\
 \\
 - M \text{ MAX} = 18583.51 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (BARRA 1, CM+ CV)} \\
 \sigma = \frac{18583}{5583} \times \frac{17,5}{2} = 29 \text{ kg/cm}^2
 \end{array}
 \right.$$

$$- M \text{ MAX} = 487,27 \text{ Kg -cm (BARRA 1, PESO PROPIO)}$$

$$\sigma = \frac{487,27}{5583} \times \frac{17,5}{2} = 0.70 \text{ k/c}^2 \text{ - DESPRECIABLE}$$

COMO LA CONDICION DE APOYO REAL SE ENCUENTRA ENTRE ARTICULACIÓN FIJA Y RODILLO, CONSIDERARE COMO ESFUERZOS EFECTIVOS AL 50% DE LOS CALCULADOS ARRIBA, ASÍ:

$$\frac{30}{2} + \frac{29}{2} \text{ S} = 50 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \underline{S \text{ MAX} = 2.41 \text{ M}}$$

- DIAGONALES (12.5 X 17.5)

$$\sigma \text{ MAX} = \frac{1549}{219} + \frac{1918 \times \underline{S \text{ MAX}}}{219} \text{ 28 K/cm}^2 < \text{ PERM. OK}$$

A

EN CONCLUSIÓN PARA LA GEOMETRIA Y LAS SECCIONES PROPUESTAS, LA SEPARACIÓN MAXIMA ACEPTABLE ENTRE ARMADURA Y ARMADURA ES DE 2.40 m.

Análisis estructural de la cubierta **del templo de Zacán.**

Determinación de las cargas gravitacionales:

Lámina galvanizada	_____	13.5 kg/m ² .
Fajilla 4" x 1" x 16'	_____	3.5 kg/m ² .
Carga viva (pendiente mayor de 5%)	_____	30.0 kg/m ² .

Total _____ 47.0 kg/m².

A continuación se presenta el archivo y resultados del análisis:

STAAD PLANE ZACAN

INPUT WIDTH 72

UNIT METER MTON

JOINT COORDINATES

1	0.000	0.000	0.000
2	1.459	0.000	0.000
3	7.655	0.000	0.000
4	13.851	0.000	0.000
5	15.310	0.000	0.000
6	7.655	3.204	0.000

MEMBER INCIDENCES

1	1	6
2	6	5
3	2	6
4	6	4
5	2	3
6	3	4
7	3	6

UNIT CM KG

MEMBER PROPERTY AMERICAN

1 2 PRI YD 17.78 ZD 11.43

3 4 PRI YD 15.24 ZD 22.9

5 6 PRI YD 33.02 ZD 16.0

7 PRI YD 12.5

MEMBER RELEASE

1 3 END MZ

2 4 START MZ

MEMBER TRUSS

7

CONSTANT

E 55000 ALL

DENSITY 0.0009 ALL

SUPPORT

1 2 4 5 PINNED

LOAD 1 CARGA MUERTA + CARGA VIVA

SELFWEIGHT Y -1.

MEMBER LOAD

1 2 UNI GY -0.47

PERFORM ANALYSIS

PRINT MEMBER PROPERTIES ALL

PRINT MEMBER INFORMATION ALL

PRINT ANALYSIS RESULTS

FINISH

MEMBER PROPERTIES. UNIT - CM

MEMB	PROFILE	AX/		IZ/		IY/		IX/	
		AY	AZ	SZ	SY				
1	PRISMATIC	203.22	203.22	5353.73	602.22	2212.51	387.14	5247.00	
2	PRISMATIC	203.22	203.22	5353.73	602.22	2212.51	387.14	5247.00	
3	PRISMATIC	348.99	348.99	6754.69	886.44	15251.29	1331.99	15631.37	
4	PRISMATIC	348.99	348.99	6754.69	886.44	15251.29	1331.99	15631.37	
5	PRISMATIC	528.32	528.32	48002.79	2907.50	11270.74	1408.84	31248.40	
6	PRISMATIC	528.32	528.32	48002.79	2907.50	11270.74	1408.84	31248.40	
7	PRISMATIC	122.72	122.72	1198.41	191.75	1198.41	191.75	2396.82	

MEMBER INFORMATION

MEMBER	START JOINT	END JOINT	LENGTH (CM)	BETA (DEG)	RELEASES
1	1	6	829.847	0.00	000000000001
2	6	5	829.847	0.00	000001000000
3	2	6	697.539	0.00	000000000001
4	6	4	697.539	0.00	000001000000
5	2	3	619.600	0.00	
6	3	4	619.600	0.00	
7	3	6	320.400		TRUSS

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = PLANE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0488
2	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0020

3	1	0.0000	-0.0974	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020
5	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0488
6	1	0.0000	-0.0761	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = PLANE

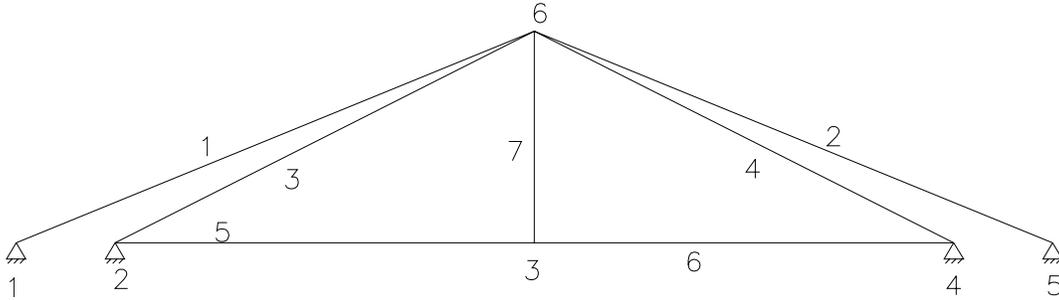
JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
1	1	365.30	423.80	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	845.74	649.41	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1	-845.74	649.41	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	-365.30	423.80	0.00	0.00	0.00	0.00

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = PLANE

ALL UNITS ARE -- KG CM

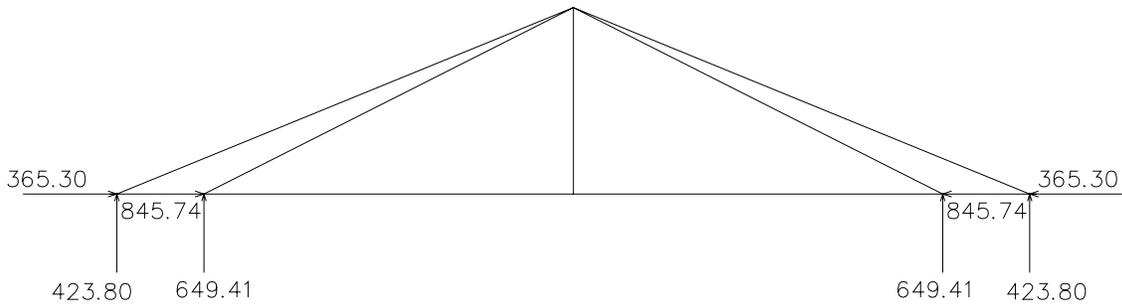
MEMBER	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
1	1	1	500.60	249.90	0.00	0.00	0.00	0.00
		6	-291.41	249.90	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	6	291.41	249.90	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	-500.60	249.90	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1	2	1012.82	117.37	0.00	0.00	0.00	13994.76
		6	-912.18	77.24	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1	6	912.18	77.24	0.00	0.00	0.00	0.00
		4	-1012.82	117.37	0.00	0.00	0.00	-13994.76
5	1	2	0.00	79.94	0.00	0.00	0.00	-13994.76
		3	0.00	214.67	0.00	0.00	0.00	-27746.94
6	1	3	0.00	214.67	0.00	0.00	0.00	27746.94
		4	0.00	79.94	0.00	0.00	0.00	13994.76
7	1	3	-429.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		6	464.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ESTRUCTURA MODELADA :



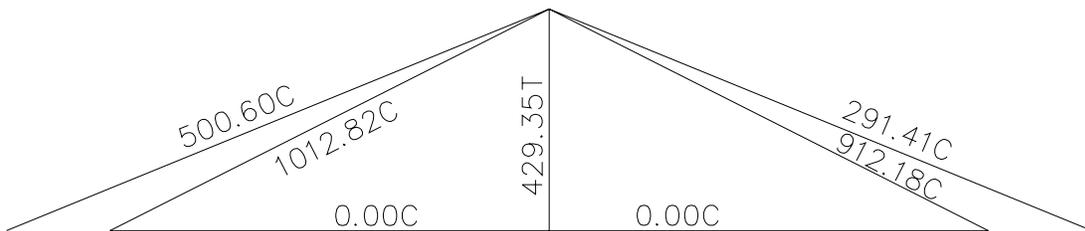
Resumen de reacciones :

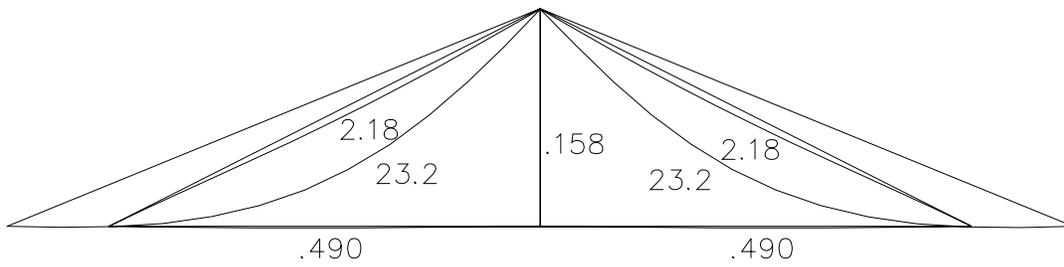
Condición (Carga muerta + carga viva)



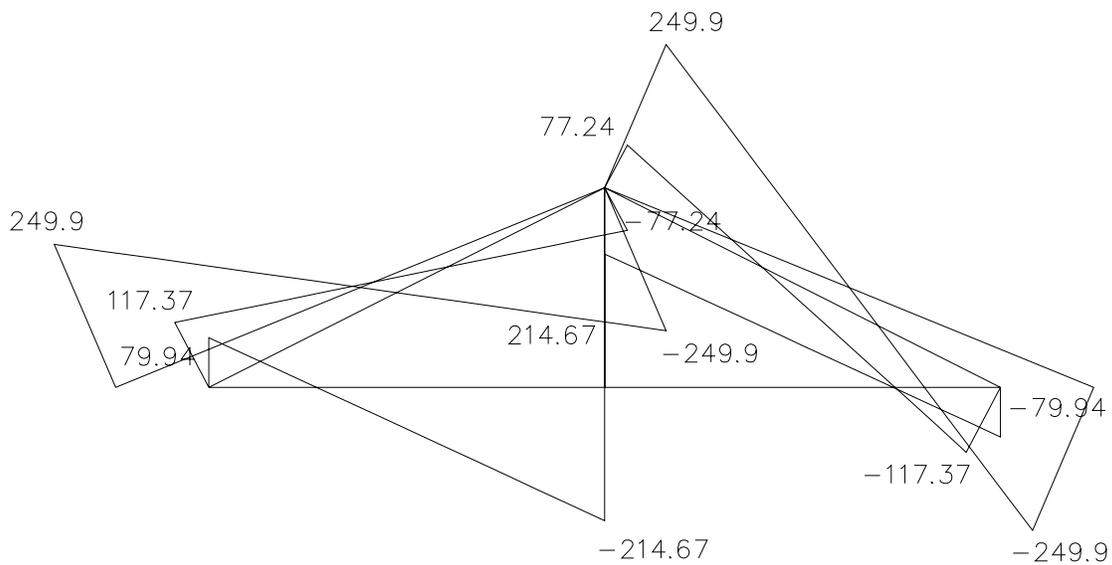
Elementos mecánicos :

Carga axial

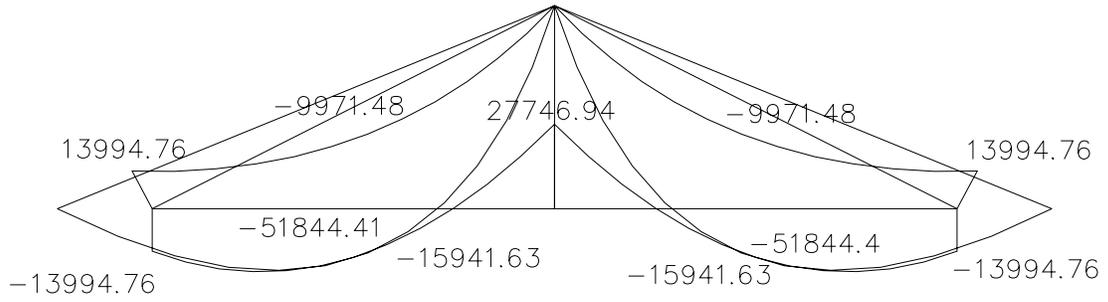




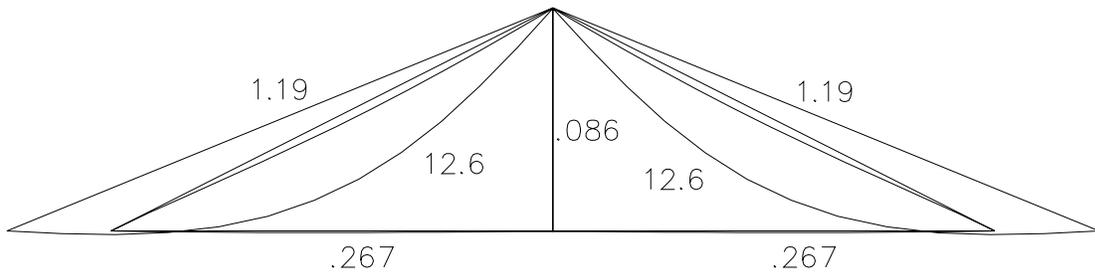
Cortante



Momento flexionante



Deflexiones : (E= 55000 Kg/cm²)



Deflexiones : (E= 30000 Kg/cm²)

REVISIÓN DE LOS MUROS POR EL MÉTODO DEL ELEMENTO FINITO

La aplicación del elemento finito con las reacciones obtenidas del análisis por el método de rigidez se aplicará a los muros para la cual se propone analizar la condición más desfavorable.¹² Como es el caso de Aranza, los resultados obtenidos se tomarán como parámetro en la obtención de esfuerzos en los muros, dichos resultados deberán mostrar la distribución de esfuerzos al interior de dicho elemento.

Archivo realizado para revisar los muros del templo de aranza por el método del elemento finito:

STAAD SPACE TEMPLO DE ARANZA

INPUT WIDTH 72

UNIT METER KG

JOINT COORDINATES

1	0.000	0.000	0.000
2	1.177	0.000	0.000
3	2.355	0.000	0.000
4	3.532	0.000	0.000
5	4.709	0.000	0.000
6	5.886	0.000	0.000
7	7.064	0.000	0.000
8	8.241	0.000	0.000
9	9.418	0.000	0.000
10	10.595	0.000	0.000
11	11.773	0.000	0.000
12	12.950	0.000	0.000
13	14.127	0.000	0.000
14	15.305	0.000	0.000
15	16.482	0.000	0.000
16	17.659	0.000	0.000
17	18.836	0.000	0.000
18	20.014	0.000	0.000
19	21.191	0.000	0.000
20	22.368	0.000	0.000
21	23.545	0.000	0.000
22	24.723	0.000	0.000
23	25.900	0.000	0.000
24	0.000	0.670	0.000
25	1.177	0.670	0.000
26	2.355	0.670	0.000
27	3.532	0.670	0.000
28	4.709	0.670	0.000

¹² La condición desfavorable se considera porque Aranza es el caso que menores dimensiones posee tanto en planta como en elevación por lo cual los elementos mecánicos serán los de menor consideración, no así para los otros casos cuyas dimensiones exceden a la presente.

29	5.886	0.670	0.000
30	7.064	0.670	0.000
31	8.241	0.670	0.000
32	9.418	0.670	0.000
33	10.595	0.670	0.000
34	11.773	0.670	0.000
35	12.950	0.670	0.000
36	14.127	0.670	0.000
37	15.305	0.670	0.000
38	16.482	0.670	0.000
39	17.659	0.670	0.000
40	18.836	0.670	0.000
41	20.014	0.670	0.000
42	21.191	0.670	0.000
43	22.368	0.670	0.000
44	23.545	0.670	0.000
45	24.723	0.670	0.000
46	25.900	0.670	0.000
47	0.000	1.340	0.000
48	1.177	1.340	0.000
49	2.355	1.340	0.000
50	3.532	1.340	0.000
51	4.709	1.340	0.000
52	5.886	1.340	0.000
53	7.064	1.340	0.000
54	8.241	1.340	0.000
55	9.418	1.340	0.000
56	10.595	1.340	0.000
57	11.773	1.340	0.000
58	12.950	1.340	0.000
59	14.127	1.340	0.000
60	15.305	1.340	0.000
61	16.482	1.340	0.000
62	17.659	1.340	0.000
63	18.836	1.340	0.000
64	20.014	1.340	0.000
65	21.191	1.340	0.000
66	22.368	1.340	0.000
67	23.545	1.340	0.000
68	24.723	1.340	0.000
69	25.900	1.340	0.000
70	0.000	2.010	0.000
71	1.177	2.010	0.000
72	2.355	2.010	0.000
73	3.532	2.010	0.000
74	4.709	2.010	0.000
75	5.886	2.010	0.000
76	7.064	2.010	0.000
77	8.241	2.010	0.000
78	9.418	2.010	0.000

79	10.595	2.010	0.000
80	11.773	2.010	0.000
81	12.950	2.010	0.000
82	14.127	2.010	0.000
83	15.305	2.010	0.000
84	16.482	2.010	0.000
85	17.659	2.010	0.000
86	18.836	2.010	0.000
87	20.014	2.010	0.000
88	21.191	2.010	0.000
89	22.368	2.010	0.000
90	23.545	2.010	0.000
91	24.723	2.010	0.000
92	25.900	2.010	0.000
93	0.000	2.680	0.000
94	1.177	2.680	0.000
95	2.355	2.680	0.000
96	3.532	2.680	0.000
97	4.709	2.680	0.000
98	5.886	2.680	0.000
99	7.064	2.680	0.000
100	8.241	2.680	0.000
101	9.418	2.680	0.000
102	10.595	2.680	0.000
103	11.773	2.680	0.000
104	12.950	2.680	0.000
105	14.127	2.680	0.000
106	15.305	2.680	0.000
107	16.482	2.680	0.000
108	17.659	2.680	0.000
109	18.836	2.680	0.000
110	20.014	2.680	0.000
111	21.191	2.680	0.000
112	22.368	2.680	0.000
113	23.545	2.680	0.000
114	24.723	2.680	0.000
115	25.900	2.680	0.000
116	0.000	3.350	0.000
117	1.177	3.350	0.000
118	2.355	3.350	0.000
119	3.532	3.350	0.000
120	4.709	3.350	0.000
121	5.886	3.350	0.000
122	7.064	3.350	0.000
123	8.241	3.350	0.000
124	9.418	3.350	0.000
125	10.595	3.350	0.000
126	11.773	3.350	0.000
127	12.950	3.350	0.000
128	14.127	3.350	0.000

129	15.305	3.350	0.000
130	16.482	3.350	0.000
131	17.659	3.350	0.000
132	18.836	3.350	0.000
133	20.014	3.350	0.000
134	21.191	3.350	0.000
135	22.368	3.350	0.000
136	23.545	3.350	0.000
137	24.723	3.350	0.000
138	25.900	3.350	0.000
139	0.000	4.020	0.000
140	1.177	4.020	0.000
141	2.355	4.020	0.000
142	3.532	4.020	0.000
143	4.709	4.020	0.000
144	5.886	4.020	0.000
145	7.064	4.020	0.000
146	8.241	4.020	0.000
147	9.418	4.020	0.000
148	10.595	4.020	0.000
149	11.773	4.020	0.000
150	12.950	4.020	0.000
151	14.127	4.020	0.000
152	15.305	4.020	0.000
153	16.482	4.020	0.000
154	17.659	4.020	0.000
155	18.836	4.020	0.000
156	20.014	4.020	0.000
157	21.191	4.020	0.000
158	22.368	4.020	0.000
159	23.545	4.020	0.000
160	24.723	4.020	0.000
161	25.900	4.020	0.000
162	0.000	4.690	0.000
163	1.177	4.690	0.000
164	2.355	4.690	0.000
165	3.532	4.690	0.000
166	4.709	4.690	0.000
167	5.886	4.690	0.000
168	7.064	4.690	0.000
169	8.241	4.690	0.000
170	9.418	4.690	0.000
171	10.595	4.690	0.000
172	11.773	4.690	0.000
173	12.950	4.690	0.000
174	14.127	4.690	0.000
175	15.305	4.690	0.000
176	16.482	4.690	0.000
177	17.659	4.690	0.000
178	18.836	4.690	0.000

179	20.014	4.690	0.000
180	21.191	4.690	0.000
181	22.368	4.690	0.000
182	23.545	4.690	0.000
183	24.723	4.690	0.000
184	25.900	4.690	0.000
185	0.000	5.360	0.000
186	1.177	5.360	0.000
187	2.355	5.360	0.000
188	3.532	5.360	0.000
189	4.709	5.360	0.000
190	5.886	5.360	0.000
191	7.064	5.360	0.000
192	8.241	5.360	0.000
193	9.418	5.360	0.000
194	10.595	5.360	0.000
195	11.773	5.360	0.000
196	12.950	5.360	0.000
197	14.127	5.360	0.000
198	15.305	5.360	0.000
199	16.482	5.360	0.000
200	17.659	5.360	0.000
201	18.836	5.360	0.000
202	20.014	5.360	0.000
203	21.191	5.360	0.000
204	22.368	5.360	0.000
205	23.545	5.360	0.000
206	24.723	5.360	0.000
207	25.900	5.360	0.000
208	0.000	6.030	0.000
209	1.177	6.030	0.000
210	2.355	6.030	0.000
211	3.532	6.030	0.000
212	4.709	6.030	0.000
213	5.886	6.030	0.000
214	7.064	6.030	0.000
215	8.241	6.030	0.000
216	9.418	6.030	0.000
217	10.595	6.030	0.000
218	11.773	6.030	0.000
219	12.950	6.030	0.000
220	14.127	6.030	0.000
221	15.305	6.030	0.000
222	16.482	6.030	0.000
223	17.659	6.030	0.000
224	18.836	6.030	0.000
225	20.014	6.030	0.000
226	21.191	6.030	0.000
227	22.368	6.030	0.000
228	23.545	6.030	0.000

229	24.723	6.030	0.000
230	25.900	6.030	0.000
231	0.000	6.700	0.000
232	1.177	6.700	0.000
233	2.355	6.700	0.000
234	3.532	6.700	0.000
235	4.709	6.700	0.000
236	5.886	6.700	0.000
237	7.064	6.700	0.000
238	8.241	6.700	0.000
239	9.418	6.700	0.000
240	10.595	6.700	0.000
241	11.773	6.700	0.000
242	12.950	6.700	0.000
243	14.127	6.700	0.000
244	15.305	6.700	0.000
245	16.482	6.700	0.000
246	17.659	6.700	0.000
247	18.836	6.700	0.000
248	20.014	6.700	0.000
249	21.191	6.700	0.000
250	22.368	6.700	0.000
251	23.545	6.700	0.000
252	24.723	6.700	0.000
253	25.900	6.700	0.000
254	0.000	0.000	8.650
255	1.177	0.000	8.650
256	2.355	0.000	8.650
257	3.532	0.000	8.650
258	4.709	0.000	8.650
259	5.886	0.000	8.650
260	7.064	0.000	8.650
261	8.241	0.000	8.650
262	9.418	0.000	8.650
263	10.595	0.000	8.650
264	11.773	0.000	8.650
265	12.950	0.000	8.650
266	14.127	0.000	8.650
267	15.305	0.000	8.650
268	16.482	0.000	8.650
269	17.659	0.000	8.650
270	18.836	0.000	8.650
271	20.014	0.000	8.650
272	21.191	0.000	8.650
273	22.368	0.000	8.650
274	23.545	0.000	8.650
275	24.723	0.000	8.650
276	25.900	0.000	8.650
277	0.000	0.670	8.650
278	1.177	0.670	8.650

279	2.355	0.670	8.650
280	3.532	0.670	8.650
281	4.709	0.670	8.650
282	5.886	0.670	8.650
283	7.064	0.670	8.650
284	8.241	0.670	8.650
285	9.418	0.670	8.650
286	10.595	0.670	8.650
287	11.773	0.670	8.650
288	12.950	0.670	8.650
289	14.127	0.670	8.650
290	15.305	0.670	8.650
291	16.482	0.670	8.650
292	17.659	0.670	8.650
293	18.836	0.670	8.650
294	20.014	0.670	8.650
295	21.191	0.670	8.650
296	22.368	0.670	8.650
297	23.545	0.670	8.650
298	24.723	0.670	8.650
299	25.900	0.670	8.650
300	0.000	1.340	8.650
301	1.177	1.340	8.650
302	2.355	1.340	8.650
303	3.532	1.340	8.650
304	4.709	1.340	8.650
305	5.886	1.340	8.650
306	7.064	1.340	8.650
307	8.241	1.340	8.650
308	9.418	1.340	8.650
309	10.595	1.340	8.650
310	11.773	1.340	8.650
311	12.950	1.340	8.650
312	14.127	1.340	8.650
313	15.305	1.340	8.650
314	16.482	1.340	8.650
315	17.659	1.340	8.650
316	18.836	1.340	8.650
317	20.014	1.340	8.650
318	21.191	1.340	8.650
319	22.368	1.340	8.650
320	23.545	1.340	8.650
321	24.723	1.340	8.650
322	25.900	1.340	8.650
323	0.000	2.010	8.650
324	1.177	2.010	8.650
325	2.355	2.010	8.650
326	3.532	2.010	8.650
327	4.709	2.010	8.650
328	5.886	2.010	8.650

329	7.064	2.010	8.650
330	8.241	2.010	8.650
331	9.418	2.010	8.650
332	10.595	2.010	8.650
333	11.773	2.010	8.650
334	12.950	2.010	8.650
335	14.127	2.010	8.650
336	15.305	2.010	8.650
337	16.482	2.010	8.650
338	17.659	2.010	8.650
339	18.836	2.010	8.650
340	20.014	2.010	8.650
341	21.191	2.010	8.650
342	22.368	2.010	8.650
343	23.545	2.010	8.650
344	24.723	2.010	8.650
345	25.900	2.010	8.650
346	0.000	2.680	8.650
347	1.177	2.680	8.650
348	2.355	2.680	8.650
349	3.532	2.680	8.650
350	4.709	2.680	8.650
351	5.886	2.680	8.650
352	7.064	2.680	8.650
353	8.241	2.680	8.650
354	9.418	2.680	8.650
355	10.595	2.680	8.650
356	11.773	2.680	8.650
357	12.950	2.680	8.650
358	14.127	2.680	8.650
359	15.305	2.680	8.650
360	16.482	2.680	8.650
361	17.659	2.680	8.650
362	18.836	2.680	8.650
363	20.014	2.680	8.650
364	21.191	2.680	8.650
365	22.368	2.680	8.650
366	23.545	2.680	8.650
367	24.723	2.680	8.650
368	25.900	2.680	8.650
369	0.000	3.350	8.650
370	1.177	3.350	8.650
371	2.355	3.350	8.650
372	3.532	3.350	8.650
373	4.709	3.350	8.650
374	5.886	3.350	8.650
375	7.064	3.350	8.650
376	8.241	3.350	8.650
377	9.418	3.350	8.650
378	10.595	3.350	8.650

379	11.773	3.350	8.650
380	12.950	3.350	8.650
381	14.127	3.350	8.650
382	15.305	3.350	8.650
383	16.482	3.350	8.650
384	17.659	3.350	8.650
385	18.836	3.350	8.650
386	20.014	3.350	8.650
387	21.191	3.350	8.650
388	22.368	3.350	8.650
389	23.545	3.350	8.650
390	24.723	3.350	8.650
391	25.900	3.350	8.650
392	0.000	4.020	8.650
393	1.177	4.020	8.650
394	2.355	4.020	8.650
395	3.532	4.020	8.650
396	4.709	4.020	8.650
397	5.886	4.020	8.650
398	7.064	4.020	8.650
399	8.241	4.020	8.650
400	9.418	4.020	8.650
401	10.595	4.020	8.650
402	11.773	4.020	8.650
403	12.950	4.020	8.650
404	14.127	4.020	8.650
405	15.305	4.020	8.650
406	16.482	4.020	8.650
407	17.659	4.020	8.650
408	18.836	4.020	8.650
409	20.014	4.020	8.650
410	21.191	4.020	8.650
411	22.368	4.020	8.650
412	23.545	4.020	8.650
413	24.723	4.020	8.650
414	25.900	4.020	8.650
415	0.000	4.690	8.650
416	1.177	4.690	8.650
417	2.355	4.690	8.650
418	3.532	4.690	8.650
419	4.709	4.690	8.650
420	5.886	4.690	8.650
421	7.064	4.690	8.650
422	8.241	4.690	8.650
423	9.418	4.690	8.650
424	10.595	4.690	8.650
425	11.773	4.690	8.650
426	12.950	4.690	8.650
427	14.127	4.690	8.650
428	15.305	4.690	8.650

429	16.482	4.690	8.650
430	17.659	4.690	8.650
431	18.836	4.690	8.650
432	20.014	4.690	8.650
433	21.191	4.690	8.650
434	22.368	4.690	8.650
435	23.545	4.690	8.650
436	24.723	4.690	8.650
437	25.900	4.690	8.650
438	0.000	5.360	8.650
439	1.177	5.360	8.650
440	2.355	5.360	8.650
441	3.532	5.360	8.650
442	4.709	5.360	8.650
443	5.886	5.360	8.650
444	7.064	5.360	8.650
445	8.241	5.360	8.650
446	9.418	5.360	8.650
447	10.595	5.360	8.650
448	11.773	5.360	8.650
449	12.950	5.360	8.650
450	14.127	5.360	8.650
451	15.305	5.360	8.650
452	16.482	5.360	8.650
453	17.659	5.360	8.650
454	18.836	5.360	8.650
455	20.014	5.360	8.650
456	21.191	5.360	8.650
457	22.368	5.360	8.650
458	23.545	5.360	8.650
459	24.723	5.360	8.650
460	25.900	5.360	8.650
461	0.000	6.030	8.650
462	1.177	6.030	8.650
463	2.355	6.030	8.650
464	3.532	6.030	8.650
465	4.709	6.030	8.650
466	5.886	6.030	8.650
467	7.064	6.030	8.650
468	8.241	6.030	8.650
469	9.418	6.030	8.650
470	10.595	6.030	8.650
471	11.773	6.030	8.650
472	12.950	6.030	8.650
473	14.127	6.030	8.650
474	15.305	6.030	8.650
475	16.482	6.030	8.650
476	17.659	6.030	8.650
477	18.836	6.030	8.650
478	20.014	6.030	8.650

479	21.191	6.030	8.650
480	22.368	6.030	8.650
481	23.545	6.030	8.650
482	24.723	6.030	8.650
483	25.900	6.030	8.650
484	0.000	6.700	8.650
485	1.177	6.700	8.650
486	2.355	6.700	8.650
487	3.532	6.700	8.650
488	4.709	6.700	8.650
489	5.886	6.700	8.650
490	7.064	6.700	8.650
491	8.241	6.700	8.650
492	9.418	6.700	8.650
493	10.595	6.700	8.650
494	11.773	6.700	8.650
495	12.950	6.700	8.650
496	14.127	6.700	8.650
497	15.305	6.700	8.650
498	16.482	6.700	8.650
499	17.659	6.700	8.650
500	18.836	6.700	8.650
501	20.014	6.700	8.650
502	21.191	6.700	8.650
503	22.368	6.700	8.650
504	23.545	6.700	8.650
505	24.723	6.700	8.650
506	25.900	6.700	8.650
507	0.000	0.000	0.865
508	0.000	0.670	0.865
509	0.000	1.340	0.865
510	0.000	2.010	0.865
511	0.000	2.680	0.865
512	0.000	3.350	0.865
513	0.000	4.020	0.865
514	0.000	4.690	0.865
515	0.000	5.360	0.865
516	0.000	6.030	0.865
517	0.000	6.700	0.865
518	0.000	0.000	1.730
519	0.000	0.670	1.730
520	0.000	1.340	1.730
521	0.000	2.010	1.730
522	0.000	2.680	1.730
523	0.000	3.350	1.730
524	0.000	4.020	1.730
525	0.000	4.690	1.730
526	0.000	5.360	1.730
527	0.000	6.030	1.730
528	0.000	6.700	1.730

529	0.000	0.000	2.595
530	0.000	0.670	2.595
531	0.000	1.340	2.595
532	0.000	2.010	2.595
533	0.000	2.680	2.595
534	0.000	3.350	2.595
535	0.000	4.020	2.595
536	0.000	4.690	2.595
537	0.000	5.360	2.595
538	0.000	6.030	2.595
539	0.000	6.700	2.595
540	0.000	0.000	3.460
541	0.000	0.670	3.460
542	0.000	1.340	3.460
543	0.000	2.010	3.460
544	0.000	2.680	3.460
545	0.000	3.350	3.460
546	0.000	4.020	3.460
547	0.000	4.690	3.460
548	0.000	5.360	3.460
549	0.000	6.030	3.460
550	0.000	6.700	3.460
551	0.000	0.000	4.325
552	0.000	0.670	4.325
553	0.000	1.340	4.325
554	0.000	2.010	4.325
555	0.000	2.680	4.325
556	0.000	3.350	4.325
557	0.000	4.020	4.325
558	0.000	4.690	4.325
559	0.000	5.360	4.325
560	0.000	6.030	4.325
561	0.000	6.700	4.325
562	0.000	0.000	5.190
563	0.000	0.670	5.190
564	0.000	1.340	5.190
565	0.000	2.010	5.190
566	0.000	2.680	5.190
567	0.000	3.350	5.190
568	0.000	4.020	5.190
569	0.000	4.690	5.190
570	0.000	5.360	5.190
571	0.000	6.030	5.190
572	0.000	6.700	5.190
573	0.000	0.000	6.055
574	0.000	0.670	6.055
575	0.000	1.340	6.055
576	0.000	2.010	6.055
577	0.000	2.680	6.055
578	0.000	3.350	6.055

579	0.000	4.020	6.055
580	0.000	4.690	6.055
581	0.000	5.360	6.055
582	0.000	6.030	6.055
583	0.000	6.700	6.055
584	0.000	0.000	6.920
585	0.000	0.670	6.920
586	0.000	1.340	6.920
587	0.000	2.010	6.920
588	0.000	2.680	6.920
589	0.000	3.350	6.920
590	0.000	4.020	6.920
591	0.000	4.690	6.920
592	0.000	5.360	6.920
593	0.000	6.030	6.920
594	0.000	6.700	6.920
595	0.000	0.000	7.785
596	0.000	0.670	7.785
597	0.000	1.340	7.785
598	0.000	2.010	7.785
599	0.000	2.680	7.785
600	0.000	3.350	7.785
601	0.000	4.020	7.785
602	0.000	4.690	7.785
603	0.000	5.360	7.785
604	0.000	6.030	7.785
605	0.000	6.700	7.785
606	25.900	0.000	0.865
607	25.900	0.670	0.865
608	25.900	1.340	0.865
609	25.900	2.010	0.865
610	25.900	2.680	0.865
611	25.900	3.350	0.865
612	25.900	4.020	0.865
613	25.900	4.690	0.865
614	25.900	5.360	0.865
615	25.900	6.030	0.865
616	25.900	6.700	0.865
617	25.900	0.000	1.730
618	25.900	0.670	1.730
619	25.900	1.340	1.730
620	25.900	2.010	1.730
621	25.900	2.680	1.730
622	25.900	3.350	1.730
623	25.900	4.020	1.730
624	25.900	4.690	1.730
625	25.900	5.360	1.730
626	25.900	6.030	1.730
627	25.900	6.700	1.730
628	25.900	0.000	2.595

629	25.900	0.670	2.595
630	25.900	1.340	2.595
631	25.900	2.010	2.595
632	25.900	2.680	2.595
633	25.900	3.350	2.595
634	25.900	4.020	2.595
635	25.900	4.690	2.595
636	25.900	5.360	2.595
637	25.900	6.030	2.595
638	25.900	6.700	2.595
639	25.900	0.000	3.460
640	25.900	0.670	3.460
641	25.900	1.340	3.460
642	25.900	2.010	3.460
643	25.900	2.680	3.460
644	25.900	3.350	3.460
645	25.900	4.020	3.460
646	25.900	4.690	3.460
647	25.900	5.360	3.460
648	25.900	6.030	3.460
649	25.900	6.700	3.460
650	25.900	0.000	4.325
651	25.900	0.670	4.325
652	25.900	1.340	4.325
653	25.900	2.010	4.325
654	25.900	2.680	4.325
655	25.900	3.350	4.325
656	25.900	4.020	4.325
657	25.900	4.690	4.325
658	25.900	5.360	4.325
659	25.900	6.030	4.325
660	25.900	6.700	4.325
661	25.900	0.000	5.190
662	25.900	0.670	5.190
663	25.900	1.340	5.190
664	25.900	2.010	5.190
665	25.900	2.680	5.190
666	25.900	3.350	5.190
667	25.900	4.020	5.190
668	25.900	4.690	5.190
669	25.900	5.360	5.190
670	25.900	6.030	5.190
671	25.900	6.700	5.190
672	25.900	0.000	6.055
673	25.900	0.670	6.055
674	25.900	1.340	6.055
675	25.900	2.010	6.055
676	25.900	2.680	6.055
677	25.900	3.350	6.055
678	25.900	4.020	6.055

679	25.900	4.690	6.055
680	25.900	5.360	6.055
681	25.900	6.030	6.055
682	25.900	6.700	6.055
683	25.900	0.000	6.920
684	25.900	0.670	6.920
685	25.900	1.340	6.920
686	25.900	2.010	6.920
687	25.900	2.680	6.920
688	25.900	3.350	6.920
689	25.900	4.020	6.920
690	25.900	4.690	6.920
691	25.900	5.360	6.920
692	25.900	6.030	6.920
693	25.900	6.700	6.920
694	25.900	0.000	7.785
695	25.900	0.670	7.785
696	25.900	1.340	7.785
697	25.900	2.010	7.785
698	25.900	2.680	7.785
699	25.900	3.350	7.785
700	25.900	4.020	7.785
701	25.900	4.690	7.785
702	25.900	5.360	7.785
703	25.900	6.030	7.785
704	25.900	6.700	7.785

ELEMENT INCIDENCES

1	1	2	25	24
2	2	3	26	25
3	3	4	27	26
4	4	5	28	27
5	5	6	29	28
6	6	7	30	29
7	7	8	31	30
8	8	9	32	31
9	9	10	33	32
10	10	11	34	33
11	11	12	35	34
12	12	13	36	35
13	13	14	37	36
14	14	15	38	37
15	15	16	39	38
16	16	17	40	39
17	17	18	41	40
18	18	19	42	41
19	19	20	43	42
20	20	21	44	43
21	21	22	45	44
22	22	23	46	45
23	24	25	48	47

24	25	26	49	48
25	26	27	50	49
26	27	28	51	50
27	28	29	52	51
28	29	30	53	52
29	30	31	54	53
30	31	32	55	54
31	32	33	56	55
32	33	34	57	56
33	34	35	58	57
34	35	36	59	58
35	36	37	60	59
36	37	38	61	60
37	38	39	62	61
38	39	40	63	62
39	40	41	64	63
40	41	42	65	64
41	42	43	66	65
42	43	44	67	66
43	44	45	68	67
44	45	46	69	68
45	47	48	71	70
46	48	49	72	71
47	49	50	73	72
48	50	51	74	73
49	51	52	75	74
50	52	53	76	75
51	53	54	77	76
52	54	55	78	77
53	55	56	79	78
54	56	57	80	79
55	57	58	81	80
56	58	59	82	81
57	59	60	83	82
58	60	61	84	83
59	61	62	85	84
60	62	63	86	85
61	63	64	87	86
62	64	65	88	87
63	65	66	89	88
64	66	67	90	89
65	67	68	91	90
66	68	69	92	91
67	70	71	94	93
68	71	72	95	94
69	72	73	96	95
70	73	74	97	96
71	74	75	98	97
72	75	76	99	98
73	76	77	100	99

74	77	78	101	100
75	78	79	102	101
76	79	80	103	102
77	80	81	104	103
78	81	82	105	104
79	82	83	106	105
80	83	84	107	106
81	84	85	108	107
82	85	86	109	108
83	86	87	110	109
84	87	88	111	110
85	88	89	112	111
86	89	90	113	112
87	90	91	114	113
88	91	92	115	114
89	93	94	117	116
90	94	95	118	117
91	95	96	119	118
92	96	97	120	119
93	97	98	121	120
94	98	99	122	121
95	99	100	123	122
96	100	101	124	123
97	101	102	125	124
98	102	103	126	125
99	103	104	127	126
100	104	105	128	127
101	105	106	129	128
102	106	107	130	129
103	107	108	131	130
104	108	109	132	131
105	109	110	133	132
106	110	111	134	133
107	111	112	135	134
108	112	113	136	135
109	113	114	137	136
110	114	115	138	137
111	116	117	140	139
112	117	118	141	140
113	118	119	142	141
114	119	120	143	142
115	120	121	144	143
116	121	122	145	144
117	122	123	146	145
118	123	124	147	146
119	124	125	148	147
120	125	126	149	148
121	126	127	150	149
122	127	128	151	150
123	128	129	152	151

124	129	130	153	152
125	130	131	154	153
126	131	132	155	154
127	132	133	156	155
128	133	134	157	156
129	134	135	158	157
130	135	136	159	158
131	136	137	160	159
132	137	138	161	160
133	139	140	163	162
134	140	141	164	163
135	141	142	165	164
136	142	143	166	165
137	143	144	167	166
138	144	145	168	167
139	145	146	169	168
140	146	147	170	169
141	147	148	171	170
142	148	149	172	171
143	149	150	173	172
144	150	151	174	173
145	151	152	175	174
146	152	153	176	175
147	153	154	177	176
148	154	155	178	177
149	155	156	179	178
150	156	157	180	179
151	157	158	181	180
152	158	159	182	181
153	159	160	183	182
154	160	161	184	183
155	162	163	186	185
156	163	164	187	186
157	164	165	188	187
158	165	166	189	188
159	166	167	190	189
160	167	168	191	190
161	168	169	192	191
162	169	170	193	192
163	170	171	194	193
164	171	172	195	194
165	172	173	196	195
166	173	174	197	196
167	174	175	198	197
168	175	176	199	198
169	176	177	200	199
170	177	178	201	200
171	178	179	202	201
172	179	180	203	202
173	180	181	204	203

174	181	182	205	204
175	182	183	206	205
176	183	184	207	206
177	185	186	209	208
178	186	187	210	209
179	187	188	211	210
180	188	189	212	211
181	189	190	213	212
182	190	191	214	213
183	191	192	215	214
184	192	193	216	215
185	193	194	217	216
186	194	195	218	217
187	195	196	219	218
188	196	197	220	219
189	197	198	221	220
190	198	199	222	221
191	199	200	223	222
192	200	201	224	223
193	201	202	225	224
194	202	203	226	225
195	203	204	227	226
196	204	205	228	227
197	205	206	229	228
198	206	207	230	229
199	208	209	232	231
200	209	210	233	232
201	210	211	234	233
202	211	212	235	234
203	212	213	236	235
204	213	214	237	236
205	214	215	238	237
206	215	216	239	238
207	216	217	240	239
208	217	218	241	240
209	218	219	242	241
210	219	220	243	242
211	220	221	244	243
212	221	222	245	244
213	222	223	246	245
214	223	224	247	246
215	224	225	248	247
216	225	226	249	248
217	226	227	250	249
218	227	228	251	250
219	228	229	252	251
220	229	230	253	252
221	254	255	278	277
222	255	256	279	278
223	256	257	280	279

224	257	258	281	280
225	258	259	282	281
226	259	260	283	282
227	260	261	284	283
228	261	262	285	284
229	262	263	286	285
230	263	264	287	286
231	264	265	288	287
232	265	266	289	288
233	266	267	290	289
234	267	268	291	290
235	268	269	292	291
236	269	270	293	292
237	270	271	294	293
238	271	272	295	294
239	272	273	296	295
240	273	274	297	296
241	274	275	298	297
242	275	276	299	298
243	277	278	301	300
244	278	279	302	301
245	279	280	303	302
246	280	281	304	303
247	281	282	305	304
248	282	283	306	305
249	283	284	307	306
250	284	285	308	307
251	285	286	309	308
252	286	287	310	309
253	287	288	311	310
254	288	289	312	311
255	289	290	313	312
256	290	291	314	313
257	291	292	315	314
258	292	293	316	315
259	293	294	317	316
260	294	295	318	317
261	295	296	319	318
262	296	297	320	319
263	297	298	321	320
264	298	299	322	321
265	300	301	324	323
266	301	302	325	324
267	302	303	326	325
268	303	304	327	326
269	304	305	328	327
270	305	306	329	328
271	306	307	330	329
272	307	308	331	330
273	308	309	332	331

274	309	310	333	332
275	310	311	334	333
276	311	312	335	334
277	312	313	336	335
278	313	314	337	336
279	314	315	338	337
280	315	316	339	338
281	316	317	340	339
282	317	318	341	340
283	318	319	342	341
284	319	320	343	342
285	320	321	344	343
286	321	322	345	344
287	323	324	347	346
288	324	325	348	347
289	325	326	349	348
290	326	327	350	349
291	327	328	351	350
292	328	329	352	351
293	329	330	353	352
294	330	331	354	353
295	331	332	355	354
296	332	333	356	355
297	333	334	357	356
298	334	335	358	357
299	335	336	359	358
300	336	337	360	359
301	337	338	361	360
302	338	339	362	361
303	339	340	363	362
304	340	341	364	363
305	341	342	365	364
306	342	343	366	365
307	343	344	367	366
308	344	345	368	367
309	346	347	370	369
310	347	348	371	370
311	348	349	372	371
312	349	350	373	372
313	350	351	374	373
314	351	352	375	374
315	352	353	376	375
316	353	354	377	376
317	354	355	378	377
318	355	356	379	378
319	356	357	380	379
320	357	358	381	380
321	358	359	382	381
322	359	360	383	382
323	360	361	384	383

324	361	362	385	384
325	362	363	386	385
326	363	364	387	386
327	364	365	388	387
328	365	366	389	388
329	366	367	390	389
330	367	368	391	390
331	369	370	393	392
332	370	371	394	393
333	371	372	395	394
334	372	373	396	395
335	373	374	397	396
336	374	375	398	397
337	375	376	399	398
338	376	377	400	399
339	377	378	401	400
340	378	379	402	401
341	379	380	403	402
342	380	381	404	403
343	381	382	405	404
344	382	383	406	405
345	383	384	407	406
346	384	385	408	407
347	385	386	409	408
348	386	387	410	409
349	387	388	411	410
350	388	389	412	411
351	389	390	413	412
352	390	391	414	413
353	392	393	416	415
354	393	394	417	416
355	394	395	418	417
356	395	396	419	418
357	396	397	420	419
358	397	398	421	420
359	398	399	422	421
360	399	400	423	422
361	400	401	424	423
362	401	402	425	424
363	402	403	426	425
364	403	404	427	426
365	404	405	428	427
366	405	406	429	428
367	406	407	430	429
368	407	408	431	430
369	408	409	432	431
370	409	410	433	432
371	410	411	434	433
372	411	412	435	434
373	412	413	436	435

374	413	414	437	436
375	415	416	439	438
376	416	417	440	439
377	417	418	441	440
378	418	419	442	441
379	419	420	443	442
380	420	421	444	443
381	421	422	445	444
382	422	423	446	445
383	423	424	447	446
384	424	425	448	447
385	425	426	449	448
386	426	427	450	449
387	427	428	451	450
388	428	429	452	451
389	429	430	453	452
390	430	431	454	453
391	431	432	455	454
392	432	433	456	455
393	433	434	457	456
394	434	435	458	457
395	435	436	459	458
396	436	437	460	459
397	438	439	462	461
398	439	440	463	462
399	440	441	464	463
400	441	442	465	464
401	442	443	466	465
402	443	444	467	466
403	444	445	468	467
404	445	446	469	468
405	446	447	470	469
406	447	448	471	470
407	448	449	472	471
408	449	450	473	472
409	450	451	474	473
410	451	452	475	474
411	452	453	476	475
412	453	454	477	476
413	454	455	478	477
414	455	456	479	478
415	456	457	480	479
416	457	458	481	480
417	458	459	482	481
418	459	460	483	482
419	461	462	485	484
420	462	463	486	485
421	463	464	487	486
422	464	465	488	487
423	465	466	489	488

424	466	467	490	489
425	467	468	491	490
426	468	469	492	491
427	469	470	493	492
428	470	471	494	493
429	471	472	495	494
430	472	473	496	495
431	473	474	497	496
432	474	475	498	497
433	475	476	499	498
434	476	477	500	499
435	477	478	501	500
436	478	479	502	501
437	479	480	503	502
438	480	481	504	503
439	481	482	505	504
440	482	483	506	505
441	1	24	508	507
442	24	47	509	508
443	47	70	510	509
444	70	93	511	510
445	93	116	512	511
446	116	139	513	512
447	139	162	514	513
448	162	185	515	514
449	185	208	516	515
450	208	231	517	516
451	507	508	519	518
452	508	509	520	519
453	509	510	521	520
454	510	511	522	521
455	511	512	523	522
456	512	513	524	523
457	513	514	525	524
458	514	515	526	525
459	515	516	527	526
460	516	517	528	527
461	518	519	530	529
462	519	520	531	530
463	520	521	532	531
464	521	522	533	532
465	522	523	534	533
466	523	524	535	534
467	524	525	536	535
468	525	526	537	536
469	526	527	538	537
470	527	528	539	538
471	529	530	541	540
472	530	531	542	541
473	531	532	543	542

474	532	533	544	543
475	533	534	545	544
476	534	535	546	545
477	535	536	547	546
478	536	537	548	547
479	537	538	549	548
480	538	539	550	549
481	540	541	552	551
482	541	542	553	552
483	542	543	554	553
484	543	544	555	554
485	544	545	556	555
486	545	546	557	556
487	546	547	558	557
488	547	548	559	558
489	548	549	560	559
490	549	550	561	560
491	551	552	563	562
492	552	553	564	563
493	553	554	565	564
494	554	555	566	565
495	555	556	567	566
496	556	557	568	567
497	557	558	569	568
498	558	559	570	569
499	559	560	571	570
500	560	561	572	571
501	562	563	574	573
502	563	564	575	574
503	564	565	576	575
504	565	566	577	576
505	566	567	578	577
506	567	568	579	578
507	568	569	580	579
508	569	570	581	580
509	570	571	582	581
510	571	572	583	582
511	573	574	585	584
512	574	575	586	585
513	575	576	587	586
514	576	577	588	587
515	577	578	589	588
516	578	579	590	589
517	579	580	591	590
518	580	581	592	591
519	581	582	593	592
520	582	583	594	593
521	584	585	596	595
522	585	586	597	596
523	586	587	598	597

524	587	588	599	598
525	588	589	600	599
526	589	590	601	600
527	590	591	602	601
528	591	592	603	602
529	592	593	604	603
530	593	594	605	604
531	595	596	277	254
532	596	597	300	277
533	597	598	323	300
534	598	599	346	323
535	599	600	369	346
536	600	601	392	369
537	601	602	415	392
538	602	603	438	415
539	603	604	461	438
540	604	605	484	461
541	23	46	607	606
542	46	69	608	607
543	69	92	609	608
544	92	115	610	609
545	115	138	611	610
546	138	161	612	611
547	161	184	613	612
548	184	207	614	613
549	207	230	615	614
550	230	253	616	615
551	606	607	618	617
552	607	608	619	618
553	608	609	620	619
554	609	610	621	620
555	610	611	622	621
556	611	612	623	622
557	612	613	624	623
558	613	614	625	624
559	614	615	626	625
560	615	616	627	626
561	617	618	629	628
562	618	619	630	629
563	619	620	631	630
564	620	621	632	631
565	621	622	633	632
566	622	623	634	633
567	623	624	635	634
568	624	625	636	635
569	625	626	637	636
570	626	627	638	637
571	628	629	640	639
572	629	630	641	640
573	630	631	642	641

574	631	632	643	642
575	632	633	644	643
576	633	634	645	644
577	634	635	646	645
578	635	636	647	646
579	636	637	648	647
580	637	638	649	648
581	639	640	651	650
582	640	641	652	651
583	641	642	653	652
584	642	643	654	653
585	643	644	655	654
586	644	645	656	655
587	645	646	657	656
588	646	647	658	657
589	647	648	659	658
590	648	649	660	659
591	650	651	662	661
592	651	652	663	662
593	652	653	664	663
594	653	654	665	664
595	654	655	666	665
596	655	656	667	666
597	656	657	668	667
598	657	658	669	668
599	658	659	670	669
600	659	660	671	670
601	661	662	673	672
602	662	663	674	673
603	663	664	675	674
604	664	665	676	675
605	665	666	677	676
606	666	667	678	677
607	667	668	679	678
608	668	669	680	679
609	669	670	681	680
610	670	671	682	681
611	672	673	684	683
612	673	674	685	684
613	674	675	686	685
614	675	676	687	686
615	676	677	688	687
616	677	678	689	688
617	678	679	690	689
618	679	680	691	690
619	680	681	692	691
620	681	682	693	692
621	683	684	695	694
622	684	685	696	695
623	685	686	697	696

624	686	687	698	697
625	687	688	699	698
626	688	689	700	699
627	689	690	701	700
628	690	691	702	701
629	691	692	703	702
630	692	693	704	703
631	694	695	299	276
632	695	696	322	299
633	696	697	345	322
634	697	698	368	345
635	698	699	391	368
636	699	700	414	391
637	700	701	437	414
638	701	702	460	437
639	702	703	483	460
640	703	704	506	483

ELEMENT PROPERTY

1 TO 640 THICKNESS 1.

CONSTANT

E 1e9 ALL

DENSITY 2500 ALL

SUPPORT

1 TO 23 254 TO 276 507 518 529 540 551 562 573 584 595 606 617 628 -
639 650 661 672 683 694 FIXED

LOAD 1 PESO PROPIO

JOINT LOAD

232 TO 250 485 TO 503 FX -415.45 FY -818.69

SELFWEIGHT Y -1.

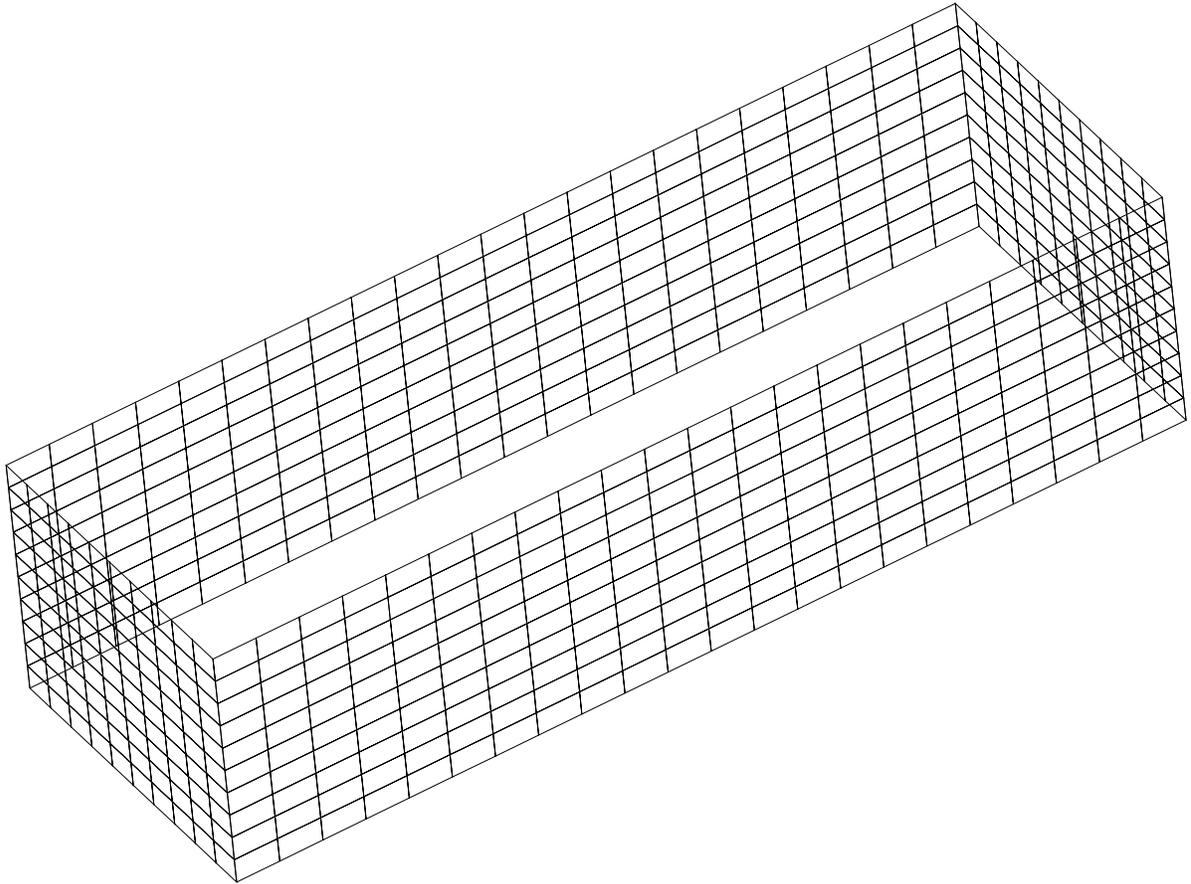
UNIT CM KG

PERFORM ANALYSIS

PRINT ANALYSIS RESULTS

FINISH

Estructura modelada.



En el diagrama de esfuerzos anexos se observa que se generan esfuerzos negativos en las esquinas del muro (se generan tensiones). Esta condición, sumada a las fuerzas de inercia elevadas que se generan debido a sismo, produce en edificios de mampostería daños que llegan a ser considerables, ya que la principal debilidad de la mampostería consiste en su baja resistencia a la tensión, de la que deriva la imposibilidad de realizar uniones efectivas entre los distintos elementos estructurales.

Como conclusión queda comprobado la razón de la deformación en los muros, primeramente, y se valida la tesis de la presencia de esfuerzos inducidos que provocan fisuras en la intersección de los muros, como queda demostrado en el gráfico siguiente, en el cual se presenta en la intersección de los muros una tensión máxima de 192.86 kg. Considerando que la mampostería presenta resistencia nula a este tipo de esfuerzos.

Con lo cual se demuestra porque se deforman los muros primeramente y se valida la tesis de la presencia de esfuerzos inducidos que provocan fisuras en la intersección de los muros.

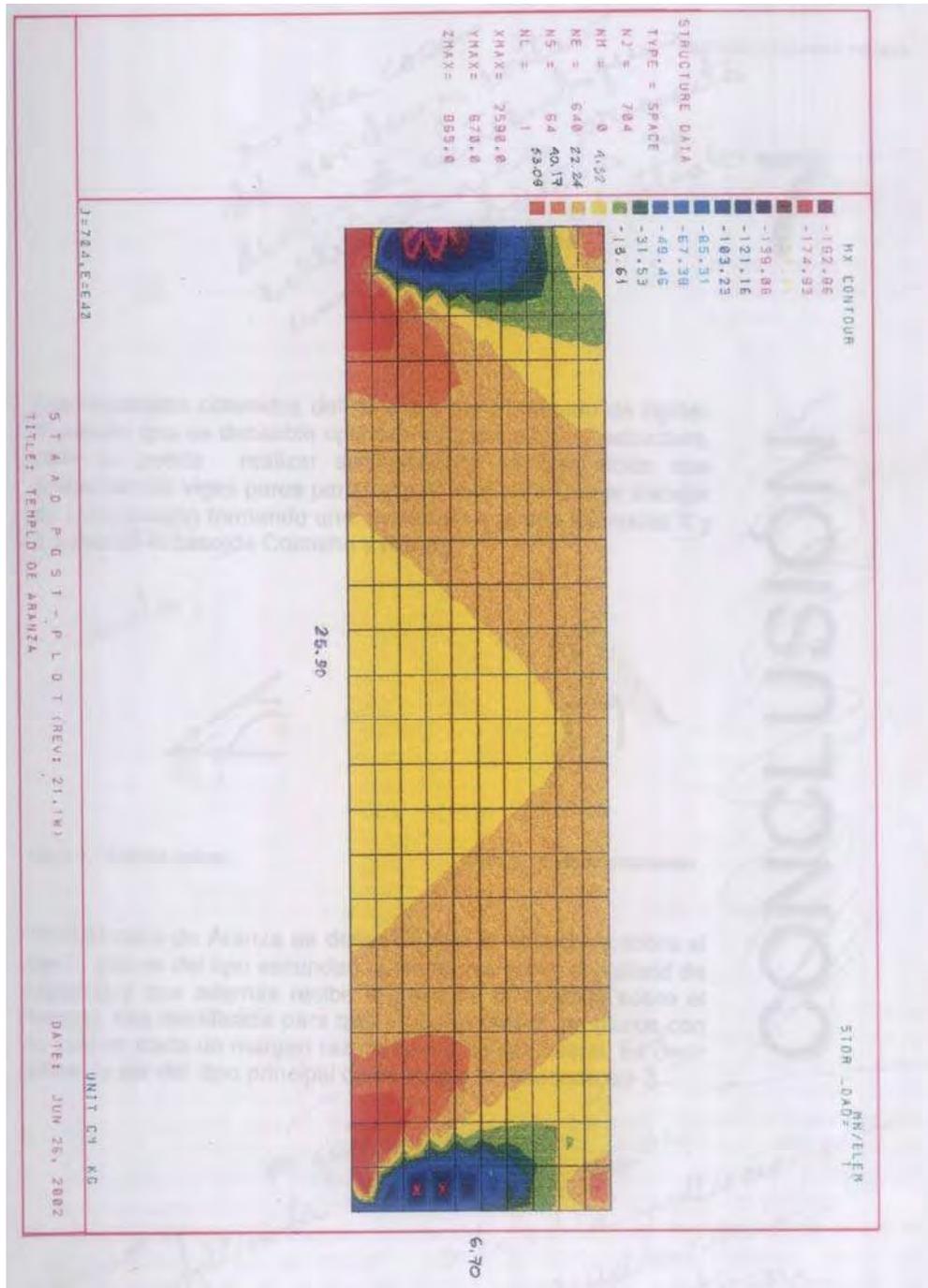


Tabla que muestra el estado de esfuerzos presentes en el muro del caso de análisis.