

TC-12

**IMPLEMENTACIONES CONSTRUCTIVAS Y ESTRUCTURALES  
DE MUROS EN ADOBE CON ELEMENTOS METÁLICOS**

Martínez, José  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia  
jgmartinezmurcia@gmail.com

**1.0 INTRODUCCIÓN.**

A lo largo de la historia de la Arquitectura, las construcciones en adobe, en Tapia Pisada y en elementos cerámicos han marcado una pauta importante, lo que nos motiva a adelantar un proyecto de investigación que nos conduzca a establecer la importancia de conocer las propiedades de estos materiales, como de las implementaciones necesarias de tipo constructivo y estructural, que permitan que los sistemas portantes de edificaciones con muros de adobe, respondan adecuadamente a los efectos naturales de las fuerzas horizontales de tipo sísmico; mediante el uso de dispositivos metálicos que integrados de manera adecuada, respeten las condiciones originales y Arquitectónicas de las construcciones en adobe y adicionalmente se desempeñen como protecciones que disipen y controlen la energía telúrica, protegiendo la estructura muraria contra colapsos críticos, evitando de esta manera su fallamiento que origine pérdidas humanas, como afectaciones severas, que pongan en riesgo la estabilidad de la edificación.

**3.0 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.**

Las ventajas que presentan, los materiales metálicos, en cuanto a su capacidad de respuesta ante solicitaciones especiales y su aprovechamiento en la intervención de edificaciones con estructura con muros portantes compuestos por adobe, tapia pisada, bloques en suelo cemento, ladrillo cerámicos, bloques en arcilla, en concreto y mampuestos en piedra, han motivado la implementación de una serie de alternativas, que mejoren sustancialmente la respuesta estructural de estos materiales a los eventos sísmicos tan comunes en nuestro país, que abarcan un rango bien importante de construcciones tanto en el campo de vivienda, en el campo institucional, como también en lo concerniente a obras de alto valor patrimonial.

A través de esta investigación, podremos identificar, las ventajas y desventajas estructurales y arquitectónicas de las intervenciones de edificaciones con mampuestos de adobe y su consolidación estructural con elementos que no alteren las condiciones originales de la construcción, que se mimeticen y permitan un adecuado comportamiento estructural de la edificación ante los eventos sísmicos que se nos presenten, con un gran aporte de tipo técnico y arquitectónico.

Adicionalmente se tiene la necesidad de crear conciencia en la definición de una normalización, en un capítulo complementario y nuevo en los reglamentos de construcciones sismo resistentes, aplicado al manejo racionalizado del adobe y la implementación constructiva de elementos metálicos, que mejoren su comportamiento sísmico, que inciden directamente en los trabajos de restauración y recuperación de inmuebles con un alto valor histórico, como también en la solución de proyectos actuales en vivienda, con la utilización de los mampuestos en adobe.

Con la investigación se adelantan e implementan, sistemas de consolidación estructural basados en elementos de acero como perfiles, planchas, láminas o tendones metálicos, que no alteren las características originales y arquitectónicas de una edificación con interés patrimonial, o en su defecto en construcciones con muros de adobe contemporáneas, en las que no se han tenido en cuenta los criterios de sismo resistencia. Logrando de esta manera un sistemas de muros con adobes consolidados y reforzados.

#### **4.0 MARCO TEORICO.**

En general en latino América existe un gran número de edificaciones con un alto valor histórico patrimonial, cuyo sistema estructural esta compuesto por muros portantes con mampuestos en adobe, combinaciones con tapia pisada, ladrillo y piedra, que implican una intervención inmediata de mejoramiento de su comportamiento sísmico lo que nos lleva a estudiar y analizar las diversas alternativas de implementación de elementos metálicos, que nos permitan obtener soluciones menos traumáticas, sencillas y de fácil ejecución, preservando las soluciones originales, aprovechando la investigación de las características físicas del adobe.

Adicionalmente el uso de los mampuestos de adobe aplicados a la solución de unidades de vivienda y proyectos de características contemporáneas, nos llevan a definir la aplicación del uso de elementos metálicos que resuelvan la problemática de comportamiento sísmico de un

material tan especial en tierra como el adobe, el cual se presenta en la mayoría de los sectores comunitarios que conforman nuestro territorio nacional.

## **5.0 ESTADO DEL ARTE.**

Se adelanta un estudio, de toda la información existente, sobre el tema para determinar, las investigaciones realizadas sobre el adobe, la aplicación de elementos metálicos para el mejoramiento de su comportamiento sísmico, realizadas tanto en Colombia como en otros países, entre las que se destacan las investigaciones adelantadas tanto en el Perú, en México, como en el Ecuador; para aprovechar el conocimiento y las soluciones aplicadas tanto a edificaciones de características patrimoniales importantes, como el caso de construcciones convencionales resueltas con muros en adobe, que en su gran mayoría conforman unidades de vivienda.

En este punto se relaciona el conjunto de obras y proyectos, en los cuales, he participado como profesional en la conformación de una intervención integral, en donde se equilibran tanto los valores arquitectónicos, históricos como los aspectos técnicos, sismo resistentes y económicos.

La implementación de los dispositivos metálicos, fabricados con platinas de acero, se propuso en la intervención integral de edificaciones patrimoniales de gran valor histórico en Colombia, entre las que se pueden destacar:

- Casa de los Derechos del Hombre: Fundación Universidad de América. Dr. Jaime Posada. Arq. José David Herrera. Calle 10 No. 6-44. Centro Histórico de Bogotá. Colombia. Año: 2000.
- Casa de La Expedición Botánica: Fundación Universidad de América. Dr. Jaime Posada. Arq. José David Herrera. Calle 10 No. 6-44. Centro Histórico de Bogotá. Colombia. Año: 2000.
- Casona Antigua Alcaldía de Pasto. Arq. Alberto Corradine. Arq. Armando Cortes. Centro Histórico de San Juan de Pasto. Departamento de Nariño. Colombia. Año: 2001.
- Iglesia de Turmequé. Monumento Histórico. Unión Temporal. Arquitectos Armando Cortes y Rafael Rincón. Boyacá. Colombia. Año: 2001.
- Templo Doctrinario de Oicata. Monumento Histórico. Unión Temporal. Arquitectos Armando Cortes y Rafael Rincón. Boyacá. Colombia. Año: 2001.
- Propuesta Diseño de Consolidación Estructural. Panóptico - Ibagué. Monumento Histórico.

Consortio Patrimonio Histórico. Arquitectos Germán Téllez García y Rafael Rincón. Tolima. Colombia. Año: 2003.

- Propuesta. Diseño de Consolidación Estructural. Casas Aulas Conservatorio de Música del Tolima - Ibagué. Monumento Histórico. Arquitecto Restaurador Rafael Rincón. Año: 2004.
- Estudio de Vulnerabilidad Sísmica, Estudio Geotécnico y Diseño de Consolidación Estructural. Academia Superior de Arte Dramático. Antiguo Colegio de la Merced. Monumento Histórico. Arquitectos Germán Téllez García y Rafael Rincón. Año: 2004.
- Estudio de Vulnerabilidad Sísmica, Estudio Geotécnico y Diseño de Consolidación Estructural. Casas Santa Bárbara. Ministerio de Hacienda. Monumento Histórico. Centro Histórico de Bogotá. Colombia. Arquitectos Germán Téllez García y Rafael Rincón. Año: 2005.
- Estudio de Vulnerabilidad Sísmica, Estudio Geotécnico, estudio de Patología e Investigación de propiedades de materiales Propuesta Integral de Diseño de Consolidación Estructural. Intervención y Restauración del Teatro Cristóbal. Colón. Monumento Histórico. Arquitecto Restaurador Rafael Rincón. Año: 2005.
- Intervención y Restauración de la Casa de paso Del Ejercito del Libertador en Venta quemada. Arquitecto Restaurador Rafael Rincón. Boyacá. Colombia. Año: 2005.
- Intervención y Restauración del Palacio Nacional De Justicia en Cali. Arquitecto Restaurador Rafael Rincón. Valle del Cauca. Colombia. Año: 2006.
- Propuesta Integral de Diseño de Consolidación Estructural Intervención y Restauración del Teatro Municipal de Buga. Monumento Histórico. Arquitecto Restaurador: Ricardo Hincapié. Universidad del Valle. Facultad de Artes Integradas. Centro de Investigaciones CITCE. Valle del Cauca. Colombia. Año: 2007.
- Diseño de Consolidación Estructural. Intervención y Restauración de Edificio Sección Francisco de Paula Santander en el Colegio de Boyacá - Tunja. PROAMBIENTALES LTDA. Arq. Elizabeth Rojas. Boyacá. Colombia. Año: 2007.
- Consolidación Estructural Intervención y Restauración Casona de Don Juan De Castellanos. Arquitecto Restaurador: Roberto López. Boyacá. Colombia. Año: 2007.
- Confinamiento con Dispositivos Metálicos. Muros Portantes Principales en Adobe y Tapia Pisada. Intervención Integral con refuerzo Sismo Resistente de la Casona del Virrey Samano, localizada en la Calle de la Rosa, carrera 4ª N° 10-18, en Bogotá. Colombia. A cargo del Consorcio Conguadua. Arq. Jorge Enrique Martínez. Año. 2008.

- Restauración y Mantenimiento de la Casona – Escuela del Perú – Predios de la Media Torta. Avenida Circunvalar con calle 18. Arquitecto Restaurador Rafael Rincón. Bogotá. Colombia. Año: 2009.
- Estudios técnicos, diagnóstico y propuesta de Restauración y Reforzamiento integral de la Casona Republicana Calle 18 no. 6-27. Arquitectos Pedro Pablo Rojas y Rafael Rincón. Año: 2009. Bogotá - Colombia.
- Ajustes Complementarios a los estudios de Exploración Geotécnica, Intervención de la cimentación existente y a la ejecución del refuerzo integral con la utilización de Dispositivos de acero, para el Reforzamiento Sismo Resistente, del teatro Jorge Eliecer Gaitán; Localizado en la Carrera 7, entre calles 22 y 23 de Bogotá D. C. Urbaniscom y Arquitecto Rafael Rincón. Año: 2010. Bogotá - Colombia.
- Ajustes Complementarios a los estudios de Exploración Geotécnica, Intervención de la cimentación existente y a la ejecución del refuerzo integral con la utilización de Dispositivos de acero, para el museo de la independencia casa del florero de Bogotá. Localizado en la carrera 7, calle 11 de Bogotá d. c. Urbaniscom y Arquitecto Rafael Rincón. Año: 2010. Bogotá - Colombia.
- Estudios Técnicos, Análisis, Valoración, Diagnóstico y propuesta de Restauración y Reforzamiento Integral de la Capilla Posa en el Municipio de Tópaga en Boyacá. Colombia. Consorcio GALEZ 4. Arq. Roberto López Sánchez. Año 2010.

## **6.0 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

Se busca definir, la implementación constructiva, estructural y aplicación práctica de la utilización de Dispositivos de Acero que mejoren sustancialmente el comportamiento de las construcciones con muros de abobe ante los efectos sísmicos que se caracterizan en nuestra región, tanto para construcciones con valor histórico como edificaciones en adobe contemporáneas, entre las que se destacan las utilizadas como viviendas en nuestro país. Simplificando de manera especial la intervención de este tipo de proyectos.

## **7.0 OBJETIVOS.**

### **7.1 OBJETIVO GENERAL.**

Se pretende demostrar las ventajas constructivas, como estructurales, de la intervención integral de estructuras murarias compuestas por mampuestos en adobe, que han permitido implementar un nuevo sistema de mejoramiento ante el comportamiento sísmico de una edificación, con el denominado uso de Dispositivos Metálicos o fusibles dinámicos, fabricados con platinas de acero, articuladas a los muros divisorios con mampuestos en adobe mediante pernos pasantes; como muros colindantes con dispositivos articulados con pernos de anclaje y resinas epóxicas de adherencia.

### **7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Resumir las características y propiedades estructurales del adobe.
- Recopilar las investigaciones adelantadas en la preparación o fabricación de adobes con fibras de características vegetales, como es el caso del fique, el cuan y la paja.
- Identificar las ventajas del uso de los elementos metálicos en lámina delgada y su aplicación, en muros de adobe.
- Definir los principios básicos de interacción del adobe, con los elementos metálicos
- Presentar una Metodología de desarrollo en la intervención de muros de adobe con refuerzo de tipo metálico.
- Producir un documento guía sobre las ventajas de utilizar elementos metálicos en la consolidación de muros en adobe.
- Presentar el comportamiento estructural de los muros de adobe, con elementos metálicos, desde el punto de vista de Modelamiento matemático.
- Proponer las bases para establecer una normativa en la ejecución de muros en adobe consolidados con elementos metálicos.
- Comprobación Analítica de comportamiento de los Dispositivos Metálicos, en el confinamiento de Muros de Adobe tanto en Obras Patrimoniales, como el caso de intervención de edificaciones de uso exclusivo para vivienda.

## 8.0 METODOLOGÍA.

La investigación se adelanto a partir de una metodología propuesta por etapas, de la siguiente manera:

### • RECOPIACIÓN INFORMACIÓN.

Delimitación de la fundamentación teórica y conceptual tomando en cuenta:

- Estudios de las características y propiedades físicas del adobe.
- Definición de las propiedades de los elementos metálicos e interacción con el adobe.
- Estudios realizados por la Corporación La Candelaria, hoy Instituto Distrital de Patrimonio, en edificaciones en adobe en el centro histórico de Bogotá-Colombia.
- Consideraciones básicas en la implementación de elementos metálicos.
- Implementación de los diferentes sistemas constructivos y estructurales del adobe utilizados y propuestos por entidades especializadas en Colombia.
- Los parámetros de comportamiento estructural ante efecto de fuerzas horizontales de tipo sísmico.
- Características y aplicaciones de los tendones, platinas de acero como solución constructiva y estructural en el comportamiento sismo resistente de los muros de adobe.

### ▪ PROYECTOS QUE SE HAN REALIZADO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.

Aspectos arquitectónicos, constructivos y estructurales:

A Nivel Nacional:

- Se presenta el análisis de los diferentes proyectos que se han intervenido en Colombia, como también algunos casos especiales representativos realizados en otros países:
  - Se presenta información con respecto, a los sistemas de consolidación de los muros en adobe.

Se vienen realizando varias alternativas, entre las que se pueden mencionar:

- Recubrimiento con pañetes reforzados. Caso en particular que se Trámite ante la Curaduría Urbana No 1., en la Consolidación de Muros de la Casona del Instituto Caro y Cuervo, localizado en el centro Histórico, Calle 10 No. 4-87, Bogotá D.C. Colombia. Proyecto de intervención y restauración arquitectónica, a cargo de Arq. Mariana Patiño Osorio. Ing. Ms. Juan Carlos Rivera Torres. Proyecto en el que realice el modelo matemático y la actualización a la Norma Colombiana. NSR-10.
- Consolidación con piezas de madera, aplicadas en la intervención de la Casa de los Venados, localizada en la Carrera 9, con Calle 9; a cargo del Ing. Luis Fernando Ballesteros en Bogotá. Colombia.
- Confinamiento de Muros con columnas en concreto reforzado, Caso Obra Restauración Casas de la Vicepresidencia de la República, localizada en la Carrera 8 No. 7-57. Bogotá. Colombia.
- Confinamientos de Muros con platinas de acero denominados, Dispositivos Metálicos tipo Fusibles Sísmicos. Relación de obras realizadas por el autor.

#### A Nivel Internacional:

- Refuerzo con Platinas embebidas en las juntas para mamposterías reforzadas. Alternativas económicas para confinar los extremos de los muros de albañilería armada. Pontificia Universidad Católica del Perú.
  - Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño. Maximiliano Astroza i. (1) y Andrés Schmidt a.(2). Universidad de Chile.
- Se definen los sistemas metálicos más adecuados en el confinamiento de muros de adobe. Que implican un mínimo de intervención y afectación de los muros; los cuales pueden quedar embebidos en los pañetes de recubrimiento, previa colocación de mallas de adherencia, apuntadas con soldadura a las platinas con grafileras aceradas.
  - Se presentan en los modelos matemáticos los sistemas propuestos de interacción de muros de adobe con elementos metálicos.



- Se conforma un documento, con conclusiones y recomendaciones, recopilación de la información detallada en el punto anterior que defina criterios de utilización de elementos metálicos, para el confinamiento de muros e adobe.
- **PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS PARA EL CONFINAMIENTO DE MUROS EN ADOBE.**

Por medio de la evaluación de las alternativas estudiadas, se presentan propuestas de utilización de elementos metálicos para el confinamiento de muros en adobe, con base en sus requerimientos, arquitectónicos, técnicos, funcionales y estéticos; empleando para cada caso la innovación en la fabricación de elementos metálicos en lámina delgada o en chapa de acero.

- **COMPROBACIÓN MEDIANTE MODELACION MATEMATICA DE LAS ALTERNATIVAS DE USO DE ELEMENTOS METÁLICOS CON MUROS EN ADOBE.**

Por medio de la elaboración inicial de ensayos de determinación de las características y propiedades técnicas del adobe, con el fin de poder evaluar su comportamiento, se plantearan las alternativas básicas de combinación con elementos metálicos que nos permitan comprobar y confrontar, las teorías o hipótesis inicialmente planteadas.

- **PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN PROPUESTO.**

Se plantea un plan de trabajo, el cual se ajusta de acuerdo a las características propias de cada proyecto a intervenir y siguiendo los siguientes pasos:

Procedimiento de intervención.

1. Identificación de puntos para intervenir. De acuerdo a los modelos matemáticos de comportamiento sísmico realizados con el programa STADD/PRO.
2. Marcación de Ejes de perfiles metálicos de refuerzo. Trazado planimétrico y altimétrico.
3. Regatas; remoción del pañete existente en los elementos estructurales existentes.

4. Repellos, para la preparación de las superficies de apoyo de los perfiles de refuerzo, dadas las irregularidades propias de las columnas, vigas y placas de concreto existente, se procede a aplicar una capa de espesor variable con un promedio de 5 cms, en algunos sitios, se tiene en cuenta la dosificación del mortero de repello con las condiciones físico químicas, similares a los pañetes existentes, cabe anotar la adición de fibra para mejorar la consistencia de mortero.

5. Marcación de ejes, del conjunto de perfiles de consolidación sísmica de los pórticos de concreto, previa verificación con plantillas con el refuerzo de los elementos estructurales existentes, en los cuales se utilizo pernos de anclaje con adherencia mecánica tipo ancla expansiva referencia Tecnofijaciones Torres, Hilti ó Similar.

6. Distribución de pernos de articulación, con modulación particular de acuerdo a las condiciones de cada sitio, en donde se tiene en cuenta elementos existentes como prefabricados o elementos arquitectónicos de gran importancia.

7. Perforaciones en columnas, vigas y placas. Se define utilizar diámetros de broca de mayor dimensión al perno de anclaje con tolerancias de orden de 1/8". Se destaca la importancia de utilizar ángulos de empotramiento de inclinación del orden de 5° a 15° con respecto al eje horizontal, que inciden en el aumento de reacción en las fuerzas de extracción a tracción de los pernos. Adicionalmente se resalta en el procedimiento, la limpieza de las perforaciones, las cuales deben quedar libre de todo tipo de partículas o desprendimientos internos, que afectan a adherencia de la resina epoxi con el concreto existente; ayudado con compresor de aire.

8. Aplicación de resina e instalación de pernos. Con el equipo de inyección adecuado se coloca la resina, saturando totalmente en las perforaciones realizadas.

9. Secado resina 24 horas para ajuste de perfiles. Se observa que dadas las condiciones internas que presenta el concreto existente la resina al inyectarse se ramifica, lo que ayuda e su adherencia a los pernos de articulación.

**10.** Instalación de platinas de confinamiento y ajuste de pernos, el torque de apriete de la tuercas de fijación de la platinas, responde a condiciones básicas de bloqueo o inmovilidad del confinamiento, para lo cual se procede a utilizar tuerca especial de fijación o en su defecto se puede asegurar con puntos de soldadura.

**11.** Soldado de cartelas de conexión. Con el objeto de unificar los dispositivos de conjunto se procede a colocar platinas o acartelamientos horizontales.

**12.** En el caso de recubrir las perfiles, se procede a fijar la malla con vena mediante a utilización de grafiles de 4.0 mm., soldadas a las platinas; en los extremos se amarra con alambre para evita su desprendimiento.

**13.** Se termina la consolidación con platinas con el recubrimiento con morteros especiales de acuerdo a las condiciones de los pañetes. Se plantea también la alternativa de dejar los elementos descubiertos.

▪ **PROCEDIMIENTO DE MODELAMIENTO MATEMATICO Y ANALISIS DE COMPORTAMIENTO.**

Se presenta un caso típico del proceso de modelación, con el proyecto de Casa Republicana:

El estudio se realiza, diferenciando dos condiciones básicas de la edificación, que se denominan:

- Análisis en condiciones Iniciales u Originales.
- Análisis en condiciones Finales intervenidas y reforzadas.

En cada una de esta etapas se aplica, la metodología recomendad en nuestra norma NSR-10; en el Capitulo A.10. "Evaluación e Intervención de Edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del Reglamento."

En el articulo A.10.1.4. Se define el procedimiento de evaluación de la intervención en tres capítulos, cada uno de los cuales con una serie de etapas básicas en la evaluación.


Se anexa en el cuadro 1. El procedimiento estipulado en el Reglamento Colombiano de construcciones Sismo resistente.

En cada una de las condiciones indicadas se presentan la información del modelo matemático discriminado de la siguiente manera:

1. Relación de Datos de Entrada: Materiales componentes, geometría o dimensiones de los elementos estructurales, las combinaciones de carga aplicadas al modelo.
2. Relación de Datos de Salida: Envolvente de desplazamientos presentados de acuerdo a la hipótesis de carga sísmica, resultado de reacciones presentadas en los apoyos, fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momentos flectores, momentos torsores y esfuerzos críticos presentados.
3. Relación de resultados de diseño de los elementos componentes, compresión de los muros, esfuerzos de tracción y compresión en las platinas, diseño de elementos de entrepiso y cubiertas generalmente en madera.
4. Relación de gráficos resultantes.

<p><b>INFORMACIÓN PRELIMINAR</b></p> <p><i>Etapa 1</i> — Debe verificarse que la intervención esté cubierta por el alcance dado en A.10.1.3.</p> <p><i>Etapa 2</i> — Debe recopilarse y estudiarse la información existente acerca del diseño geotécnico y estructural así como del proceso de construcción de la edificación original y sus posteriores modificaciones y deben hacerse exploraciones en la edificación, todo esto de acuerdo con A.10.2.</p> <p><i>Etapa 3</i> — El estado del sistema estructural debe calificarse con respecto a: (a) la calidad del diseño de la estructura original y su sistema de cimentación y de la construcción de la misma y (b) el estado de mantenimiento y conservación. Esta calificación debe hacerse de acuerdo con los requisitos de A.10.2.</p> <p><b>EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE</b></p> <p><i>Etapa 4</i> — Deben determinarse unas solicitaciones equivalentes de acuerdo con los requisitos de A.10.4.2.</p> <p><i>Etapa 5</i> — Debe llevarse a cabo un análisis elástico de la estructura y de su sistema de cimentación para las solicitaciones equivalentes definidas en la Etapa 4.</p> <p><i>Etapa 6</i> — La resistencia existente de la estructura debe determinarse utilizando los requisitos de A.10.4.3.3.</p> <p><i>Etapa 7</i> — Se debe obtener una resistencia efectiva de la estructura, a partir de la resistencia existente, afectándola por dos coeficientes de reducción de resistencia obtenidos de los resultados de la calificación llevada a cabo en la Etapa 3.</p> <p><i>Etapa 8</i> — Debe determinarse un índice de sobreesfuerzo como el máximo cociente obtenido para cualquier elemento o sección de éste, entre las fuerzas internas solicitadas obtenidas del análisis estructural realizado en la Etapa 5 para las solicitaciones equivalentes definidas en la Etapa 4 y la resistencia efectiva obtenida en la Etapa 7.</p> <p><i>Etapa 9</i> — Utilizando los desplazamientos horizontales obtenidos en el análisis de la Etapa 5 deben obtenerse las derivas de la estructura.</p> <p><i>Etapa 10</i> — Debe determinarse un índice de flexibilidad por efectos horizontales como el máximo cociente entre las derivas obtenidas en la Etapa 9 y las derivas permitidas por el Reglamento en el Capítulo A.6. Igualmente debe determinarse un índice de flexibilidad por efectos verticales como el máximo cociente entre las deflexiones verticales medidas en la edificación y las deflexiones permitidas por el presente Reglamento.</p> <p><b>INTERVENCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL</b></p> <p><i>Etapa 11</i> — La intervención estructural debe definirse de acuerdo con el tipo de modificación establecida en A.10.6 dentro de una de tres categorías: (a) Ampliaciones adosadas, (b) Ampliaciones en altura y (c) Actualización al Reglamento.</p> <p><i>Etapa 12</i> — El conjunto debe analizarse nuevamente incluyendo la intervención propuesta, la cual debe diseñarse para las fuerzas y esfuerzos obtenidos de este nuevo análisis. El diseño geotécnico y estructural y la construcción deben llevarse a cabo de acuerdo con los requisitos que para cada tipo de modificación establece el presente Capítulo.</p>
--

CUADRO 1. PROCESO DE EVALUACION DE ACUERDO A LA NSR-10.

 <p><b>JOSÉ GUSTAVO MARTÍNEZ MURCIA.</b> ARQUITECTO C.A. - INGENIERO CIVIL - LIC. N. 8. ESTADISTADOR C.A. - INGI. RAFAEL RINCON.</p>	Job No <b>P-10-09</b>	Sheet No <b>1</b>	Rev JGMM
	Part 1		
	Rev CI		
	By JGMM	Date 09-Sep-09	Ctd
Client ARQ.RAFEL RINCON	File CR18CAI.std	Date/Time 12-Oct-2009 15:42	

### Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	JGMM		
Date:	09-Sep-09		

Comments

CONDICION INICIAL

Structure Type: **SPACE FRAME**

Number of Nodes	7714	Highest Node	7716
Number of Elements	1392	Highest Beam	11649
Number of Plates	6859	Highest Plate	11646

Number of Basic Load Cases	4
Number of Combination Load Cases	6

Included in this printout are data for:

All	The Whole Structure
-----	---------------------

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	1	CARGA SISMICA X-X
Primary	2	CARGA SISMICA Z-Z
Primary	3	CARGA MUERTA
Primary	4	CARGA VIVA
Combination	5	DETERMINACION DERIVAS
Combination	6	DETERMINACION CARGAS CIMENTACK
Combination	7	GRAVITACIONALES + SISMO 1.
Combination	8	CARGAS GRAVITACIONALES + SISMO 2
Combination	9	CARGAS GRAVITACIONALES - SISMO 1
Combination	10	CARGAS GRAVITACIONALES - SISMO 2

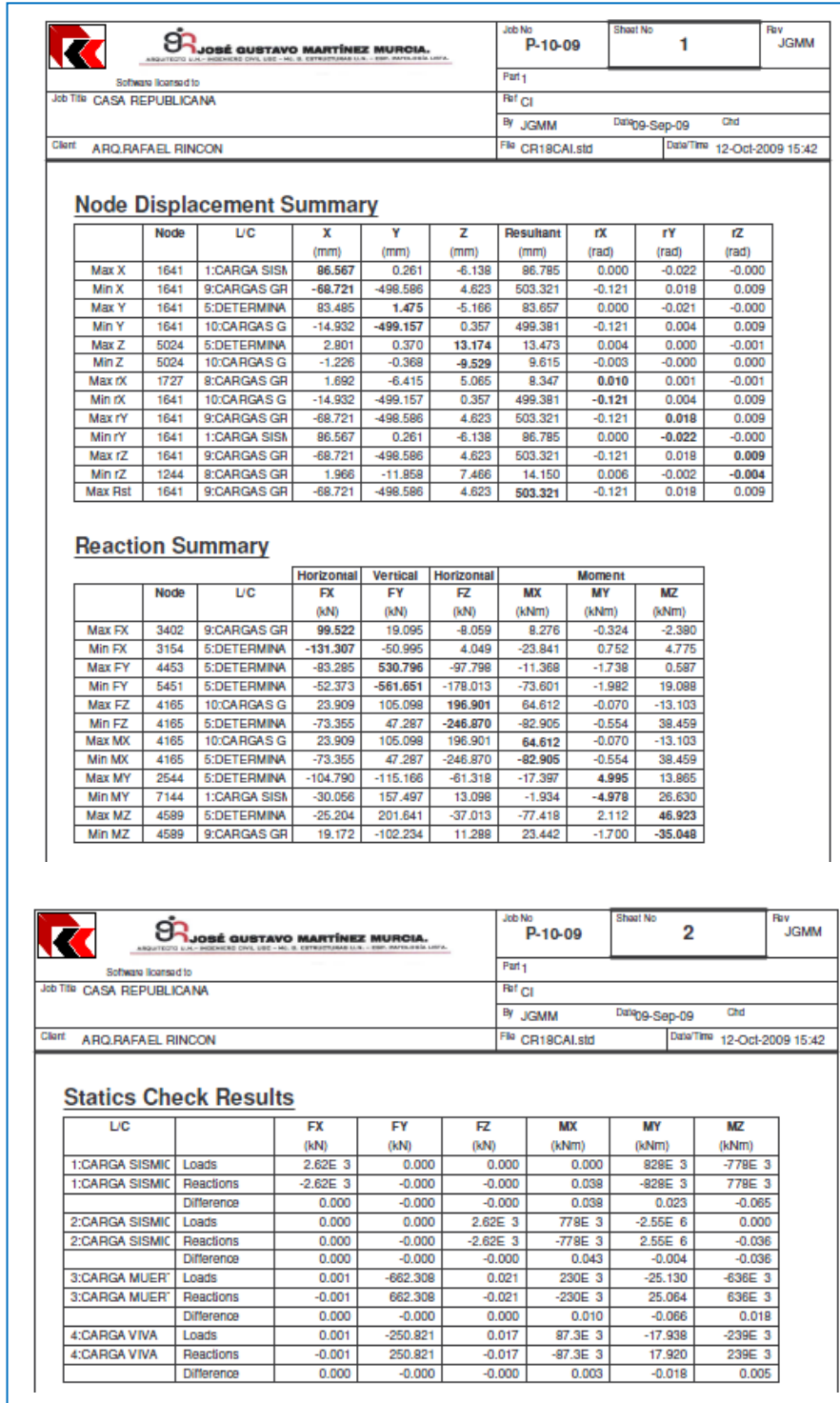
  

### Section Properties

Prop	Section	Area (cm <sup>2</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>zz</sub> (cm <sup>4</sup> )	J (cm <sup>4</sup> )	Material
6	Cir 0.60	2.93E 3	636E 3	636E 3	1.27E 6	CONCRETE
7	Cir 0.20	314.159	7.85E 3	7.85E 3	15.7E 3	MADERA
8	Rect 0.30x0.10	300.000	2.5E 3	22.5E 3	7.9E 3	MADERA
9	Rect 0.30x0.10	300.000	2.5E 3	22.5E 3	7.9E 3	MADERA
10	Rect 0.15x0.05	75.000	156.250	1.41E 3	493.885	MADERA

Print Time/Date: 28/10/2009 13:46      STAAD.Pro for Windows Release 2007      Print Run 1 of 2

CUADRO 2. DATOS DE ENTRADA DEL MODELO.



CUADRO 3. DATOS DE SALIDA DEL MODELO.

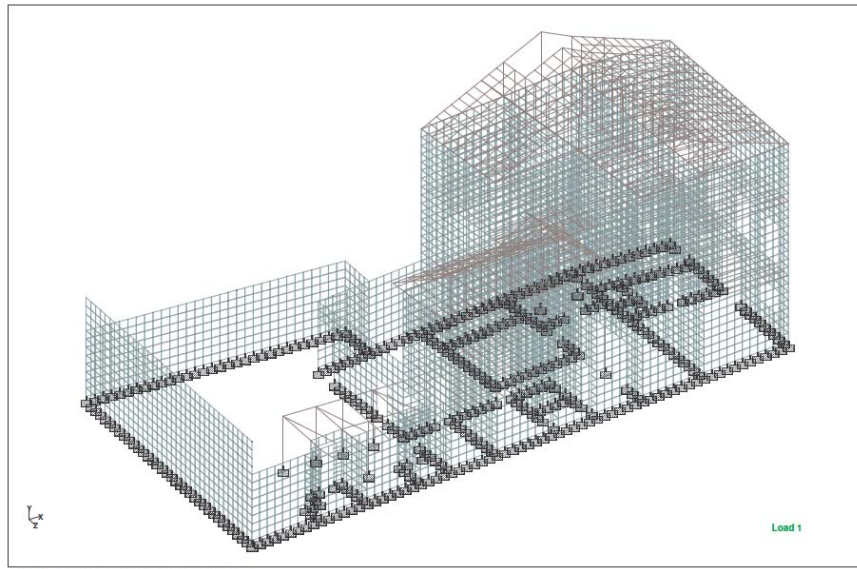


GRAFICO. No 1. ISOMÉTRICO MODELO GENERAL INICIAL.

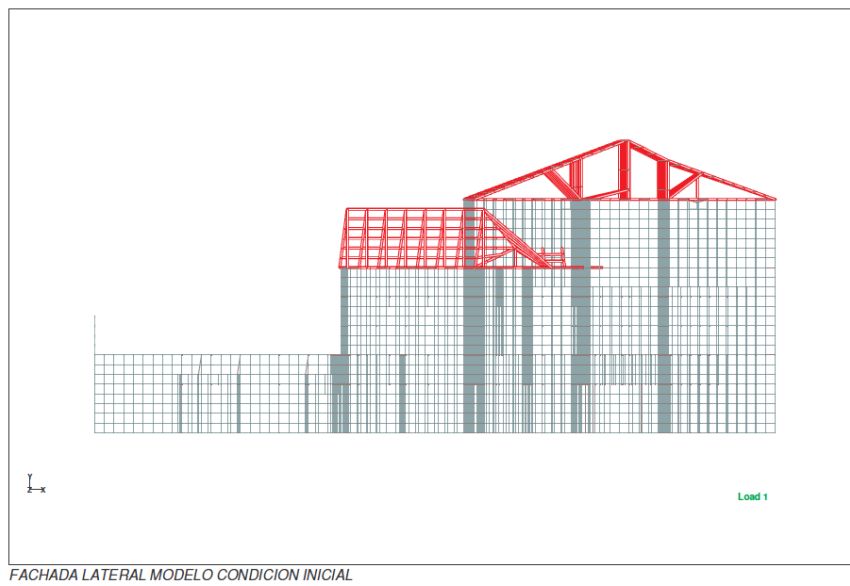


GRAFICO. No 2. FACHADA LATERAL MODELO GENERAL.

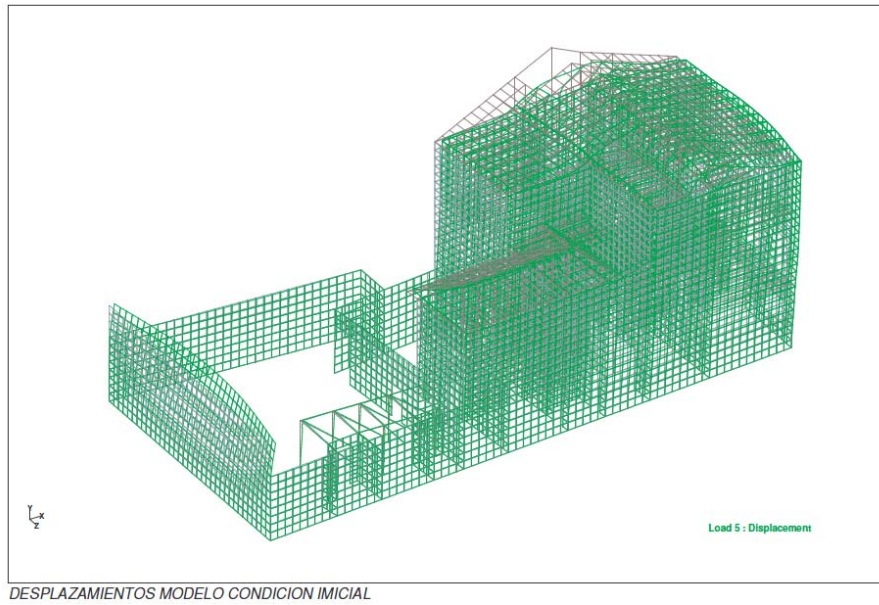


GRAFICO. No 3. DESPLAZAMIENTO MODELO CONDICION INICIAL.

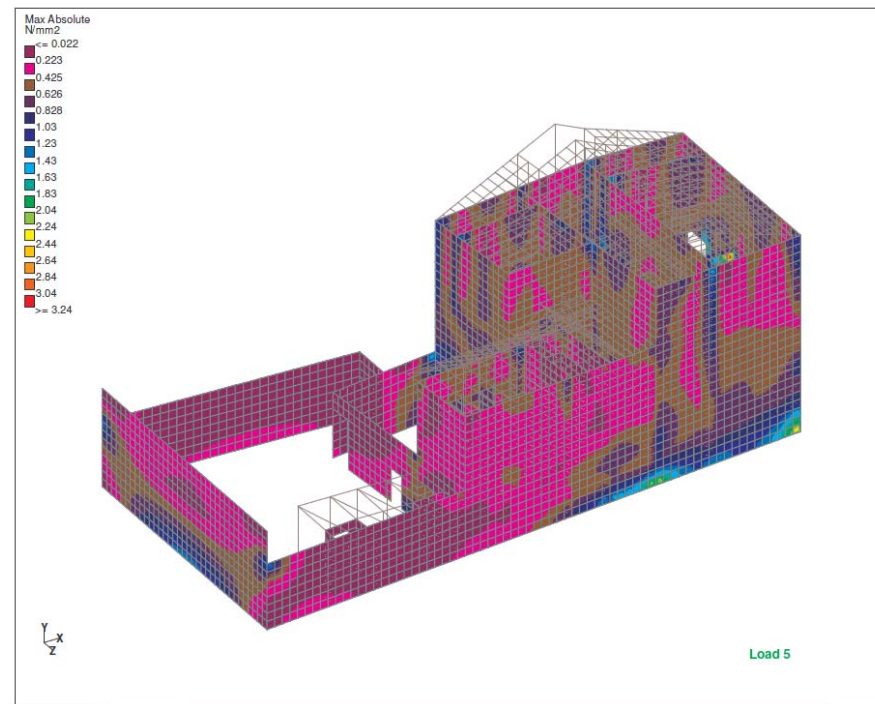


GRAFICO. No 4. DIAGRAMA DE ESFUERZOS ESTRUCTURA MURARIA DE ADOBE.



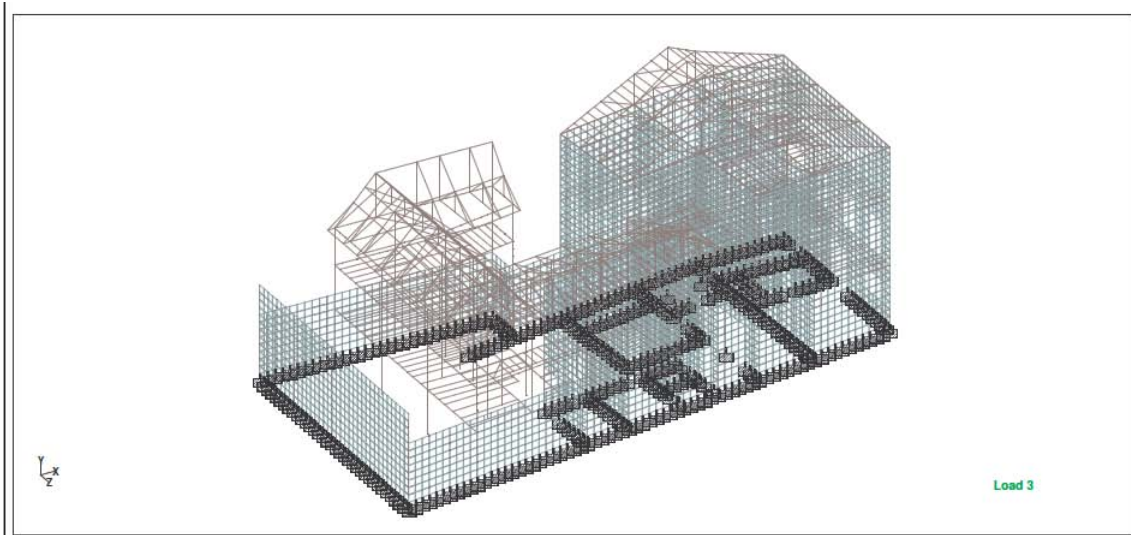
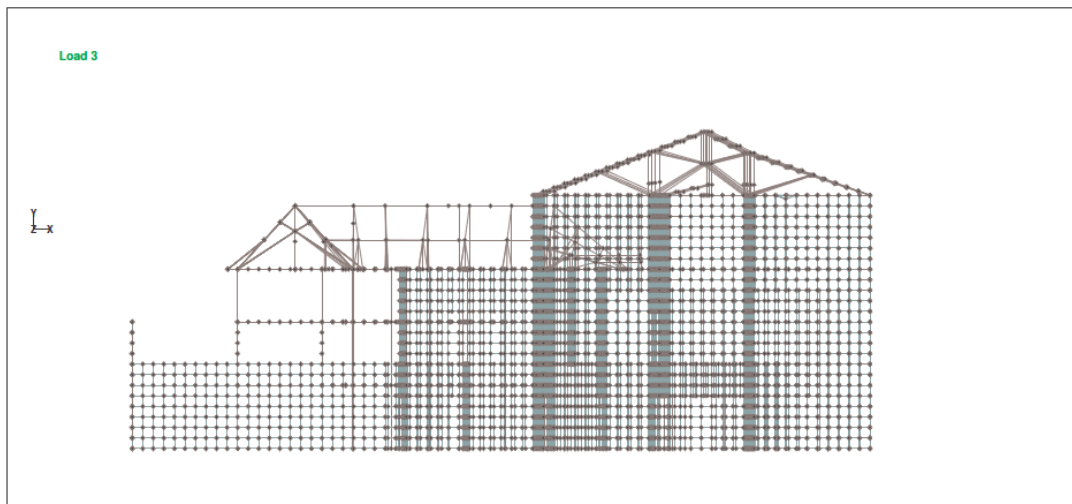
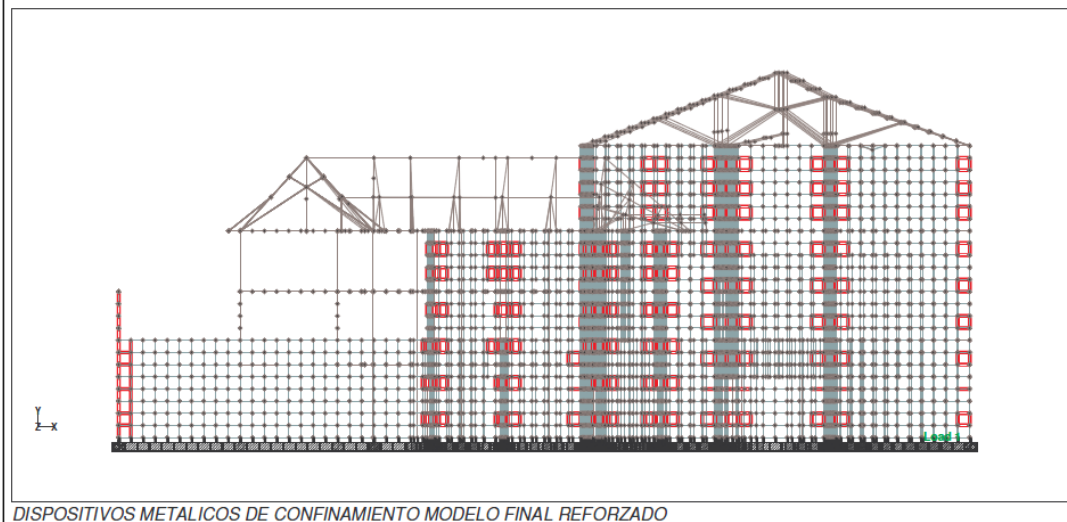


GRAFICO. No 5. ISOMETRICO MODELO GENERAL FINAL.



FACHADA LATERAL MODELO FINAL REFORZADO

GRAFICO. No 6. FACHADA LATERAL MODELO GENERAL FINAL.



DISPOSITIVOS METALICOS DE CONFINAMIENTO MODELO FINAL REFORZADO

GRAFICO. No 7. DISPOSITIVOS METALICOS MODELO GENERAL FINAL.

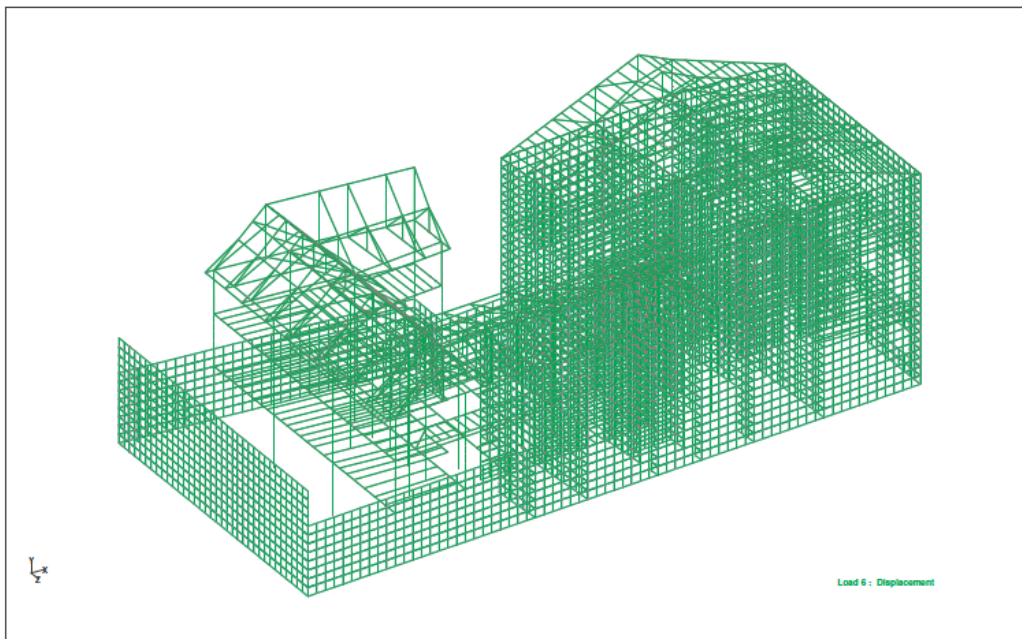


DIAGRAMA DE DEFORMACIONES MODELO GENERAL REFORZADO

GRAFICO. No 8. DESPLAZAMIENTO MODELO CONDICION FINAL.

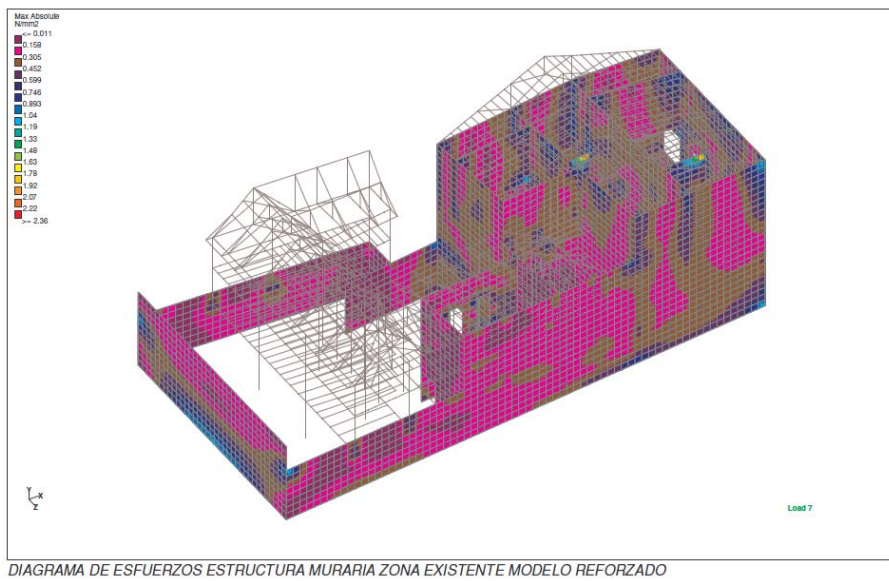


DIAGRAMA DE ESFUERZOS ESTRUCTURA MURARIA ZONA EXISTENTE MODELO REFORZADO

GRAFICO. No 9. DIAGRAMA DE ESFUERZOS ESTRUCTURA MURARIA DE ADOBE MODELO CONDICION FINAL.

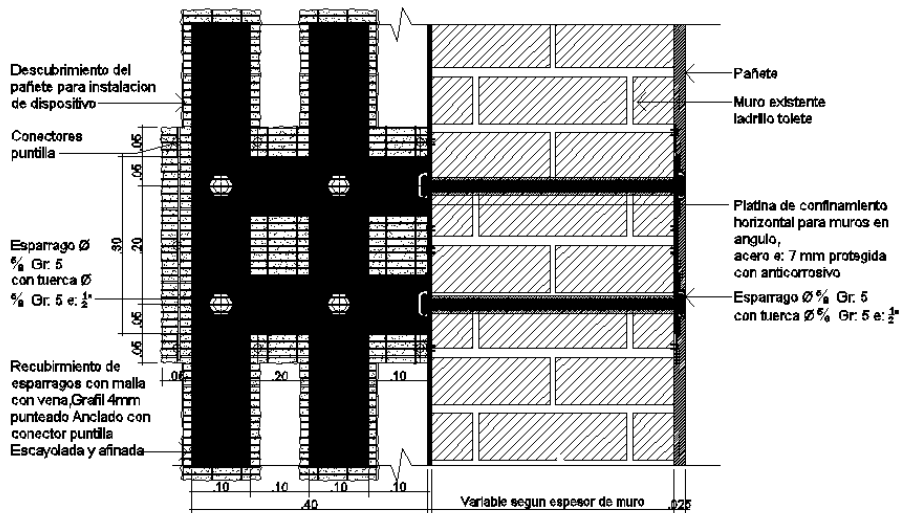


GRAFICO. No 10. DETALLE CONSTRUCTIVO DISPOSITIVO METALICO.

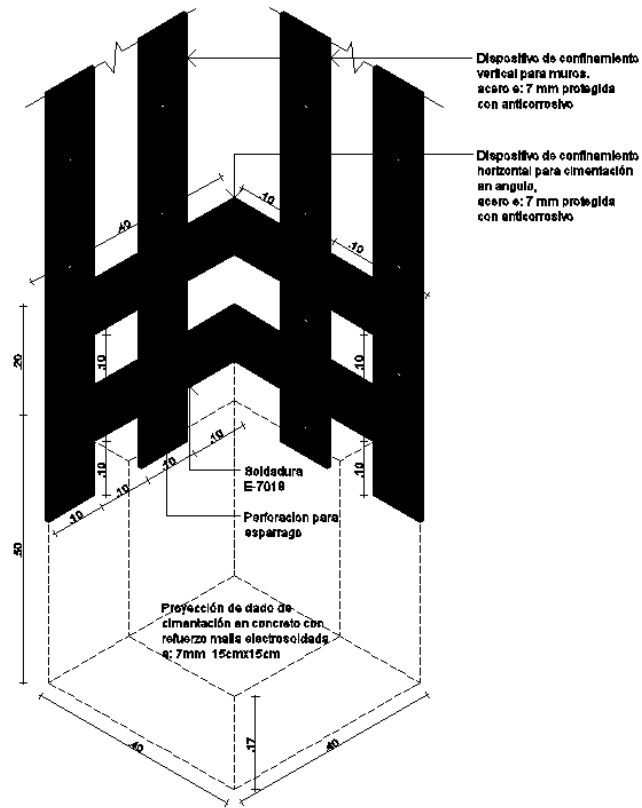


GRAFICO. No 11. DETALLE CONSTRUCTIVO DISPOSITIVO METALICO.

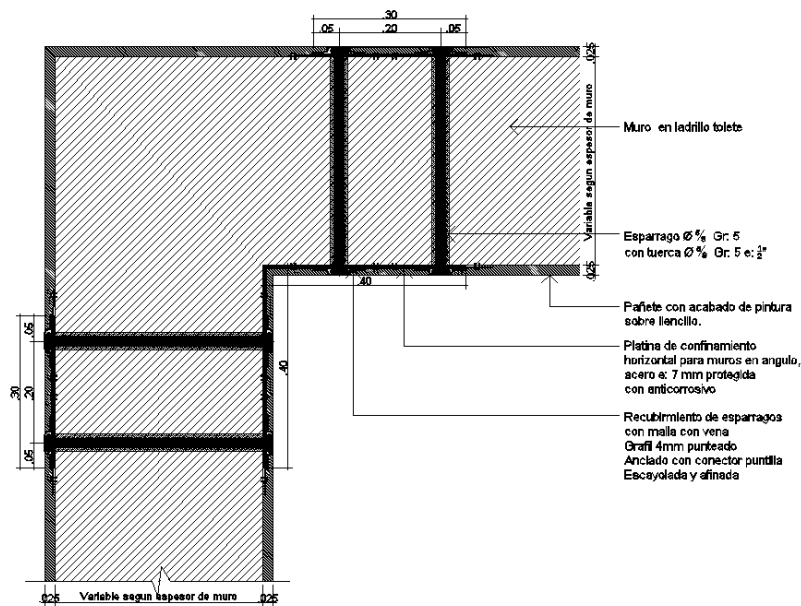


GRAFICO. No 12. DETALLE CONSTRUCTIVO DISPOSITIVO METALICO. MUROS DIVISORIOS.

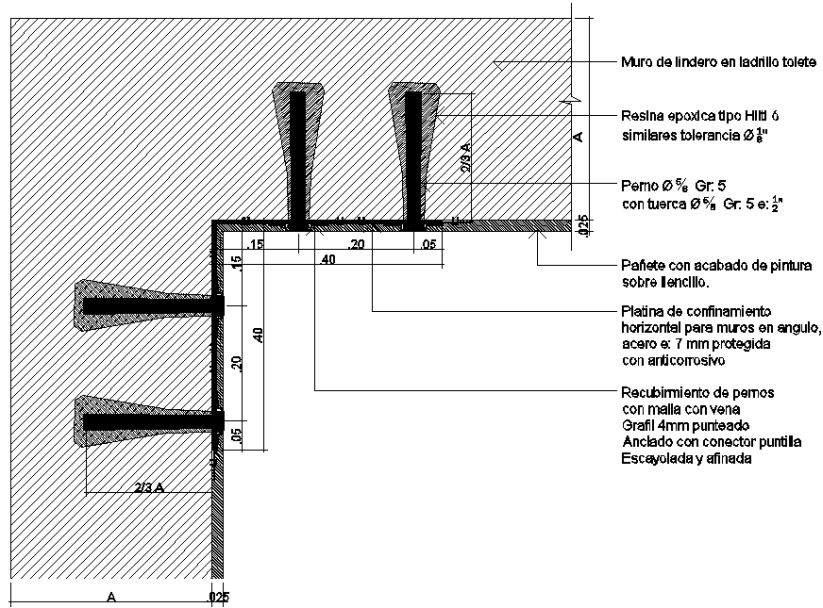


GRAFICO. No 13. DETALLE CONSTRUCTIVO DISPOSITIVO METALICO. MUROS COLINDEROS.

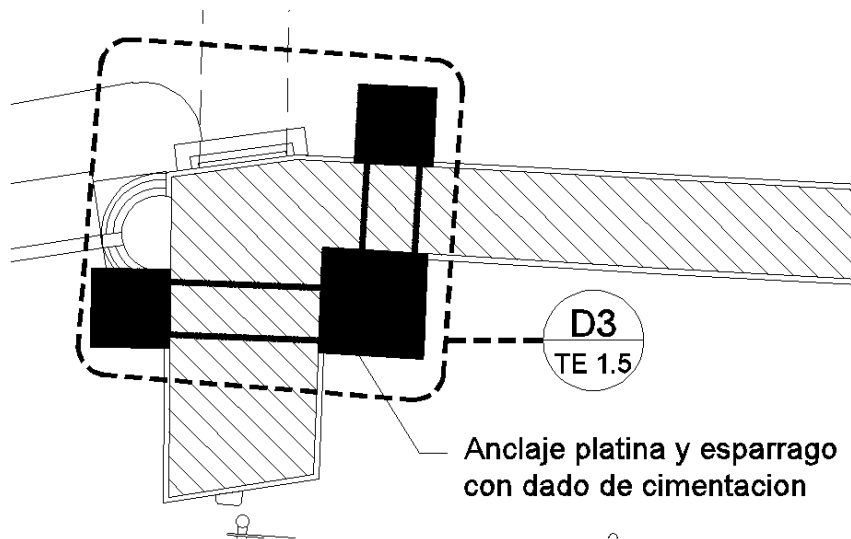


GRAFICO. No 14. DETALLE CONSTRUCTIVO CIMENTACION DISPOSITIVO METALICO.

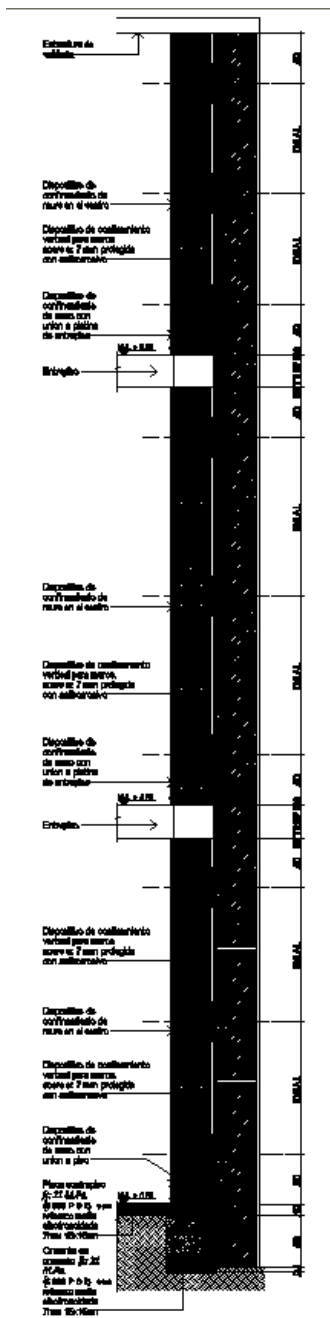


GRAFICO. No 15. DETALLE CONSTRUCTIVO DISPOSITIVO METALICO. ALZADO TOTAL.

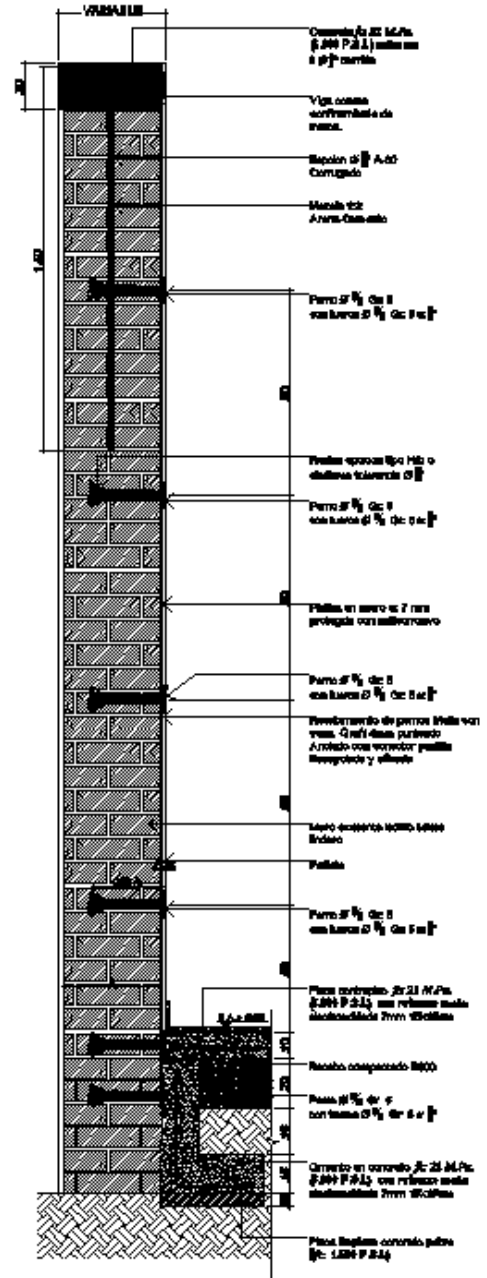


GRAFICO. No 16. DETALLE CONSTRUCTIVO DISPOSITIVO METALICO. ALZADO LATERAL TOTAL.

## 9.0. CONCLUSIONES:

- A. La modelación fundamentalmente se desarrolla, con base en la simulación tridimensional de un proyecto; en la cual se establecen varias pautas de diseño que nos permitan ver el comportamiento de las estructuras tanto en condiciones iniciales como en condiciones de refuerzo.
- A. En el caso particular de la simulación en condiciones de consolidación estructural los modelos se realizaron bajo el concepto de condiciones de borde, en las cuales se propone la restricción de la estructura muraria original, mediante la vinculación de elementos complementarios. De características metálicas, los cuales sirven para realizar un análisis detallado del comportamiento estructural de la edificación; para su posterior evaluación desde el punto de vista de diseño, en la cual intervienen las premisas del material, que el ingeniero diseñador proponga en coordinación con el Arquitecto Restaurador.
- B. Después del análisis de la modelación, se propone la alternativa de rigidización de la estructura, mediante la vinculación de una estructura metálica compuesta por platinas de acero integradas con espárragos de diámetro de ½".
- C. Las chapas de acero se empotraran en las chaquetas de confinamiento de la cimentación.
- D. Se plantea la reconfiguración de la cubierta con un sistema triangularizado, compuesto por elementos de madera o perfiles tubulares de sección rectangular, con pintura de simulación de madera.
- E. Para la intervención de los muros de fachada, se consolidaran con las chapas de acero, en las dos caras del muro, con espárragos de vinculación.
- F. Se plantea a nivel de cimentación la vinculación de las chapas de acero con los sobrecimientos existentes, mediante pernos de anclaje con resinas epoxicas, embebidas en pedestales de concreto que confinan las cimentaciones actuales de la edificación.
- G. La consolidación se realiza también a nivel de enmaderado de entrepiso, como en el nivel de cubierta.
- H. El sistema de consolidación con Dispositivos metálicos presentan la gran ventaja que son sistemas livianos, lo que reduce notablemente la intervención a nivel de cimentación.

## 10.0 RECURSOS.

### 10.1. HUMANOS.

- Estudiante Doctorado Facultad de arquitectura y Urbanismo Universidad Central de Venezuela Caracas.: Arq. Ing. José Gustavo Martínez Murcia.
- Tutor Director en Colombia: Arq. Sergio González González. Profesor Pensionado. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional. Sede Bogotá.
- Tutor Director en Venezuela: Arq. Idalberto Águila. Director del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. (IDEC).
- Asesores: Ing. Luis Guillermo Aycardi.
- Facultad de Ingeniería. Doctorado en Ingeniería Ciencia y Tecnología de Materiales.
- Tutor Director en Colombia: Ing. Juan Manuel Lizarazo. Profesor. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional. Sede Bogotá.
- Laboratorios de la Facultad de Ingeniería - Ingeniería Civil – Ingeniería Mecánica.

### 10.2. INSTITUCIONALES.

- HB – Estructuras Metálicas. Con la asesoría en la aplicación de perfiles prefabricados de acero.
- SAC - Estructuras Metálicas. Estudio de casos aplicados con asesoramiento en control de calidad.
- FEDESTRUCTURAS. Recopilación de normalización nacional e internacional, Documentos sobre el caso específico de utilización de elementos metálicos.
- 
- STEEL de Colombia. Asesoramiento en el uso de materiales metálicos en lámina delgada. Rolado y fabricación de perfiles.
- ESTRUMETAL LTDA. Fabricación y montaje de elementos metálicos.
- INTERDICO. Casos específicos de uso de elementos metálicos.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA: Facultad de Ingeniería. Laboratorio Instituto de Ensayos e Investigaciones. Laboratorio de Ensayos Mecánicos.
- CIAMUN: Centro de Investigaciones del Acero y los Metales de la Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes. Escuela de Arquitectura y Urbanismo. Área de construcción y Tecnología. Sede Bogotá.



## 11.0 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. NSR-1998.
- Reforzamiento Sismo-Resistente de Viviendas de Adobe Existentes en la Región Andina. Cooperación Alemana al Desarrollo, desarrollado y ejecutado por CERESIS en colaboración con la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Carazas Aedo Wilfredo. Vivienda Popular de Adobe. En el Cusco. Perú. Universidad Autónoma de centro América. Revista Acta Académica Arquitectura y Clima.
- Lozano Gómez Fernando. Usos y Tratamientos de la arcilla en la antigüedad. Departamento de Historia Antigua. Universidad de Sevilla.
- Cañas Guerrero, Ignacio; Fuentes Pardo, José María. CONSTRUCCIÓN CON TIERRA: TRADICIÓN Y NUEVAS APLICACIONES.
- Salazar Trujillo Jorge Hernán. Arquitecturas Tradicionales y propuestas Bioclimáticas.
- Valencia. Clement. Gabriel. Estructuras Metálicas. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- López de Buen y Oscar de Heredia. Manual de Estructuras de Acero.
- Mc Cormac Jack. Estructuras Metálicas Análisis y Diseño. Tomos 1 y 2.
- Nonnast Robert . El Proyectista de Estructuras Metálicas. Tomos 1 y 2.
- C.V.G. Siderúrgica del Orinoco. Manual de Proyectos. Tomos 1,2 y 3.
- Catálogos Fabricantes. ACESCO. COLMENA. STELL DE COLOMBIA.
- Martínez Murcia José Gustavo. Apuntes de clase Curso de Arquitectura Metálica.
- Universidad Javeriana. Arquitectura y patrimonio en Tierra avances de Investigación. Autores varios. López Pérez Cecilia Editora. Julio de 2009. Bogotá.
- Comportamiento de muros de Mampostería con elementos de borde confinados con platinas en el mortero de pega / Behavior of masonry walls built with boundary elements confined whit steel welded pieces in the mortar join
- Torres Rodríguez, Joselyn Augusto (2009) Comportamiento de muros de Mampostería con elementos de borde confinados con platinas en el mortero de pega / Behavior of masonry walls built with boundary elements confined whit steel welded pieces in the mortar join. Otra thesis, Universidad Nacional de Colombia.

- Comportamiento sísmico de muros de mampostería con refuerzo exterior
- estudiados en modelos a escala en la mesa vibratoria
- J.A. Tique, L.E. Yamín & J.C. Reyes.
- Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Alternativas económicas para confinar los extremos de los muros de albañilería armada por:  
Daniel Quiun, Ángel San Bartolomé y Abel Moscol Broncano Pontificia Universidad Católica del Perú.