

*Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas  
Facultad de Construcciones  
Departamento Ingeniería Civil*



# *Trabajo Diploma*

*Título:*

*Modelación y análisis de la glorieta  
de los jardines del restaurante 1830 de La Habana.*

*Diplomante: Javier Castillo Rodríguez*

*Tutor: Dr. Ing. Jorge Félix Hernández*

*Curso 2008-2009*

*“Lo que conduce y arrastra  
al mundo no son las máquinas, sino las ideas”.*

*Victor Hugo*

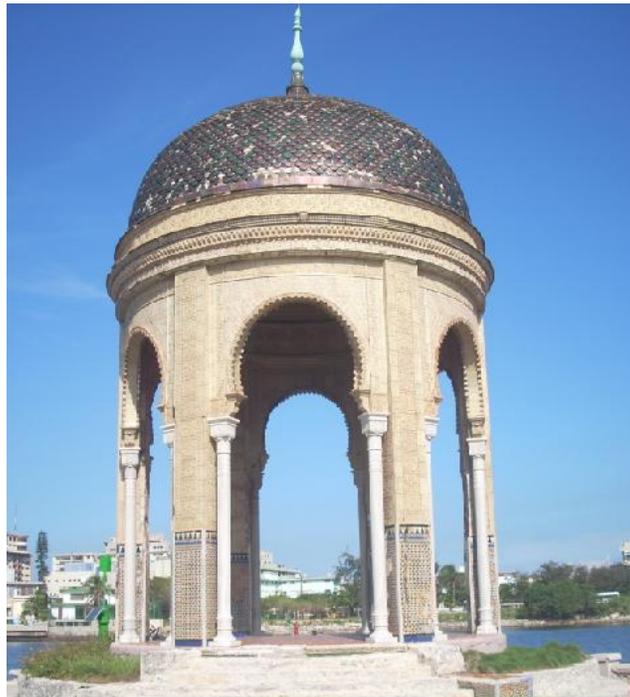
*Quiero dedicarle este trabajo diploma especialmente a mis padres por haber confiado en mí durante todos estos años, y a mi familia por su ayuda y dedicación.*

*Quiero agradecer primeramente a mis padres que me apoyaron durante todos estos años, a mi familia que ha representado un apoyo esencial, a mi tutor por el tiempo incondicional que me ha dedicado, a todos los profesores de la facultad por los conocimientos impartidos y la formación como profesional y a todos los que contribuyeron a la realización de este trabajo.*

*"Gracias a todos"*

## Resumen

El presente Trabajo Diploma se elabora a partir de la solicitud realizada por La parte inversionista Del Grupo Empresarial Extrahotelero Palmares para realizar la propuesta del proyecto de reparación de la Glorieta del Restaurante 1830 de la Habana. La preservación, rehabilitación y restauración de este objeto de obra que presenta carácter patrimonial grado 1 y 2 con grandes valores históricos se pretende restaurar como parte de los trabajos de restauración de la instalación. Para determinar el origen de las afectaciones y sus posibles desarrollos se hace necesario el uso de técnicas de modelación para lo cual es imprescindible la aplicación de herramientas computacionales que realicen un estudio detallado de la estructura, su comportamiento y propiedades de cada uno de los elementos que componen la estructura, para lo cual se utilizó el programa SAP Profesional 2000 v 11, para saber con exactitud el grado de deterioro que están afectando las estructuras.



<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo I: <i>Estado del conocimiento sobre el proyecto de intervención en obras de carácter patrimonial.</i></b>	
1.1 <b>Generalidades.....</b>	<b>11</b>
1.2 <b>Causas de intervención en Edificios Patrimoniales.....</b>	<b>16</b>
1.3 <b>Estado actual de la Rehabilitación.....</b>	<b>19</b>
1.4 <b>Conservación y Restauración de obras de carácter patrimonial.....</b>	<b>21</b>
1.4.1 <b>Acciones de Conservación.....</b>	<b>22</b>
1.4.2 <b>Acciones de Restauración.....</b>	<b>22</b>
1.5 <b>Ejemplo de Cúpulas en el mundo.....</b>	<b>23</b>
1.6 <b>La modelación como técnica de trabajo.....</b>	<b>27</b>
1.6.1 <b>Modelos del Material.....</b>	<b>28</b>
1.6.2 <b>Modelos de las cargas.....</b>	<b>28</b>
1.6.3 <b>Modelo de la estructura.....</b>	<b>29</b>
1.7 <b>Antecedentes de la modelación en edificios patrimoniales.....</b>	<b>30</b>
1.8 <b>Conclusiones Parciales.....</b>	<b>36</b>
<b>Capítulo II: <i>Estudio preliminar de las patologías existentes en la estructura a partir de la técnica de la modelación.</i></b>	
2.1 <b>Introducción del capítulo.....</b>	<b>37</b>
2.2 <b>Descripción de la instalación.....</b>	<b>37</b>
2.3 <b>Valoración preliminar de las patologías existentes.....</b>	<b>39</b>
2.4 <b>Definición de la herramienta computacional.....</b>	<b>42</b>
2.5 <b>Modelación de la estructura de la glorieta.....</b>	<b>43</b>
2.5.1 <b>Características de los elementos estructurales.....</b>	<b>45</b>
2.5.2 <b>Modelación de la geometría.....</b>	<b>46</b>
2.5.3 <b>Modelación de las cargas actuantes.....</b>	<b>49</b>
2.6 <b>Análisis de los resultados obtenidos.....</b>	<b>51</b>
2.7 <b>Conclusiones parciales del capítulo.....</b>	<b>75</b>

**Capítulo III: Estudio de la propuesta de intervención de la glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana, a partir de los análisis obtenidos.**

<b>3.1</b>	<b>Introducción del capítulo.....</b>	<b>76</b>
<b>3.2</b>	<b>Análisis de los resultados de cada uno de los modelos.....</b>	<b>76</b>
<b>3.3</b>	<b>Alternativas de reparación y protección en estructuras de concreto dañadas por corrosión del acero de refuerzo.....</b>	<b>79</b>
<b>3.4</b>	<b>Estrategia de intervención y reparación de la glorieta del restaurante 1830 de La Habana. ....</b>	<b>82</b>
<b>3.5</b>	<b>Conclusiones parciales del capítulo.....</b>	<b>87</b>
<b>3.6</b>	<b>Conclusiones finales.....</b>	<b>88</b>
<b>3.7</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>90</b>
<b>3.8</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>91</b>
<b>3.9</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>92</b>

## Introducción

El dinámico desarrollo del turismo en la mayor de Las Antillas durante los últimos años ha generado el surgimiento por doquier de hoteles, villas y hostales, entre las variedades más conocidas realojamientos para los visitantes. Asimismo, la existencia de miles de habitaciones se complementa con una amplia infraestructura de instalaciones de ocio, para espectáculos, prácticas deportivas, establecimientos comerciales y restaurantes, donde la gastronomía ocupa sin dudas un lugar especial.

En ese conjunto destaca en la capital de la isla el Restaurante 1830, ubicado en el extremo oeste del malecón habanero y con las condiciones necesarias para convertirse a corto plazo en un centro insignia de la gastronomía cubana. La historia del inmueble que acoge al establecimiento se remonta al siglo XIX, cuando en el lugar se localizaba un restaurante llamado Arana, cuya fama se extendía por la ciudad gracias a las especialidades de la casa: el Arroz con Pollo a la Chorrera y el Bacalao a la Vizcaína. El auge constructivo de inicios del siglo XX llevó a su conversión en el Hotel La Mar, fabricado de mampostería y tejas, donde un altar servía de punto de conclusión a las procesiones de la Virgen del Carmen que partían de la Iglesia del Carmelo.

Con una capacidad total de 200 plazas, el Restaurante 1830 dispone de ofertas especializadas en los diversos salones con que cuenta, capaces de convertirse en reservados para las ocasiones más significativas.

En el piso superior se localizan los salones conocidos como Verde, Azul e Imperial, este último para ocho comensales -el más pequeño de la instalación- y dedicado a protocolos, almuerzos especiales y cenas de negocios. En la planta baja están los locales restantes bajo los nombres de Rojo, Tropical y Oro, así como un salón de estancia conocido como Violeta, con el complemento del bar Colonial en la antigua biblioteca de la mansión

Los servicios del 1830 se benefician además de una amplia oferta de licores de marcas famosas a nivel internacional, así como vinos, bombones finos y el añadido final de un habano de primera calidad para completar una buena cena. Las diversas opciones del centro incluyen también el cabaret Jardines del 1830, con servicios de almuerzo para turistas y espectáculos musicales para los más exigentes gustos de los visitantes que apuestan por el lugar.

Las áreas exteriores se unen por un pequeño acantilado de piedras y caracoles marinos a una isla japonesa denominada Koisima, ideal para actividades y celebraciones privadas, decorada con motivos marinos. Estas áreas exteriores incluye un parque que forma parte del restaurante 1830 con una Glorieta en su interior los cuales presentan carácter patrimonial 1 y 2 con grandes valores históricos.

Las Áreas Exteriores y la Glorieta en su conjunto presentan serias afectaciones estructurales, por lo que contamos con un informe de inspección técnica emitida por la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA).

A partir del informe de inspección técnica emitida por la ENIA se subdividió el conjunto de objetivos a inspeccionar en un solo objeto de obra de acuerdo a sus características como valor patrimonial, Glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana.

La subestructura de toda esta área esta conformada por tablestacas de hormigón de sección ( 0.40 \*0.30 m ) , rematadas en su parte superior por una viga o losa de hormigón armado de 0.25 m de espesor aproximadamente , y relleno de material pétreo en su interior.

En el caso específico de las afectaciones estructurales que han venido teniendo la glorieta de los jardines del complejo restaurante 1830 las cuales no se han estudiado con exactitud, se deriva el siguiente...

### **Problema científico.**

- No existe con exactitud un estudio detallado de las afectaciones estructurales que se ha producido en la Glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana.

### **Hipótesis**

A partir de la modelación estructural en tres dimensiones, teniendo en cuenta el sistema de acciones que actúan sobre este objeto de obra y los daños y patologías que tiene su estructura se puede determinar el posible diagnóstico estructural de causas y posible desarrollo de estos daños en la instalación, logrando un análisis integral del estado de deterioro y sus posibles intervenciones.

### **Objetivo General**

Evaluar integralmente el estado y la respuesta estructural del objeto de obra, teniendo en cuenta los daños y patologías presentes que pueden comprometer su capacidad portante y ofrecer variantes de propuestas de intervención.

### **Objetivos específicos**

1. Valorar las patologías existentes, el estado técnico estructural de la Glorieta, el estudio de los materiales y demás elementos necesarios para el modelo de la estructura.
2. Confección del modelo geométrico de la Glorieta, valoración de los resultados de la modelación y su correlación con el estado de las patologías de la estructura.
3. Determinación de las causas de cada una de las patologías.
4. Hacer la propuesta de intervención de las distintas patologías en los lugares en que las necesite.

### **Tareas Científicas**

1. Realizar un estudio detallado de cada una de las partes de la Glorieta para definir las soluciones constructivas y posibles intervenciones.
2. Recopilar información detallada sobre las reparaciones e intervenciones en obras patrimoniales.
3. Modelar en 3D la glorieta con el fin de simular las columnas como elemento finito y determinar su comportamiento.
4. Definir por zonas los daños causados.
5. Llevar a cabo un proyecto de restauración sin afectar lo menos posible la imagen patrimonial.

### **Novedad Científica**

La aplicación de nuevas tecnologías como la modelación de estructuras y el uso de nuevos enfoques para enfrentar el diagnóstico de edificaciones patrimoniales. Esto ofrece la posibilidad de simular con potentes software el comportamiento estructural de los mismos en función de las distintas acciones que presentará, garantizando un resultado con calidad y rapidez.

### **Valor Práctico Ingenieril**

Determinar el diagnóstico de problemas mediante la técnica de modelación y determinar el grado de deterioro de la estructura con el fin de realizar el proyecto de reparación.

### **Valor Metodológico**

Se agrupan los procedimientos de diagnósticos de patologías y de modelación para determinar un incorrecto funcionamiento de la estructura.

## ***Capítulo I: Estado del conocimiento sobre el proyecto de intervención en obras de carácter patrimonial.***

### **1.1 Generalidades.**

El siglo XX para la conservación del patrimonio edificado; fue el inicio de una serie de actividades, desde su identificación, puesta en valor, rescate, y en muchos casos a través de la intervención, restaurativa-conservativa; pero el siglo XXI, que trae consigo otros referentes, otras necesidades; y por lo tanto otros retos, que llevan a identificar aspectos como: Continuar con las diversas tareas de diversificación, o estudios de caso, la búsqueda de una intervención de los bienes desde sus herederos legítimos, sea la sociedad o propietarios directos, así como el papel de la gestión a través de los proyectos integrales sobre la ciudad patrimonial (urbana o rural), a través de su planeación y una adecuada administración como recursos no renovables.

Una Glorieta o quiosco es un tipo de pabellón estructura al aire libre, típicamente en la forma de un octágono, y encontrado comúnmente en jardines, parques, y áreas públicas. Designado originalmente de una cúpula, una torrecilla, o una casa del jardín, las glorietas son estructuras independientes con un techo en forma de cúpula y abierto a los lados, aunque los lados se pueden realzar con enrejado o incluir con pantallas, ventanas, y puertas opcionales. Ofrecen el abrigo básico en el cual se puede descansar, relajar, y proporcionan la sombra del sol caliente en el verano. Las glorietas son absolutamente ornamentales en diseño y están disponibles en una variedad de materiales incluyendo muchos tipos de madera y vinilo o aluminio con los marcos de acero de ayuda.

Una glorieta de descanso ofrece un ambiente pacífico y desde los que para disfrutar de la vista del paisaje por todas partes. Algunos quioscos son bastante grandes como para tener estrado para una orquesta.

Aunque contemporáneamente las glorietas fueron encontradas solamente en áreas públicas o en los argumentos de un inmueble elaborado, Además de realzar el paisaje, una glorieta es un punto de acopio fabuloso para entretener y proporciona un entorno de trabajo al aire libre de calma para los que estén inclinados por el campo artístico.([www.articulosinformativos.com/Quioscos-a862364.html](http://www.articulosinformativos.com/Quioscos-a862364.html))

Por lo tanto, si se considera a la glorieta un patrimonio como una serie de testimonios y su valor por su antigüedad, historicidad, significado es notorio identificar notablemente un valor comunicativo de una sociedad o en la sociedad, ya que la relación entre objeto cultural y sujeto tiene un valor comunicativo. Este lo podemos interpretar de forma relativa, ya que el patrimonio, si bien tiene significados implícitos, también tiene significados en el momento en que se realiza la intervención, pudiéndose hablar de identidad, y una forma de apropiación de los propios valores culturales.

Toda intervención de rehabilitación o restauración según (Masy 1993) en edificaciones de valor patrimonial o de otra índole, está condicionada por múltiples aspectos técnicos, económicos, culturales, históricos, urbanísticos y de diferente carácter, todos los cuales tienen que actuar en diversas fases del proceso rehabilitatorio y de sus análisis preliminares, para dar lugar al proyecto de intervención y a las actuaciones técnicas que permitirán el cumplimiento de los objetivos de rehabilitación, restauración y, definitivamente, la revalorización integral y la preservación de los valores de tales edificaciones.

Cada día son mas frecuente en que resulta la intervención en edificios patrimoniales ya construidas a fin de verificar, mantener, restituir y/o mejorar su capacidad resistente a lo largo de un determinado periodo de tiempo, dependiendo de la naturaleza y alcance del problema. Las intervenciones usuales en la práctica pueden incluir una o varias de las siguientes actuaciones

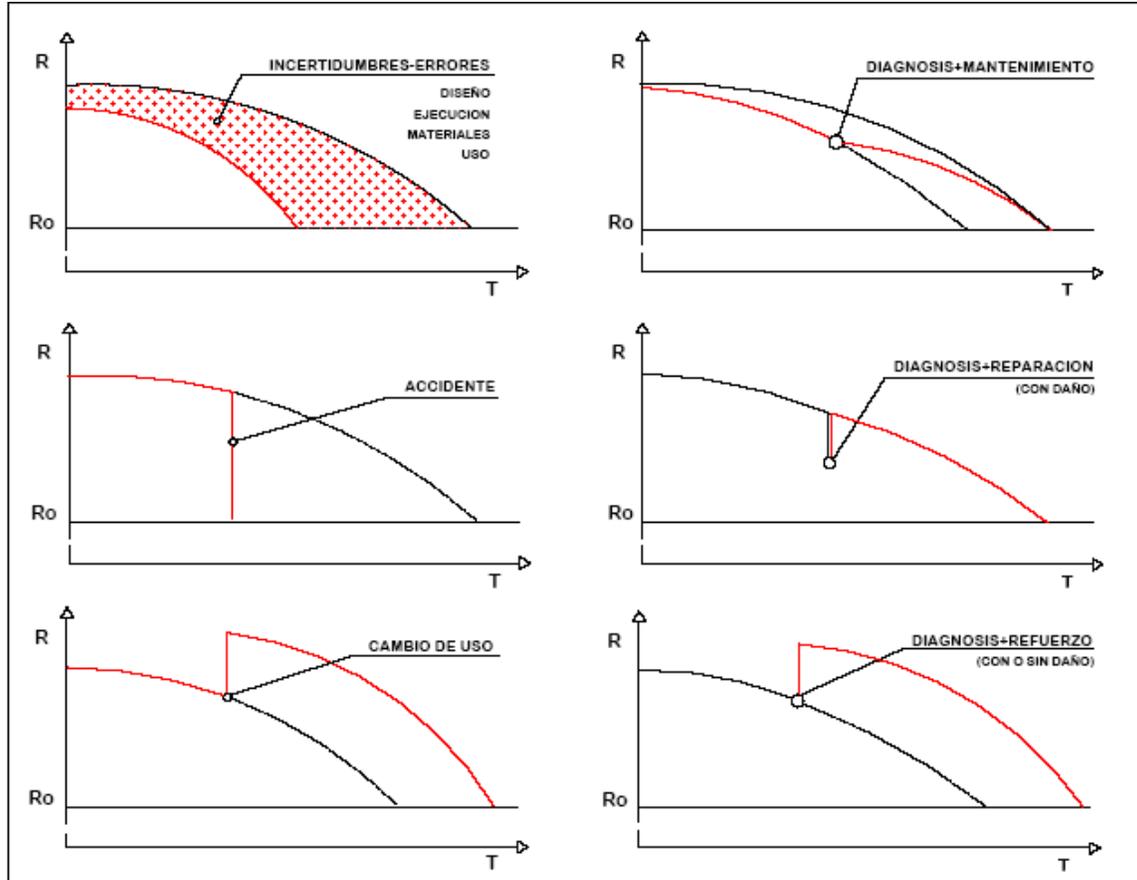
tal y como son definidas por el Comité Euro internacional del Hormigón. ((C.E.B.). Agosto 1983).

- **Diagnóstico**: según (Bueno 1987) Consiste en analizar el estado actual de la estructura, previa inspección, toma de datos y estudio de los mismos .En general incluye la evaluación de la capacidad residual así como las necesidades de actuación y su urgencia. En caso de existencia de daños, debe determinar la naturaleza, alcance, y causa más probable de los mismos.
  
- **Conservación**: conjunto de trabajos que se efectúan para obtener mayor durabilidad, seguridad y eficiencia máxima; además de mantener las características estéticas de la construcción. Dentro de la definición de conservación puede distinguirse la conservación preventiva, denominada como mantenimiento, y la correctiva, que debe considerarse como la intervención técnica.
  
- **Mantenimiento**: Se entiende por tal un conjunto de actuaciones de reducido alcance, a menudo de índole preventiva, tendentes a corregir errores detectados y a evitar que lleguen a cuestionar la seguridad de la estructura.
  
- **Reparación**: Consiste en restituir los niveles originales de seguridad de la estructura, cuando estos se han reducido considerablemente por alguna causa. Consecuente, implica la existencia previa de un daño de cierta entidad.
  
- **Refuerzo**: Se denomina así a la operación de incrementar la capacidad resistente de la estructura por encima de los niveles para los que fue originalmente diseñada y ejecutada. No implica necesariamente la existencia de daño.
  
- **Sustitución**: Se trata de la demolición y posterior ejecución de un elemento o parte de una estructura .Normalmente se acomete cuando el nivel de daño o

las necesidades de reparación son tales que hacen difícil la reparación o el refuerzo.

Figura 1: Causas de intervención

Figura 2: Tipos de intervención posible



Dentro de las intervenciones de rehabilitación posible las de refuerzo son sin duda las que presentan una mayor complejidad, tanto a nivel de diseño como de cálculo y ejecución. La principal razón de ello, deriva del incremento de la capacidad resistente original que lo caracteriza. Consecuentemente, además de problemas constructivos, de índole semejante se plantean algunas cuestiones importantes de alcance estructural como: (BUENO. Septiembre 1987).

- El refuerzo de un elemento implica generalmente una alteración importante de la distribución de rigideces en la estructura, que debe ser analizado en toda sus consecuencias.

- En el planteamiento y ejecución debe considerarse el carácter evolutivo de la estructura afectada, que modifica su configuración en una etapa intermedia de su vida. En una sección de un elemento reforzado coexisten materiales antiguos y nuevos, con estado tenso-deformacionales diferente incluso en fibras contiguas.
- La operación debe resolver adecuadamente la transferencia de esfuerzo entre pieza original y refuerzo. De poco sirve disponer un refuerzo de gran capacidad resistente si no se garantizan los mecanismos para su entrada en carga. En consecuencia, la unión o interface entre pieza original y refuerzo (Adhesivos, conectadores, juntas, etc.) deben ser especialmente consideradas.
- Si no se adoptan medidas espaciales y no se consideran los efectos reológico, el refuerzo solo recogerá una fracción de las cargas que se introducen posteriormente a su ejecución (en función de su rigidez relativa y de los mecanismos de transferencia). Por lo tanto, la descarga parcial del elemento estructural afectado y su posterior entrada en carga han de ser analizados al plantear el proceso.

## **1.2 Causas de intervención en Edificios Patrimoniales.**

Entre las causas que pueden motivar la intervención sobre una estructura ya construida, el autor hace referencia (Bueno 1987) las siguientes.

- Errores de diseño y/o cálculo de la estructura incluyendo la concepción de los detalles.
- Errores de ejecución en sus diversas formas.
- Baja calidad de los materiales estructurales.
- Problema de durabilidad, especialmente degradación de los materiales por agresión del ambiente.
- Uso y/o mantenimiento incorrecto de la construcción.
- Acciones imprevisibles de carácter excepcional (Catástrofes naturales, accidentes, etc.).

- Remodelación y/o reutilización del edificio (Modificación de la estructura, cambios de utilización del edificio, etc.).

Aún cuando las causas patológicas no son las únicas que determinan intervención sobre estructuras existentes, su gran incidencia hace conveniente efectuar una aproximación a las mismas, analizando sus manifestaciones causas, tipologías afectadas y medidas de intervención. Los resultados

obtenidos son comparables a los correspondientes a trabajos similares de países europeos y sensiblemente coinciden con los que específicamente sobre estructuras de hormigón publicado más recientemente el Grupo Español del Hormigón, GEHO. ((GEHO) 1973. ).

En cuanto a los tipos de estructuras, las más afectadas son las de hormigón armado con forjados unidireccionales, con el 68,0% de los casos. Aún cuando este tipo es el predominante en la edificación española, el dato es significativo si se compara con el 7,6% correspondiente a las estructuras de acero laminado. Otros tipos estructurales presentan porcentajes menos relevantes, pudiéndose destacar las estructuras mixtas con el 7,0%, las obras a base de muros de carga y forjados y vigas de hormigón con el 5,4%, las obras con forjado bidireccionales de hormigón armado con el 2,9%, y las estructuras de hormigón pretensado con el 2,7%. En términos de tipo de edificación, las más afectadas resultan ser las de uso residencial, seguidas por centros escolares, edificios comerciales e industriales. Los edificios de promoción pública parecen manifestar más problemas probablemente a consecuencia de su mayor control y nivel de exigencia.(J.A. VIEITEZ CHAMOSA Octubre 1984)

PAÍS	NÚMERO DE CASOS	CAUSA PRINCIPAL DE PATOLOGÍA (%)					MANIFESTACIÓN PREDOMINANTE (%)			
		PROYECTO	EJECUCIÓN	MATERIALES	USOMANT.	NATURALES	FISURACIÓN	HUMEDADES	DESPRENDIMIENTO	OTRAS
BRASIL	527	18	52	7	13	—	—	—	—	—
ALEMANIA	1570	40	29	15	9	7	—	—	—	—
BÉLGICA	3000	49	24	12	8	7	13	30	16	—
DINAMARCA	601	37	22	25	9	7	—	—	—	—
FRANCIA	10000	37	51	5	7	—	59	18	12	11
R. UNIDO	510	49	29	11	10	1	17	53	14	16
RUMANIA	832	38	20	23	11	8	—	—	—	—
ESPAÑA	586	41	31	13	11	3	59	8	11	22
MEDIA EUROPEA	—	42	28	14	10	6	—	—	—	—

**Tabla 1: Patología de estructuras. Aproximación estadística**

Siempre de acuerdo con la misma fuente (J.A. VIEITEZ CHAMOSA Octubre 1984) los elementos estructurales más afectados son los sometidos a flexión. Así, las lesiones en forjados aparecen en el 25,6% de los casos y en vigas en el 23,9%. En cimentación la cifra es el 19% y en soportes el 13,6%.

La manifestación predominante es la fisuración con el 59,2% de los casos, en tanto que los fenómenos de hundimiento sólo representan el 5,6%. La forma de manifestación varía ya considerablemente dependiendo de las características del país. En países de clima lluvioso, la aparición de filtraciones y humedades, así como los desprendimientos asociados a corrosión de armaduras son síntomas patológicos muy frecuentes. En cuanto a la fecha de aparición de las lesiones, en un 75,9% de casos surgieron dentro de los primeros diez años, en tanto que en un 20,4% de casos se manifestaron ya en fase de construcción. (J.A. VIEITEZ CHAMOSA Octubre 1984).

Los principales resultados de las estadísticas e investigaciones citadas se resumen en la tabla adjunta. En ella se recogen datos porcentuales relativos a causas patológicas y formas de manifestación, correspondientes a diferentes países. Para permitir su comparación, las estadísticas se han homologado en

base a considerar en cada caso sólo la causa principal y el tipo de manifestación predominante. ((GEHO) 1973. ).

### **1.3 Estado actual de la Rehabilitación.**

Lamentablemente, salvo raras excepciones, en los países de nuestro entorno, no existe todavía una política mínima de conservación de las edificaciones. Dicha política debería incluir labores periódicas de inspección, diagnóstico mantenimiento y consolidación de las mismas. En la mayor parte de las edificaciones ni siquiera se lleva un mínimo archivo documental de su ejecución definitiva o de las obras realizadas posteriormente en la misma, lo que dificulta notablemente cualquier intervención.

Paralelamente, tampoco la prevención de daños en las construcciones se encuentra arraigada en su concepción y realización. Sólo en los últimos años, ha empezado a tomarse en consideración en las fases de proyecto y ejecución el problema de la durabilidad y conservación de las obras. Dentro de esta situación, durante los últimos años, la rehabilitación de edificaciones existentes viene creciendo de un modo considerable. En los países más desarrollados, el coste de las intervenciones sobre edificaciones existentes está próximo a alcanzar el 50% de la inversión total en edificación. (JOHNSON 1973.).

Sin embargo, hace referencia (Bueno 1987) pese al crecimiento de las intervenciones sobre edificaciones existentes, y al considerable alcance que dentro de las mismas presentan las actuaciones sobre la estructura, siguen existiendo carencias importantes de modelos y criterios racionales para el refuerzo, reparación, diagnóstico o evaluación de la capacidad 'residual' de estructuras existentes. A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años, puede seguir hablándose de una notable desproporción entre la concepción, diseño y cálculo de estructuras de nueva creación y las actuaciones equivalentes en estructuras construidas.

En efecto, las estructuras ya construidas resulta a menudo una auténtica "caja negra" de la que es difícil y costoso obtener información. Usualmente faltan planos fidedignos de la estructura realmente ejecutada, siendo necesarias la definición o comprobación "in situ" de su geometría más elemental, detalles principales, secciones o calidad de los materiales estructurales.

Asimismo, en este tipo de intervenciones generalmente no es posible llegar a resultados concluyentes, lo que introduce un grado de incertidumbre inherente a las mismas. La incertidumbre crece ante problemas patológicos, en los que resulta fundamental el diagnóstico. (Bueno 1987).

Finalmente, llegado el momento de definir la actuación a realizar, la complejidad del problema implica la aplicación de modelos no convencionales de análisis, capaces de reproducir adecuadamente los aspectos diferenciales del problema. Así, entre otros aspectos, la modelización debe considerar el carácter evolutivo de los elementos reforzados o reparados (que modifican su configuración en una etapa intermedia de su vida), o la transferencia de esfuerzos entre pieza original y refuerzo reparación. (Bueno 1987).

Hace señalar. (Bueno 1987) las dificultades generales existentes en la rehabilitación de cualquier estructura se acrecientan en el caso de estructuras de hormigón armado, mayoritarias en la edificación convencional española. Estas estructuras no ofrecen las facilidades constructivas ni de análisis para su evaluación, diagnóstico, reparación o refuerzo que presentan, por ejemplo, las estructuras metálicas. A pesar de ello, expertos y profesionales diseñan y comprueban diariamente actuaciones sobre estructuras de hormigón armado en base a criterios más o menos afortunados, pero muchas veces de reducida base científica

#### **1.4 Conservación y Restauración de obras de carácter patrimonial.**

La conservación, protección y revitalización de monumentos y sitios históricos y artísticos deben formar parte en los programas de desarrollo integral y planes de gobierno, tanto a nivel nacional como regional, estatal y municipal, de acuerdo a las características específicas locales; en tal forma que se contemplen los aspectos culturales de las comunidades en el contexto socio-económico de las mismas.

En los programas de Conservación del Patrimonio Cultural, es necesario incluir aspectos educacionales en forma didáctica y de difusión masiva, combatiendo la irresponsabilidad desde los primeros años de escolaridad a través de los libros de texto para el conocimiento de los valores culturales; y reforzar la formación de profesionales y técnicos de la conservación. (Masy 1993).

Los edificios o monumentos de los siglos XVI hasta finales del siglo XIX según (Carta 1978) forman parte del tejido urbano actual, y han pasado por un proceso de transformación, reutilización, y restauración. Las políticas de conservación del patrimonio histórico han evolucionado desde la intervención en inmuebles aislados hasta las propuestas de conservación de zonas de monumentos o centros históricos.

La preservación del patrimonio construido resulta una acción fundamental para la valoración de la identidad cultural y a la vez contribuye, mediante la utilización de procedimientos de restauración, reciclaje y/o refuncionalización de los bienes a satisfacer las necesidades comunitarias en cuanto a las demandas de equipamiento social. Los estudios con el deterioro de los diferentes materiales y/o partes componentes de los edificios como así también los referidos a las técnicas y métodos más adecuados para su tratamiento abren un amplio y diversificado campo a la investigación científico y tecnológica. (Andrés 2002).

### **1.4.1 Acciones de Conservación.**

Para lograr una efectiva conservación y rescate de las Zonas Monumentales, el diplomante hace referencia en las siguientes medidas de acción para lograr una panorámica más amplia de la conservación en estos centros monumentales lo que hace indispensable la conservación del patrimonio edificado: (Masy 1993).

- a. Rehabilitación de las viviendas en los centros históricos;
- b. Participación de la comunidad en los proyectos de conservación;
- c. Otorgar prioridad a las necesidades locales;
- d. Respetar el entorno ecológico de los centros históricos;
- e. Actuar con discreción en los proyectos programados para dichos centros.

### **1.4.2 Acciones de Restauración.**

En el caso de la restauración de Monumentos y Sitios Prehispánicos, se deberán tomar en cuenta las normas y disposiciones vigentes que se señalan en las cartas y documentos sobre la materia, tanto nacionales como internacionales.

Las intervenciones que sean indispensables efectuar en los monumentos, deben hacerse con carácter reversible, es decir no añadir elementos que deformen permanentemente la obra. Esto debe hacerse, con espíritu de modestia de tal forma que respete la intención original de los autores.

En la obra de restauración deben realizarse estudios históricos previos a las intervenciones y éstos deben continuar durante el proceso. Es conveniente tener en cuenta las fuentes bibliográficas y todo tipo de testimonio como elementos imprescindibles para una correcta restauración. (Masy 1993).

Toda acción de restauración debe contemplar los siguientes puntos:

- Programas que incluyan proyectos de mantenimiento permanente.
- La participación de la población en las tareas de rescate cultural.
- Proyectos aprobados de restauración y nuevo uso, previos al comienzo de las obras.
- El respeto de la tipología de los edificios a restaurar en las metodologías aplicadas
- El presupuesto de la restauración total con antelación a su ejecución.
- Que el diseño de las estructuras y elementos constructivos o instalaciones necesarias en los monumentos, durante y después de su consolidación o restauración, no afecten al monumento y su entorno, debiéndose presentar proyectos y especificaciones al respecto.

### **1.5 Ejemplo de Cúpulas en el mundo.**

Las Cúpulas desde años atrás han tenido una función muy importante en las construcciones de iglesias, templos, palacios, etc. En su origen no era un capricho de opulencia ni una demostración de ostentación, sino un elemento arquitectónico simbólico. Las cúpulas eran elegibles como remate por su fuerza expresiva y utilizada en el coronamiento de cualquier edificio en construcción, de ahí parte su significado.

**Cúpula:** Cubierta de un edificio de forma semiesférica, semielíptica o de casquete esférico, que cubre una planta circular o poligonal. Consta de anillo 9 cornisa asentado sobre arcos, tambor o cuerpo de luces bóvedas propiamente dichas; linterna y cuerpo cilíndrico de remate.

## **La Cúpula de la Basílica de Loiola en Azpeitia, Gipuzkoa.**

### Geometría

Geométricamente, la cúpula de la Basílica de Loiola consiste en una doble cáscara de piedra prácticamente semiesférica, cuyo diámetro interior es de 21 m, y el exterior de 24 m., con un óculo en la clave de 6,5 m. de diámetro, sobre cuyo contorno apoya una pesada linterna. Existe una cámara de aire de unos 30 cm. de espesor entre ambas cáscaras, y éstas se unen exclusivamente en la base de la cúpula y en el anillo sobre el que arranca la linterna. La cáscara exterior es de piedra caliza, de 0,60 m. de espesor, y la interior de arenisca, de 0,40 m. La cúpula nace en un tambor cilíndrico, todo él de piedra caliza, cuya altura sobre los arcos de la girola de la iglesia es de 13m. y cuyo grosor medio es de alrededor de dos metros. ([www.cupulasdebuenosaires.com](http://www.cupulasdebuenosaires.com) ).

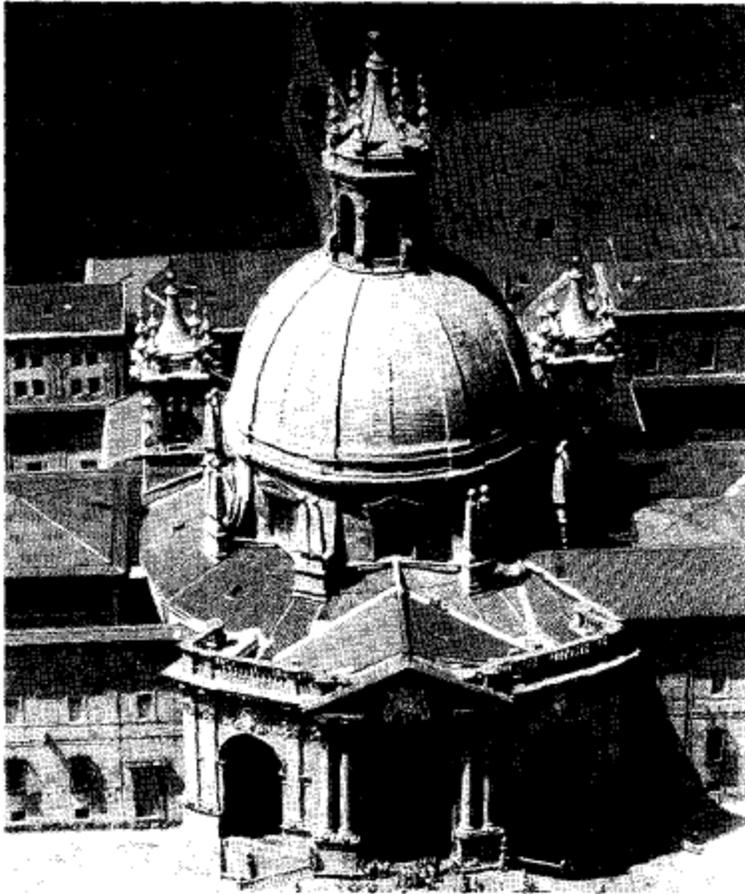


Figura 1  
Basílica de Loyola

### Ensayos y Materiales empleados

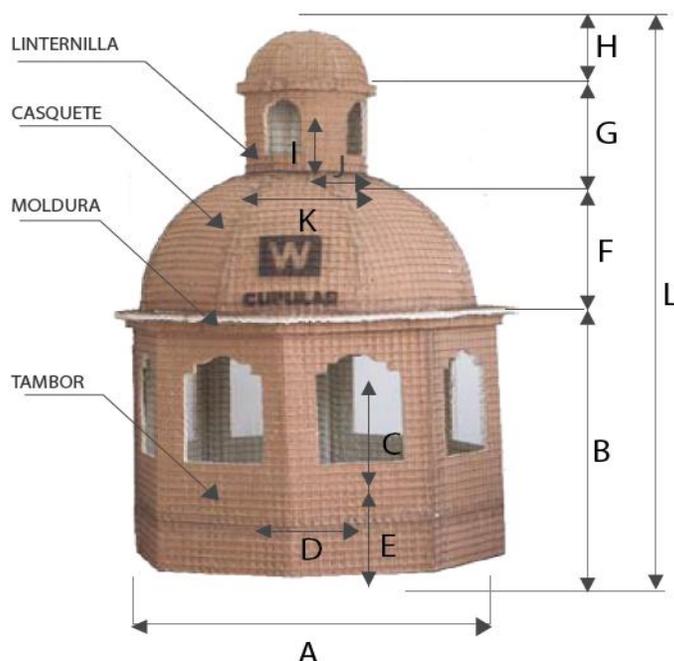
De los ensayos realizados sobre muestras de ambas piedras, se concluye que sus resistencias a compresión son del orden de  $1.000 \text{ kg/cm}^2$  (caliza) y  $500 \text{ Kg/cm}^2$  (arenisca). El módulo de elasticidad de la caliza es mucho mayor que el de la arenisca (del orden de ocho veces). Como es sabido, esto quiere decir que al colocar el mismo peso sobre dos muestras iguales de ambas, la caliza se deforma ocho veces menos que la arenisca. Este dato es importante, ya que implica que el elemento verdaderamente resistente es la cáscara exterior.

## La decoración

Una particularidad importante del interior de la cúpula de Loiola es que su abigarrado programa decorativo, basado en grandes escudos cubiertos por dosel es, está esculpido, en altorrelieve, en la propia cáscara de arenisca de la bóveda, y, además pintado al óleo con aceite de lino y colores muy claros sobre una preparación de calcita molida con 1: 10 de arena de cuarzo fino y aglutinante de cola animal.

## Cúpulas W

Las **CÚPULAS W** son cúpulas prearmadas y listas para colocar y enjarrar. Pueden recibir cualquier acabado, desde pintura hasta cerámicos o pétreos. Son rápidas de instalar pues su bajo peso permite moverlas muy fácilmente. Una vez enjarradas tienen la resistencia y duración del concreto armado. Vienen en gran variedad de medidas y con diferentes estilos de ventanas. ([www.cupulasdebuenosaires.com](http://www.cupulasdebuenosaires.com) )

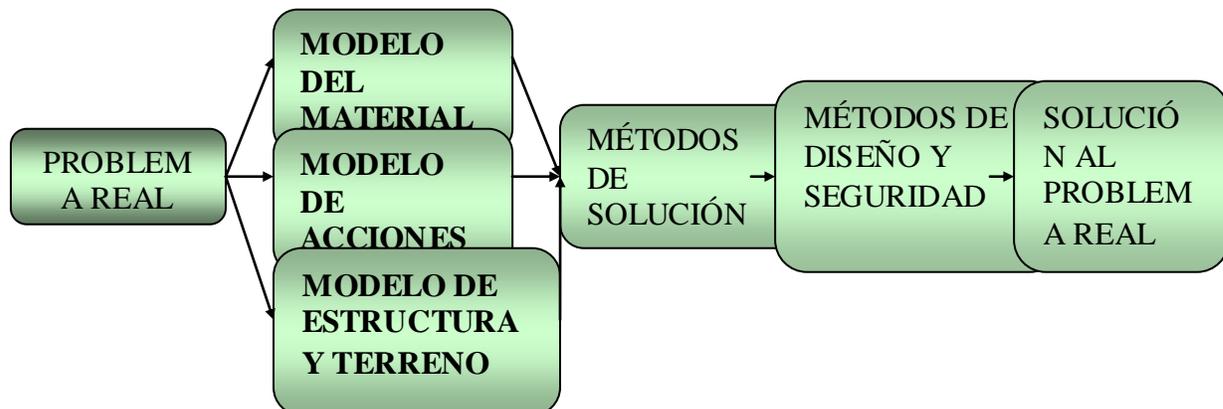


A partir de su predimensionamiento (anexo1), fácil construcción y transporte se hace factible la construcción de este tipo de cúpulas en el mundo.

### 1.6 La modelación como técnica de trabajo

La solución de los problemas reales en la ingeniería ha sido históricamente tratada a través de modelos que han permitido simplificar la complejidad de los mismos y que han hecho posible la creación y tratamiento de enfoques al comportamiento de los materiales, las estructuras y el terreno, y a las acciones que actúan sobre ellas. Modelos tan simples y elementales como la ecuación lineal de esfuerzo-deformación para un material, hasta modelos complejos, donde analizan la estructura completa en 3 dimensiones incluida su interacción con el suelo, la influencia de todas las posibles acciones externas e internas, y tomando los modelos más representativos del comportamiento del material que la componen.

Diferentes esquemas se han establecido para tratar de explicar el proceso de modelación de los problemas ingenieriles, (Quevedo 2002). En todos los casos se trata de estudiar el problema a partir de la división en diferentes aspectos: el estudio del comportamiento de los materiales, las cargas, y el esquema de las estructuras y el terreno. El siguiente esquema representa de manera simplificada el proceso de modelación



Establecidos los modelos, se integran y se resuelven a través de diferentes métodos de solución, luego se realizan los procedimientos de diseño para obtener la solución del modelo del problema real, introduciendo en esta solución, de alguna forma, un margen de seguridad que garantice que la solución obtenida sea lo más representativa posible de la real.

### **1.6.1 Modelos del Material.**

Los modelos de material empleados para la simulación del comportamiento real del constituyente de la estructura, han ido evolucionando, desde los más simples y alejados del real, hasta los más complejos y que abordan en sí, el comportamiento reológico del mismo. Entre estos modelos encontramos los siguientes. (Quevedo 2002).

1. modelo elástico lineal
2. modelo plástico
3. modelo elastoplástico
4. modelos no lineales
5. modelos reológicos
6. modelos reológicos no lineales

### **1.6.2 Modelos de las cargas.**

Las acciones externas sobre una estructura pueden simplificarse de varias maneras: como acciones muertas o gravitatorias, acciones vivas, temporales o de uso, acciones de naturaleza ecológica como el viento, nieve y sismo, acciones muy particulares como las tecnológicas, los gradientes de temperatura, los desplazamientos de apoyo, entre otras, cada una de ellas introduce simplificaciones en su modelo y son tratadas con magnitudes que permiten un margen de seguridad necesario en el mismo. (Quevedo 2002).

El tratamiento de estas cargas permite reducir las incertidumbres que se asocian a ellas en el proceso de análisis y diseño en la modelación, el empleo de valores

característicos y su justificación estadística, permite el trabajo con magnitudes no reales pero que se acercan cada vez más a su acción verdadera.

Por otro lado, según (Quevedo 2002) a partir de su forma de acción, estas son simplificadas a acciones distribuidas de manera lineal, uniforme y no uniforme en un área, con variación en su magnitud respecto a la longitud de acción, concentradas como magnitudes lineales y puntuales, concentradas como magnitudes angulares, combinaciones entre ellas, entre otras formas simplificadas.

### **1.6.3 Modelo de la estructura.**

La mayoría de las estructuras en Ingeniería tienen comportamiento elástico bajo cargas de servicio. Excepciones constituyen las estructuras esbeltas, como arcos, estructuras suspendidas o sistemas de suspensión, edificios altos y estructuras sujetas a fluencia o fisuración temprana. Pero antes de que alcancen su límite de resistencia, casi todas las estructuras exhibirán una respuesta no lineal significativa. (Quevedo 2002).

Por esto, si el análisis lineal elástico es el nivel máximo posible durante la modelación, el ingeniero debe encontrar otra vía de cuantificar los efectos que el análisis no es capaz de simular. Durante el análisis lineal elástico, existe arte en la reducción de la estructura real a un esquema de líneas y en la asignación de condiciones de apoyo, vínculos entre elementos y propiedades de los miembros.

En la modelación, el analista debe decidir que fuentes de la no linealidad son significativos y como representarlas. En relación con las ecuaciones no lineales resultantes, deben tomarse decisiones acerca de como reducirlos a un sistema adecuado para los cálculos prácticos y luego el método para resolver el sistema reducido. Aunque existen los procedimientos para el tratamiento de situaciones comunes, las condiciones encontradas en la práctica son tan variadas y las herramientas para resolverlos son tantas, que el cubrimiento de todas las situaciones se hace difícil. (Quevedo 2002)

En el análisis lineal elástico el material es asumido, como que no fluye y sus propiedades invariables. Las ecuaciones de equilibrio son formuladas sobre la

geometría de la estructura no cargada o en el caso de estructura auto-deformada, sobre una configuración inicial de referencia.

Las subsiguientes deformaciones son asumidas como pequeñas e insignificantes sobre el equilibrio y la respuesta modal. Una consecuencia de esto es nuestra habilidad para tratar fuerzas axiales, momentos y torques como acciones no acopladas al desarrollar las ecuaciones de sus rigideces. (Quevedo 2002).

## **1.7 Antecedentes de la modelación en edificios patrimoniales**

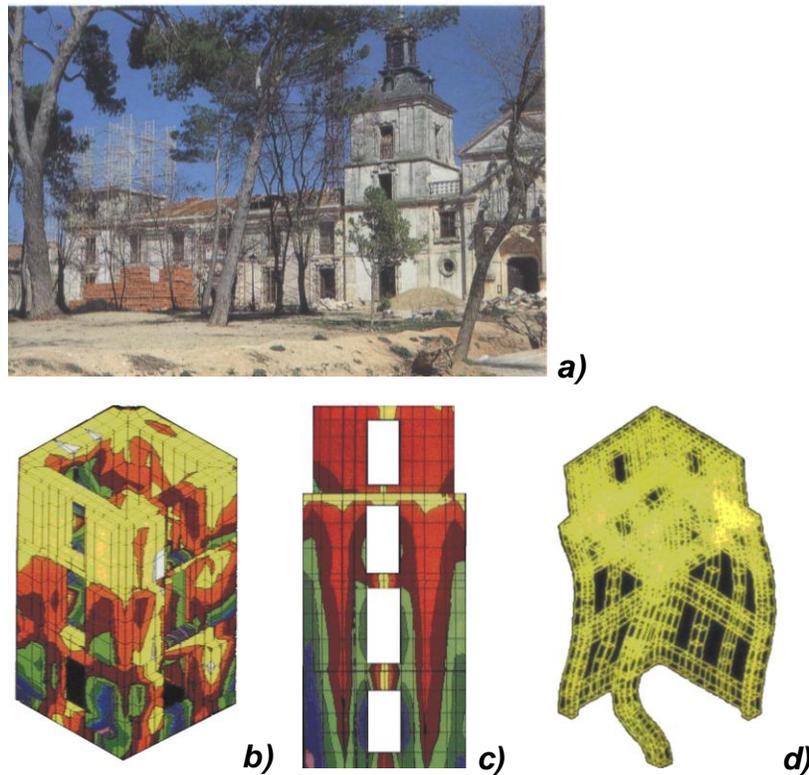
### **“Palacio de Nuevo Baztán”**

Específicamente se cita un ejemplo de utilización en Europa, particularmente en España en 1995, para el Palacio de Nuevo Baztán, la iglesia y las dos plazas inmediatas; monumento histórico artístico por decreto del Ministerio de Educación Nacional del 16 de octubre de 1941. (Izquierdo 1995).

El estudio significó una contribución a la influencia de las inclusiones de sillería en el comportamiento de los muros de mampostería en la rehabilitación de edificios, desarrollado por el ingeniero José María Izquierdo Bernaldo de Quirós, jefe del departamento de rehabilitación y patología de INTEMAC. (Izquierdo 1995).

Este antecedente es un ejemplo de utilización del programa SAP en su versión 90 que permitió arribar a la conclusión de que el comportamiento real de la obra de fábrica analizada resultó más complejo que lo que ordinariamente se tienen en cuenta en los proyectos de rehabilitación de edificios, identificando con mucha mayor profundidad la combinación de efectos que precisó el análisis y el manejo de las soluciones. (Izquierdo 1995).

En la figura 1.1 se muestra una imagen de la fachada general de la edificación y los resultados de la modelación aplicando el programa computacional SAP90, predecesor del SAP2000.

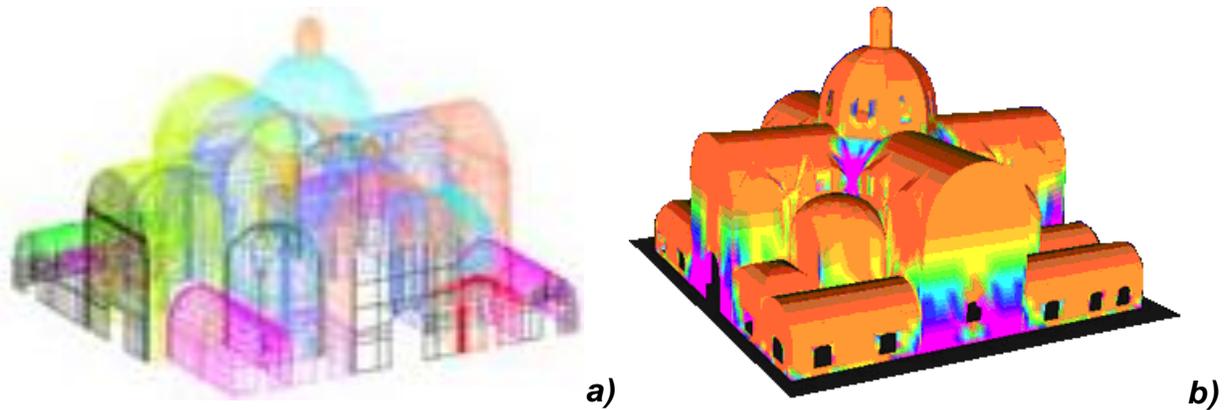


**Fig. 1.1: Resultados de la modelación del Palacio de Nuevo Baztán.**

- a) Fachada del Palacio.**
- b) Tensiones que genera la carga de sismo.**
- c) Tensiones verticales en la fachada para suelo flexible.**
- d) Forma de oscilación de la estructura ante la carga de sismo.**

**“Sagrario de la Catedral de la Ciudad de México”**

En este ejemplo se realizó la modelación estructural con los programas profesionales SAP2000, GID y VRML. Con el programa SAP2000 se realiza la modelación de la estructura y la obtención de los resultados numéricos, con el programa GID se crea una interfase gráfica que permite la visualización de todos los datos relacionados con la simulación numérica y el VRML es una interfase entre el SAP y el GID que traduce los resultados a un modelo desde el cual puede navegar gráficamente dentro y fuera de la estructura analizada (Muños 2003).



**Fig. 1.2: Modelación de la Catedral de la Ciudad de México.**

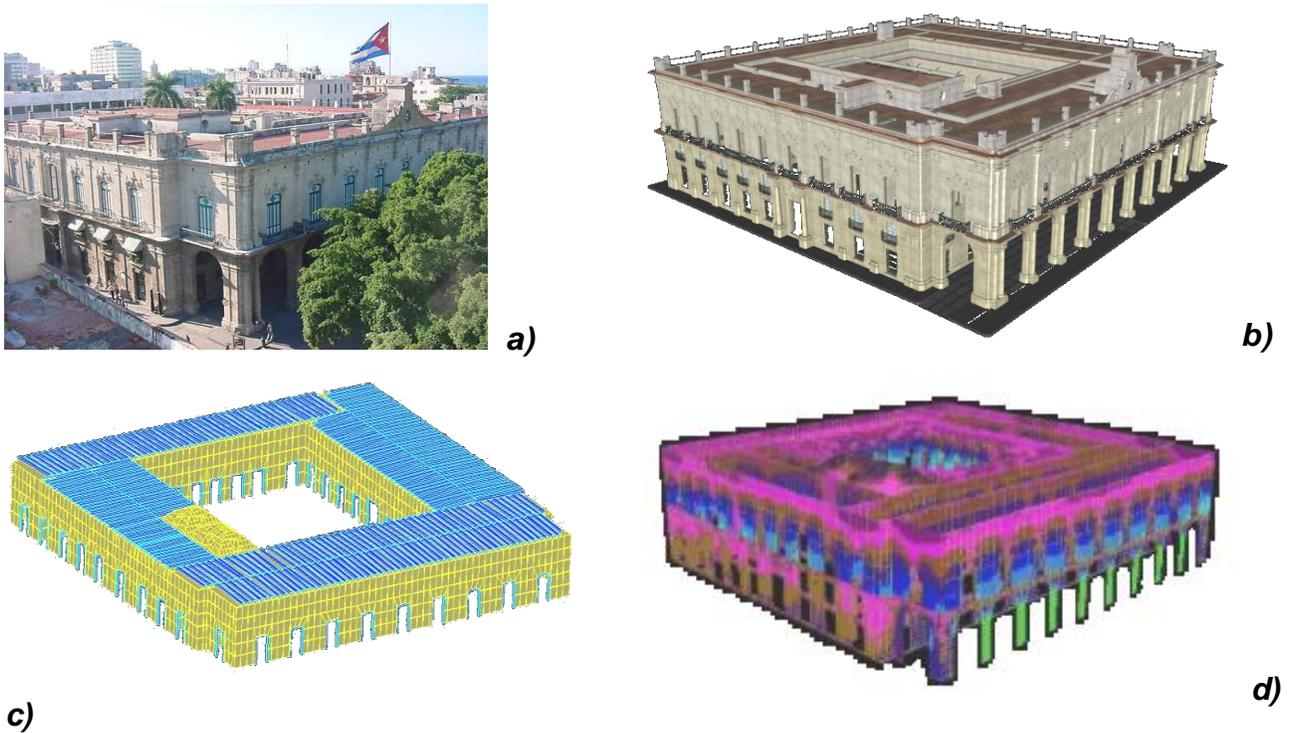
**a) Modelo geométrico de la estructura.**

**b) Estados tensionales que se generan, representados en el VRML.**

**“Palacio de los Capitanes Generales”. (Centro histórico de La Habana Vieja)**

Entre los años 2002 y 2004 se hace necesario un profundo estudio científico de problemas detectados por envejecimiento físico de este inmueble, la sobreexplotación a la que fue sometido y la falta de mantenimiento del edificio entre otros, que provocó la aparición de patologías propias de estas condiciones. Es por ello que se hizo necesario utilizar las más modernas tecnologías y programas computacionales. En este caso se realizaron estudios de las deformaciones y de las grietas encontradas con la instrumentación de sensores. Se efectuó un levantamiento arquitectónico que posibilitó la realización de una modelación estructural aplicando el programa profesional Staad-III v.22.3 WM.

Con la realización de esta modelación se pudo determinar que las causas que estaban generando estas deformaciones y agrietamiento eran las sobrecargas que existían en el entresuelo y los gradientes de temperatura que se generaban por el día entre la parte exterior y la interior de la obra (Broche 2002; Recarey 2002).



**Fig. 1.3: Modelación del Palacio de los Capitanes Generales.**

**a) Vista de las fachas del palacio.**

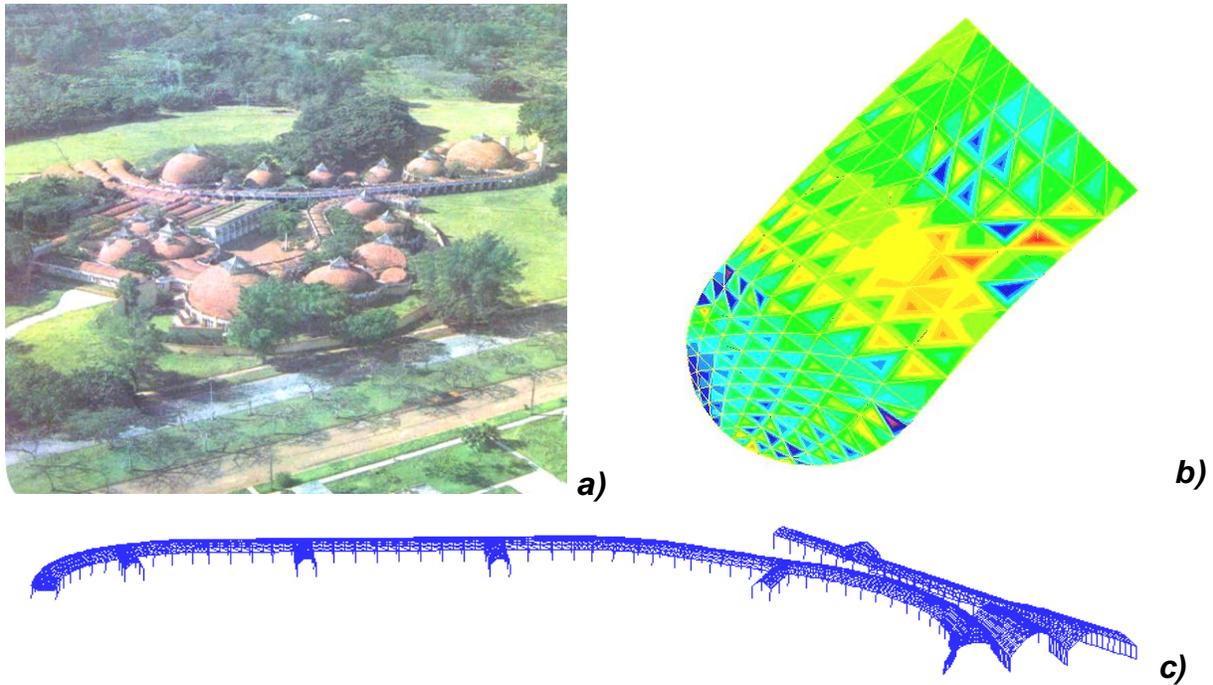
**b) Maqueta del palacio realizada con el 3D Studio Max 3.0.**

**c) Modelo geométrico general de la obra.**

**d) Estados tensionales que se generan.**

**“Instituto Superior de Arte (ISA)”. (Ciudad de La Habana)**

Por el avanzado grado de deterioro que presentaban los pasillos abovedados del ISA se decide realizar una modelación estructural utilizando el programa computacional Staad-III v.22.3 WM entre los años 2000 – 2002. Dicha implementación brindó como resultado que la falta de juntas de dilatación generaba grietas que se formaban por la variación de los gradientes de temperatura (Broche 2002; Recarey 2002).



**Fig. 1.4: Modelación de los pasillos del ISA.**

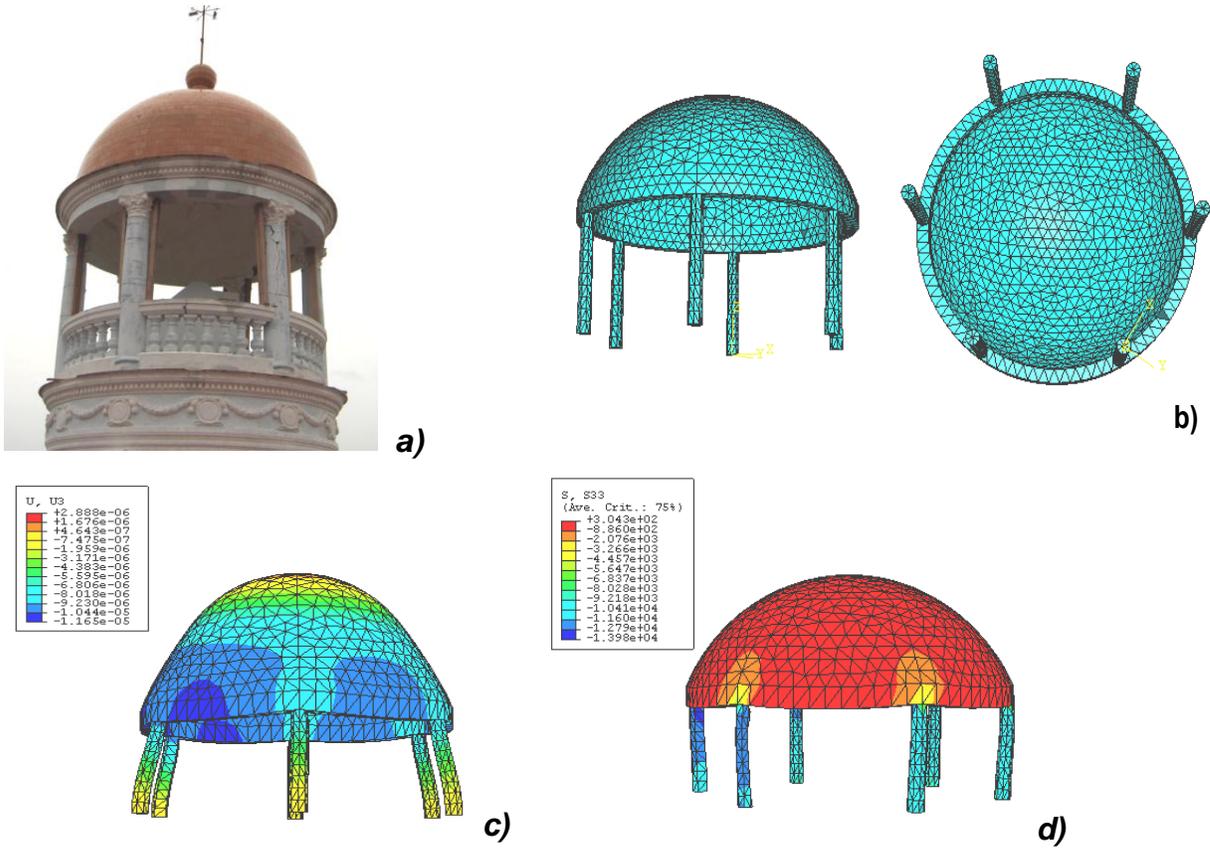
**a) Vista aérea del ISA.**

**b) Estado tensional de una sección de bóveda.**

**c) Modelo geométrico de los pasillos del ISA.**

### **Análisis de la Cúpula del Hostal “Palacio Azul”. (Cienfuegos)**

Para realizar la rehabilitación de la cúpula del hostal se realizó una defectología de la misma y se corroboró con la implementación de la modelación estructural utilizando el programa computacional ABAQUS/CAE versión 6.4-1. Con este trabajo se evidenció que las columnas que habían fallado se debían por la concentración de tensiones producto de la acción de la carga de viento asociada a eventos extremos (huracanes) que afectaron esta región, pudiéndose implementar más tarde un sistema de apuntalamientos y propuesta de rehabilitación (Broche 2005).



**Fig. 1.5: Modelación de la Cúpula del Hostal “Palacio Azul”.**

- a) Vista de la cúpula.**
- b) Modelo geométrico logrado.**
- c) Tensiones generadas por la acción del viento extremo.**
- d) Esfuerzos normales.**

## **1.8 Conclusiones Parciales**

1. A lo largo de este capítulo se ha puntualizado en cada uno de los aspectos necesarios para realizar un satisfactorio proceso de intervención tanto en obras públicas como de carácter patrimonial.

- Grado de protección al patrimonio edificado.
- Tipos de intervenciones Posibles.
- Causas de las intervenciones.
- Acciones de conservación y restauración en obras patrimoniales.

2. El uso de modelos avanzados de la modelación que permiten un estudio detallado del origen de las lesiones y posibles desarrollo

## **Capítulo II: Estudio preliminar de las patologías existentes en la estructura a partir de la técnica de la modelación.**

### **2.1 Introducción del capítulo.**

La modelación es una herramienta de trabajo que ha sido históricamente tratada en la solución de problemas reales en la ingeniería que han permitido simplificar la complejidad de los mismos.

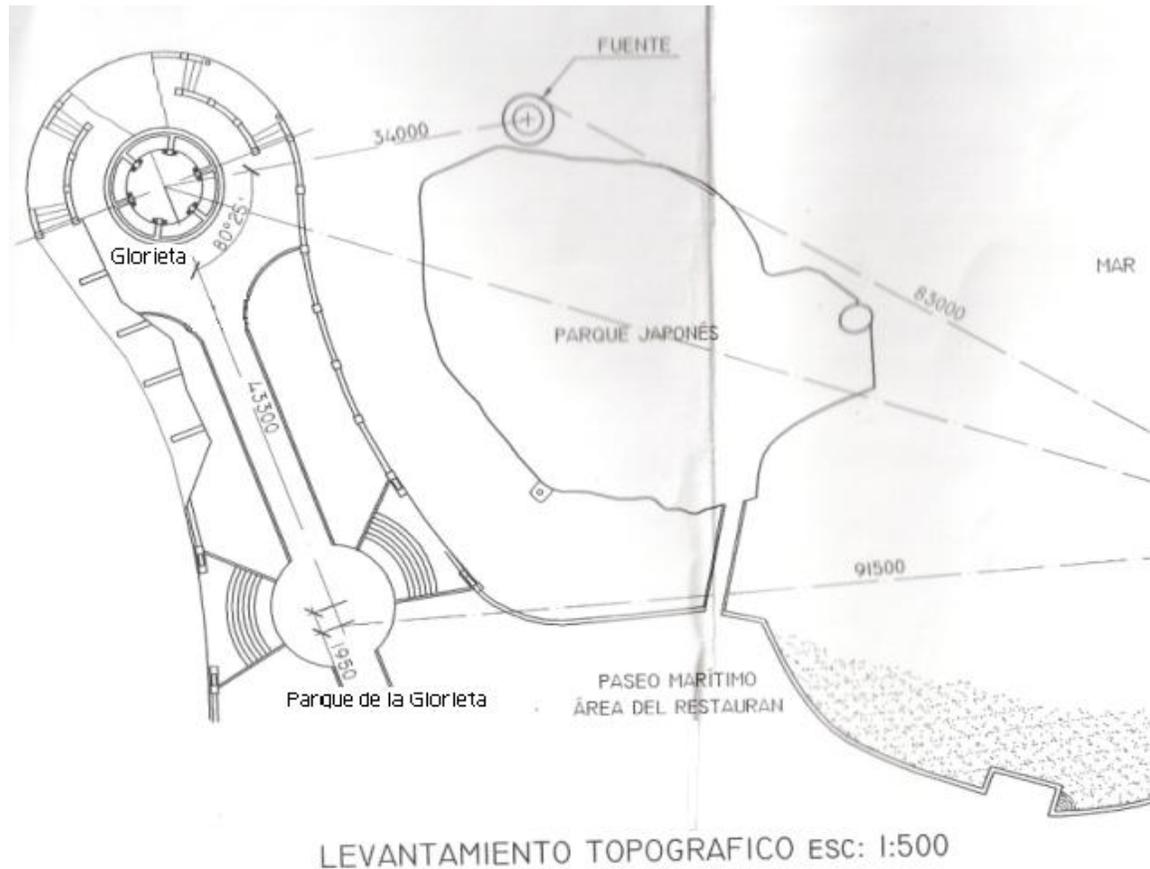
Para esto se decidió implementar en (3D) para el análisis de los fenómenos que se manifiestan, apoyados en los instrumentos computacionales que tienen como herramienta de solución el Método de los Elementos Finitos , donde se centran fundamentalmente en estudiar de forma específica y por separado cada una de las patologías asociadas al problema real planteado. Para cumplimentar las metas trazadas se hace necesario un proceso adecuado de selección del programa computacional, esta debe cumplir las exigencias de la problemática planteada y poner a disposición del usuario un grupo de herramientas de cálculo y ventajas que permitan el desarrollo de la investigación.

En este capítulo se exponen la modelación de la Glorieta del parque del restaurante 1830 de la Habana en el cual se utilizó el programa computacional SAP2000 v 11 para realizar un estudio detallado de la estructura, su comportamiento y propiedades de cada uno de los elementos que componen la estructura, para saber con exactitud el grado de deterioro que están afectando la estructura.

### **2.2 Descripción de la instalación.**

Esta instalación se localiza en el tramo de la costa Norte que se integra con la margen Este de la desembocadura del río Almendares, Ciudad de La Habana. Se trata de un conjunto de instalaciones, parques y paseos que conforman el Restaurante 1830.

**Planta de ubicación del objeto de obra.**



**El parque de la Glorieta** tiene una subestructura conformada por tablestacas de hormigón de sección (0.40 \* 0.30 m), rematadas en su parte superior por una viga o losa de hormigón armado de 0.25 m de espesor aproximadamente , y relleno de material pétreo en su interior .

**Glorieta** este objeto de obra ocupa un área de 38.50 tiene una planta de forma circular, se erige sobre 6 columnas de sección trapezoidal de 0.52 m \* 0.62m compuestas por un núcleo central de hormigón armado de 0.32m de diámetro las cuales se encuentran enchapadas en losas cerámicas, existen a ambos lados de cada columna estructural 2 columnas de mármol de 200 mm de diámetro, que dan origen a la forma de arco que define cada umbral, sobre las

columnas estructurales se apoya la viga de cerramento que sirve de apoyo a la cúpula de cierre.



### **2.3 Valoración preliminar de las patologías existentes.**

A partir del informe emitida por la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) realizadas a la instalación se pudieron constatar las principales patologías existentes y a partir de ellas se realizaron una series de valoraciones sobre las causas de las mismas las que tendrán que ser analizadas posteriormente con los estudios de la modelación y la obtención de los resultados.

Para poder ordenar detalladamente las afectaciones se decidió analizar cada uno de los elementos por separado.

**Glorieta** En este objeto de obra toda su estructura se encuentra revestida de losas cerámicas tanto en la superficie interior como exterior. Existen zonas de las mismas en que este revestimiento falta o se encuentra agrietado.

### **-COLUMNAS ESTRUCTURALES.**



En las columnas estructurales se pudo observar la presencia del revestimiento de losas cerámicas y se puede apreciar:

- Perdida de recubrimiento
- Aceros expuestos y oxidados
- Perdida de sección de aceros en algunas zonas
- Grietas verticales de hasta 4mm en el núcleo de la misma

Existen otras columnas cuyo revestimiento de losas presentan grietas o fisuras, por lo cual denota que la estructura en su interior pudo haber sufrido delaminación por la corrosión de la armadura.

**-ARCOS.**



En este elemento se observan fisuras de hasta 3mm y grietas de 6mm en sentido longitudinal en la cara inferior de algunos arcos que no comprometen la función estructural del objeto de obra. Las mismas deben de ser intervenidas de acuerdo a las recomendaciones realizadas posteriormente.

**-COLUMNAS DE MARMOL.**



En el plano de arranque de los arcos y su apoyo sobre las columnas se aprecian grietas de hasta 5mm y en algunos casos existen fracturas en la parte superior de las columnas de mármol que comprometen su capacidad resistente.

## **-CUPULA Y ANILLO PERIMETRAL.**



Tanto la Cúpula como la viga perimetral de cierre no presentan daños visibles que puedan comprometer la estructura, solo algunas afectaciones en su interior que deben ser resueltas antes de acometer un necesario proceso de restauración de su imagen.

### **2.4 Definición de la herramienta computacional.**

En la actualidad es muy común encontrar en el mercado una gran variedad de sistemas profesionales que facilitan la modelación de muchos de los problemas que se presentan en la vida real, por lo que cada uno de ellos cubre un determinado tipo de necesidad. Es importante que el usuario sea capaz de analizar profundamente los requisitos necesarios y luego puede seleccionar el producto que más se adapte a sus necesidades. Para fines de este trabajo, los criterios que se evaluaron fueron:

- Tipos de módulos que posee y herramienta numérica implementada (MEF).
- Compatibilidad con otros programas ya sean a los pertenecientes a la familia CAD como otras herramientas del office como Excel para la exportación de resultados, y bondades de ficheros de video y fotos para una posterior representación grafica etc.

- Facilidad de trabajo a la hora de conformar los modelos y un ambiente cómodo de Windows y poderosa gama de herramientas de dibujo.
- Software de gran utilidad mundial en cuanto a análisis y diseño se refiere.
- Herramienta utilizada para condiciones especiales de modelación para desconectar nodos entre elementos sin romper la estructura permitiendo visualizar el surgimiento de grietas, sus causas y posibles desarrollos.
- Herramienta utilizada para visualizar los esfuerzos en la base de los muros sin necesidad de buscarlo por el modelo general.
- Herramienta para evaluar modelos de comportamiento del suelo en su interacción con la estructura.

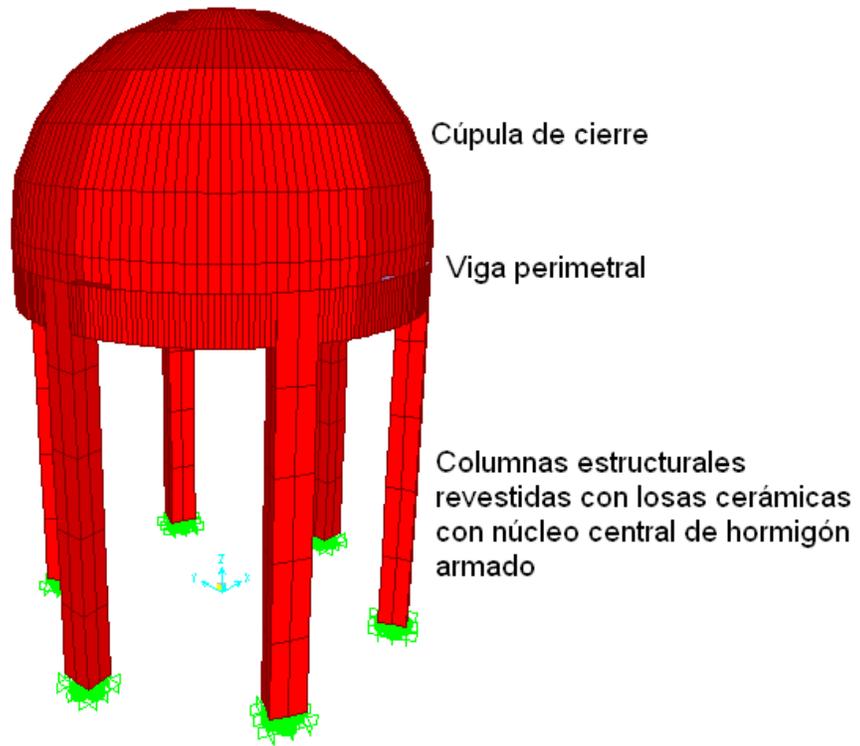
Tomando como base estas bondades del programa, se procedió a la selección de la herramienta SAP2000 versión 11 el cual fue diseñado por la empresa Computers and Structures, Inc. University Avenue Berkeley, California USA.

Haciendo uso de estas facilidades ofrecidas por el SAP.

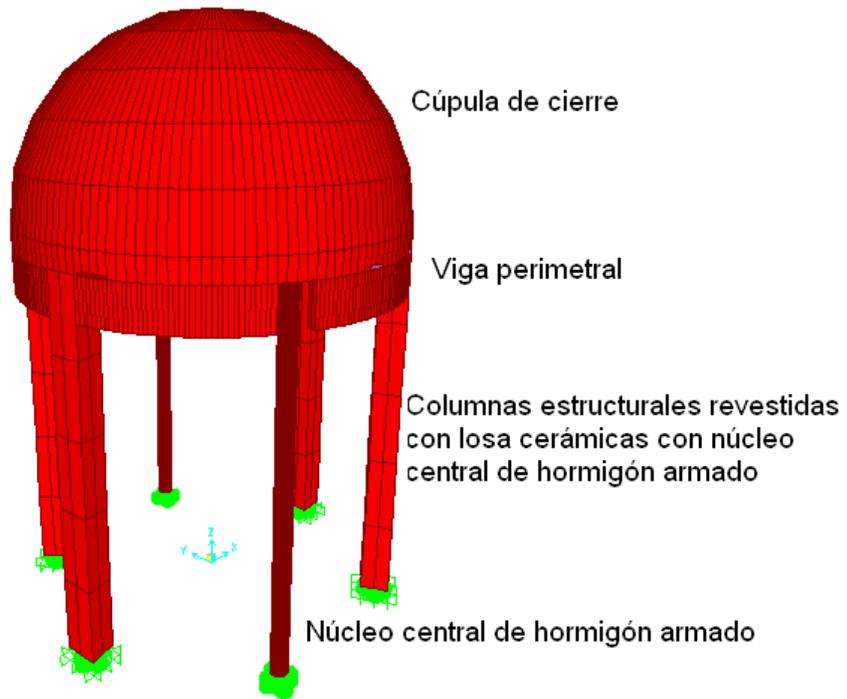
### **2.5 Modelación de la estructura de la glorieta.**

En este epígrafe se hace una valoración de dos tipos diferentes de modelos principales para obtener un esquema representativo lo más cercano posible a la realidad que se manifiesta en la estructura, donde se transita por diferentes modelos de análisis de cada uno de los elementos componentes de la estructura. Para lograr una organización correcta del proceso de modelación se emplea el enfoque que se refleja en la representación esquemática de este proceso, aplicado a cada una de las problemáticas existentes. La creación de estos tipos de modelo se hace a partir de los daños existentes en las columnas mediante la corrosión del acero, donde ve en algunas partes el desprendimiento de la columna de mortero del núcleo central lo que hace que la concentración de esfuerzos sea mayor para entonces lograr un análisis más detallado de la situación para posibles intervenciones.

La estructura en análisis esta compuesta en lo fundamental por tres elementos estructurales, cada unos de los cuales juegan una función dentro del conjunto y cualquier problema estructural que presente inciden de manera directa en el la estructura.



*Elementos estructurales a considerar en el proceso del primer modelo 1*



*Elementos estructurales a considerar en el proceso del segundo modelo*

En el segundo modelo no se tiene en cuenta dos de las seis columnas de mortero y además el módulo de elasticidad de redujo en un 10% al primer modelo por lo que se requiere un análisis bien detallado de cada una de los esfuerzos y desplazamientos a que están sometidos cada una de las columnas para poder retirar las partes dañadas de las columnas y así poder hacer la propuesta de intervención.

### **2.5.1 Características de los elementos estructurales.**

**La cúpula** es el elemento más simple y mejor logrado del arte arquitectónico clásico. Es la solución más natural, más sencilla y a la par, la más cargada de sentido técnico para cubrir un área sin soportes intermedios con el mínimo de materiales. La cúpula puede imaginarse trabajando fundamentalmente como unos gajos o arcos meridianos cuya flexión está impedida por los anillos paralelos horizontales. En las zonas en que los gajos quieren hundirse hacia adentro, los paralelos se lo impiden trabajando en compresión; y donde los gajos quieren abrirse, el paralelo a de evitarlo resistiendo en tracción. Todo el problema técnico está en cerrarlas bien y en evitar las tracciones en los paralelos intermedios; tracciones que con el casquete esférico, aparecen en cuanto que el semiángulo en el centro sobrepasa los 54°. (Broche 2005).

**La viga perimetral** este elemento juega un papel protagónico en la estabilidad del conjunto y debe garantizarse una continuidad entre él y la superficie de la cúpula, producto a su función de contener los empujes horizontales. Estas acciones provocan una flexión de los meridianos de la cúpula. En efecto, el anillo de borde, bajo las componentes radiales de los empujes, sufre una dilatación, mientras que la lámina, para seguir este movimiento, necesitará deformar sus meridianos, con flexión en ellos, para amoldarse a la nueva dimensión del anillo. La banda contigua al anillo es la que más flexiones sufre además de las tracciones que le producen las dilataciones circunferenciales, estas mismas dilataciones tienden a producir, en esa zona periférica, grietas radiales. Aunque la flexión no es un fenómeno tensional primario o esencial en la resistencia, esta puede producir agrietamiento e incluso la rotura por

compresión, al sumarse las compresiones normales del meridiano con las debidas a su flexión. (Broche 2005).

**Las columnas estructurales** son los elementos verticales y su función fundamental es transmitir las cargas que le llegan del trabajo conjunto cúpula-viga de borde hasta los elementos de la subestructura. Las mismas están cerradas tanto en su parte superior como inferior por el anillo de borde o viga perimetral. (Broche 2005).

## 2.5.2 Modelación de la geometría.

### Modelo 1

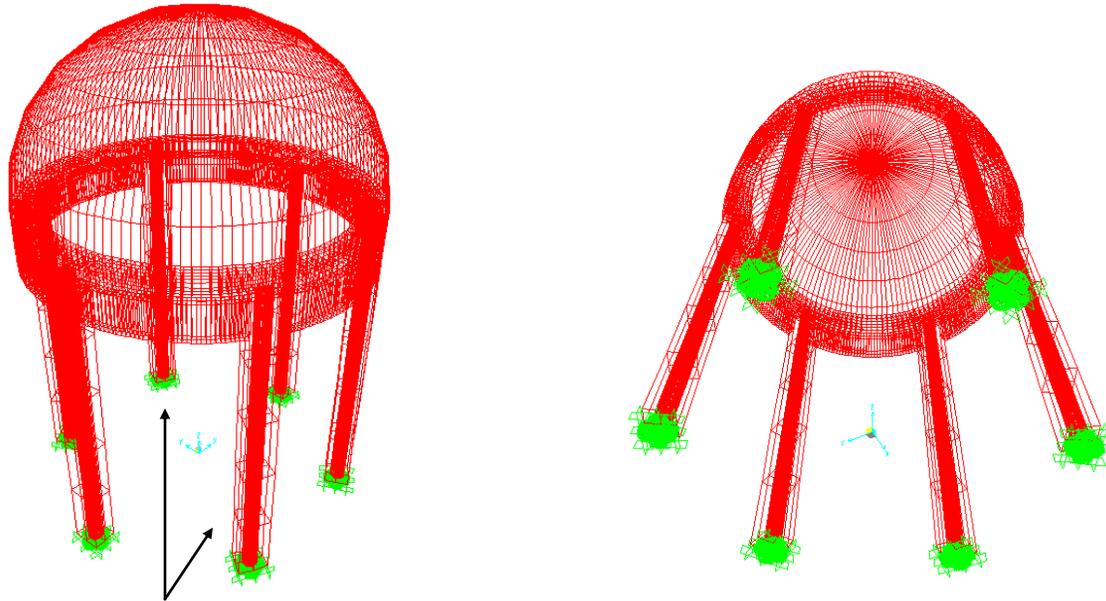
Los elementos estructurales de la glorieta se modelaron como elementos finitos tipo sólidos. El proceso de modelación se realizó utilizando el sistema **SAP2000 v 11** el cual dispone de una biblioteca de elementos suficientemente abarcadora de los posibles casos que puedan presentarse, además de un potente pre y post-procesador gráfico para la creación y procesamiento de la respuesta de modelos estructurales.

**Tabla:** Propiedades de los elementos asumidas para la modelación del modelo 1

<b>Elemento</b>	<b>Tipo de Elemento usado</b>	<b>Peso Espec. KN/m<sup>3</sup></b>	<b>Módulo de Elasticidad, (mPa)</b>	<b>Coefficiente de Poisson. (adm)</b>	<b>Secc. Transversal</b>	<b>Característica del modelo</b>
<b>Cúpula</b>	Sphericka					
	Dome	25	2007984	0.17	Espesor de 12 cms.	Solidó deformable, de hormigón con comportamiento elástico.
<b>Anillo perimetral</b>	Thick					
	Arch	25	2388634.6	0.2	Prismática Rectangular de 0.4 m x 0.52 m	Solidó deformable, de hormigón con comportamiento elástico.
<b>Columnas de mortero</b>	Thick					
	Arch	25	2007984	0.17	Prismática trapezoidal de 0.52*062 m	Solidó deformable, de hormigón con comportamiento elástico.
<b>Núcleo central de hormigón</b>	Cylinder					
		25	2007984	0.17	Cilindro circular de 0.32 m de diámetro	Solidó deformable, de hormigón con comportamiento elástico.

El modelo geométrico está compuesto por una discretización de forma tal que exista continuidad entre los elementos que conforman la estructura y no introduzca errores en los resultados finales y lograr una mejor optimización en el tiempo de ejecución.

Este está compuesto por 5916 nodos, 2904 elementos tipo shell, y 1320 elementos tipo sólidos.



Presencia de las columnas de mortero que si se usaron en el modelo.

En cuanto a las condiciones de apoyo de las columnas se consideró que este elemento no tendrá desplazamiento en ninguno de los ejes. Esta consideración se tomó avalada por inspecciones que se realizaron al lugar donde no se detecta en el inmueble ningún estado patológico referido a problemas vinculados con deformación de la cimentación.

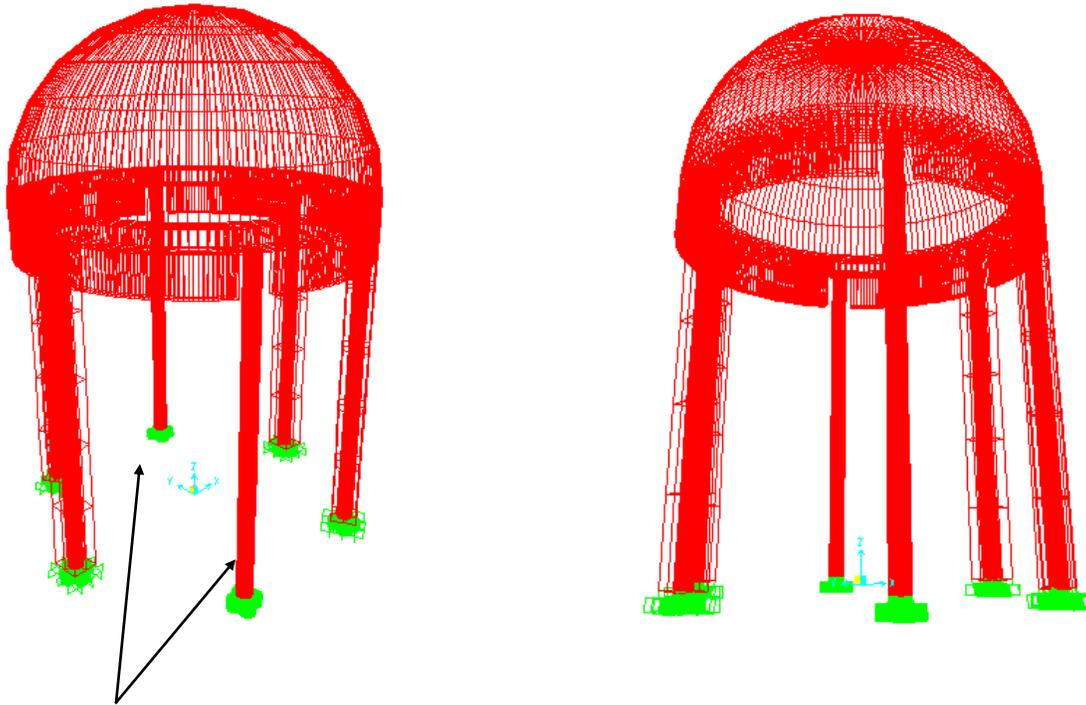
**Modelo 2**

**Tabla: Propiedades de los elementos asumidas para la modelación del modelo2**

<b>Elemento</b>	<b>Tipo de Elemento usado</b>	<b>Peso Espec. KN/m<sup>3</sup></b>	<b>Módulo de Elasticidad, (mPa)</b>	<b>Coefficiente de Poisson. (adm)</b>	<b>Secc. Transversal</b>	<b>Característica del modelo</b>
<b>Cúpula</b>	Sphericla Dome	25	200798.4	0.17	Espesor de 12 cms.	Solidó defomable, de homigón con comportamiento elástico.
<b>Anillo perimetral</b>	Thick Arch	25	238863.46	0.2	Prismática Rectangular de 0.4 m x 0.52 m	Solidó defomable, de homigón con comportamiento elástico.
<b>Columnas de mortero</b>	Thick Arch	25	200798.4	0.17	Prismática trapezoidal de 0.52*062 m	Solidó defomable, de homigón con comportamiento elástico.
<b>Núcleo central de hormigón</b>	Cylinder	25	200798.4	0.17	Cilindro circular de 0.32 m de diámetro	Solidó defomable, de homigón con comportamiento elástico.

La principal característica de este modelo es que no se tiene en cuenta dos de las seis columnas de mortero y la reducción de un 10% del módulo de elasticidad inicial del modelo 1.

Por lo que este modelo está compuesto por 5820 nodos, 2904 elementos tipo shell y 1280 elementos tipo sólidos.



Falta de las columnas de mortero que no se utilizaron en el modelo

### 2.5.3 Modelación de las cargas actuantes.

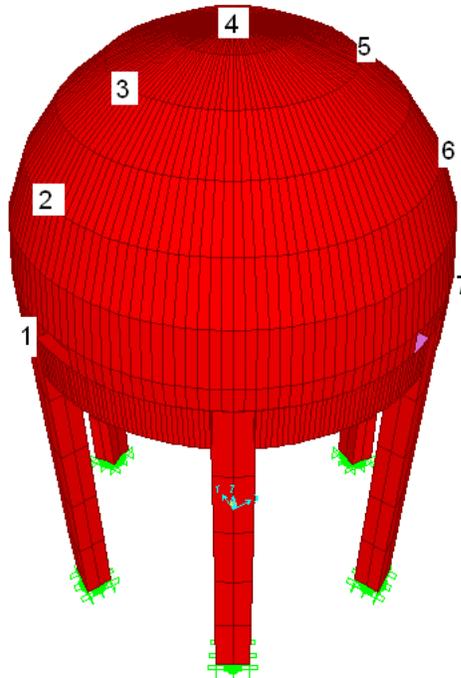
Analizando cada una de las particularidades de la estructura y las posibles acciones que puedan estar actuando sobre ella, se llegó a la conclusión de que solo hay que analizar dos estados de carga el de peso propio y el de viento extremo, este último es importante ya que la estructura se encuentra cerca del malecón habanero donde el viento es muy intenso y afecta directamente al objeto de obra.

#### Carga por peso propio.

El software utilizado para realizar el análisis estructural de esta edificación tiene implementada una opción que permite el cálculo automático de este estado de carga, para ello solo hay que introducir como variables el peso específico del material. Se consideró hormigón de peso normal con densidad **25 kN/m<sup>3</sup>**.

**Carga de viento extremo.**

Para la determinación de la carga de viento extrema se tomaron en consideración los aspectos abordados en la NC 285:2003 en su epígrafe 12 “Acciones exteriores. Coeficiente de forma o aerodinámicos de estructuras especiales de superficies continuas o cerradas”. Los cálculos correspondientes se pueden observar a continuación.



a)

a) Puntos de interés donde se determino la carga de viento extremo.

b) Resultados del cálculo del viento extremo.

Punto	H (m)	$q_{10}$ kN/m <sup>2</sup>	$C_t$	$C_s$	$C_h$	$C_{ra}$	$C_r$	$C_f$	$q$ kN/m <sup>2</sup>
1	6.7	1.3	1.15	1.10	0.88	1	1.22	0.3	0.4
2	8.26	1.3	1.15	1.10	0.94	1	1.22	0.3	0.44
3	8.84	1.3	1.15	1.10	0.96	1	1.22	-1.1	-1.63
4	9.17	1.3	1.15	1.10	0.97	1	1.22	-1.1	-1.65
5	8.84	1.3	1.15	1.10	0.96	1	1.22	-1.1	-1.63
6	8.26	1.3	1.15	1.10	0.94	1	1.22	-0.4	-0.58
7	6.7	1.3	1.15	1.10	0.88	1	1.22	-0.4	-0.54

b)

## **2.6 Análisis de los resultados obtenidos.**

Una vez concebido el modelo se procedió analizar los resultados del mismo para darle cumplimiento al conjunto de tareas trazadas anteriormente. En términos generales se trata de buscar en el modelo aspectos importantes que permitan dar recomendaciones de índole estructurales, las cuales facilitarían la ejecución del proyecto de intervención de la estructura en análisis. Estas cuestiones pueden ser:

- ◆ Forma de trabajo de los principales elementos estructurales.
- ◆ Distribución de presiones que se generan en los elementos productos del conjunto de acciones que sobre ellos tributan.
- ◆ Carga axial a la que está sometida cada una de las columnas, para los diferentes estados de cargas analizados.

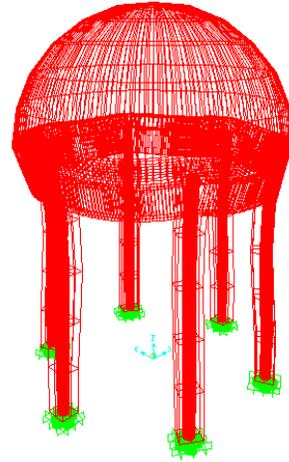
A continuación se muestran una serie de imágenes obtenidas del programa **SAP2000 v 11** las cuales permitieron establecer las conclusiones de la etapa correspondiente a la modelación estructural y que permiten estudiar el comportamiento de la estructura en estudio.

➤ **Modelo1**

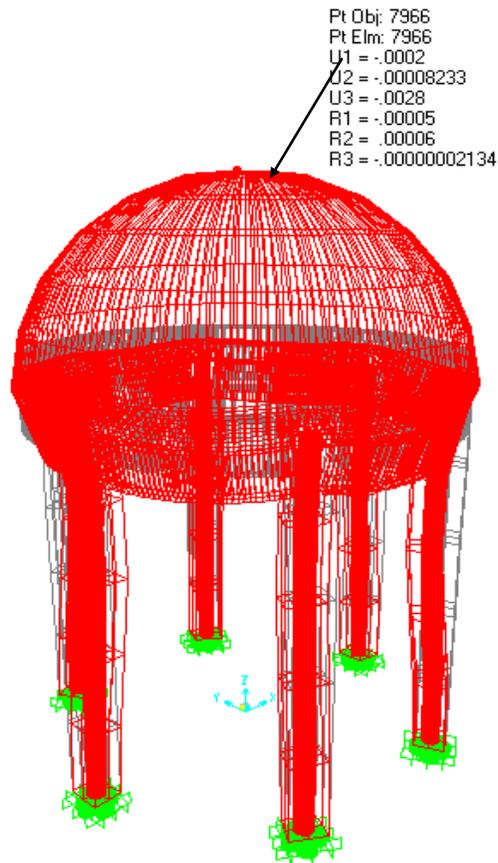
- Deformada del elemento a partir del estado de carga de peso propio.



Elemento no deformado

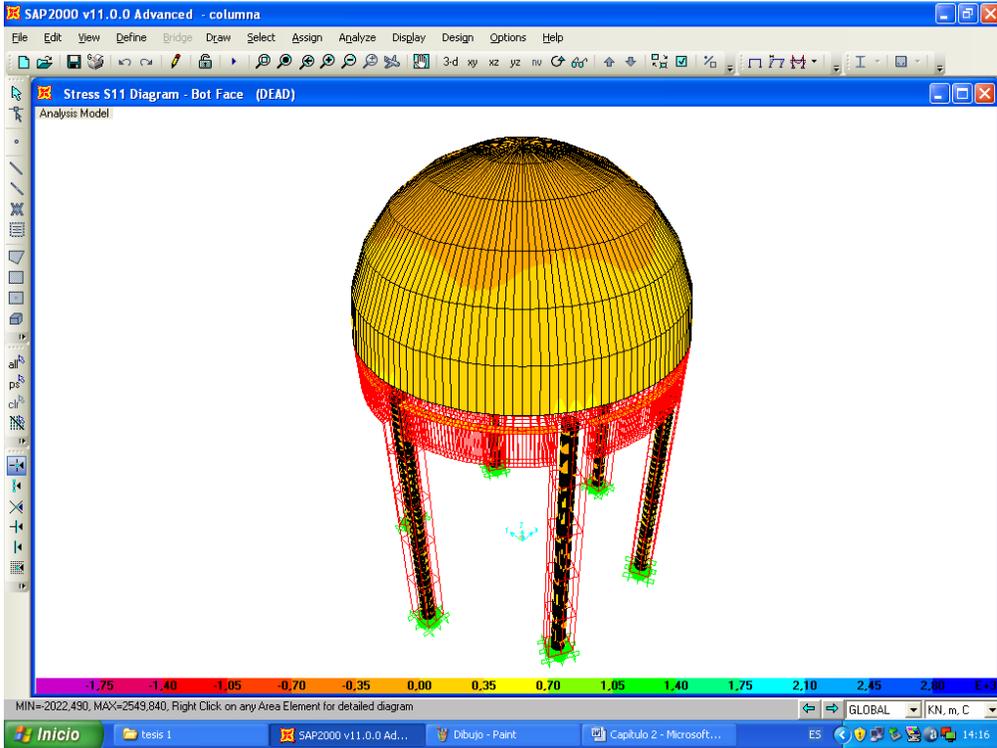


Elemento deformado

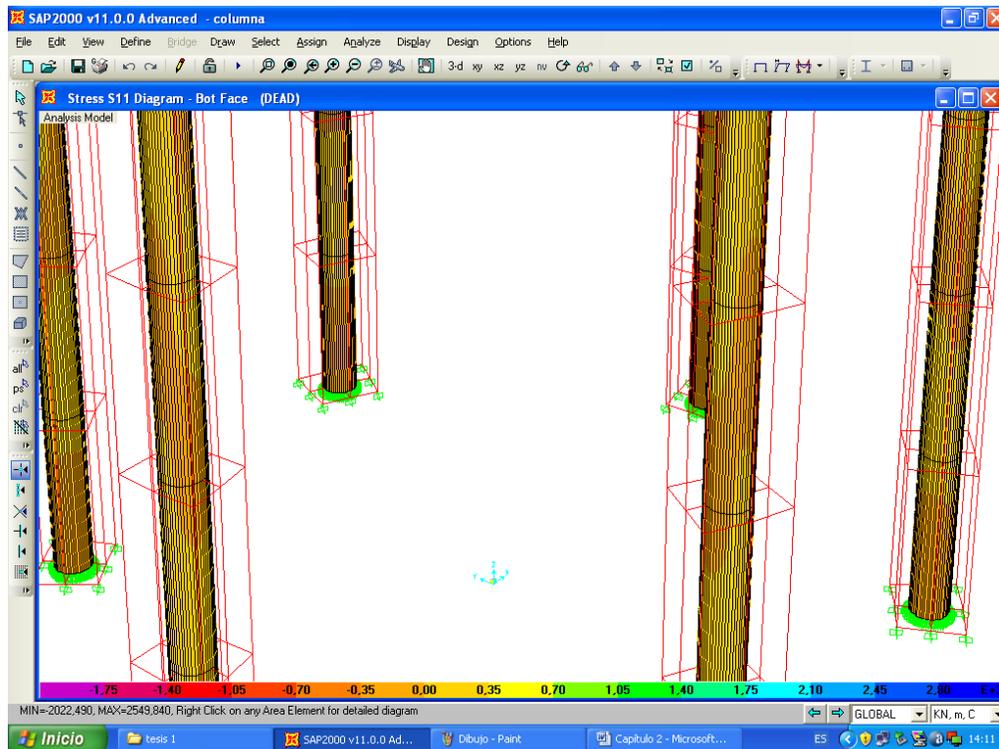


Muestra simultánea del elemento deformado y el no deformado (m).

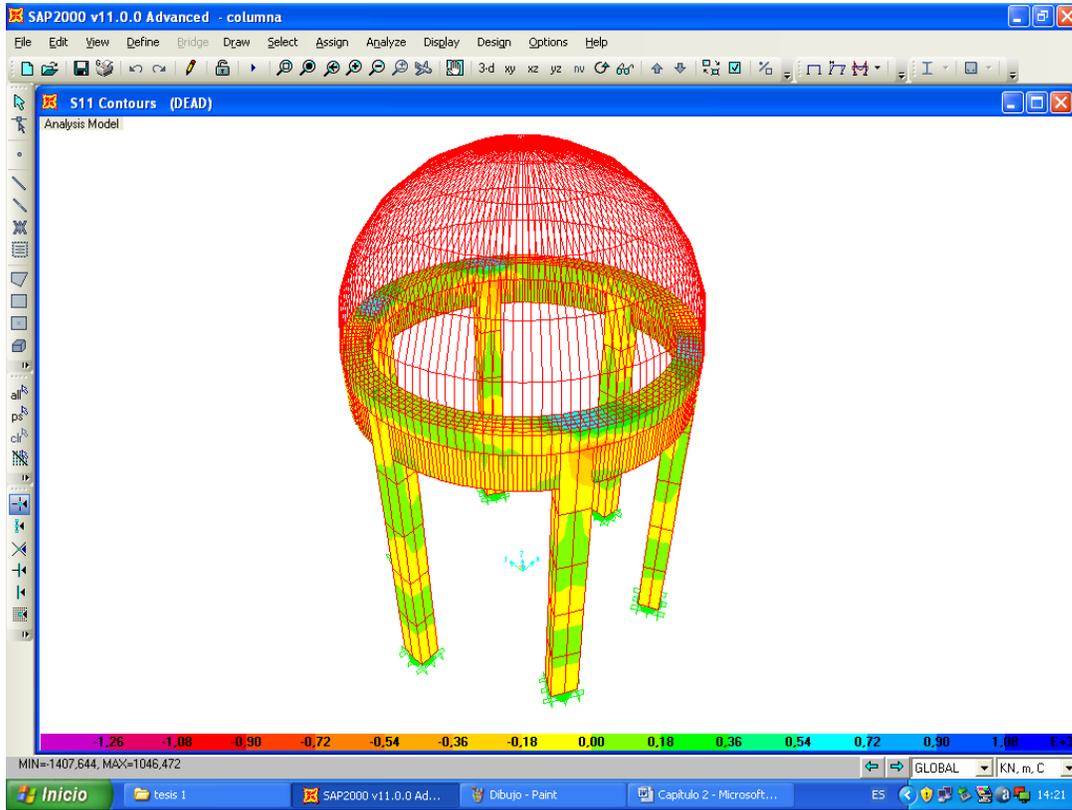
- Esfuerzo normal a partir del peso propio.



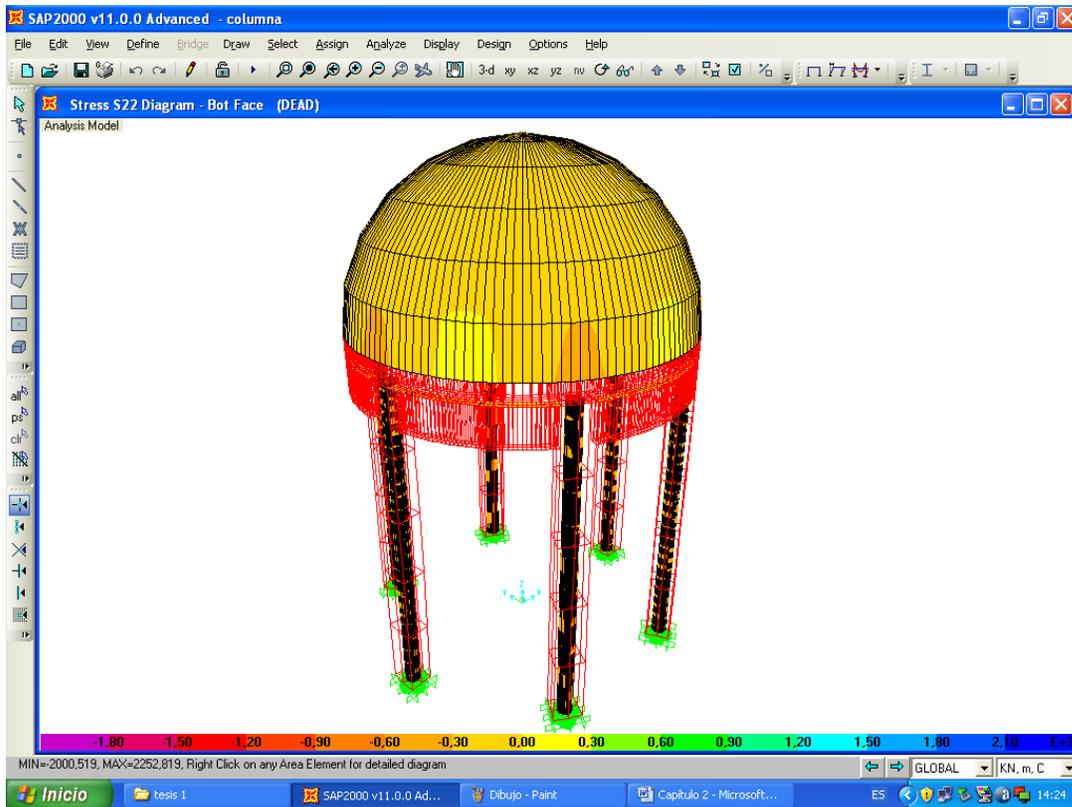
Tensión componente en el eje x de la cúpula de hormigón en (kPa)



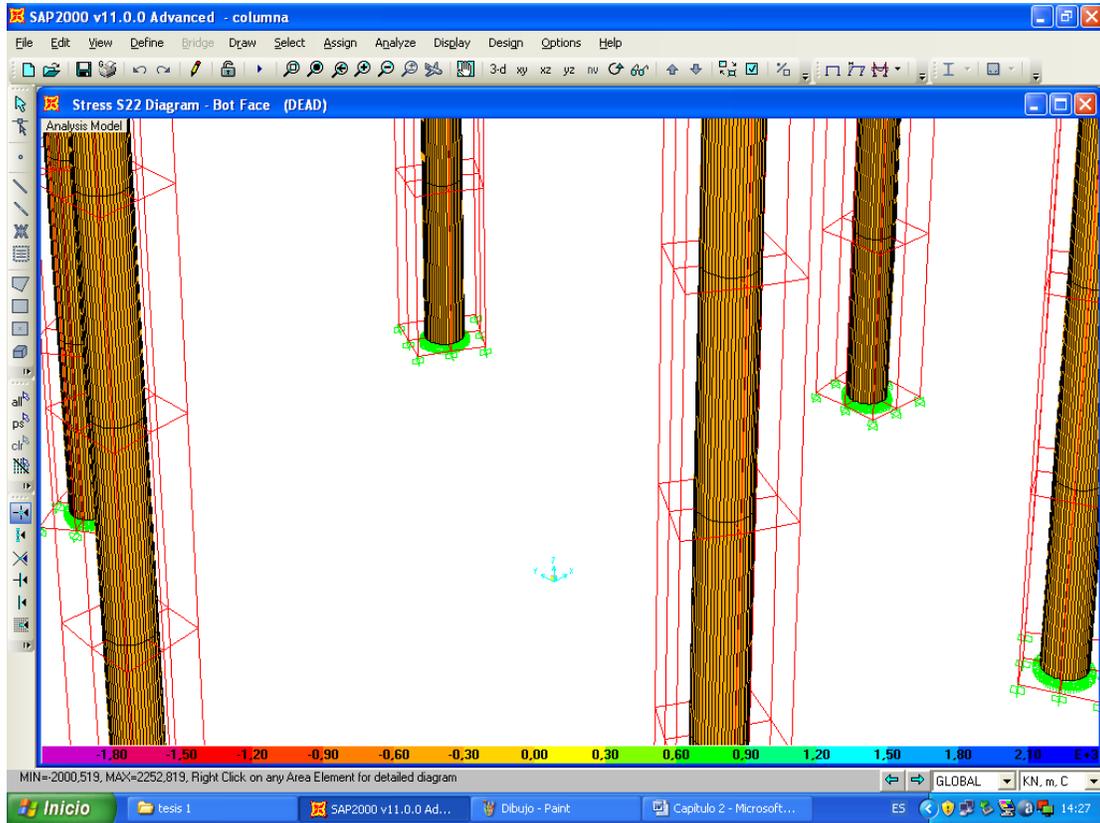
Tensión componente en el eje x del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



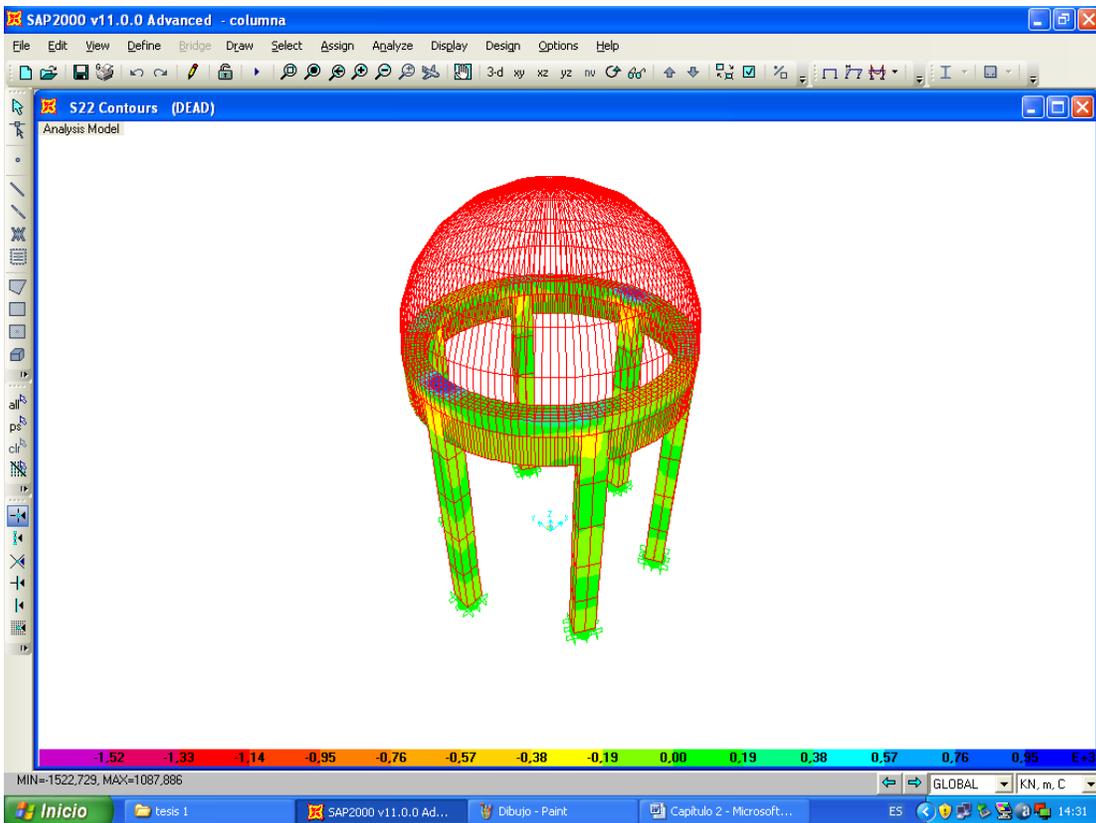
Tensión componente en el eje x de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



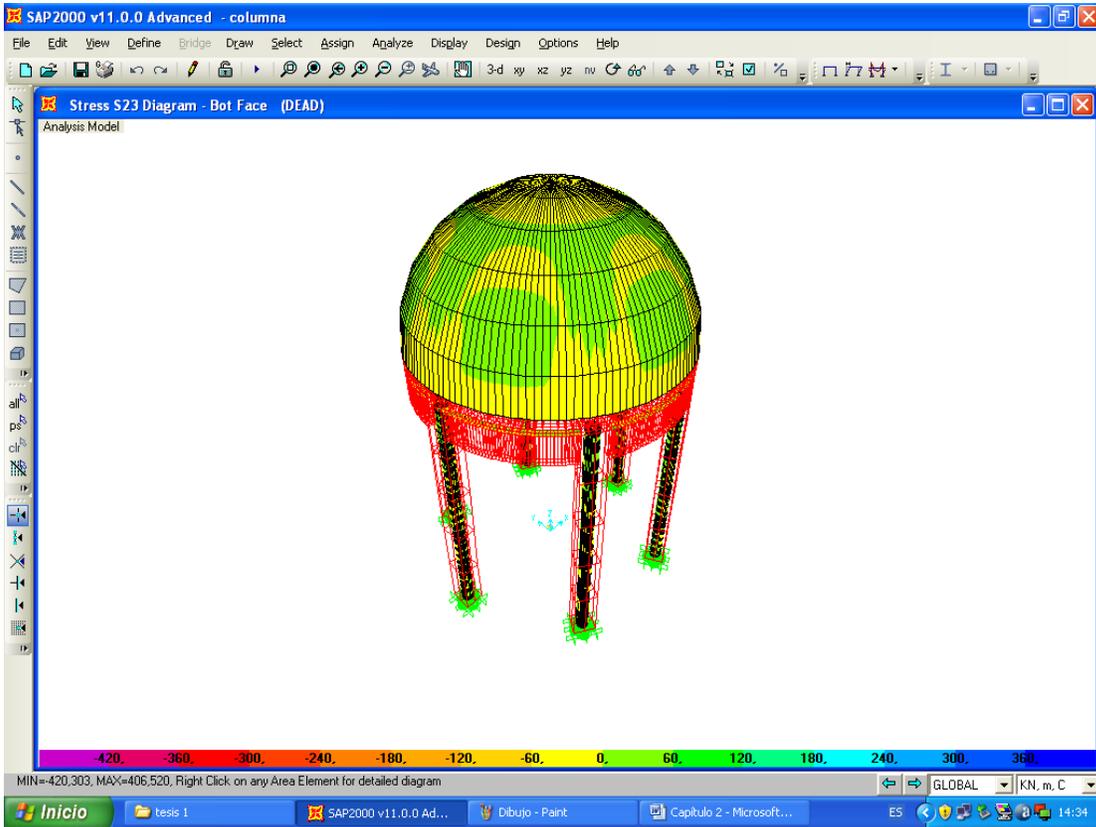
Tensión componente en el eje y de la cúpula de hormigón en (kPa)



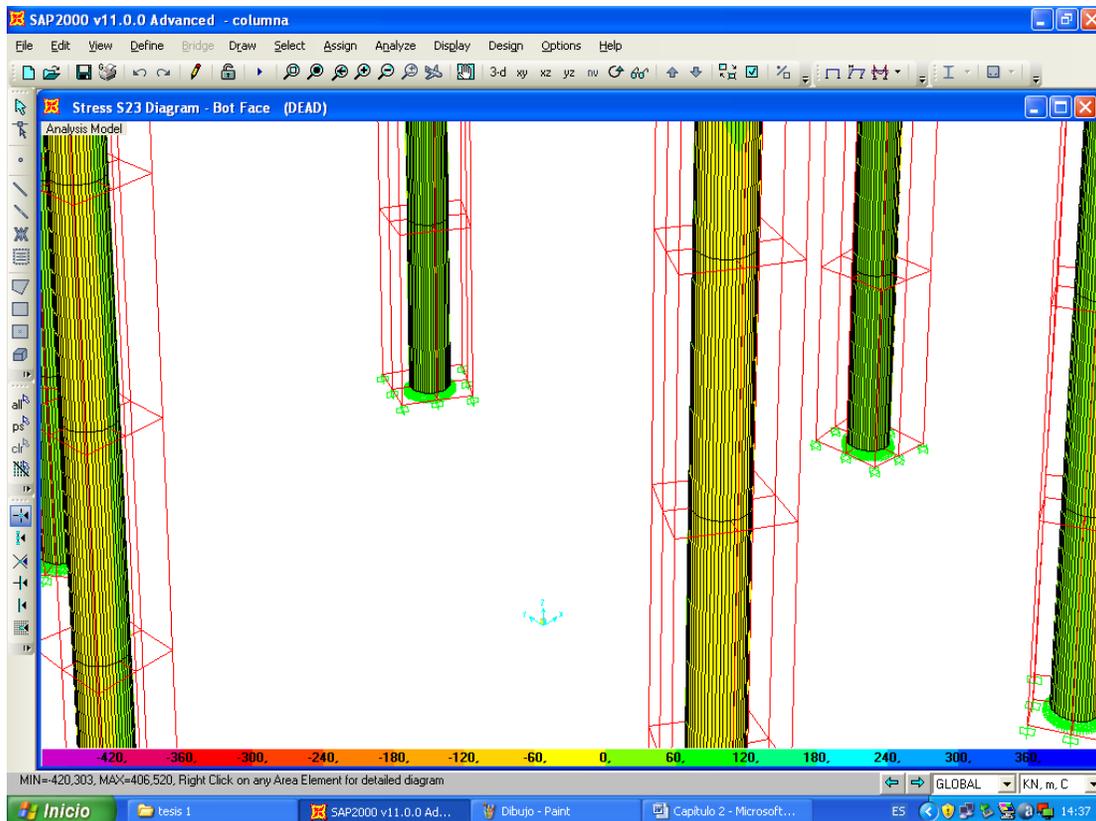
Tensión componente en el eje y del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



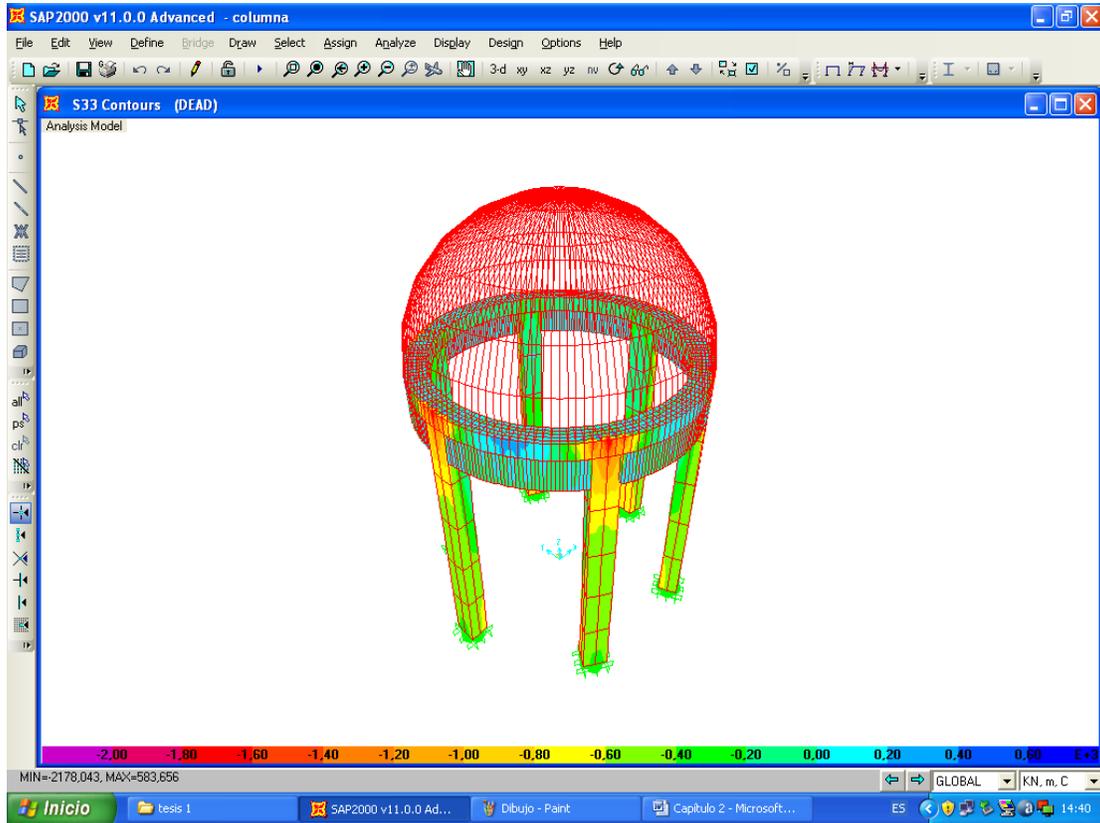
Tensión componente en el eje y de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



Tensión componente en el eje z de la cúpula de hormigón en (kPa)



Tensión componente en el eje z del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)

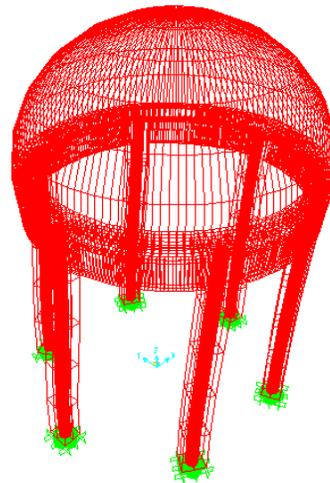


Tensión componente en el eje z de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)

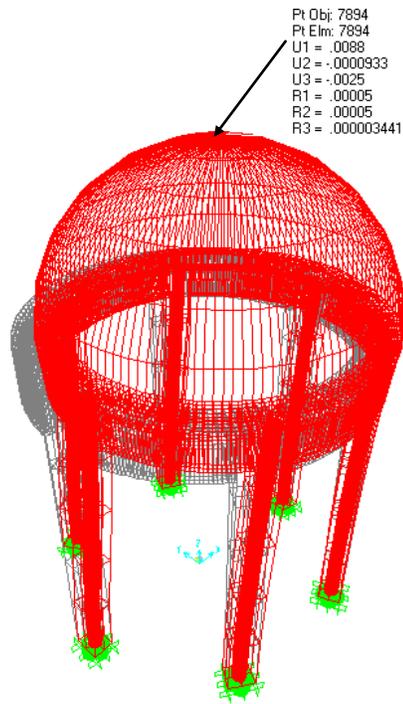
- Deformada del elemento a partir de la combinación peso propio y viento extremo.



Elemento no deformado



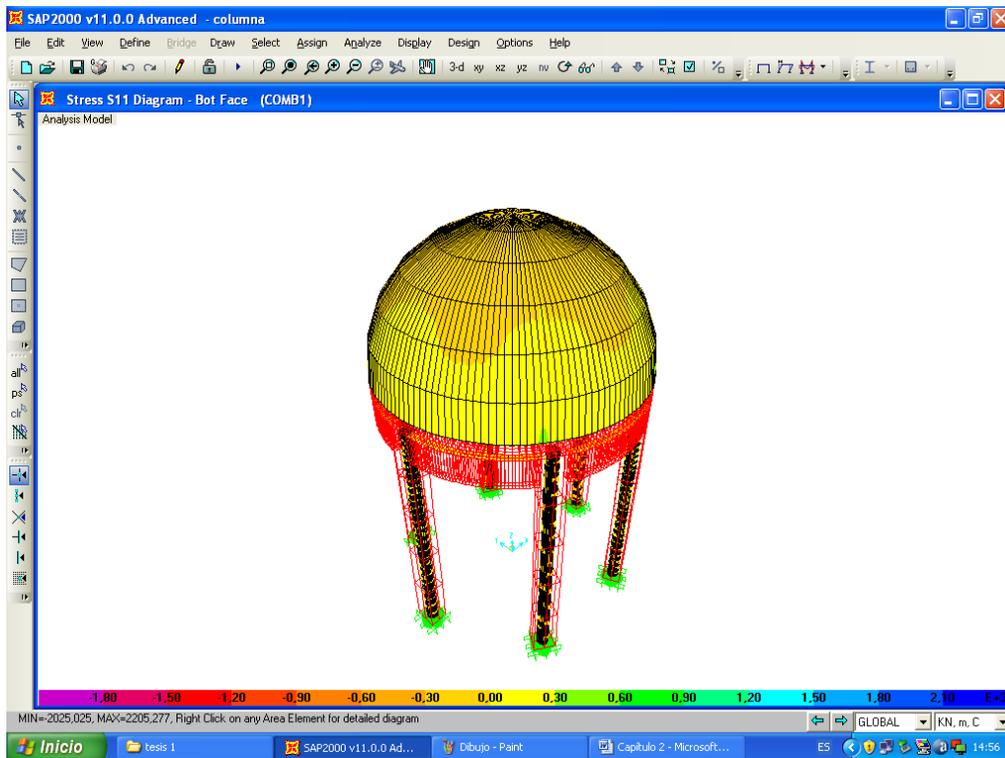
Elemento deformada

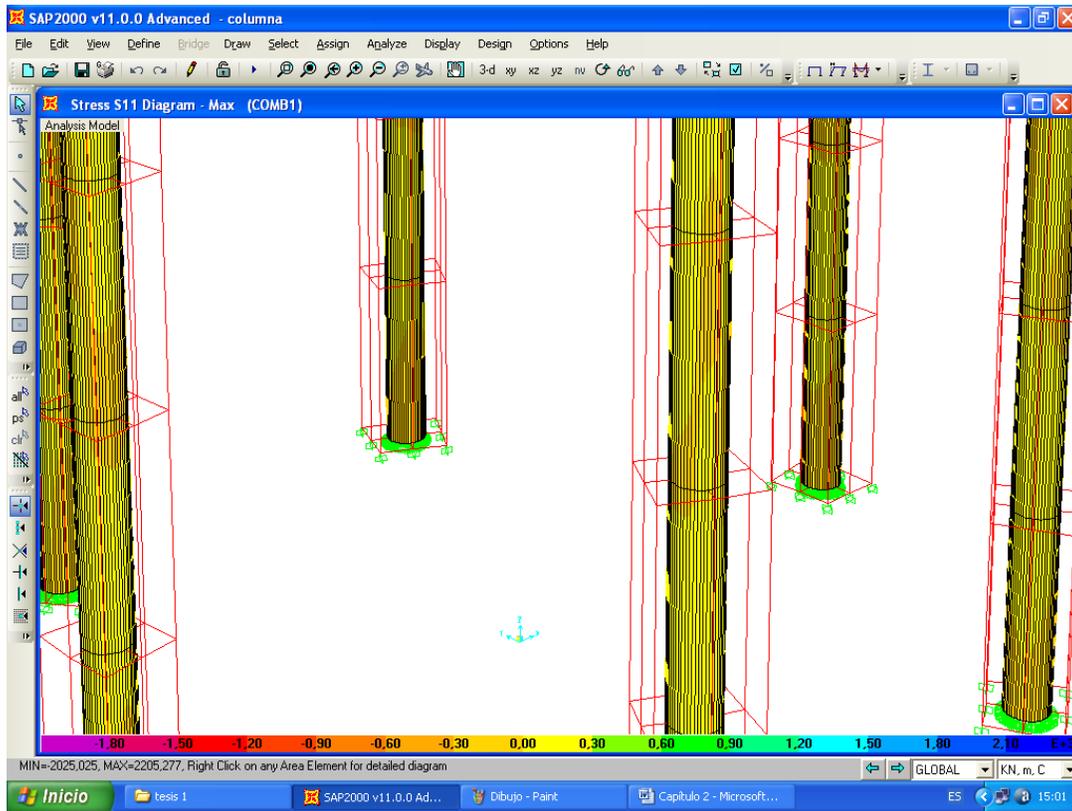


Muestra simultánea del elemento deformado y el no deformado. (m)

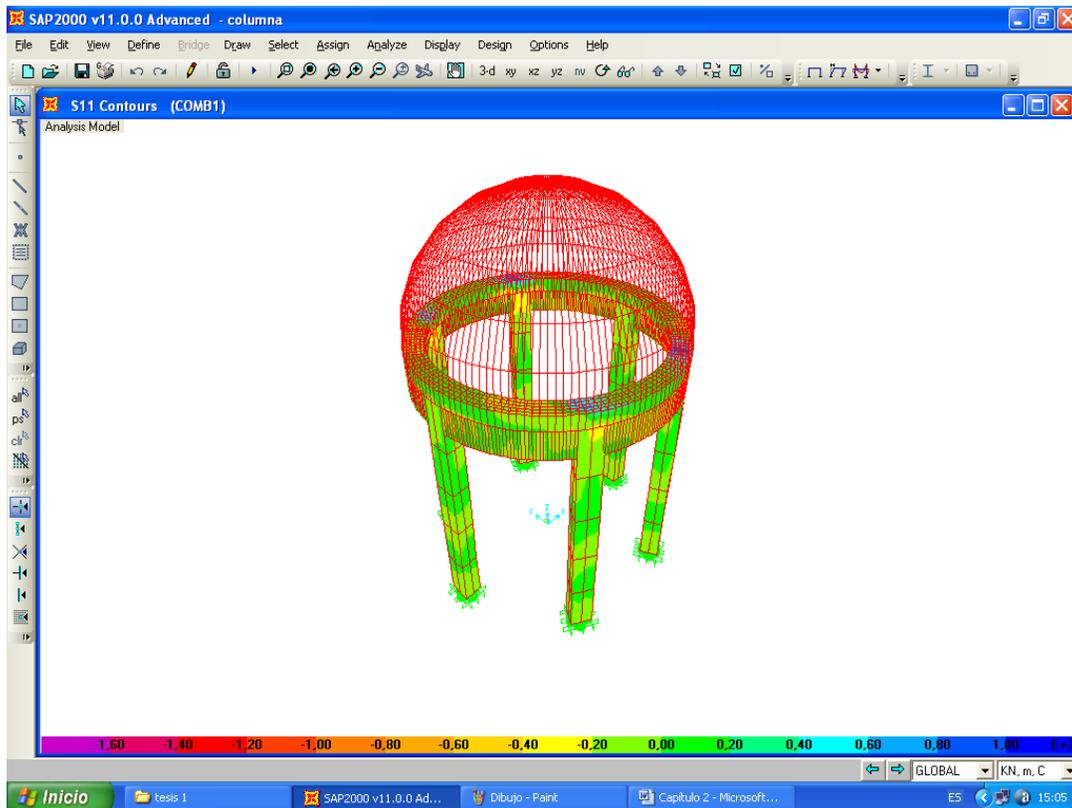
- Esfuerzo normal a partir de la combinación de peso propio y viento extremo

*Tensión componente en el eje x de la cúpula de hormigón en (kPa)*

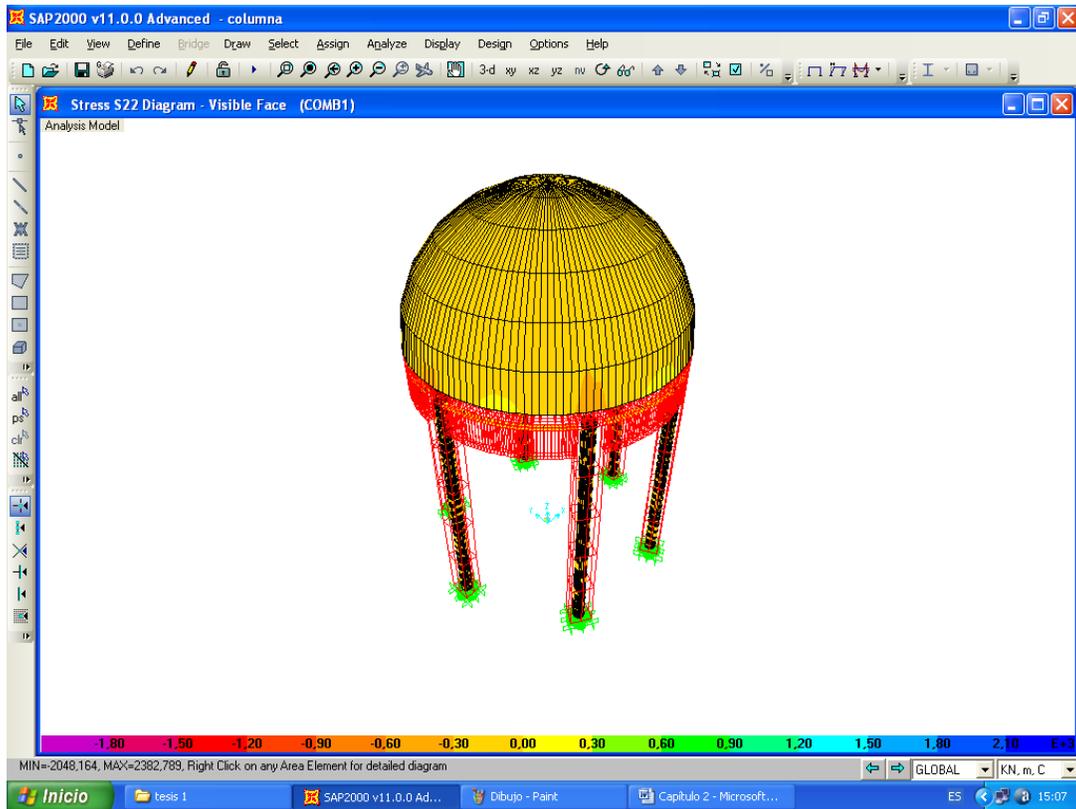




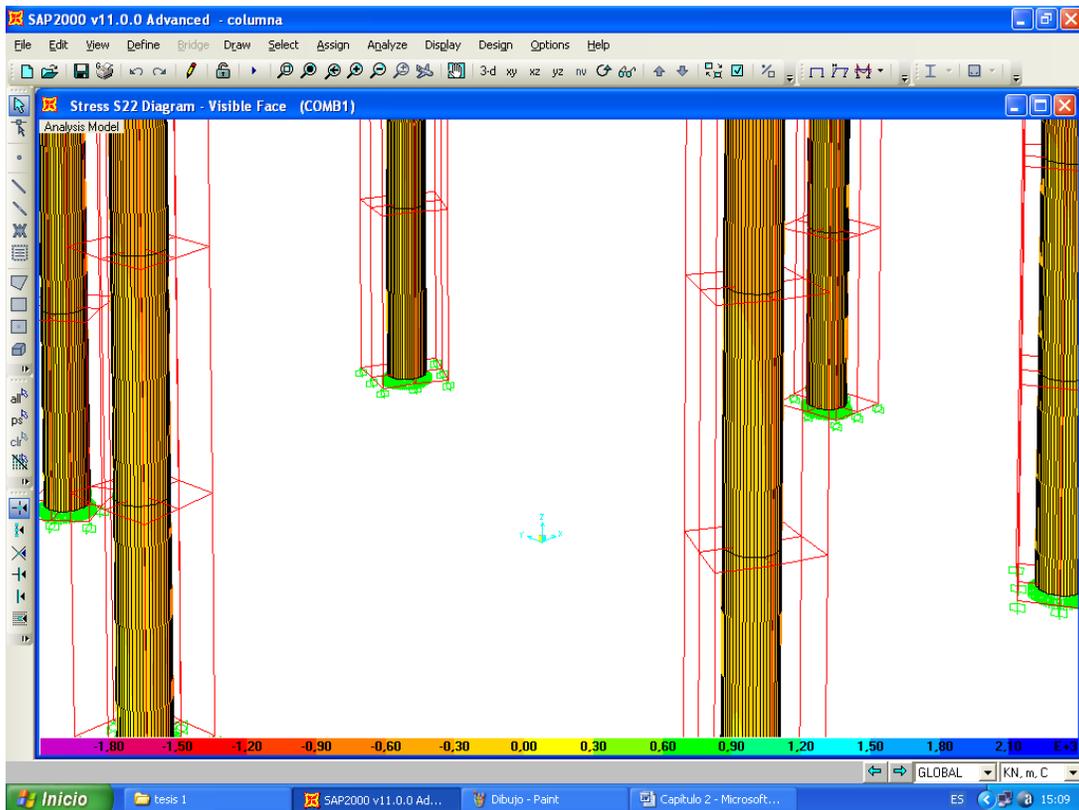
Tensión componente en el eje x del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



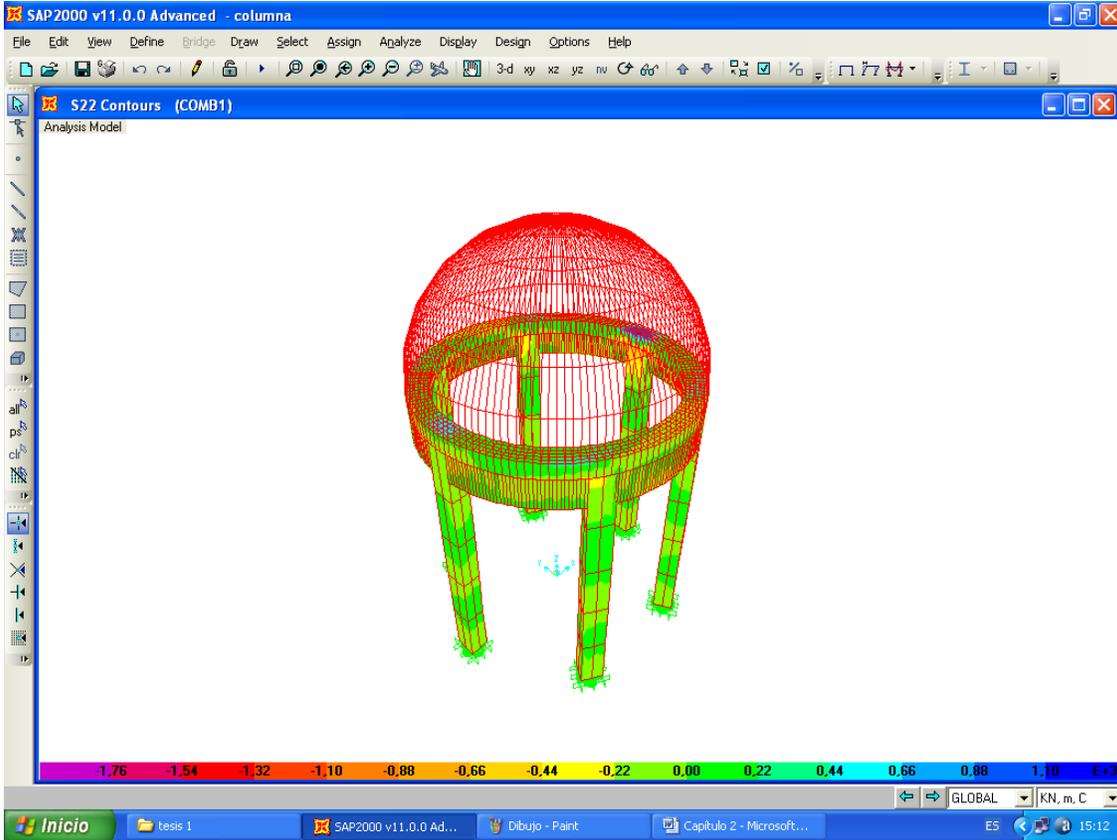
Tensión componente en el eje x de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



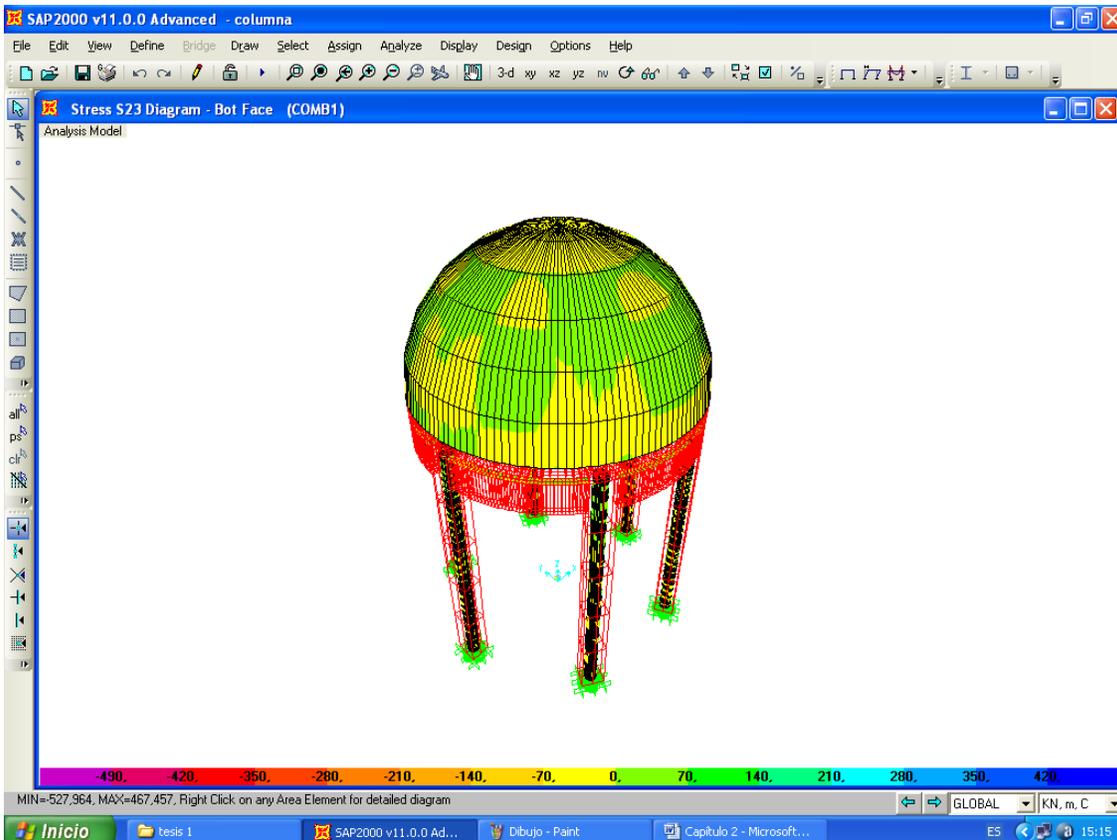
Tensión componente en el eje y de la cúpula de hormigón en (kPa)



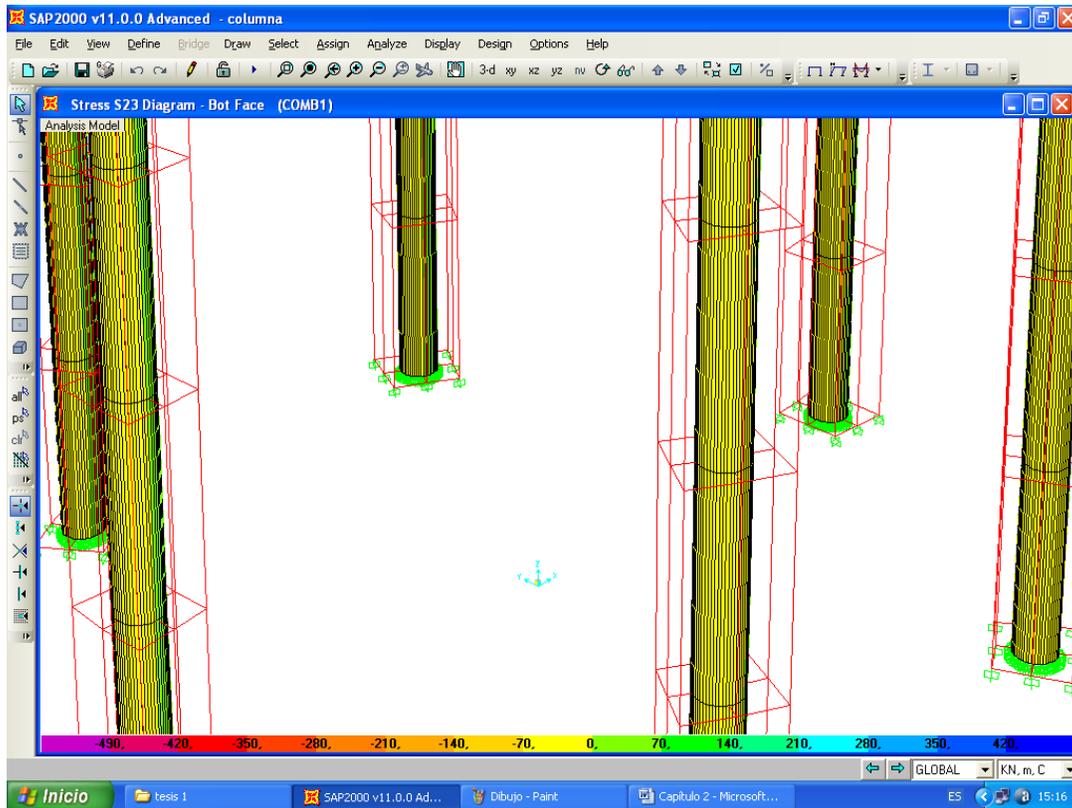
Tensión componente en el eje y del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



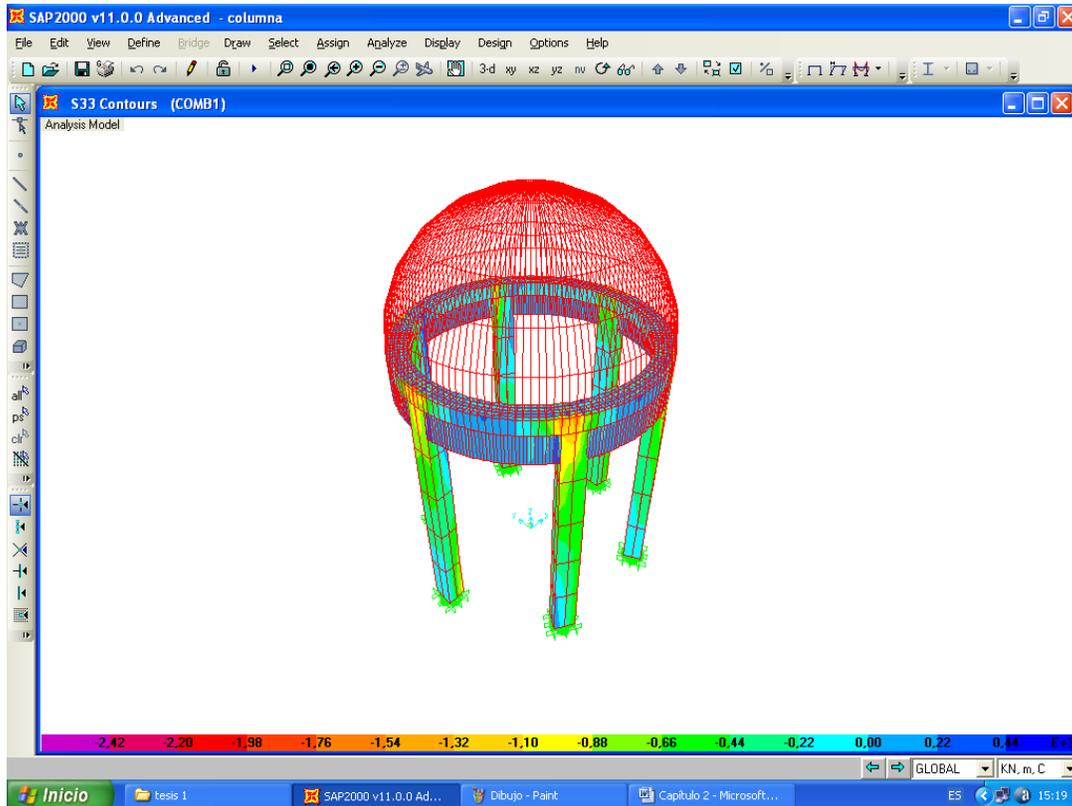
Tensión componente en el eje y de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



Tensión componente en el eje z de la cúpula de hormigón en (



Tensión componente en el eje z del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



Tensión componente en el eje z de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)

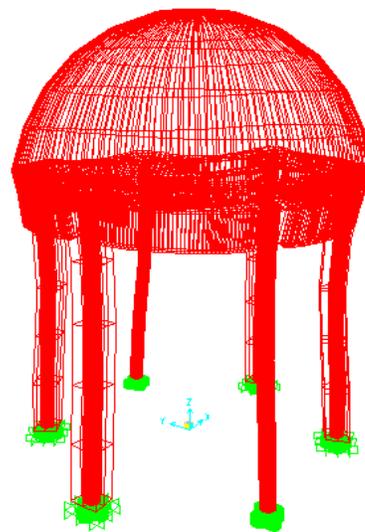
➤ **Modelo 2**

En la primera parte se presenciaron una serie de resultados del modelo 1 dados por el programa **SAP2000 v 11**, lo que describe una serie de tensiones y deformaciones en cada uno de los ejes de la estructura a partir de los estados de carga a que está sometida el objeto de obra en su estado inicial. En esta parte del modelo se analizará cada uno de los resultados obtenidos sin la presencia de dos de las seis columnas perimetrales que rodean el núcleo central de hormigón con la reducción del 10% del módulo de elasticidad inicial para determinar la concentración de tensiones y deformaciones en cada uno de los elementos restantes y su comportamiento en la estructura. Los resultados generales de la modelación se darán a conocer en las conclusiones parciales del capítulo para determinar con exactitud la propuesta de intervención a que estará sometida la estructura.

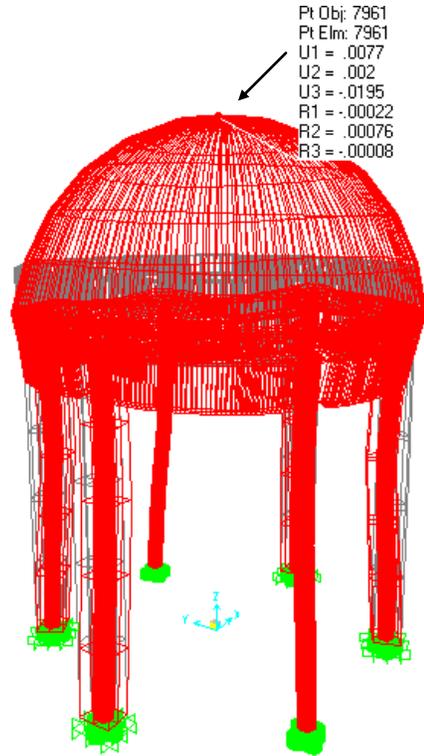
- Deformada del elemento a partir del estado de carga de peso propio.



Elemento no deformado

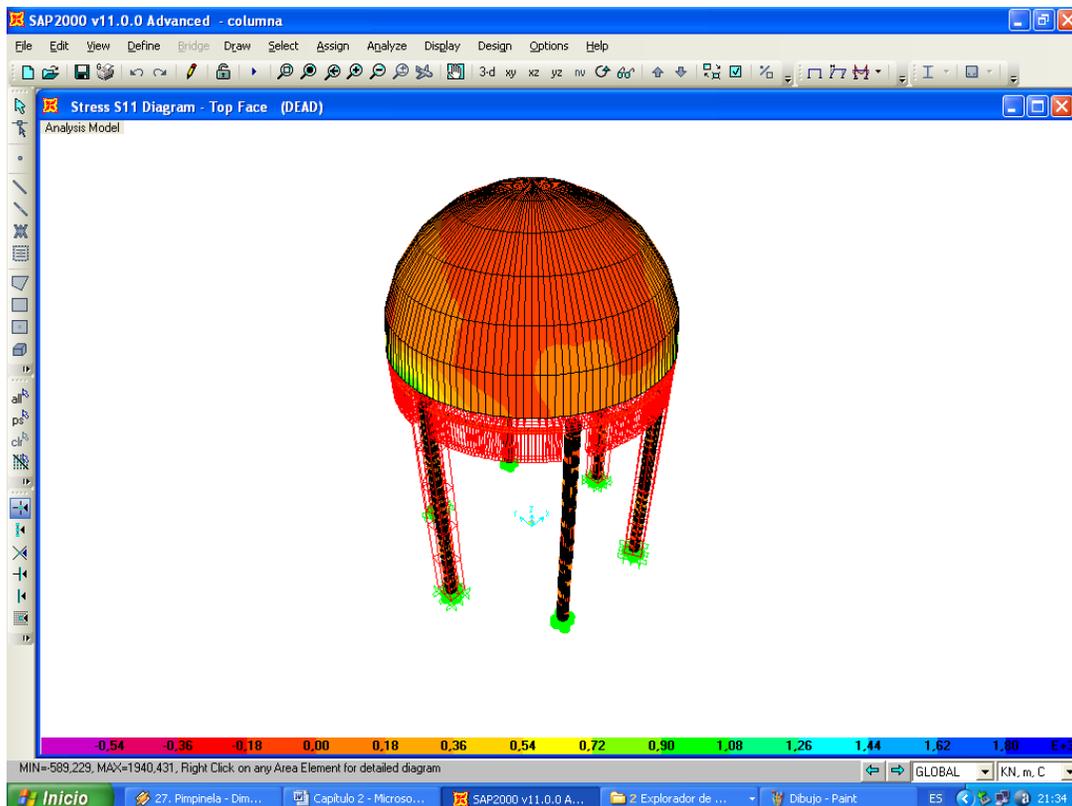


Elemento deformado

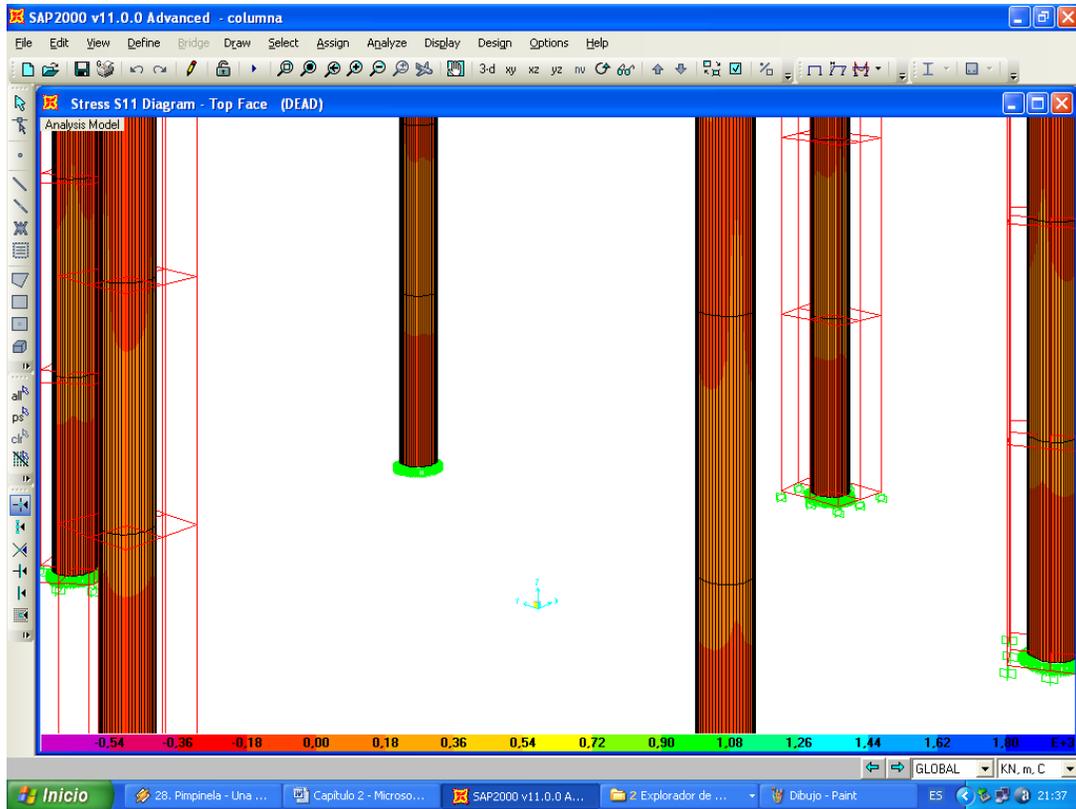


Muestra simultánea del elemento deformado y el no deformado (m).

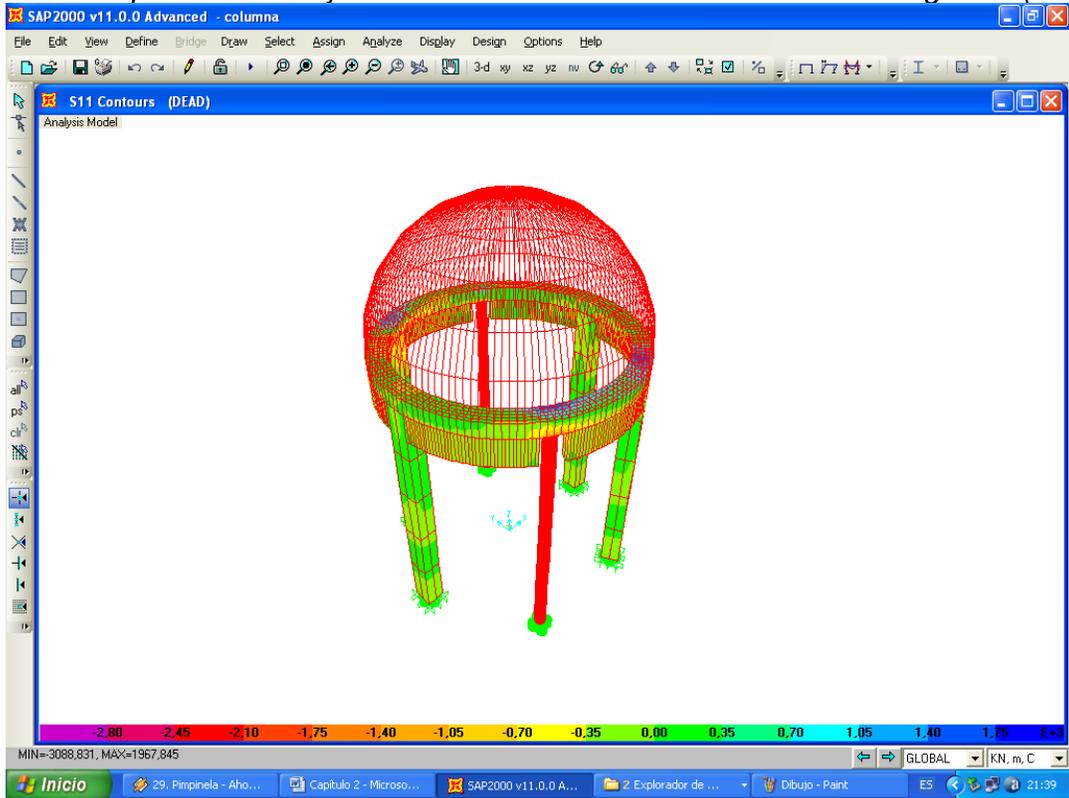
- Esfuerzo normal a partir del peso propio.



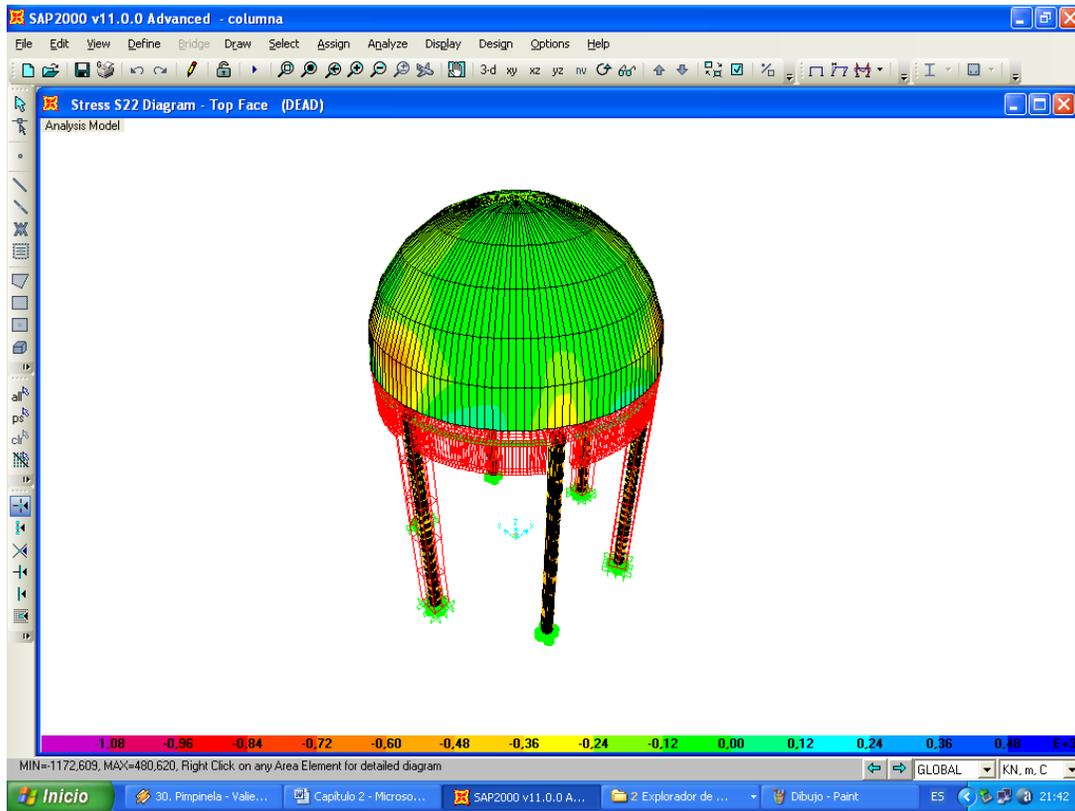
Tensión componente en el eje x de la cúpula de hormigón en (kPa)



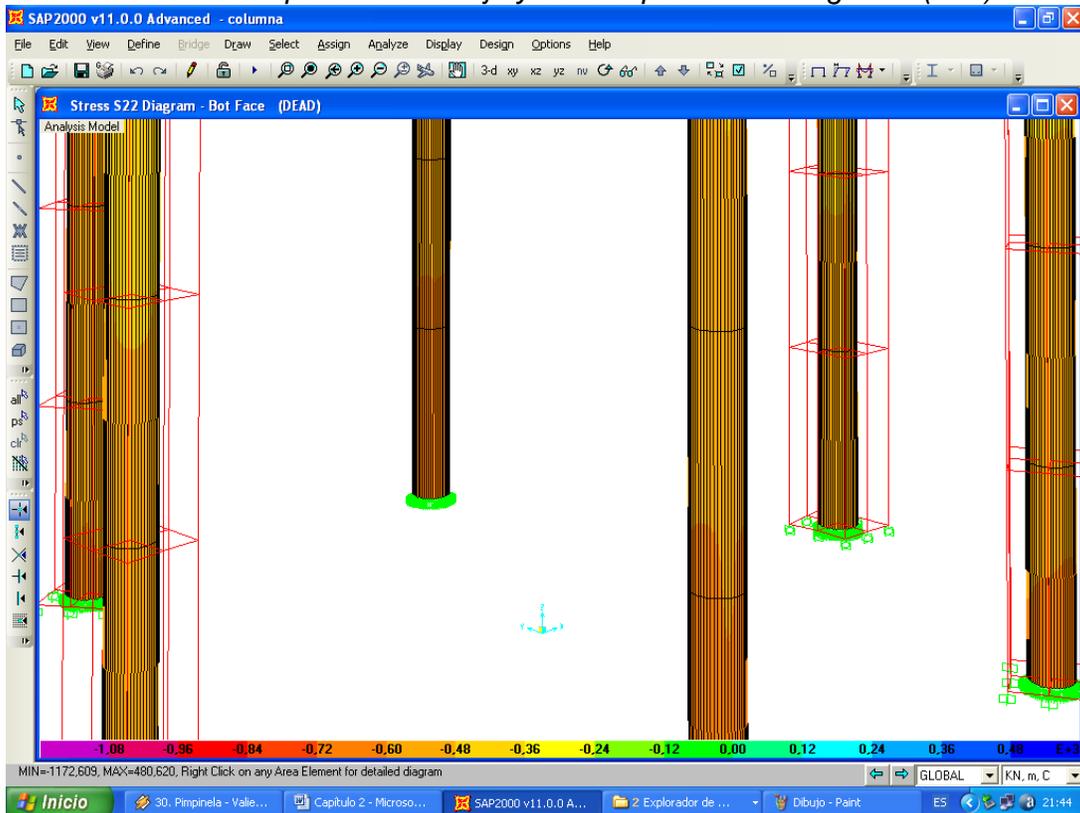
Tensión componente en el eje x del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



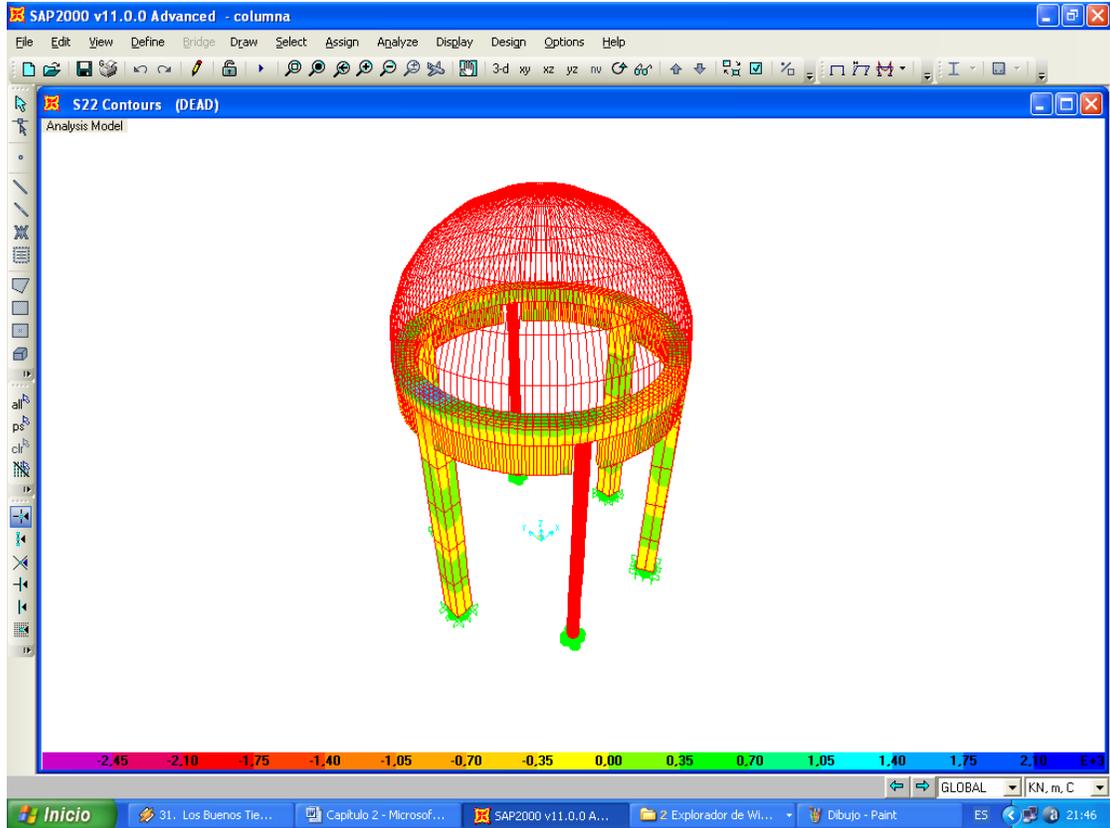
Tensión componente en el eje x de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



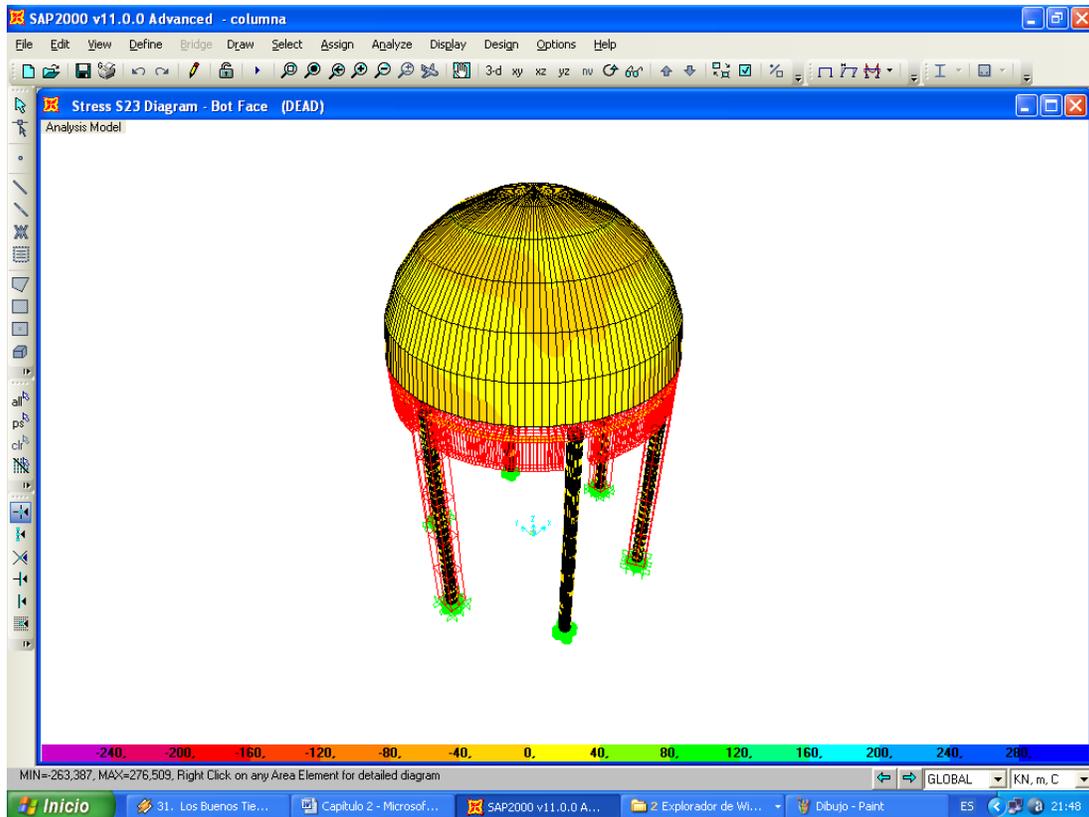
Tensión componente en el eje y de la cúpula de hormigón en (kPa)



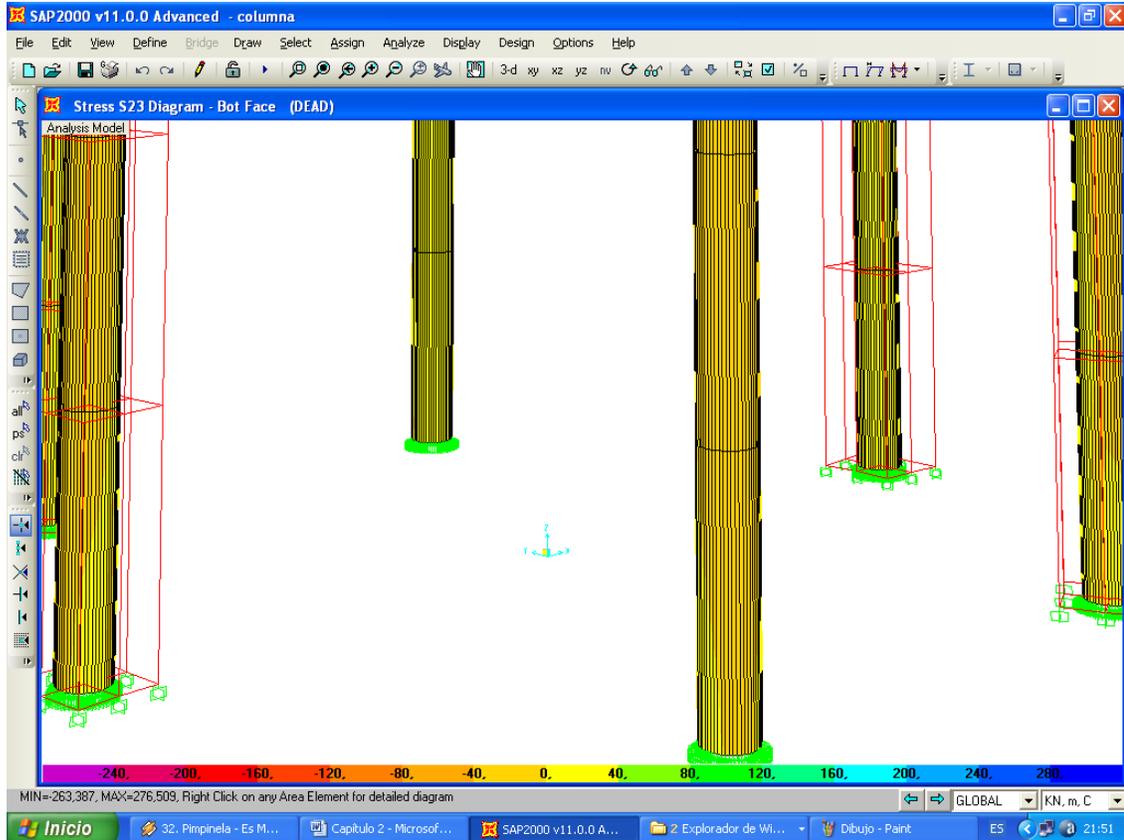
Tensión componente en el eje y del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



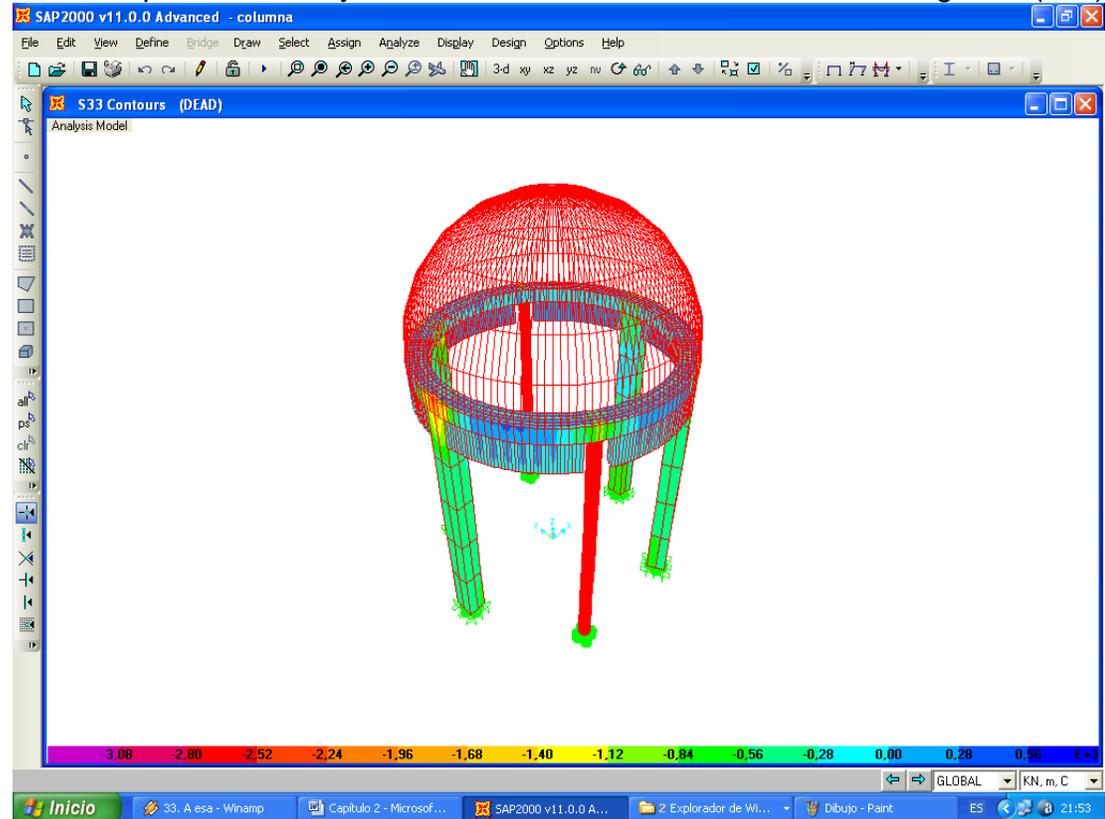
Tensión componente en el eje y de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



Tensión componente en el eje z de la cúpula de hormigón en (kPa)

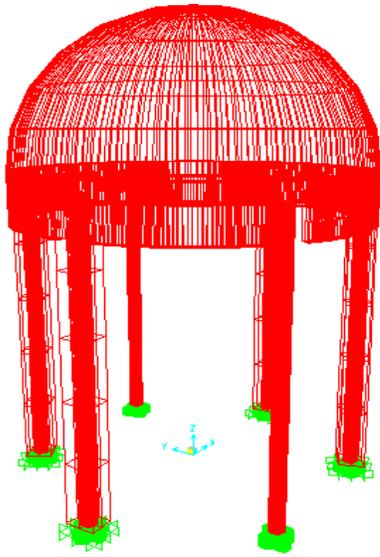


Tensión componente en el eje z del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)

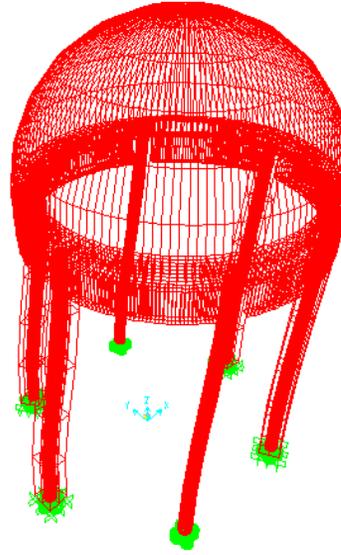


Tensión componente en el eje z de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)

- Deformada del elemento a partir de la combinación peso propio y viento extremo.

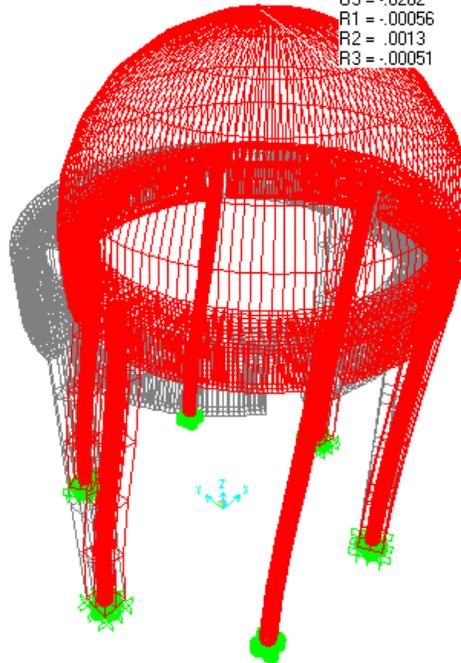


Elemento no deformado



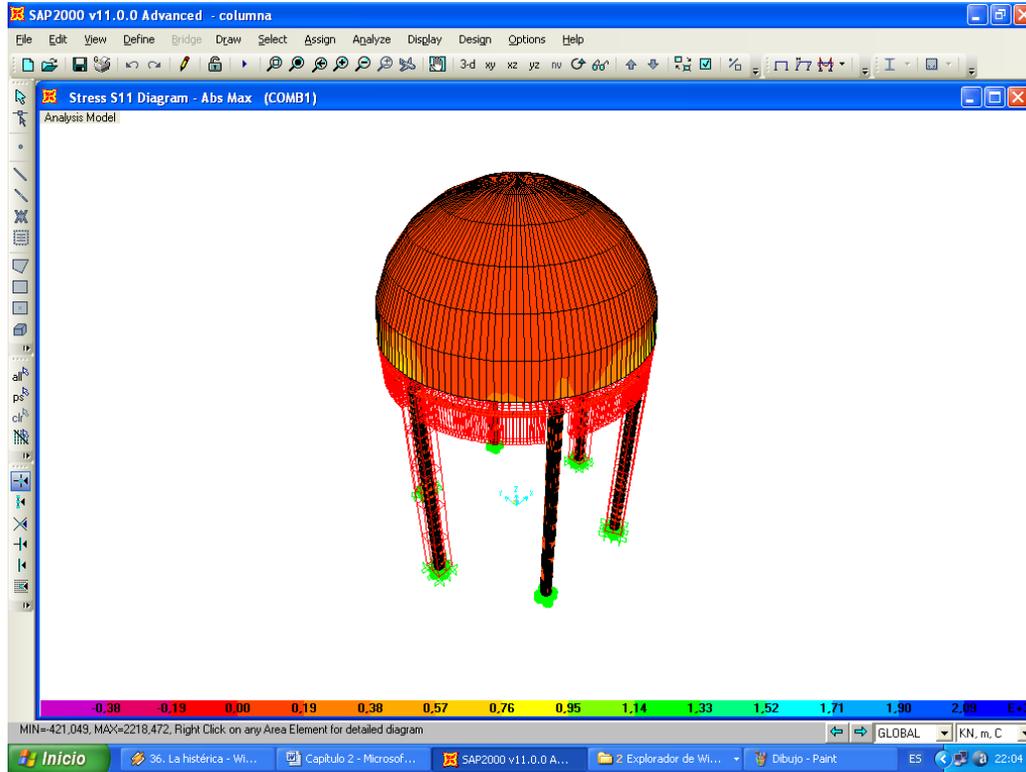
Elemento deformado

Pt Obj: 7900  
Pt Elm: 7900  
U1 = .0579  
U2 = -.0033  
U3 = -.0202  
R1 = -.00056  
R2 = .0013  
R3 = -.00051

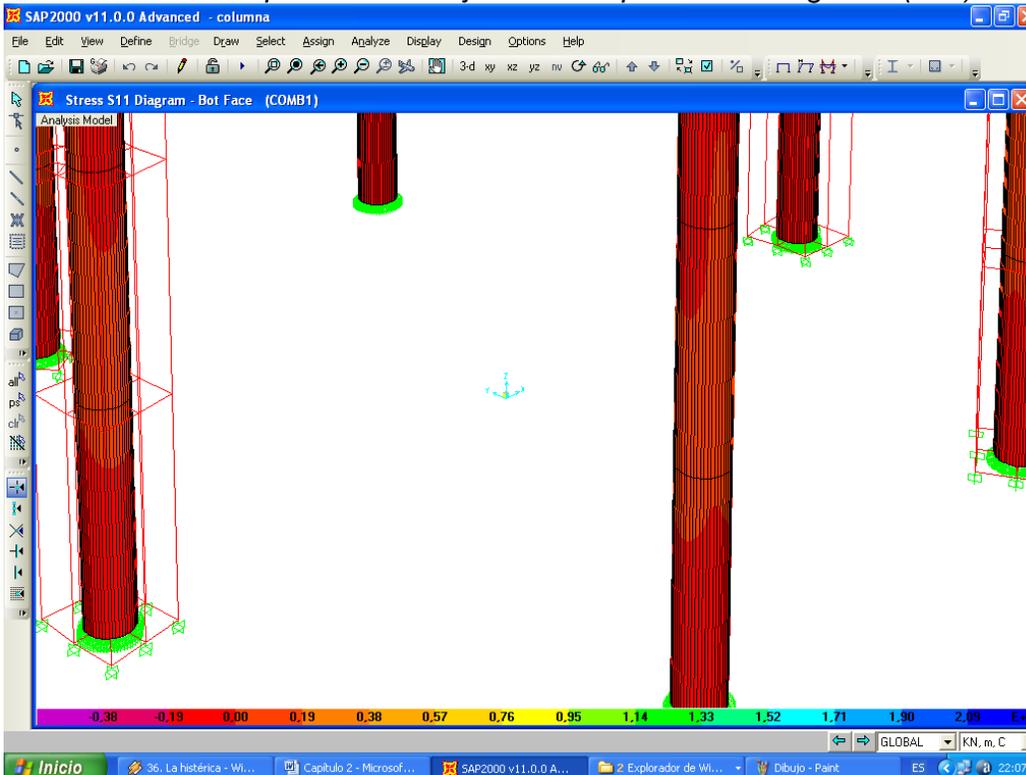


Muestra simultánea del elemento deformado y el no deformado (m)

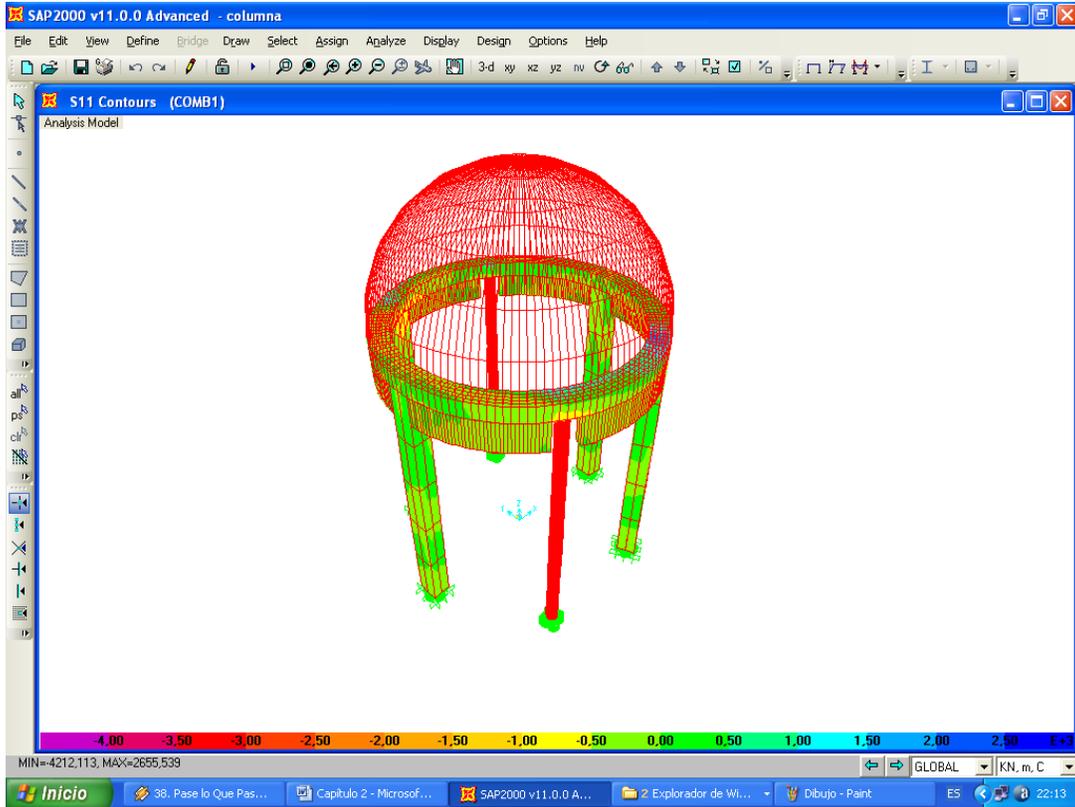
- Esfuerzo normal a partir de la combinación de peso propio y viento extremo.



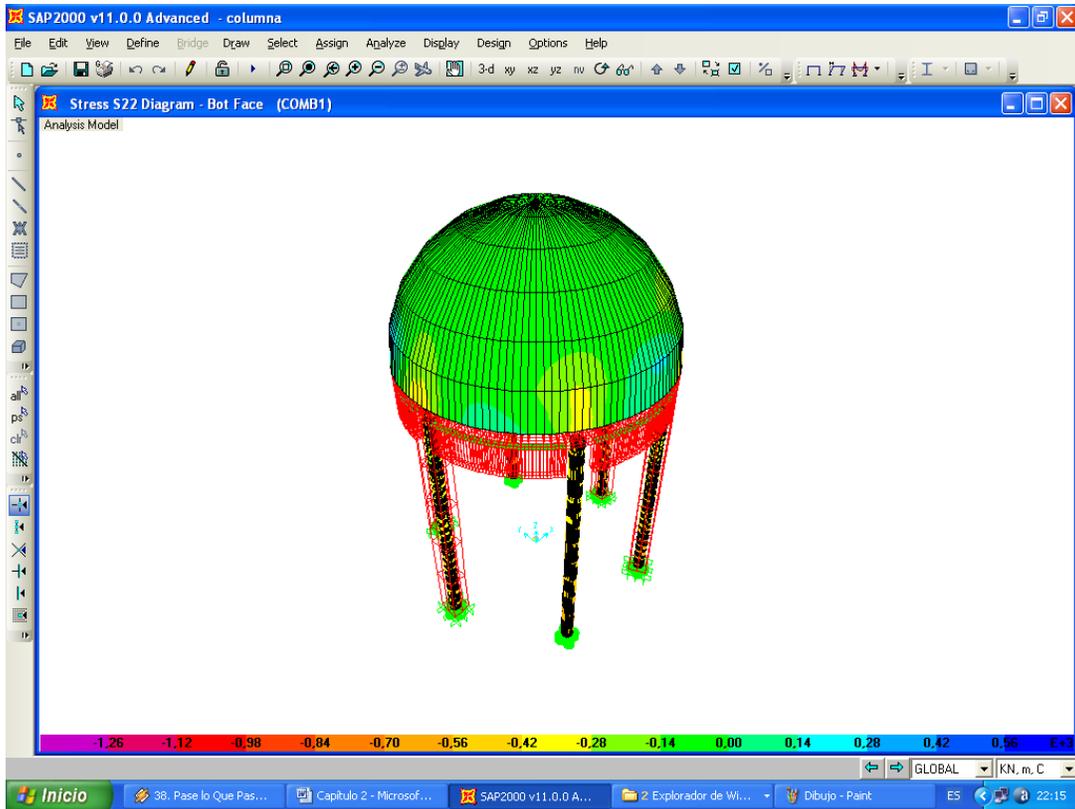
Tensión componente en el eje x de la cúpula de hormigón en (kPa)



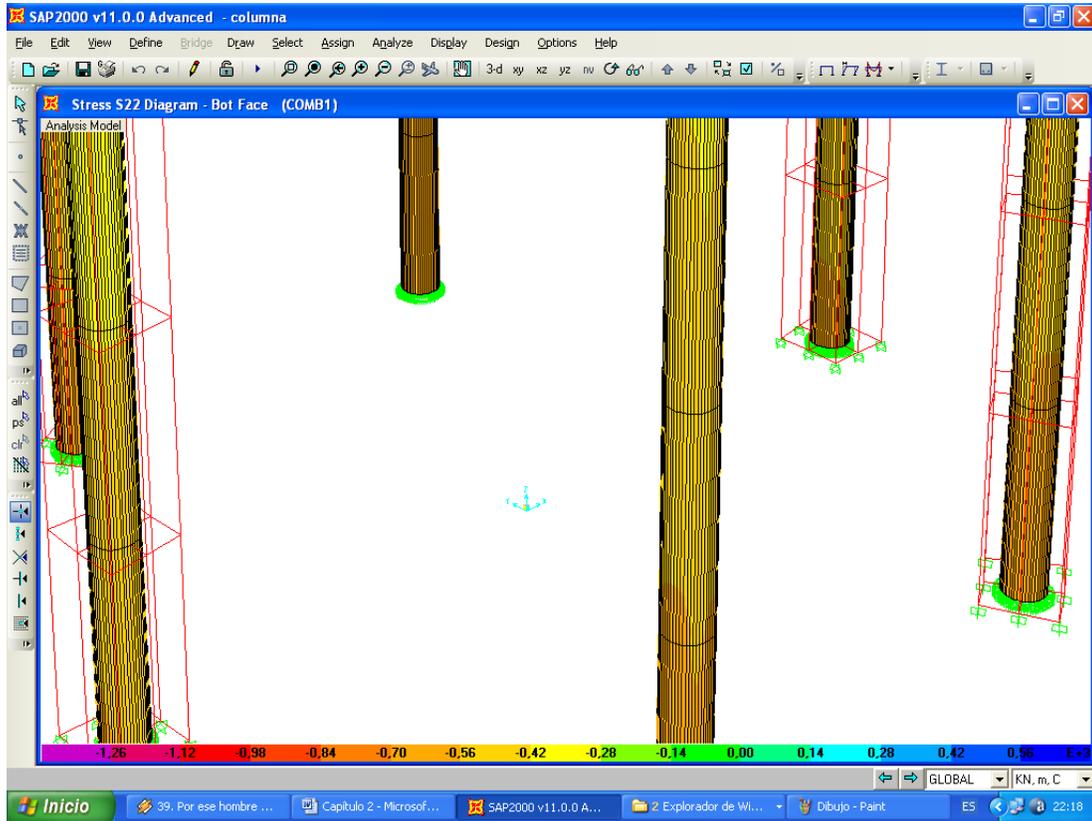
Tensión componente en el eje x del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



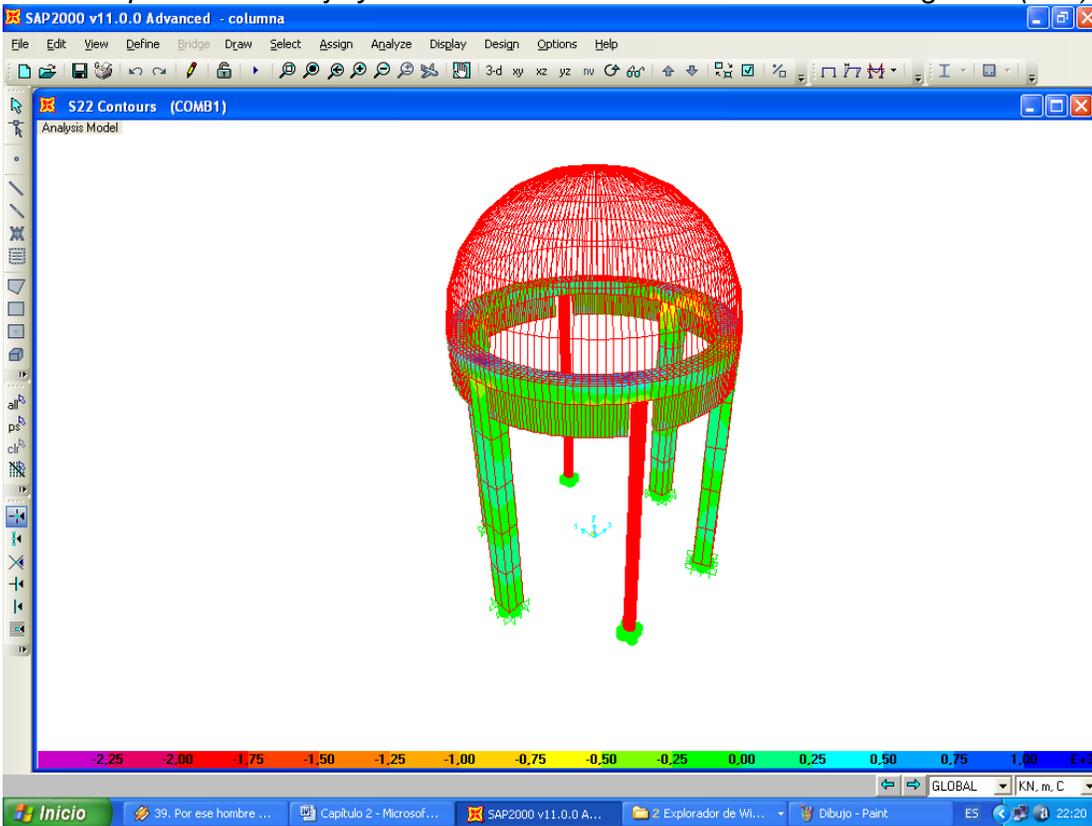
Tensión componente en el eje x de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



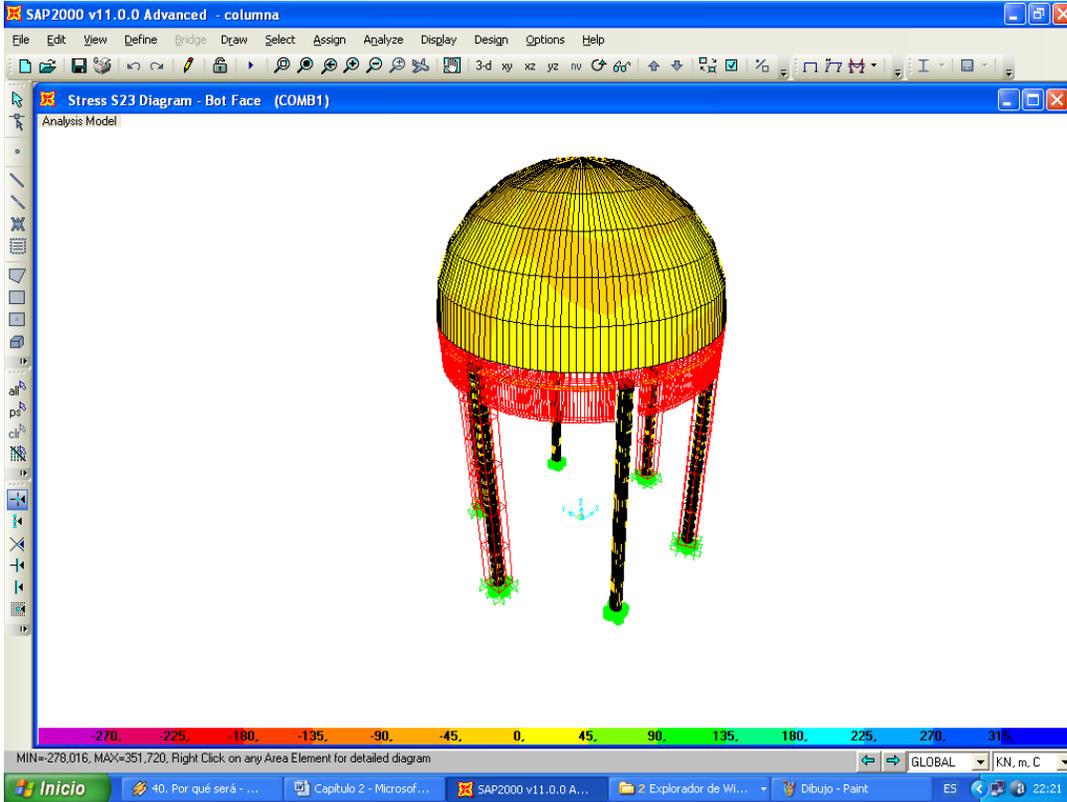
Tensión componente en el eje y de la cúpula de hormigón en (kPa)



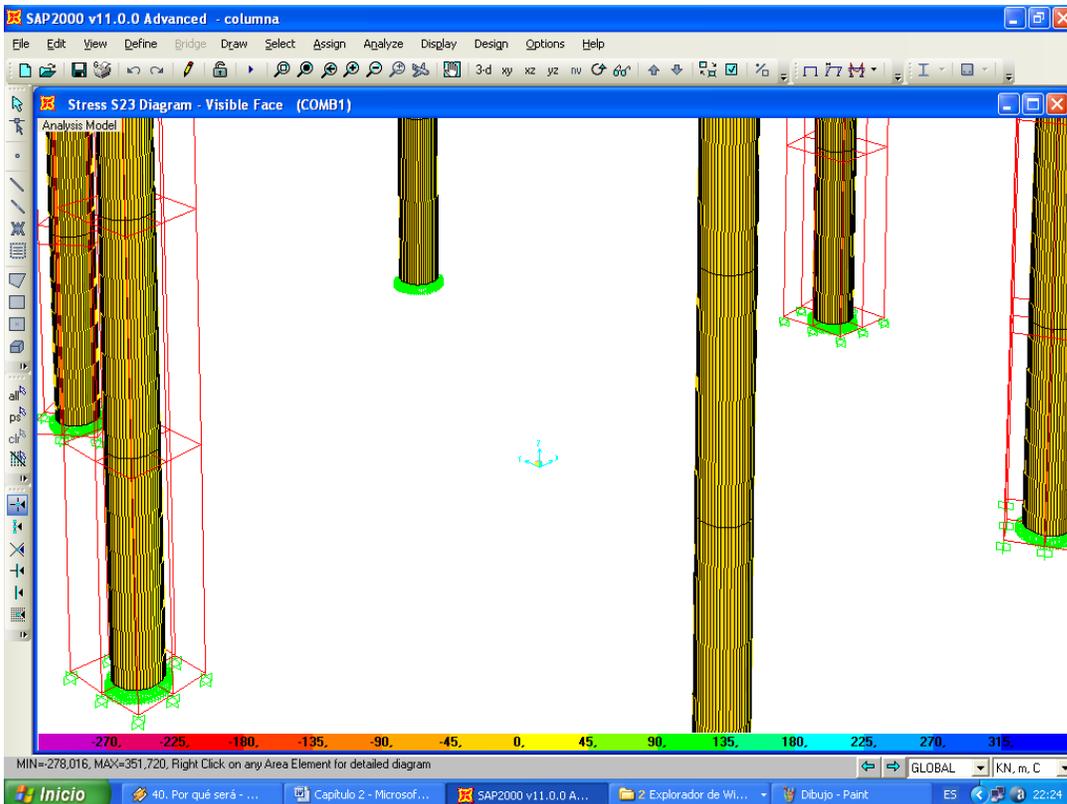
Tensión componente en el eje y del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



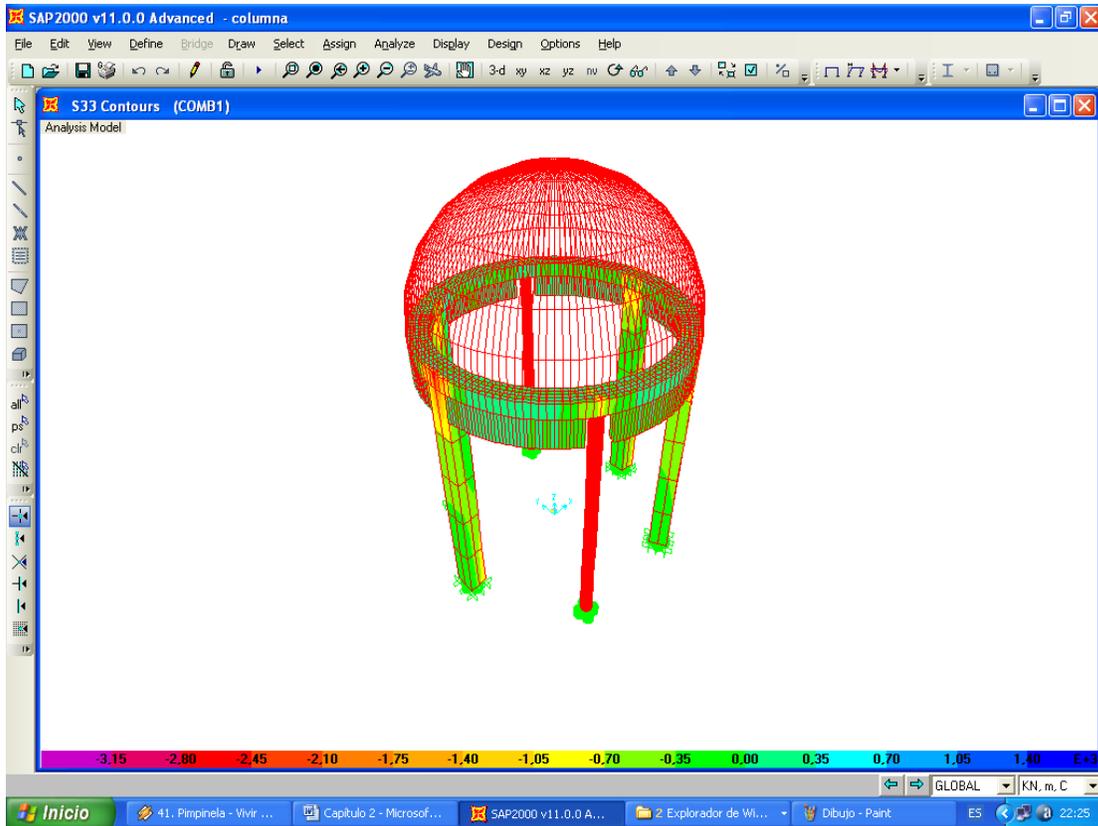
Tensión componente en el eje y de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)



Tensión componente en el eje z de la cúpula de hormigón en (kPa)



Tensión componente en el eje z del núcleo central de la columna de hormigón en (kPa)



Tensión componente en el eje z de las columnas exteriores y la viga perimetral en (kPa)

**Tabla resumen de las tensiones máximas de los distintos modelos**

Elemento	Estado de carga	Tensión máxima compresión ( kPa)-	Tensión máxima tracción ( kPa)+
Modelo 1	Dead	1247.585	1113.035
	Dead + viento extremo	1459.472	1211.903
	Dead	1024.426	882.64
Modelo 2	Dead + viento extremo	1768.711	1436.874

## **2.7 Conclusiones parciales del capítulo.**

A lo largo de este capítulo se trabajó en la modelación de la glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana, en el cual cada una de las particularidades asociadas a dicho modelo fueron expuestas durante el desarrollo del capítulo y han sido valoradas de acuerdo a los resultados que han obtenido del programa *SAP2000 v 11* donde podemos arribar a las siguientes conclusiones:

- Un potente software en el cual nos da la facilidad de trabajo a la hora de conformar los modelos y un ambiente cómodo de Windows y poderosa gama de herramientas de dibujo.
- El proceso de ajuste de los modelos propuestos toman nuevas aristas en este trabajo pues los aspectos tratados sobre ajuste del material y sobre la geometría del elemento finito contribuyen de forma muy favorable a lograr la simulación correcta del problema real.
- La utilización de dos tipos de modelos con distintas características para determinar cada uno de los estados tenso-deformacionales de cada modelo, lo cual nos permite determinar su comportamiento en cada una de las etapas a que será sometida la estructura.
- La utilidad que tiene el modelo2 en el cual fue simulado de acuerdo a los daños estructurales que presentan en la estructura y su función dentro de ella.
- Los estados de carga a los que fueron sometidas los modelos hicieron que su comportamiento sean los más críticos para lograr una seguridad lo más óptimo posible.

Los resultados de la concentración de tensiones cada uno de los modelos donde se hará un análisis bien detallado para determinar el origen de las afectaciones y sus posibles intervenciones donde serán expuestos en capítulos posteriores.

## ***Capítulo III: Estudio de la propuesta de intervención de la glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana, a partir de los análisis obtenidos.***

### **3.1 Introducción del capítulo.**

Los ricos valores históricos y patrimoniales de nuestro país se encuentran en franco proceso de deterioro, su preservación o rehabilitación constituye una meta importante en la conservación de de estas instalaciones que tienen tanto de nuestra historia y de nuestra cultura. Por lo tanto el mantenimiento y conservación de monumentos y sitios históricos y artísticos deben formar parte en los programas de desarrollo integral y planes de gobierno, tanto a nivel nacional como regional, estatal y municipal, de acuerdo a las características específicas locales; en tal forma que se contemplen los aspectos culturales de las comunidades en el contexto socio-económico de las mismas.

En este capítulo se expondrá a partir de los resultados obtenidos del programa **SAP2000 v 11** la propuesta de intervención de las diferentes afectaciones de la glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana donde se pretenden restaurar como parte de los trabajos de restauración de la instalación.

### **3.2 Análisis de los resultados de cada uno de los modelos.**

Analizando cada uno de los resultados de los modelos utilizados podemos de indicar una serie de aspectos importantes a tener en cuenta para lograr una estrategia de intervención acorde a cada una de las metas trazadas durante el desarrollo de este trabajo, los cuales podemos señalar a continuación.

#### Modelo 1

Este modelo es el más cercano posible al estado inicial de la estructura a partir de cada uno de los elementos estructurales que conforman al objeto de obra donde se pueden apreciar:

- Se corrobora la concentración de tensiones a tracción y compresión en algunas de las caras tanto interior como exterior de las columnas perimetral de mortero.
- La respuesta de la estructura a los estados de carga dando desplazamientos permisibles dentro de ella.
- La fuerza vertical a la que están sometidas los núcleos centrales de hormigón es de 34 kN por lo que no es una carga de magnitud que pueda afectar la estabilidad de estas columnas.
- Se refleja la importancia del la viga perimetral como elemento de cierre en la estructura al no presentar daños visibles pero esta asociada a concentraciones de tensiones a tracción en todo su perímetro.
- La cúpula de cierre no está sometida a grandes tensiones tanto de tracción como de compresión por lo que tampoco presentan daños que puedan comprometer la estructura.
- Podemos definir que el modelo utilizado esta sometido a grandes tensiones fundamentalmente en las columnas perimetrales donde en el futuro en lugares donde existan estas concentraciones aparezcan grietas asociadas a estos esfuerzos y teniendo en cuenta el medio agresivo donde se encuentra la estructura estas grietas ayuden a la corrosión del acero y produzca un fallo en cadena de estas columnas.

### Modelo 2

En este modelo se quiso simular un comportamiento el más desfavorable posible ya que se le redujo la rigidez de las columnas para poder obtener resultados los más seguros posibles e intervenir de acuerdo a cada una de las columnas perimetrales que presentan daños en dependencia de los resultados obtenidos en el modelo.

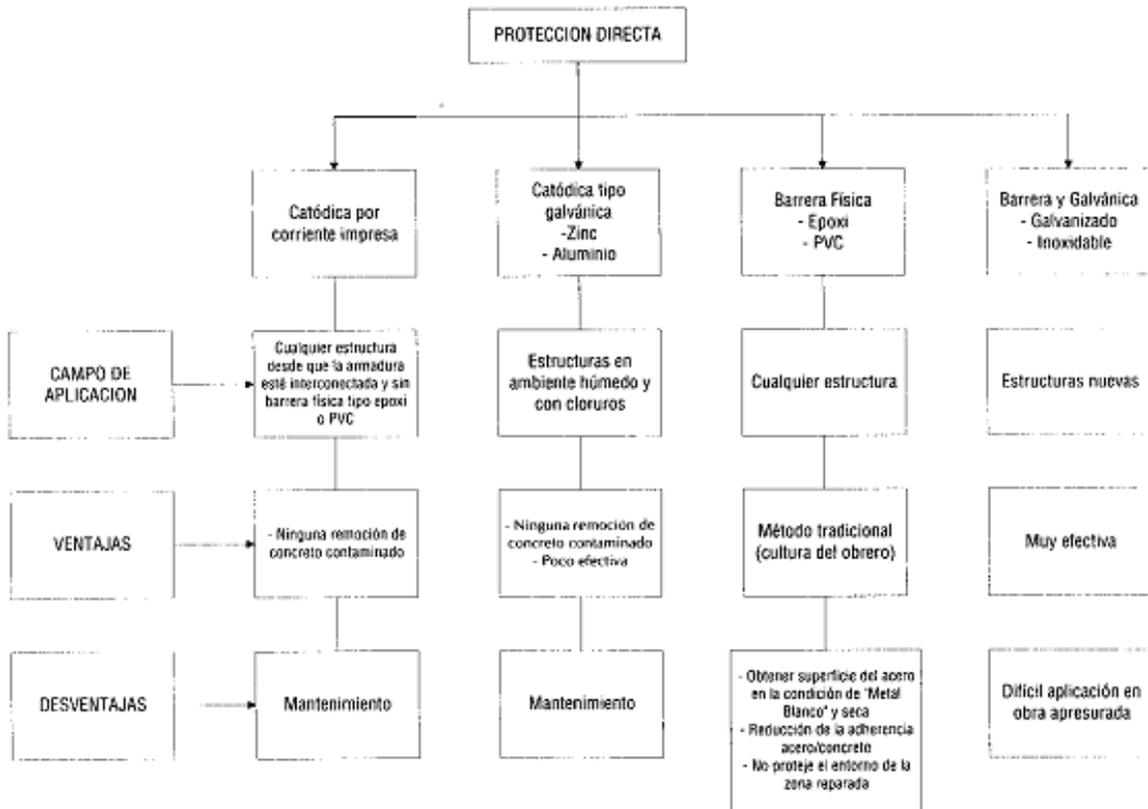
- Mayor distribución de tensiones a tracción y compresión de cada una de las caras exteriores e interiores de las columnas perimetrales de mortero que conforman el modelo utilizado por lo que existen grietas que pueden

- estar asociados a estos esfuerzos y a partir de esto la corrosión del acero por la concentración de sales del medio a que está sometida la estructura.
- Al tener menor rigidez el modelo y estar sometida a los mismos sistemas de carga que el modelo anterior aparece un incremento de los desplazamientos de la estructura pero no esta sujeto a daños presentados en el objeto de obra.
  - Existe un aumento de la fuerza vertical en 37 kN en aquellas columnas que conforman el núcleo central de hormigón sin la presencia de las columnas perimetrales de mortero, por lo que tampoco es un valor a considerar a partir del material utilizado, que comprometa la estabilidad de las mismas o puedan fallar por pandeo.
  - La viga perimetral también juega una función principal en este modelo ya que esta como la cúpula de cierre no se le redujo la rigidez porque no presentan grandes daños por lo que su comportamiento es similar al modelo 1 con concentraciones de tensiones a tracción, por lo que puedan presentar grietas asociadas a este fenómeno y a partir de las altas concentraciones de sales del medio sea un factor desencadenante en la corrosión del acero. .
  - Podemos definir que este modelo es mas desfavorable ya que tanto como los desplazamientos como la concentración de tensiones son mayores por lo que hay que tener una buena elección con la estrategia de trabajo a seguir para intervenir en los lugares más afectados posibles ya que fue el objetivo fundamental de este modelo reducir la capacidad resistente de los lugares mas dañados para poder simular un comportamiento el mas seguro posible. .

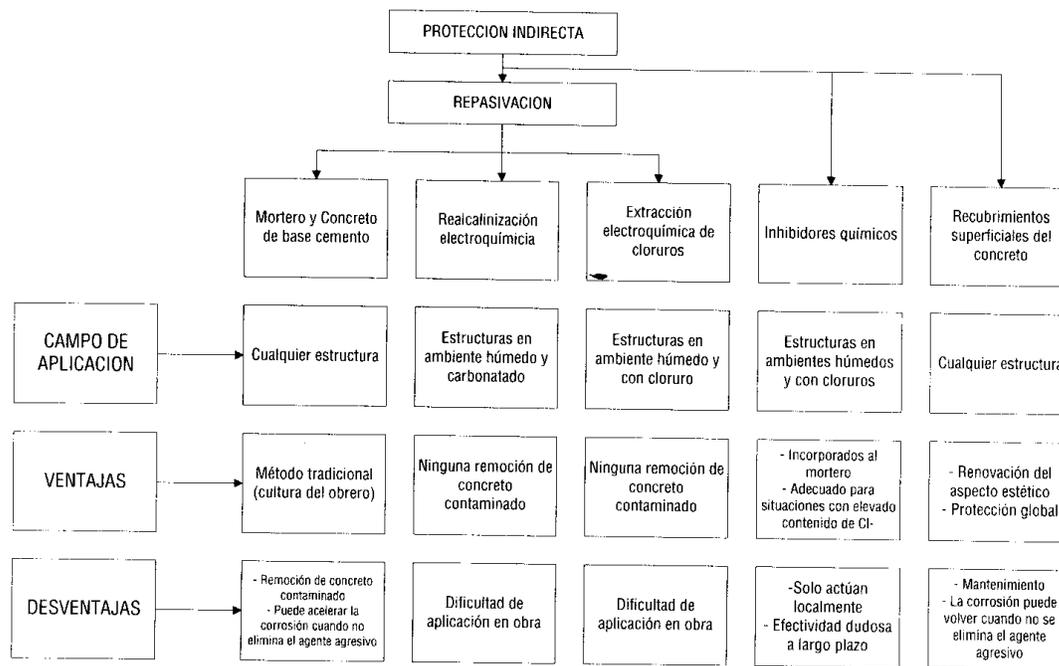
### **3.3 Alternativas de reparación y protección en estructuras de concreto dañadas por corrosión del acero de refuerzo.**

En la construcción existen varios métodos de protección en aquellas estructuras que están dañadas a causa de la corrosión del acero, a continuación se presenta un diagrama esquemático de alternativas de intervención, por razones

didácticas estas alternativas son denominadas de protección directa del acero de refuerzo pues están basadas en soluciones que son aplicadas o se relacionan directamente a las armaduras, o mejor, a la protección directa del acero de refuerzo.(Helene 1997)



Finalmente a continuación se presentan las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas posibles a ser utilizados en la solución de problemas de corrosión del acero de refuerzo en las estructuras de concreto, basados en la alteración de las características del concreto para recubrimiento de ese acero de refuerzo. Por esa razón son llamadas didácticamente método de protección indirecta del acero de refuerzo, una vez que son aplicables o se refieren a modificaciones del concreto de recubrimiento o del mortero de reparación (Helene 1997 ).



➤ Secuencia completa de una reparación.

- 1- Delimitación de la región de reparación con cortadora de disco.
- 2- Replicado de las superficie y remoción del concreto deteriorado.
- 3- Limpieza de la superficie sana del concreto y del acero de refuerzo en la región de la reparación utilizando equipo de chorro de arena (*sand blasting*).
- 4- Aplicación del primer rico en zinc, sobre el acero de refuerzo de la zona a reparar.
- 5- Saturación de la superficie con agua.
- 6- Aplicación del conector (puente) de adherencia al concreto, constituido por adhesivo de base acrílica.
- 7- Aplicación del mortero polimérico de base cemento (de baja contracción).
- 8- Acondicionamiento del mortero polimérico de base cemento (de baja contracción) para la restauración de la pieza.
- 9- Terminación de la reparación ejecutada.
- 10- Aplicación de la membrana de curado, constituida por adhesivo de base acrílica.
- 11- Reparación concluida.

### **3.4 Estrategia de intervención y reparación de la glorieta del restaurante 1830 de La Habana.**

De forma general para acometer los trabajos de intervención y restauración, una vez valorados los resultados del estudio de las lesiones, patologías encontradas y modelación estructural, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- + Apuntalamiento provisional de las columnas de mármol en lugares donde estén afectadas o fracturadas.
- + Quitar los elementos decorativos de las columnas.
- + Saneado de las partes deterioradas del concreto estructural en lugares donde estén dañadas, retirando las zonas donde aparezcan manchas de oxido, concreto hueco o mal adherido, figurado, degradado y con presencia de sales. En general, la zona que se vaya a intervenir para rehabilitar por daños evidentemente tangibles debe extenderse 100 o 150 mm en cada dirección, de modo de no dejar de tratar zonas de transición que pueden presentar corrosión media.
- + Liberar de hormigón a los refuerzos en todo su alrededor (mínimo 2.5 cm) con medios mecánicos o manuales en lugares donde estén afectadas.
- + Limpiar de oxido y suciedades a los refuerzos con los medios que se disponga (arenado-sand-blasting-, cepillado, etc.)
- + Protección de los aceros con sustancias anticorrosivas
- + Restablecer las dimensiones de cada uno de los elementos dañados.
- + Aplicar una protección secundaria superficial que impida la penetración de agentes externos agresivos.
- + Revestimiento con losas cerámicas las columnas perimetrales de mortero.

Para llevar a cabo el proceso de reparación y restauración de los elementos que forman el objeto de obra en cuestión, se realizan diferentes actividades según el siguiente orden:

**1- Apuntalamiento provisional de las columnas de mármol en lugares donde estén afectadas.**

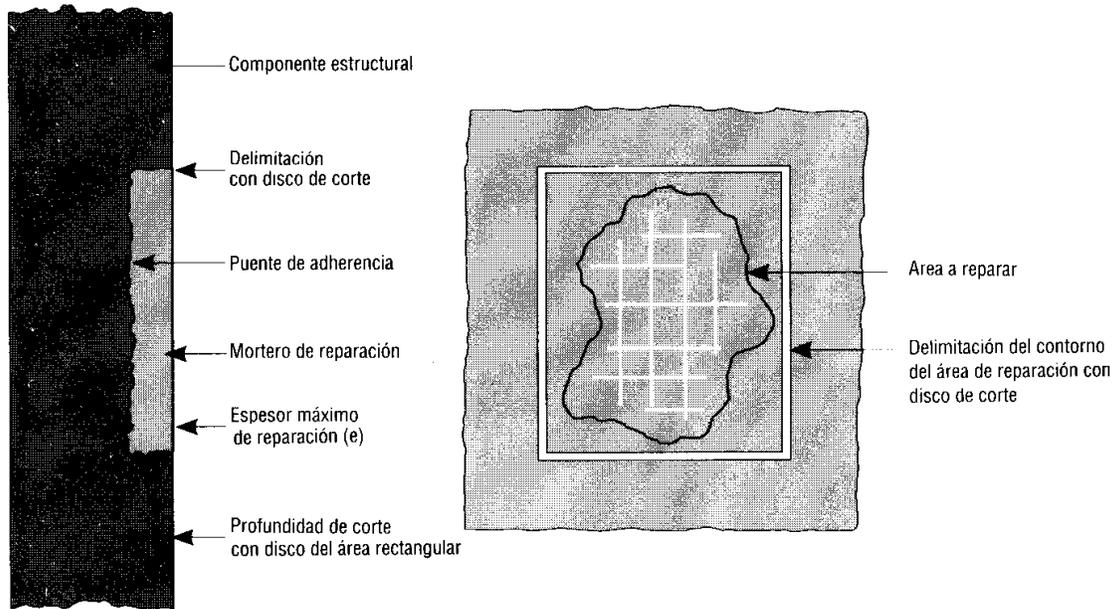
Una de las primeras actividades a realizar es el apuntalamiento provisional de las columnas de mármol que estén dañadas o estén en peligro de derrumbe para su restablecimiento de inmediato.

**2- Quitar los elementos decorativos de las columnas.**

Como primer paso es necesario quitar todos los elementos decorativos de las columnas, en caso que se encuentren deteriorados o no exista es imprescindible reproducir estos elementos que están en déficit. Estos elementos deben ser almacenados y colocados en un lugar seguro para su posterior colocación.

**3- Saneado de las partes deterioradas.**

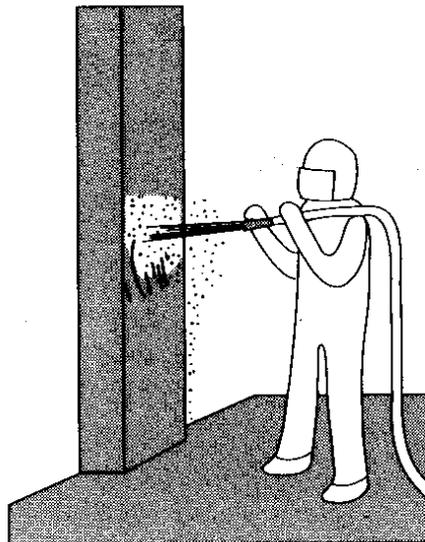
Se saneará las superficies afectadas, se realizará diagonal o chanfleado con el objetivo de garantizar adherencia mecánica en el proceso de restauración. Para lograr tal objetivo se debe emplear medios mecanizados como pequeños discos de corte, trabajo que se conjugará con operaciones manuales para lograr que al final se logre una superficie adecuada.



Para este trabajo requiere el uso de mano de obra especializada y accesorios adecuados, se requiere cuidados con relación al control del espesor de corte para no dañar estribos o anillos ni acero de refuerzo.

#### 4- Limpiar de oxido y suciedades a los refuerzos.

Primeramente mediante el empleo medios mecánicos o manuales se librará de restos de hormigón a los refuerzos en todo su alrededor y posteriormente se eliminará toda presencia de oxido y suciedades. La limpieza de superficies se realizara con chorro de agua a alta presión y la limpieza de las armaduras se realizara mediante chorro de arena o medios que se dispongan.



En el caso de chorros de agua, el agua proveniente de un tanque o de la red pública debe ser sometida a presión por una bomba y conducida a un adaptador por una manguera de alta presión.

También en el caso de los chorros de arena la arena utilizada debe ser lavada sin contener materia orgánica y tiene que estar seca en el momento de la utilización (la arena usada en los trabajos no es reutilizable).

#### **5- Protección de los aceros con sustancias anticorrosivas.**

Limpiar toda el área con agua a presión moderada y cepillo de nylon.

Las barras deben ser pasivadas para evitar la corrosión, mezclar bien el producto hasta obtener homogeneidad, por lo que se procede a aplicar *primer rico en zinc* en la superficie del acero de refuerzo, y esperar el secado durante 30 mn. Posteriormente aplicar el conector (puente) de adherencia, adhesivo epóxico (de baja viscosidad) en la superficie del concreto para formar una barrera en relación a concreto contaminado, y al mismo tiempo formar un conector (puente) de adherencia.

#### **6- Restablecer las dimensiones de cada uno de los elementos dañados.**

Se recomienda restablecer cada una de las dimensiones de los elementos dañados fundamentalmente las columnas perimetrales de mortero por lo que para la fundición de las columnas se propone ejecutar el encofrado y vertido de mortero por tramos para lograr facilidad en el vibrado o compactación del mortero dentro del encofrado.

#### **7- Aplicar una protección secundaria superficial que impida la penetración de agentes externos agresivos.**

Es una capa final que protege al elemento de los agentes nocivos externos (cloruros, carbonatación, humedades, etc.). Protección general para toda la superficie tanto interior como exterior de la estructura y que también cubre a los

elementos de hormigón armado. Se propone emplear el SikaColor C que es un recubrimiento impermeable de un componente con base en resinas acrílicas impermeables, desarrollado especialmente para proteger el concreto, mortero, fibro-cemento y ladrillo de los agentes más agresivos de la contaminación del medio ambiente como son dióxido de carbono, dióxido de azufre y otros, los cuales al combinarse con el agua (lluvia, de condensación, de lavado) reaccionan con los constituyentes alcalinos del cemento (hidróxido de calcio, cal y álcalis) formando carbonatos cálcicos y alcalinos, agua y sustancias ácidas que causan los fenómenos de carbonatación y disgregación. Para superficies exteriores de concreto, mortero, fibrocemento y ladrillo en ambientes agresivos urbanos, industriales y marinos. Como acabado arquitectónico. Impermeabilizante de fachadas y culatas de edificaciones.

La superficie debe estar preferiblemente seca y limpia (libre de grasa, polvo, lechada de cemento u otras materias extrañas). El estuco debe tener una edad mínima de 5 días de aplicación antes de recubrirlo con *SikaColor C*. Las superficies con pinturas en buen estado, deben ser lijadas y lavadas. Las pinturas en mal estado deben ser retiradas completamente antes de aplicar el *SikaColor C*.

#### **8- Revestimiento con losas cerámicas las columnas perimetrales de mortero.**

Finalmente se colocaran cada uno de los elementos decorativos de la estructura especialmente el enchapado con losas cerámicas de cada una de las columnas perimetrales.

### **3.5 Conclusiones parciales del capítulo.**

A partir de los análisis obtenidos y de los datos recopilados de los modelos utilizados a lo largo de este capítulo se hizo la propuesta de intervención de la glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana donde se arribó a las siguientes conclusiones.

- Las principales afectaciones y agrietamiento de los elementos estructurales está provocado por la corrosión del acero no observándose grietas estructurales de consideración que puedan afectar la estructura.
- En general se puede concluir que la estructura no presenta riesgos con respecto a la falla pero las grandes afectaciones que tiene producto a la corrosión del acero de no intervenir a tiempo puede comprometer la capacidad resistente de la estructura.
- Garantizar la calidad constructiva de la glorieta a partir de una buena mano de obra especializada.
- Disponer de cada uno de los materiales necesarios para una correcta reparación.

A lo largo de este trabajo se ha realizado todo un proceso de intervención a la glorieta de los jardines del restaurante 1830 de La Habana, donde partiendo de un análisis conceptual se llegó a definir un procedimiento de trabajo el cual se recoge en la Metodología para el diagnóstico patológico de edificaciones de carácter patrimonial.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores se definió, realizar un estudio detallado donde se hace necesario combinar técnicas de modelación, para lograr una convergencia entre el comportamiento de la estructura real y la modelación numérica se utilizó el Método de los Elementos Finitos, que constituye una herramienta fundamental de trabajo para el diagnóstico de lesiones. Por todo lo antes expuesto se arribó a las siguientes conclusiones.

- ✓ Se ha puntualizado en cada uno de los aspectos necesarios para realizar un satisfactorio proceso de intervención tanto en obras públicas como de carácter patrimonial.
- ✓ El uso de modelos avanzados de la modelación que permiten un estudio detallado del origen de las lesiones y posibles desarrollos.
- ✓ Un potente software en el cual nos da la facilidad de trabajo a la hora de conformar los modelos y un ambiente cómodo de Windows y poderosa gama de herramientas de dibujo.
- ✓ El proceso de ajuste de los modelos propuestos toman nuevas aristas en este trabajo pues los aspectos tratados sobre ajuste del material y sobre la geometría del elemento finito contribuyen de forma muy favorable a lograr la simulación correcta del problema real.
- ✓ La utilización de dos tipos de modelos con distintas características para determinar cada uno de los estados tenso-deformacionales de cada modelo, lo cual nos permite determinar su comportamiento en cada una de las etapas a que será sometida la estructura.

- ✓ La utilidad que tiene el modelo2 en el cual fue simulado de acuerdo a los daños estructurales que presentan en la estructura y su función dentro de ella.
- ✓ Los estados de carga a los que fueron sometidas los modelos hicieron que su comportamiento sean los más críticos para lograr una seguridad lo más óptimo posible.
- ✓ Las principales afectaciones y agrietamiento de los elementos estructurales está provocado por la corrosión del acero no observándose grietas estructurales de consideración que puedan afectar la estructura.
- ✓ En general se puede concluir que la estructura no presenta riesgos con respecto a la falla pero las grandes afectaciones que tiene producto a la corrosión del acero de no intervenir a tiempo puede comprometer la capacidad resistente de la estructura.
- ✓ Garantizar la calidad constructiva de la glorieta a partir de una buena mano de obra especializada.
- ✓ Disponer de cada uno de los materiales necesarios para una correcta reparación.

## **Recomendaciones**

A partir de las conclusiones finales del trabajo y de la experiencia adquirida durante el desarrollo del mismo se recomienda.

1. Profundizar en el estudio y empleo del software profesional *SAP2000 v 11*, por su factibilidad y rapidez operacional en el cálculo de modelos de estructuras.
2. La construcción de modelos que permitan simular el comportamiento real de la estructura.
3. Ampliar en el conocimiento de obras de este índole para rescatar su patrimonio y así su conservación y mantenimiento.
4. Una buena mano de obra especializada capaz de seguir los procedimientos adecuados para intervenir en obras de carácter patrimonial.
5. Garantizar una óptima calidad en los trabajos de reparación.

## Bibliografía

(C.E.B.), C. E.-I. D. H. (Agosto 1983). "Assessment of Concrete Structures and Design."

(GEHO), G. E. D. H. (1973. ). "Deterioro, conservación y reparación de estructuras."

Andrés, S. H. (2002). "Los retos de la conservación del patrimonio edificado en el siglo XXI."

Broche. (2002). "Modelación del Instituto Superior de Arte (ISA). ."

Broche. (2005). "Modelación de la Cúpula del Hostal "Palacio Azul."  
."

Bueno, A. d. R. (1987). "Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación."

BUENO., A. D. R. (Septiembre 1987). "Aportaciones al Refuerzo de Estructuras de Hormigón Armado de Edificación."

Carta. (1978). "Symposium Interamericano de Conservación y Restauración del Patrimonio Artístico."

Helene, D. I. P. R. d. L. (1997). " Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto."

Izquierdo. (1995). "Modelación del Palacio de Nuevo Baztán. ."

J.A. VIEITEZ CHAMOSA, J. L. R. O. (Octubre 1984). "Patología de la Construcción en España: Aproximación Estadística."

JOHNSON, S. M. (1973.). "Deterioro, conservación y reparación de estructuras."  
Masy, M. C. d. (1993). ". Conservación y restauración de monumentos. ."

Muños. (2003). "Modelación de la Catedral de la Ciudad de México."

Quevedo, G. (2002). "Aplicación de los estados límites y la teoría de seguridad en el diseño geotécnico en Cuba."

Recarey. (2002). "Modelación del Palacio de los Capitanes Generales."

[www.cupulasdebuenosaires.com](http://www.cupulasdebuenosaires.com)

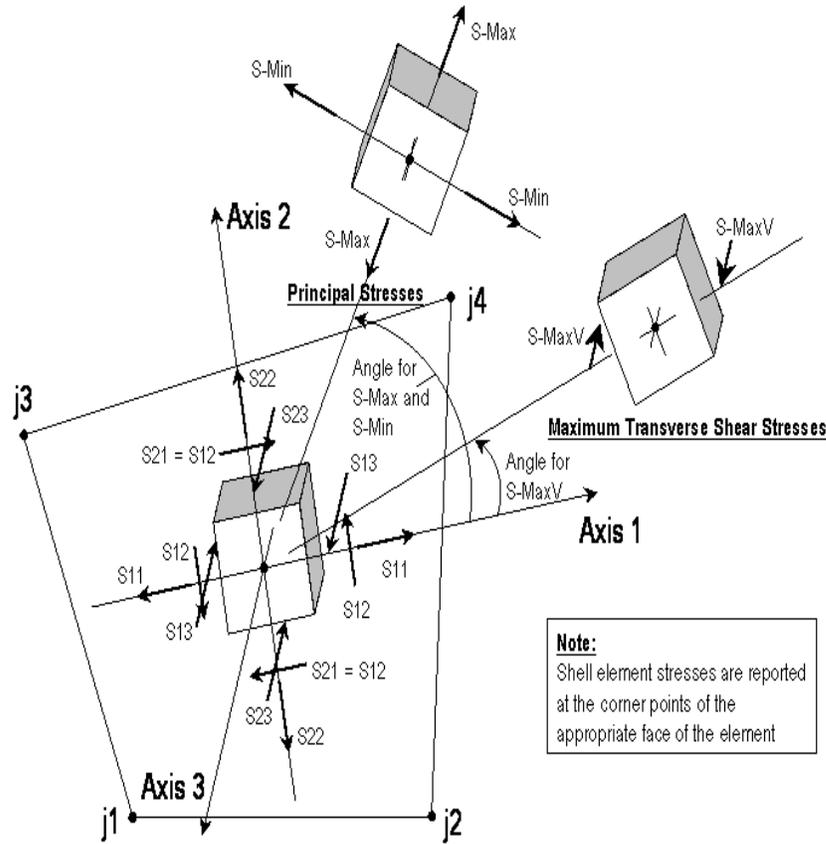
[www.articulosinformativos.com/Quioscos-a862364.html](http://www.articulosinformativos.com/Quioscos-a862364.html))

**Anexo1:** Tabla de predimensionamiento de cúpulas W

TABLA DE DIMENSIONES EN METROS											
DIAMETRO (A)	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1.00	0.80	0.45	0.30	0.20	0.50	0.50	0.20	0.20	0.17	0.40	1.85
1.00	0.80	0.50	0.40	0.15	0.65	0.40	0.23	0.20	0.17	0.45	2.08
1.30	1.00	0.55	0.40	0.25	0.75	0.45	0.28	0.25	0.20	0.55	2.50
1.30	1.22	0.60	0.45	0.42	0.90	0.60	0.33	0.30	0.25	0.65	2.95
1.50	1.50	0.60	0.45	0.70	1.00	0.65	0.35	0.35	0.25	0.70	3.40
1.50	1.50	0.55	0.50	0.65	1.15	0.65	0.40	0.45	0.30	0.80	3.70

**Anexo 2:** Convención de esfuerzos según el programa **SAP2000 v 11**

The figure below illustrates the positive directions for shell element internal stresses S11, S22, S12, S13 and S23. Also shown are the positive directions for the principal stresses, S-Max and S-Min, and the positive directions for the maximum transverse shear stresses, S-Max-V.



For values of S13 and S23 at any angle, the maximum transverse shear stress, S-MaxV, can be calculated from:

**Anexo 3:** Tabla de los resultados de los elementos tipo shell (modelo2)

Element Stresses - Area Shells													
AreaElem Text	ShellType Text	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	S11Top KN/m2	S22Top KN/m2	S12Top KN/m2	SMaxTop KN/m2	SMinTop KN/m2	SAngleTop Degrees	SVMTop KN/m2	S11Bot KN/m2	S
261	Shell-Thin	73	COMB1	Combination	-129.98	-764.6	3.29	-129.96	-764.61	0.297	708.63	-118.24	
261	Shell-Thin	74	COMB1	Combination	-123.74	-727.91	129.94	-96.98	-754.67	11.637	711.16	-112.66	
261	Shell-Thin	75	COMB1	Combination	13	-746.8	94.21	24.51	-758.3	6.964	770.85	16.04	
261	Shell-Thin	76	COMB1	Combination	8.3	-777.54	-32.44	9.64	-778.88	-2.36	783.74	8.92	
262	Shell-Thin	74	COMB1	Combination	-120.9	-711.19	131.49	-92.94	-739.16	12.007	697.35	-115.5	
262	Shell-Thin	77	COMB1	Combination	-114.54	-673.79	11.42	-114.31	-674.03	1.169	624.76	-109.83	
262	Shell-Thin	78	COMB1	Combination	22.76	-654.61	-27.47	23.87	-655.72	-2.319	667.98	19.44	
262	Shell-Thin	75	COMB1	Combination	18.39	-685.7	92.6	30.37	-697.67	7.368	713.34	11.79	
263	Shell-Thin	77	COMB1	Combination	-109.02	-641.29	11.47	-108.77	-641.53	1.234	594.66	-115.36	
263	Shell-Thin	79	COMB1	Combination	-103.06	-606.26	59.66	-96.09	-613.24	6.67	571.29	-110.09	
263	Shell-Thin	80	COMB1	Combination	26.29	-595.89	21.92	27.06	-596.67	2.015	610.65	27.33	
263	Shell-Thin	78	COMB1	Combination	22.48	-624.63	-26.27	23.54	-625.69	-2.321	637.79	19.92	
264	Shell-Thin	79	COMB1	Combination	-98.66	-580.36	59.36	-91.45	-587.57	6.923	547.6	-114.5	
264	Shell-Thin	81	COMB1	Combination	-92.81	-545.95	9.89	-92.6	-546.17	1.25	506.26	-109.32	
264	Shell-Thin	82	COMB1	Combination	29.74	-525.66	-27.1	31.06	-526.97	-2.787	543.17	30.99	
264	Shell-Thin	80	COMB1	Combination	26.03	-553.94	22.37	26.89	-554.8	2.205	568.72	23.66	
265	Shell-Thin	81	COMB1	Combination	-87.44	-514.36	9	-87.25	-514.55	1.207	476.95	-114.69	
265	Shell-Thin	83	COMB1	Combination	-81.97	-482.15	24.69	-80.45	-483.67	3.517	448.89	-109.83	
265	Shell-Thin	84	COMB1	Combination	30.49	-470.89	-10.54	30.71	-471.11	-1.204	487.19	35.93	
265	Shell-Thin	82	COMB1	Combination	26.99	-497.36	-26.23	28.3	-498.67	-2.857	513.4	29.1	
266	Shell-Thin	83	COMB1	Combination	-77.15	-453.85	23.83	-75.65	-455.35	3.605	422.63	-114.65	
266	Shell-Thin	85	COMB1	Combination	-71.96	-423.28	4.65	-71.9	-423.34	0.758	392.36	-110.02	
266	Shell-Thin	86	COMB1	Combination	30.93	-414.49	-27.91	32.67	-416.23	-3.571	433.49	38.75	
266	Shell-Thin	84	COMB1	Combination	27.46	-439.77	-8.73	27.62	-439.93	-1.07	454.38	32.39	
267	Shell-Thin	85	COMB1	Combination	-67.01	-394.16	3.56	-66.97	-394.19	0.623	365.34	-114.97	
267	Shell-Thin	87	COMB1	Combination	-62.25	-366.16	5.74	-62.14	-366.27	1.082	339.49	-110.72	
267	Shell-Thin	88	COMB1	Combination	30.27	-366.55	-24.36	31.76	-368.04	-3.5	384.9	41.46	
267	Shell-Thin	86	COMB1	Combination	26.9	-389.88	-26.54	28.58	-391.57	-3.629	406.61	35.82	
268	Shell-Thin	87	COMB1	Combination	-57.71	-339.45	4.85	-57.62	-339.54	0.986	314.71	-115.26	
268	Shell-Thin	89	COMB1	Combination	-53.37	-313.95	-1.52	-53.36	-313.96	-0.334	290.97	-111.36	
268	Shell-Thin	90	COMB1	Combination	29.32	-321.76	-27.82	31.51	-323.95	-4.503	340.8	42.96	
268	Shell-Thin	88	COMB1	Combination	26	-343.24	-21.45	27.24	-344.49	-3.313	358.88	38.05	
269	Shell-Thin	89	COMB1	Combination	-49.12	-288.97	-2.47	-49.1	-288.99	-0.59	267.84	-115.61	
269	Shell-Thin	91	COMB1	Combination	-45.33	-266.65	-8.25	-45.02	-266.96	-2.133	247.54	-112.16	
269	Shell-Thin	92	COMB1	Combination	27.92	-283.15	-31.41	31.07	-286.29	-5.709	303.02	43.72	
269	Shell-Thin	90	COMB1	Combination	24.73	-302.23	-25.63	26.73	-304.23	-4.455	318.43	39.67	
270	Shell-Thin	91	COMB1	Combination	-41.45	-243.83	-8.9	-41.06	-244.23	-2.514	226.5	-116.04	

Record: 1 of 11472

Add Tables...

Done

**Anexo 4:** Tabla de los resultados de los elementos tipo sólidos (modelo2)

Element Stresses - Solids												
File View Format-Filter-Sort Select Options												
Units: As Noted												
Solid Text	SolidElem Text	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	S11 KN/m2	S22 KN/m2	S33 KN/m2	S12 KN/m2	S13 KN/m2	S23 KN/m2	SMax KN/m2	SMin KN/m2
1	1	1	COMB1	Combination	-65.31	-48.55	-185.12	-9.35	15.44	-17.56	-40.87	-69.13
1	1	2	COMB1	Combination	-75.7	-47.75	-238.3	4.97	21.53	-14.08	-46.3	-73.26
1	1	3	COMB1	Combination	-71.81	-98.74	-478.52	-4.48	14.24	-7.71	-70.52	-99.39
1	1	4	COMB1	Combination	-83.16	-99.77	-536.19	8.74	22.15	-10.58	-78.82	-102.76
1	1	5	COMB1	Combination	20.74	17.75	-193.3	10.2	15.12	-17.31	29.55	11.52
1	1	6	COMB1	Combination	26.51	18.78	-243.69	-4.4	21.83	-13.8	30.89	16.82
1	1	7	COMB1	Combination	28.75	32.41	-473.2	6.94	13.97	-7.99	37.77	23.91
1	1	8	COMB1	Combination	32.32	31.6	-528.3	-6.53	22.44	-10.83	39.5	25.51
3	2	3	COMB1	Combination	-129.12	-109.41	-477.8	-9.52	-15.1	-13.15	-105.45	-131.94
3	2	4	COMB1	Combination	-140.28	-108.97	-535.2	4.68	-7.49	-9.21	-108.04	-140.87
3	2	13	COMB1	Combination	-135.25	-165.52	-806.46	-4.24	-16.46	-2.25	-134.29	-166.07
3	2	14	COMB1	Combination	-147.15	-166.65	-867.24	8.96	-6.77	-5.44	-143.56	-170.13
3	2	7	COMB1	Combination	30.02	29.97	-485.67	8.7	-16.61	-12.01	39.48	21.32
3	2	8	COMB1	Combination	37.18	31.11	-539.83	-5.76	-6.09	-7.94	40.65	27.81
3	2	15	COMB1	Combination	37.44	33.67	-801.86	5.76	-17.76	-3.49	41.94	29.57
3	2	16	COMB1	Combination	42.55	33.2	-859.64	-7.66	-5.37	-6.56	46.85	28.98
5	3	5	COMB1	Combination	25.02	18.05	-183.61	7.11	-16.3	4.03	30.12	14.32
5	3	6	COMB1	Combination	27.34	19.62	-251.41	-1.84	-11.19	2.44	28.22	19.2
5	3	7	COMB1	Combination	30.65	34.39	-452.51	4.59	-16.14	4.9	37.53	28.1
5	3	8	COMB1	Combination	30.17	33.22	-527.87	-3.66	-11.58	6.92	35.93	27.78
5	3	19	COMB1	Combination	-11.67	-0.53	-178.51	-8.09	-15.22	3.14	4.27	-15.06
5	3	20	COMB1	Combination	-20.55	0.6	-248.28	0.46	-12.19	1.46	0.62	-19.91
5	3	21	COMB1	Combination	-14.95	-23.49	-455.61	-5.18	-15.22	5.85	-11.91	-25.93
5	3	22	COMB1	Combination	-25.76	-25.06	-532.78	2.7	-12.58	7.78	-22.67	-27.71
7	4	7	COMB1	Combination	53.54	36.34	-454.82	4.87	16.43	11.5	55.52	35.15
7	4	8	COMB1	Combination	56.72	39.2	-528.87	-1.06	23.5	10.32	57.69	39.36
7	4	15	COMB1	Combination	58.31	65.86	-617.57	1.38	16.91	10.82	66.38	58.38
7	4	16	COMB1	Combination	57.41	64.66	-705.15	-4.13	22.96	12.57	66.53	56.44
7	4	21	COMB1	Combination	-23.85	-25.42	-450.92	-3.99	24	5.77	-20	-27.84
7	4	22	COMB1	Combination	-35.12	-24.3	-527.71	1.42	16.46	3.96	-24.04	-34.8
7	4	25	COMB1	Combination	-25	-19.92	-618.75	-1.87	23.43	17.02	-19.14	-24.37
7	4	26	COMB1	Combination	-39.32	-22.74	-708.89	3.15	15.92	18.17	-21.53	-39.67
9	5	19	COMB1	Combination	-22.26	-18.24	-347.21	-1.91	23.56	-18.22	-15.3	-22.52
9	5	20	COMB1	Combination	-9.61	-17.64	-294.23	-0.24	25.95	-17.86	-6.91	-16.87
9	5	21	COMB1	Combination	-22.81	-3.5	-396.82	-4.68	23.53	-12.13	-1.65	-22.83
9	5	22	COMB1	Combination	-9.66	-1.47	-340.7	-3.13	25.47	-12.29	0.88	-9.63
9	5	28	COMB1	Combination	17.95	-6.82	-346.49	4.99	25.26	-19.6	20.2	-6.17

Record: 18 of 10240

Add Tables... Done

**Anexo 5:** Tabla de los resultados de los desplazamientos en los nodos (modelo2)

Joint Displacements									
File View Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted									
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians	
1	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0	
2	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0	
3	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0	
4	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0	
5	COMB1	Combination	0.005335	-0.000873	-0.00122	0	0	0	
6	COMB1	Combination	0.005435	-0.000934	-0.001564	0	0	0	
7	COMB1	Combination	0.005421	-0.000719	-0.003114	0	0	0	
8	COMB1	Combination	0.005549	-0.000871	-0.003484	0	0	0	
13	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0	
14	COMB1	Combination	0	0	0	0	0	0	
15	COMB1	Combination	0.005582	-0.000549	-0.005236	0	0	0	
16	COMB1	Combination	0.005741	-0.000796	-0.005627	0	0	0	
19	COMB1	Combination	0.020396	-0.003104	-0.002446	0	0	0	
20	COMB1	Combination	0.020565	-0.003147	-0.003247	0	0	0	
21	COMB1	Combination	0.020434	-0.002928	-0.006159	0	0	0	
22	COMB1	Combination	0.020623	-0.003009	-0.007031	0	0	0	
25	COMB1	Combination	0.020506	-0.002732	-0.009406	0	0	0	
26	COMB1	Combination	0.020714	-0.00287	-0.010379	0	0	0	
28	COMB1	Combination	0.04187	-0.005711	-0.004744	0	0	0	
29	COMB1	Combination	0.0421	-0.005756	-0.005206	0	0	0	
30	COMB1	Combination	0.041951	-0.005459	-0.008804	0	0	0	
31	COMB1	Combination	0.042192	-0.005549	-0.009318	0	0	0	
34	COMB1	Combination	0.042051	-0.005252	-0.013627	0	0	0	
35	COMB1	Combination	0.042303	-0.005344	-0.014098	0	0	0	
37	COMB1	Combination	0.066781	-0.007748	-0.006228	0	0	0	
38	COMB1	Combination	0.067075	-0.007881	-0.007084	0	0	0	
39	COMB1	Combination	0.066772	-0.007528	-0.011526	0	0	0	
40	COMB1	Combination	0.067123	-0.007588	-0.012385	0	0	0	
43	COMB1	Combination	0.066757	-0.007097	-0.015579	0	0	0	
44	COMB1	Combination	0.067176	-0.00731	-0.016753	0	0	0	
46	COMB1	Combination	0.091498	-0.008894	-0.009771	0	0	0	
47	COMB1	Combination	0.09203	-0.008579	-0.009396	0	0	0	
48	COMB1	Combination	0.091753	-0.008142	-0.013332	0	0	0	
49	COMB1	Combination	0.092044	-0.008273	-0.013271	0	0	0	
52	COMB1	Combination	0.09207	-0.008596	-0.019041	-0.008314	0.007831	0.006752	
53	COMB1	Combination	0.092016	-0.00795	-0.01827	0	0	0	
67	COMB1	Combination	0.033617	-0.084	-0.015065	0	0	0	
68	COMB1	Combination	0.032924	-0.083529	-0.014533	0	0	0	

Record: 1 of 5820

Add Tables... Done