



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Arquitectura y Diseño

Facultad de Ingeniería

Doctorado en Diseño

## **Diseño de una metodología para el análisis estructural de esculturas urbanas: caso de estudio, las Torres de Satélite.**

Tesis presentada por

**Martha Beatriz Cruz Medina**

Para optar por el grado de

**Doctor en Diseño**

Director de tesis

**Dr. Marcos Mejía López**

10 Julio 2012

<b>Capítulo 1: Planteamiento del problema</b>	<b>1</b>
Objetivo general	8
Hipótesis	8
Relevancia del instrumento	8
Descripción metodológica	9
<b>Capítulo 2: Escultura urbana</b>	<b>16</b>
Tipos de escultura	18
Diseño de esculturas urbanas	20
Evolución	21
En México	24
<b>Sin parámetros de diseño.</b>	<b>26</b>
“Maravillas del mundo”	27
Monumento de la Independencia	28
Pasado reciente en Toluca	28
Conclusiones	30

<b>Capítulo 3: Normatividad</b>	<b>31</b>
Federal	33
Estatales	35
Internacionales	40
Conclusiones	41
<b>Capítulo 4: Metodología</b>	<b>45</b>
Punto de partida	46
Descripción de la propuesta metodológica	50
Procedimiento	52
Metodología	52
<b>Capítulo 5: Caso de estudio</b>	<b>59</b>
Antecedentes caso de estudio	60
Ciudad Satélite	61
Las torres de Satélite	64
Barragán y Goeritz	67
Intervenciones	69

## Capítulo 6

### **Aplicación de la metodología para el análisis estructural de esculturas urbanas: caso de estudio, las Torres de Satélite**

Desarrollo del método de análisis	77
Documentación técnica	78
Descripción de la estructura	79
Acciones actuantes	81
Selección de la señal sísmica	82
Modelación de la estructura	89
<b>Método de análisis estructural</b>	<b>91</b>
<b>Evaluación de parámetros de respuesta</b>	<b>93</b>
<b>Capítulo 7: Conclusiones</b>	<b>94</b>
Valoración de la aportación	97
Aportaciones más destacables	98
Beneficios	98
Limitaciones	99
Futura línea de investigación	99
<b>Apéndice</b>	<b>100</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>122</b>





## Capítulo 1

### Planteamiento del problema

## Planteamiento del problema

Cuando se habla de elementos de conservación<sup>1</sup> inmediatamente la literatura nos sitúa en el patrimonio arquitectónico<sup>2</sup> que, por definición es importante a nivel sociocultural, debido a su referencia a aquello que heredamos de nuestros padres. Estos están protegidos por organizaciones como la UNESCO a nivel internacional. En esta categoría se encuentran también: centros históricos, construcciones arquitectónicas (ya sean individuales o colectivas), paisajes y elementos considerados patrimonio intangible<sup>3</sup> (Baca, 2009). Otro tipo de construcciones presentes con el mismo valor simbólico y en ocasiones mayor, son las esculturas urbanas; esto se debe a la doble instancia histórica y estética. Su conservación permite que generaciones futuras puedan seguir teniendo evidencia de su pasado lo que seguramente marcará su presente y definirá su futuro. Es así como las esculturas urbanas forman parte de la identidad humana y por lo tanto distinguen y marcan a nuestra sociedad.

---

<sup>1</sup> La conservación es una disciplina científica y humanística, cuya metodología pone en estrecha relación los procesos de investigación, experimentación y ejecución de ciencias (Magaloni, 2005).

<sup>2</sup> Es patrimonio los monumentos: obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un Valor Universal Excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia; – los conjuntos: grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un Valor Universal Excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia, – los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos que tengan un Valor Universal Excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico (UNESCO, 2012).

<sup>3</sup> El patrimonio intangible incluye lenguaje, tradiciones y costumbres.

Desde la antigüedad se ha demostrado que la manera de preservar las obras arquitectónicas y escultóricas, es bajo el dominio y conocimiento de su estructura. Esas variables se han planteado desde los Tratados antiguos.<sup>4</sup>



Las esculturas entonces son consideradas monumentos por su valor y pertenencia, que al estar emplazadas en contextos urbanos deben estar sometidas a revisiones y valoraciones no solo estéticas sino estructurales, esto para su adecuada conservación y seguridad de la sociedad a la que pertenece, máxime si su ubicación se considera dentro de una zona de alto riesgo sísmico.

México es un país considerado con actividad sísmica muy alta, se sitúa en una de las regiones geográficas con más incidencias sísmicas del mundo. Tan solo en los últimos tiempos, se han logrado registrar eventos de enorme magnitud con impresionantes dosis de energía y de consecuencias catastróficas.

Los movimientos sísmicos son estudiados por su frecuencia y magnitud; esta siempre latente la gran probabilidad de que puedan repetirse en un futuro no muy lejano. En la ciudad de México, de presentarse dicho evento podría superar el sismo de 1985<sup>5</sup> (Tellez, 2006). Los expertos del Cenapred<sup>6</sup> subrayan que en esta región hay más de 32.6 millones de habitantes, es decir, un 33% del total de mexicanos están expuestos a un sismo de gran magnitud.

---

<sup>4</sup> Ver apéndice A

<sup>5</sup> El sismo en la Ciudad de México en 1985 fue uno de los terremotos con mayor impacto en la sociedad y sin duda el que más se recuerda debido a sus consecuencias catastróficas; derivado de las fallas estructurales en un gran número de construcciones trayendo como resultado un elevado número de muertes.

<sup>6</sup> El Cenapred ha dividido en cuatro la regionalización sísmica del país con base en los registros históricos de grandes sismos en México, catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno.



## Epicentros ubicados en la República Mexicana (Figura 1)

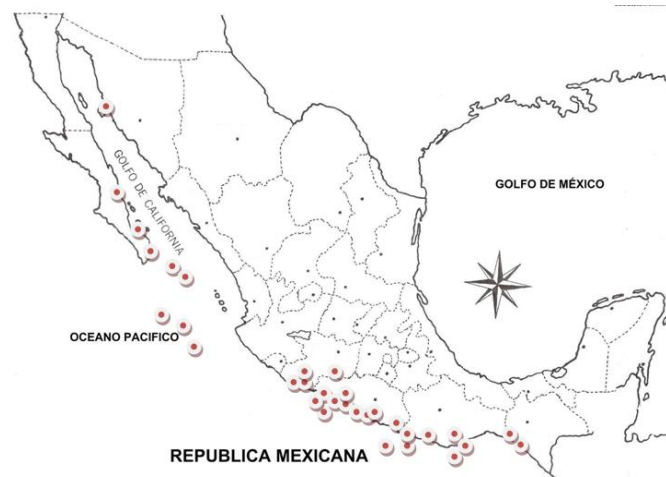


Figura 1.1. Epicentros de sismos de magnitud 5 o mayor ocurridos en México en el periodo 1963-1993 (Piralla, 2008)

El tamaño de los sismos se mide en magnitudes, que reflejan la energía liberada de las placas a lo largo de una falla geológica. La escala más común es la de Richter. Los grandes sismos son los que están clasificados en magnitud superior a los 7 grados dentro de esta escala. Desde el punto de vista de la ingeniería estructural lo que importa es la intensidad sísmica (Meli, 1998).

El potencial destructivo de un sismo dependerá de tres características principales:

1. La aceleración máxima que experimenta el terreno que se expresa como fracción de la gravedad,
2. La duración de la fase intensa del movimiento,
3. El contenido de frecuencia en la vibración (Meli R., 1998).

Los sismos son causantes de destrucción de edificios históricos y de elementos emblemáticos esculturales. Irónicamente las civilizaciones más antiguas y con un gran número de elementos patrimoniales se encuentran en regiones altamente sísmicas como Italia, Grecia, Turquía, por mencionar solo algunos.

Los sismos siempre han generado interés en varios campos del conocimiento humano. En arquitectura e ingeniería este aspecto es considerado un punto primordial a considerar en el diseño.



En México se recuerdan dos sismos de importante magnitud, los ocurridos en 1957 y 1985.<sup>7</sup>

Para 1957, en la Ciudad de México se habían construido diversas esculturas cuya estructura había resistido previamente terremotos de mediana y baja intensidad. Sin embargo, algunas edificaciones y elementos escultóricos si sufrieron daños importantes, así como la escultura más reconocida de la Ciudad, la llamada Victoria Alada (Ángel de la Independencia) la cual se desplomó de la columna ubicada en el Paseo de la Reforma.<sup>8</sup>

El sismo<sup>9</sup> de 1985 fue un evento impactante y doloroso no solo para la sociedad mexicana, sino para quienes pudieron presenciar mediante la televisión y otros medios de comunicación la magnitud de la tragedia. Varios edificios de la capital del país sufrieron severos daños y otros más colapsaron, dejando miles de muertos y heridos.

Posteriormente Meli propondría un procedimiento para la revisión de la seguridad sísmica de edificios históricos, ya que para los actuales las normas de construcción incluían procedimientos mucho más detallados. Dichos parámetros eran vigilados por el INAH,<sup>10</sup> aplicados en elementos de patrimonio antes del siglo XX, y justo después de esa fecha las construcciones serán protegidas por otra instancia, el INBA.<sup>11</sup>

---

<sup>7</sup> El sismo de 1985 alcanzó una aceleración del 18% de gravedad contra el sismo del 1957 (Apango-Vera, 2001).

<sup>8</sup> El Monumento a la Independencia fue inaugurado en 1910 para conmemorar el centenario de la Independencia de México. La columna cuenta con una altura de 42 mts. (Olmos C. C., 2008).

<sup>9</sup> Los sismos producen vibraciones en el terreno que ponen en peligro las edificaciones por el movimiento que se produce en su base (Meli R., 1998).

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Antropología e Historia.

<sup>11</sup> Instituto Nacional de Bellas Artes.

Es así que los criterios de conservación pueden diferir de los de otras épocas, dejando a construcciones y esculturas fuera de estos.

El mismo Meli considera elementos “no estructurales” o “secundarios” a las esculturas, debido a su carácter ornamental, sin embargo tampoco descarta su inspección.

Para los monumentos resulta esencial su preservación y cuidado, se debe evitar al máximo alteraciones o modificaciones, ya que éstas podrían transformar el contenido estético y semiótico de la obra (DCTA-UPM, 1999).

Bajo esta perspectiva, resulta primordial vigilar su consolidación estructural en caso de sismo, sin embargo la literatura de esta área como elemento regulador y normativo (que puede ser los reglamentos de construcción) no cuentan con un apartado exclusivo de las características de una escultura, ya que no son elementos habitables y al revisar esta situación en otros contextos urbanos tampoco se regulan, por lo que los planteamientos son meramente estéticos con lógica geométrica y cuya responsabilidad está en el autor<sup>12</sup> (que no es un especialista en estructuras).

La escultura urbana entonces no está regulada por ningún principio de seguridad estructural y al estar inmersa en condiciones de deterioro es primordial su atención.<sup>13</sup>

Así podemos ubicar al conjunto escultórico de cinco prismas triangulares de distintos colores y tamaños llamado: Torres de Satélite, dispuestas en una explanada al norte de la Ciudad de México, en Ciudad Satélite, sobre la avenida principal anillo periférico en su tramo norte.

Las Torres de Satélite como elemento escultural urbano del siglo XX, están sometidas a la problemática expuesta: la agresividad de su medio, el tráfico de la

---

<sup>12</sup> El caso de la construcción del caballito de Sebastián, se armaron las piezas cuando el escultor estaba en Venecia y “los expertos no sabían cómo levantarlo” (Vallarino, 1995) no había un estudio de la estructura, solo se siguió una lógica de módulos.

<sup>13</sup> Las condiciones de deterioro son determinadas por el medio ambiente y su mantenimiento.

zona de su emplazamiento, la resistencia del concreto con el cual fueron creadas, el deterioro y envejecimiento de su estructura aunado a no ser revisadas bajo una metodología seria que permita una revisión para su conservación, y sobre todo considerando su ubicación en zona sísmica, ha llevado a esta escultura urbana a estar sometida a intervenciones estéticas pero no estructurales, un ejemplo de esto son las ocho y hasta diez capas de pintura con las que se ven envueltos estos elementos.

Las Torres de Satélite, aparentemente soportaron satisfactoriamente sismos fuertes como el de 1985 ya que no se reportaron daños aparentes en su estructura.

Por lo anterior, surge la inquietud de conocer el comportamiento de las Torres de Satélite, ante un evento sísmico de magnitud igual o mayor a los ocurridos en tiempos recientes, debido a que no se tiene documentado su comportamiento en eventos pasados.

Las Torres de Satélite tienen aspectos formales, geométricos, estructurales y constructivos muy interesantes porque al ser estructuras esbeltas son también susceptibles a mayores deformaciones ante sismos de intensidad elevada. Sin embargo, “la forma tubular que dan las paredes exteriores continuas permiten la distribución muy eficiente de los esfuerzos cuando se presentan cargas laterales por viento o por sismo” (Alba, 1991).

A partir de estos antecedentes se plantea en este trabajo de investigación la necesidad de implementar un elemento regulador de esculturas urbanas que permita un adecuado diseño o análisis para conocer su comportamiento ante sismos, esto para fines de conservación.

La investigación se enfocará en un caso de estudio de relevancia estética y estructural, Las torres de Satélite.

## **Objetivo general**

Así pues el objetivo general de este trabajo de investigación se centra en el diseño de una metodología de esculturas urbanas para su análisis estructural delimitándose a un solo caso de estudio.

## **Hipótesis**

Si se desarrolla una metodología para el análisis estructural de esculturas urbanas para conocer su comportamiento, se podrá contar entonces con un instrumento para la conservación patrimonial.

## **Relevancia del instrumento**

Es importante señalar la relevancia de esta metodología ya que su ejecución asegurará monumentos considerados de relevancia histórica y social del pasado reciente. Ofrece una nueva visión de elementos que se muestran meramente estéticos y es por ello que no se encuentran normados aun estando en contextos urbanos.

El trabajo de investigación ayudará a la revisión técnica de casos de estudio similares. Ayudará también a crear un nuevo instrumento para recolectar información en ámbitos arquitectónicos como ingenieriles. Enriquecerá este ámbito ya que muestra un vacío del conocimiento ubicado entre áreas de arquitectura, ingeniería y artes. Los resultados ayudarán a reconocer a las esculturas urbanas dentro de un ámbito más técnico, lo que ofrece un avance al conocimiento en un ámbito nacional e internacional.

Para llevar a cabo esta investigación, se determinó un caso de estudio de relevancia histórica, social, por la protección y pertenencia de este conjunto escultural en su contexto, por su importancia en ámbitos arquitectónicos, por el tiempo en que fue construido (siglo XX), los materiales utilizados, características geométricas y por su ubicación dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de



México. El estudio desarrolla la aplicación de la metodología para conocer resultados específicos y de valor en la revisión estructural de esculturas urbanas.



### **Descripción metodológica.**

Las características del método de estudio son las siguientes:

- Estudio de caso: instrumental
- Plan de trabajo: dividido en dos etapas, fase documental y fase de campo
- Descripción de la investigación.

#### **Fase documental:**

- 1.-Estructuración del elemento de análisis
- 2.-Desarrollo de las variables de estudio
- 3.- Generar la estructura de estudio

#### **Fase de campo:**

Estudio de caso instrumental: Torres de Satélite

#### **Esquema general del método:**

1.- Análisis de manera inicial, descripción del objeto utilizando observación cualitativa:

- Exploración del caso de estudio
- Descripción del caso de estudio
- Identificación de las variables a considerar
- Anotaciones de la observación directa, temáticas y personales.

2.-Comparar el planteamiento del problema con el estudio de caso

3.- Elaboración del primer inventario de información descriptiva

4.- Preparación del estudio de caso:

- Descripción del contexto,
- Antecedentes,
- Información completa del objeto por medio de dibujos, bocetos u otros.

#### 5.-Aplicación del análisis:

- Recopilación de datos
- Análisis de datos
- Crítica de datos obtenidos
- Registro de resultados completada con imágenes, planos y fotografías
- Analizar la información obtenida de la aplicación del estudio con enfoque descriptivo
- Aplicación de la metodología
- Obtención de datos
- Conclusiones del análisis

#### Descripción del método

Para esta parte se divide la información en tres partes:

- Recolección de información
- Análisis de la información
- Interpretación de resultados

De cada una de estas se presentan cuatro aspectos:

1. Procedimientos.
2. Instrumentos.
3. Técnicas.
4. Objetivos alcanzables.

Cuadro 1.1: Resumen de Recolección de Datos.

PROCEDIMIENTO	INSTRUMENTOS	TECNICAS	OBJETIVO
<p>1 ETAPA.- <b>La información previa.</b> Consistirá en una toma de datos con la que se llegue a una definición física lo más desarrolladas posible</p> <p>Permitirá conseguir una visión general y particular del comportamiento técnico</p> <p>Se redactará mediante documentos gráficos y escritos obtenidos, el proyecto de información que posteriormente tomará relevancia.</p> <p>Evaluación del estado general del hito monumental, para establecer el nivel de profundización del estudio</p> <p>2 ETAPA.- <b>El reconocimiento.</b> Como objetivo primordial va a establecer los daños existentes con ubicación, forma, cuantificación, etc.</p> <p>Responde a una acción más intensa y de mayor profundidad en la consecución de información sobre cada uno de los sistemas constructivos y estructurales.</p> <p>3 ETAPA.- <b>El diagnóstico.</b> Documento integrado por estudios de análisis y comportamiento de materiales y sistemas. Reconociendo el enfoque determinado El propósito llegar, mediante al análisis de datos previamente obtenidos, clasificados y analizados, a la toma de decisiones en recomendaciones técnicas.</p>	<p>Para la obtención de datos descrita anteriormente se utilizarán diferentes instrumentos:</p> <p>Instrumentos de levantamiento de sitio estructural:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara fotográfica</li> <li>• Esclerómetro: Complemento no destructivo, ágil y económico para la determinación de la dispersión.</li> <li>• Cinta métrica (50 mts.)</li> <li>• Distanciómetro</li> </ul> <p>Instrumentos de aspectos, patrimoniales,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bibliográfica de los aspectos antes mencionados.</li> <li>• Consulta normatividad de la UNESCO.</li> </ul>	<p>Codificación y análisis estadístico.</p>	<p>Conocer el objeto de estudio.</p>

<p>MUESTRA: Caso de estudio</p> <p>DATOS: Principalmente los datos serán físicos, lo que nos permitirá utilizar una expresión médica, conocer el proceso patológico del objeto de estudio.</p> <p>OBTENCION DE DATOS:</p> <p>Mediante un proceso secuencial y ordenado, de tal manera que en cada una de ellas se obtenga:</p> <p>1.-Posibilitar la obtención de un documento válido a efectos técnicos, así como administrativos requeridos.</p> <p>2.-Conocer y determinar la necesidad de cubrir la siguiente etapa.</p> <p>3.-Proponer la provisión de medios económicos y materiales para la siguiente etapa.</p>			
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, con base a diseño de investigación (Sampieri, 2003)

Cuadro 1.2: Resumen de análisis de datos

PROCEDIMIENTO	INSTRUMENTOS	TECNICAS	OBJETIVO
<p>1 ETAPA.- <b>La información previa.</b> Consistirá en la información general de datos con la que se llegue el enfoque con el cual se estudiarán los datos obtenidos en la etapa anterior. Permitirá conseguir una visión general y particular del comportamiento analizado, tomando el documento gráfico y escrito obtenido de la etapa de recolección de datos, que nos servirá para el análisis de éstos.</p> <p>2 ETAPA.- <b>El reconocimiento.</b> Como objetivo primordial va a establecer el criterio de análisis de datos, respondiendo a una acción más intensa y de mayor profundidad en la consecución de información sobre cada uno de los sistemas constructivos y estructurales. Redacción con mayor grado de definición.</p> <p>3 ETAPA.- <b>El diagnóstico.</b> Documento</p>	<p>Uso de Excel, para registro de datos, codificados</p> <p>Establecimiento de matriz de codificación para datos cualitativos obtenidos.</p> <p>Uso de Seismosignal</p>	<p>Codificación y análisis estadístico</p>	<p>Obtener los datos de forma analítica para poder interpretarlos y dar conclusiones.</p>

<p>integrado por los resultados de estudios de análisis. Además se tomará en cuenta:</p> <p>Se analizaran las variables independientes definidas.</p> <p>Estudio cualitativo con descripción del enfoque arquitectónico, tecnológico y plástico del objeto de estudio.</p> <p>Generación de datos cualitativos sometidos a una confrontación con los datos que surgieron de la investigación documental.</p> <p>Estudio cuantitativo con descripción del enfoque arquitectónico, tecnológico y plástico del objeto de estudio,</p> <p>Generación de datos cuantitativos sometidos a una confrontación con los datos que surgieron de la investigación documental.</p> <p>Recopilación de datos. (Cualitativos, cuantitativos).</p> <p>Análisis de datos.</p> <p>Registro de resultados completada con imágenes, planos y fotografías.</p>			
---	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, con base a diseño de investigación (Sampieri, 2003)

Cuadro 1.3: Resumen de Interpretación de datos.

PROCEDIMIENTO	INSTRUMENTOS	TECNICAS	OBJETIVO
<p>1 ETAPA.- <b>La información previa.</b> Consistirá en la información general del análisis de datos, con la que se llegue a <b>una interpretación</b>, con la cual se llegue a un avance del conocimiento.</p> <p>Permitirá conseguir una visión general y particular del comportamiento del caso de estudio tomando el documento gráfico y escrito obtenido de la etapa de recolección de datos, que nos servirá para el análisis de éstos</p>	<p>Aplicación del enfoque</p> <p>Conocimientos previos</p> <p>Aportación del tema.</p>	<p>Interpretación de resultados</p>	<p>Obtener la información que determine la viabilidad y relevancia de la propuesta metodológica.</p>

<p>2 ETAPA.- <b>El reconocimiento.</b> Como objetivo primordial va a establecer el <b>criterio de interpretación</b> de la información obtenida del análisis de datos respondiendo a una acción más intensa y de mayor profundidad en la consecución de información sobre cada uno de los sistemas constructivos y estructurales.</p> <p>3 ETAPA.- <b>Las conclusiones.</b> Documento integrado por los resultados de estudios de análisis e interpretación. Constituye el cuerpo principal de la tesis. Ya que sería la aportación real del trabajo.</p> <p>Aquí se tomará en cuenta, lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretación de los resultados,</li> <li>• Crítica de datos obtenidos,</li> <li>• Registro de resultados completada con imágenes, planos y fotografías,</li> <li>• Analizar la información obtenida de la aplicación del estudio con enfoque cualitativo.</li> <li>• Conclusiones del análisis</li> </ul>			
---	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, con base a diseño de investigación (Sampieri, 2003)

Bajo este panorama general el presente trabajo de tesis doctoral se estructuró en siete capítulos.

El primer capítulo nos sitúa en la problemática del objeto de estudio. En el capítulo siguiente se tiene como objetivo brindar un panorama general sobre el tema principal y reconocer sus necesidades técnicas en el diseño de la obra.

El tercer capítulo es una revisión de la normatividad relacionada con esculturas urbanas, cuyo propósito es evidenciar los vacíos en la norma en ámbitos internacionales y nacionales. A partir de este capítulo se reflexiona en los parámetros de revisión y análisis que un objeto monumental debe contemplar. Este capítulo fundamenta la propuesta metodológica.

El capítulo cuatro contiene la descripción de la metodología y su procedimiento. Brinda las condiciones de desarrollo y las variables que se tomaron en cuenta en el instrumento.

El siguiente capítulo trata el caso de estudio, tiene como objetivo evidenciar las razones de la selección de Las Torres de Satélite no solo por su ubicación en el tiempo sino por su relevancia histórica y de aportación estética. El capítulo seis tiene como propósito aplicar el método en el caso de estudio.

Finalmente, en el último apartado se plantean las conclusiones y los hallazgos más importantes, resultado del proceso de investigación.

**Capítulo 2**  
**Escultura urbana**



El propósito de este capítulo es establecer el antecedente del objeto de estudio. Se define a su vez a la escultura monumental como una tipología clara y de fácil reconocimiento; Se describen conceptos básicos de tipos de esculturas y se analizan los factores que intervienen en el diseño de estos objetos monumentales, los cuales determinan a su vez los materiales y la geometría de su composición espacial.

El capítulo se desarrolla en tres momentos: presentación, tipología y una evolución del concepto de escultura en el tiempo y en sociedades específicas; Esto con el objetivo de entender la relevancia de estos monumentos y de reconocerlos como parte importante de la sociedad.

Además se reflexiona sobre la necesidad de parámetros técnicos de diseño en las esculturas urbanas.

## **Escultura**

La escultura es una de las bellas artes en la que su autor (escultor) expresa mensajes e ideas por medio de volúmenes. Se entiende por escultura a la representación o reproducción de figuras y temas reales o estilizados que un artista crea valiéndose de diversas técnicas y materiales ( Plazola , 1996).

Este medio de expresión ha estado presente desde el inicio de la humanidad hasta nuestros días (Cole, 2003) .

Las esculturas pueden ser llamadas también *monumentos*.<sup>14</sup> Para obtener esta categoría se entiende que la obra ha trascendido culturalmente por medio de su significación.

## Tipos de escultura

Existen diferentes tipos de esculturas y se clasifican de la siguiente manera:

- **Materiales:** que son tan diversos como la escultura misma, entre estos, se pueden mencionar: madera, piedra, fierro, cobre, vidrio, mármol, concreto, acero hasta algunos polímeros.
- **Escala:** que va desde la más pequeña en donde su apreciación es a través de lupa hasta la escala monumental o urbana, también conocida como hito urbano por sus características de ubicación.
- **De acuerdo a temas:** religiosas, culturales, conmemorativa o simbólica.
- **Por formas:** antropomorfas, zoomorfas, fitomorfas,<sup>15</sup> etc.
- **Espacio al que pertenecen:** espacio interior o exterior.
- **Estructura:** rígida o flexible.
- **Técnica escultórica:** tallado, modelado, construcción, fundición, según sea el material utilizado.
- **Localización:** en elementos naturales o urbanos.
- **Momentos históricos:** debido a su carga simbólica que llegan a distinguir toda una época, marcando con su construcción incluso un cambio de pensamiento.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> Se le identifica como monumento a los bienes que revistan valor estético. Para determinar su valor estético se analiza su representividad, su inserción en corriente estilística, grado de innovación o materiales, así como la técnica utilizada (INAH, 2012 ).

<sup>15</sup> Lo antropomorfo se refiere a formas humanas. Cuando se habla de zoomorfo se refiere a formas de animales y finalmente fitomorfo son formas de plantas.

<sup>16</sup> Son monumentos históricos los bienes vinculados con la historia de la nación, a partir del establecimiento de la cultura hispánica en el país, en los términos de la declaratoria respectiva o por determinación de la Ley (INAH, 2012 ).

Y será justamente esta última clasificación la que distinga a la escultura de otro tipo de expresiones artísticas, debido a que su construcción obedece a un reflejo del pensamiento de la época, quedando como testimonio de un momento político, social, cultural o económico, cuyo impacto va más allá del autor volviéndose parte de la sociedad.

Cuando estos monumentos se ubican en contextos urbanos definidos, se conocen como *Escultura monumental urbana*.<sup>17</sup>

La recreación visual que proporciona una escultura urbana depende de la habilidad del escultor para crear una relación visual con la sociedad.

El disfrutar de un espacio público<sup>18</sup> en muchas ocasiones está relacionado con la contemplación a partir de este, la escultura juega aquí un papel importante en la integración como elemento ajeno a este.

Una función de la escultura monumental es facilitar una lectura de la ciudad,<sup>19</sup> entendiendo por ello la capacidad de identificar un sitio con otro pero en relación con la gente que lo habita. El espacio urbano generado es un lenguaje, que habla de ciudades, de vialidades, de plazas públicas, de diferencias espaciales y de semejanzas (Thornberg, 2004). En algunas ocasiones nos muestran a los personajes históricos de la ciudad, momentos relevantes, fechas, y en algunos casos el sentir de toda una nación. Las esculturas tienen una función simbólica y este lenguaje simbólico se usa como articulador del pasado y del futuro.

---

<sup>17</sup> También conocida como hito urbano (Ducci, 2000).

<sup>18</sup> El concepto del espacio público se entiende por el espacio de todos, esta investigación lo relaciona como el espacio social, visto desde el concepto de lugar (Augé, 2000).

<sup>19</sup> La lectura se debe comprender como una forma de reconocimiento, de identificación de códigos, siendo la escultura una parte significativa de ese lenguaje, concepto de *topogénesis*. (Thornberg, 2002).

No existen reglas en el diseño de esculturas ni mucho menos determinantes que normen el trabajo de un escultor, esto negaría el mismo sentido de su origen simbólico. Ni siquiera se puede considerar a un escultor dentro de un grupo específico de profesionales, ya que incluso un arquitecto, un ingeniero, urbanista o artista plástico pueden generar una escultura urbana sin ser considerado escultor.

Su concepción, a diferencia de la pintura no solamente puede ser de una persona; una escultura puede ser parte del pensamiento de un grupo de personas, puede ser resultado de un grupo interdisciplinario que aporten su punto de vista especializado de diseño, incluso no resulta extraño que sociólogos y hasta políticos realicen propuestas escultóricas.

Aun cuando su estructura es de vital importancia para su diseño, difícilmente se llega a su cálculo (Plazola,1996).

Esto resulta ilógico, si se considera que el artista no puede concebir una obra que no cuente con un soporte adecuado para mantenerse en el sitio para el cual fue pensado, debiendo resistir a su vez los distintos factores e inclemencias como el viento, sismos, lluvia, corrosión que con el tiempo pudiesen causar accidentes y daños a los ciudadanos, la durabilidad propia de los materiales <sup>20</sup> deberá estar considerada para la ubicación de una obra escultórica.

Los materiales y el diseño determinan cómo debe funcionar la estructura. Existen básicamente dos maneras en que interactúa la estructura: oculta y visible.

La primera es cuando los elementos estructurales no forman parte de la apreciación estética de la misma. La estructura visible se emplea cuando ésta se

---

<sup>20</sup> Por ejemplo en el caso de esculturas realizadas en concreto, algunas causas del deterioro puede ser: medio ambiente, medios de contacto, suelo y nivel freático, aguas superficiales, agua de mar, aire atmosférico y sustancias químicas (Ferrer, 2005).

integra a la pieza, un ejemplo de esto es la Torre Eiffel.<sup>21</sup> También se pueden mezclar ambos conceptos teniendo partes visibles y partes ocultas. El criterio dependerá del artista, de sus intenciones, del presupuesto, del tiempo disponible para su ejecución y los sistemas estructurales de la zona.

La tecnología de cada época nos da una referencia clara de la estructura a utilizar en ella.

## Evolución

Los obeliscos de Egipto son los antecedentes más antiguos de los hitos urbanos.<sup>22</sup> Son considerados de tipo religioso y por ello en esta cultura existen referencias antropomorfas y zoomorfas, característicos del arte egipcio (Roth, 2004). En Grecia, la arquitectura y la escultura estaban muy relacionadas entre sí, por lo que los edificios se convertían en referencias urbanas de tipo monumental, como es el caso del Partenón<sup>23</sup> en la Acrópolis de Atenas, que poseía esculturas en alto relieve policromadas realizadas por Fidias.<sup>24</sup>

Las esculturas en Roma fueron una continuación de las griegas. A nivel urbano, la mayor aportación de los romanos, fue el arco triunfal, monumento cuya intención fue conmemorar las victorias militares obtenidas. Entre los arcos más representativos están el de Tito<sup>25</sup> y el de Constantino.

---

<sup>21</sup> La Torre Eiffel construida en 1889 para conmemorar el centenario de la Revolución francesa, en el marco de la Exposición universal celebrada en París. Cuenta con una altura de 330 mts. (Barthes, 2001).

<sup>22</sup> En este periodo la arquitectura se considera la madre de las artes plásticas, debido a que la pintura y la escultura eran complementos de ella (Gympel, 2005).

<sup>23</sup> El Partenón presenta originalidades en varios aspectos: su gran tamaño, el ser octástilo (8 x 17 columnas) cuando era más común el hexástilo, naos con doble cámara, orientada al este donde se encontraba Atenea (Roth, 2004).

<sup>24</sup> Entre ellas estaba la colosal estatua de bronce de Atenea (defensora de la ciudad). Se dice que la dorada punta de su lanza y la cresta de su yelmo eran lo primero que veían los marineros en tierras griegas (Roth, 2004).

<sup>25</sup> Arco de Tito, monumento de la época Flavia para conmemorar las victorias de Tito sobre los judíos en el año 70 DDC. (Nonell, 1984).

Dentro de las esculturas orientales también de tipo colosal religiosas, encontramos las de figura de Buda.<sup>26</sup>

En la religión la escultura ha jugado un papel determinante, ubicándose en puntos visuales importantes como objetos de contemplación o hitos urbanos. En el caso del renacimiento se encuentran referencias de cánones de toda una época, donde los parámetros clásicos aportaron escala y ubicación de las esculturas en elementos arquitectónicos, así podemos ubicar a Miguel Ángel o Verrocchio.<sup>27</sup>

En el barroco, las fuentes públicas se identifican en trazas urbanas donde incluso fueron determinantes en ellas, aquí los materiales resultan muy importantes, debido a que se esculpía sobre piedra. Bernini<sup>28</sup> es considerado el más importante escultor de esta época (Nonell, 1984).

Los arcos de todas las épocas tienen connotaciones simbólicas, Napoleón lo sabía bien y para ser recordado por su civilización ordenó construir en el siglo XIX un Arco del Triunfo en su honor. También en Paris y con motivo de la conmemoración de los cien años de la revolución francesa, se construye la Torre Eiffel,<sup>29</sup> donde los materiales se volvieron el tema principal de la obra; logrando mostrar al hierro como un avance tecnológico de la época, exhibiéndolo además como elemento vanguardista y con una escala fuera de todo contexto urbano hasta entonces.<sup>30</sup>

También del mismo ingeniero francés Gustavo Eiffel, La *Estatua de la libertad*,<sup>31</sup> obsequio de Francia a los Estados Unidos, convertido en la actualidad en símbolo de la ciudad de Nueva York.

---

<sup>26</sup> La más impactante se localiza en Bangkok con una altura de 50m.

<sup>27</sup> Andrea de Verrocchio fue pintor, escultor y orfebre del *quattrocento* italiano. El trabajo más reconocido es el que realizó para la familia Médici (Busignani, 1970).

<sup>28</sup> Bernini además es arquitecto y pintor, de origen italiano, heredero de la fuerza escultórica de Miguel Ángel (Toman, 2007).

<sup>29</sup> La Torre Eiffel cuenta con 33.5 mts. sobre el nivel del mar. Los cimientos reposan sobre una placa de concreto armado de 2mts. Y con 7mts de profundidad (Barthes, 2001).

<sup>30</sup> Por ello, también muy criticado (channel, 2000).

<sup>31</sup> Fue inaugurada el 28 de Octubre de 1886. Es considerada patrimonio de la humanidad (UNESCO, 2012).



Figura 2.1: La torre Eiffel (Cruz, 2006)

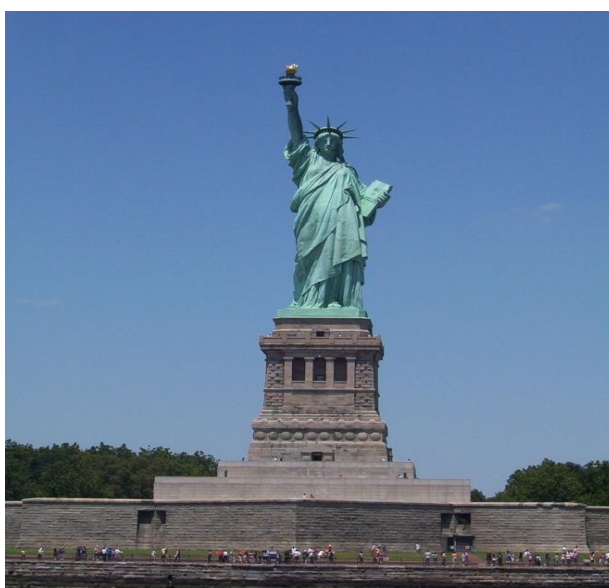


Figura 2.2: La Estatua de la Libertad (Cruz, 2008)

El siglo XX, mostró nuevas tendencias, nuevas expresiones y con ello una evolución en la escultura monumental mediante el empleo de nuevos materiales.<sup>32</sup> El automóvil aportó una manera distinta de apreciar la ciudad, por lo que la escala

---

<sup>32</sup> Esto se acompaña con una evolución del pensamiento (Katzman, 1964).

monumental es una característica de esta época.<sup>33</sup> Se vislumbró un arte más conceptual (Plazola , 1996).

## En México

En México las esculturas tienen una referencia religiosa ya que estaban dedicadas a los dioses, dentro de los más comunes resaltan figuras de colosos y columnas labradas. La cultura olmeca elaboró grandes cabezas labradas en roca que representaban a gobernantes importantes.<sup>34</sup>

La escultura como objeto independiente a la arquitectura apareció más o menos hace doscientos años, aunque ya en el siglo XVI existían construcciones asociadas con fuentes. En el siglo XVIII cuando hubo obras públicas de carácter ornamental promovido por los Borbones se dio impulso al embellecimiento de las ciudades y con ello elementos ornamentales (Moreno, 1991).

A finales del siglo, con el estilo neoclásico se modificaron aspectos formales y temáticos,<sup>35</sup> muestra de ello fue la Estatua Ecuestre de Carlos IV en la Ciudad de México realizada por Manuel Tolsá.<sup>36</sup>

En el Paseo de la Reforma (Ciudad de México) se colocaron en 1877 distintos monumentos y esculturas de las cuales destacan el Ángel de la Independencia, columna que posee en su base esculturas de personajes históricos y que hoy día es considerado hito urbano de la Ciudad de México ( Plazola , 1996) y la estatua de Cuauhtémoc, diseñada por Francisco M. Jiménez.<sup>37</sup>

---

<sup>33</sup> *Alexander Calder* realizó móviles de grandes dimensiones como esculturas públicas. *Hervert Bayer* ejecutó obras gigantescas en Estados Unidos.

<sup>34</sup> Las cabezas colosales eran traídas de la zona de canteras de Tuxtla a 80 km de distancia. Uno de los temas polémicos es la mutilación de éstas, se creen que los olmecas marcaban así su muerte (Austin, 1996).

<sup>35</sup> Debido a la fundación de la Academia en México. El academismo se dividió según De Anda, en tres periodos: Virreinato, Republicano y Porfiriato (Anda, 1995).

<sup>36</sup> Manuel Tolsá, arquitecto y escultor español. Director de Escultura de la Academia de San Carlos.

<sup>37</sup> Inaugurada en 1887, muestra del neindigenismo en México.



Por otro lado Carlos Obregón Santacilia adaptó la estructura del Palacio Legislativo para convertirlo en el Monumento a la Revolución.<sup>38</sup>

En los inicios del siglo XX se realizaron esculturas públicas en Guadalajara, por ejemplo el monumento a la Independencia del Ing. Alberto Robles Gil y el Arq. Eulalio González (García, 2008).

Es el siglo XX la ampliación de la integración plástica, los edificios-esculturas fueron los relevantes: el Eco, el animal del Pedregal, La fuente de los amantes, y de referencia importante Jalisco con su escuela tapatía.<sup>39</sup>

Un punto de encuentro trascendente de este siglo surgió con la unión de la arquitectura, urbanismo y la escultura bajo la mirada de la velocidad; la nueva apreciación entorno al automóvil se fusionó en las Torres de Satélite (1957). Fue un ejemplo de múltiples elogios que se difunden hasta la actualidad.

Para el año de 1968 la Olimpiada trajo consigo la Ruta de la Amistad,<sup>40</sup> a lo largo de 17 km se levantaron 19 esculturas de concreto de tamaño monumental.

Posterior a esta época, solo las Obras del escultor Sebastián han cobrado tanta relevancia histórica en los tres ámbitos. El gran éxito sigue siendo de Las Torres de Barragán.<sup>41</sup>

---

<sup>38</sup> El palacio legislativo fue diseñado por Émile Bénard, adaptado posteriormente para ser Monumento a la Revolución (Siller, 2009), actualmente cuenta con una intervención en la plaza que se distingue por la presencia de agua.

<sup>39</sup> En 1941 la construcción de los Arcos, construcción de 14 mts. de alto y 21 mts. de largo.

<sup>40</sup> Las 19 obras que constituyen la Ruta de la Amistad fueron construidas en concreto, y realizadas por artistas de los cinco continentes. Con alturas que van desde los 7 hasta los 22 metros de altura. Se hizo realidad el proyecto concebido por Mathias Goeritz, con el apoyo del Arq. Pedro Ramírez Vázquez (México 68, 2010).

<sup>41</sup> Ver apéndice A

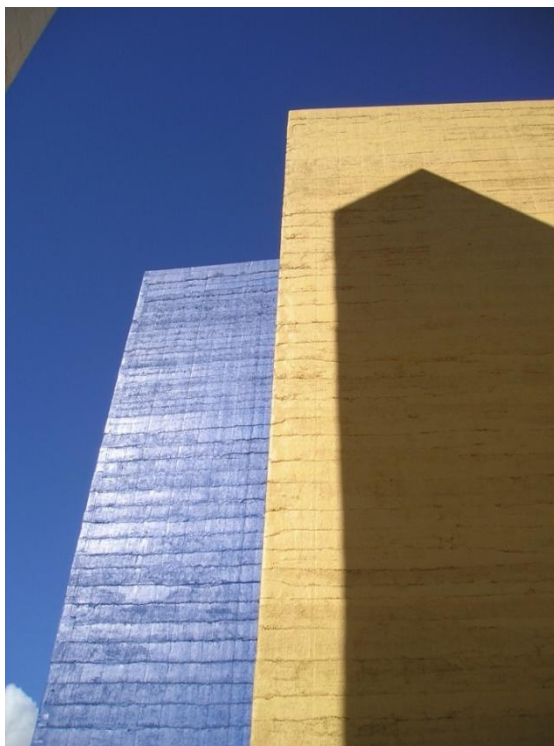


Figura 2.3. Las torres de Satélite. Luis Barragán y Mathias Goeritz (Cruz, 2012).

### Sin parámetros de diseño

Las esculturas tienen un origen afectivo, sensorial y táctil, generalmente el autor muestra parte de su vida en la obra, en sus formas y también aplica un tema determinado que puede ser político, social, cultural o bien una obra individual. La expresividad de la escultura estriba en su autonomía y en su aportación a las artes. El diseño depende del mensaje<sup>42</sup> que se quiere provocar y de ahí depende también el material (Beuchot, 2004). La obra al ser concebida como un arte posee propiedades de este: la comunicación unilateral o bilateral propician una meta del autor.<sup>43</sup> Algunos artistas son deliberadamente abstractos y la altura es parte importante del diseño, en un contexto donde se debe observar la obra a gran

---

<sup>42</sup> El mensaje está constituido desde un enfoque semiótico por su significado y su significante (Eco, 2005).

<sup>43</sup> La información unilateral solo se emite, la bilateral recibe respuesta (Torre, 1992).

velocidad. Generalmente los escultores son intuitivos<sup>44</sup> y por ello el análisis y revisión del diseño no se toma en cuenta, lo importante es la forma.

El material y la forma se vuelven un lenguaje de la época, nos habla del momento de la sociedad, y es a través de estos factores que se puede datar una obra. En la actualidad el mantenimiento de la obra es un tema relevante, que quizá en otro momento no lo era tanto, hoy es mucho más costoso que la obra misma por la contaminación, el desgaste de la estructura, etc. Por ello algunas obras han sufrido colapsos ocasionados por factores físicos como: el viento, los sismos o el peso propio del material; Todos estos factores no considerados en la concepción de las obras escultóricas.

Más adelante se mencionaran solo algunos ejemplos de obras que por diferentes causas o factores han colapsado. Fallas desde la estructura misma de la obra, sismos o su emplazamiento, temas que no son tratados ni solicitados en una normatividad específica

### **“Maravillas del mundo”**

Desde la antigüedad la presencia de esculturas monumentales han estado presentes, pero su historia no es diferente, la pérdida de algunas maravillas seguramente se debió a una falla estructural. Un escritor griego llamado Antípadro de Sidón<sup>45</sup> hizo una relación de los edificios espectaculares de su época, más tarde les titularían maravillas del mundo, la razón se desconoce, sin embargo los miembros de esta lista tienen características en común como su tamaño y la forma impresionante para la época. Algunas han desaparecido, otras siguen de pie como las pirámides de Egipto. Dentro de las desaparecidas, se

---

<sup>44</sup> La intuición caracteriza los métodos de diseño, pero los teóricos desde hace más de un siglo le han declarado la guerra a este método de diseño (Olea, 1991).

<sup>45</sup> Poeta griego autor de varios epigramas de la antología griega (Gympel, 2005).

encuentra el Coloso de Rodas,<sup>46</sup> llamado así por su tamaño, tenía una altura de 37 metros, realizado con placas de bronce en un armazón de hierro. El propósito de la escultura era agradecer la protección de Dios; Su construcción duró 12 años, pero fue destruido por un terremoto 66 años después de terminado, cayendo al mar. La estructura no fue revisada para estos propósitos y no se encuentra documentado su diseño estructural.

### **Monumento de la independencia**

Construido por el Arq. Antonio Rivas Mercado,<sup>47</sup> según el autor esta obra utilizó 5000 pilotes de madera en una profundidad de 25 metros. La cimentación original estuvo formada por una plataforma de tres capas de viguetas de acero recubiertas de concreto. La obra continuó varios años, en 1906 se terminó la base, el zócalo y el pedestal. Sin embargo cuando se inicia la construcción de la columna, el peso no fue soportado por la cimentación y esta perdió su verticalidad, debido al hundimiento de los cimientos ([www.mexicomaxico.org](http://www.mexicomaxico.org), 2012).

Después de este acontecimiento se invita a un grupo de ingenieros, que decidieron demoler lo ya construido y se procedió a diseñar una nueva cimentación. Aun así la escultura cayó debido a un sismo de 7 grados de la escala de Richter el 28 de julio de 1957. Fue reconstruida y reestructurada en un año, concluyéndose en 1958, año de su reinauguración. ([www.mexicomaxico.org](http://www.mexicomaxico.org), 2012)

### **El pasado reciente en Toluca**

En el pasado reciente en la ciudad de Toluca, el colapso de lo que sería el museo de la Estampa, ubicado en la calle de Hidalgo en el centro histórico. Una escultura

---

<sup>46</sup> El Coloso de Rodas era una gran estatua del dios griego Helios, realizada por el escultor Cares de Lindos en la isla de Rodas (Grecia) en 292 a. C. y destruida por un terremoto en 226 a. C. (Maravillas del mundo, 2000).

<sup>47</sup> Antonio Rivas Mercado fue designado por el presidente Porfirio Díaz para el diseño del monumento. El diseño original fue de los arquitectos Cluss y Shultz (Gortázar, 2004).

del artista Sebastián<sup>48</sup> se colocó en una plaza con estacionamiento subterráneo. El peso propio de la escultura no fue considerado para su emplazamiento, ocasionando una carga puntual en la losa, que provocó el colapso de la plaza; Hasta el día de hoy no se ha intervenido en el espacio, como se puede observar en la siguiente imagen, donde se utiliza lo que queda como estacionamiento.<sup>49</sup>

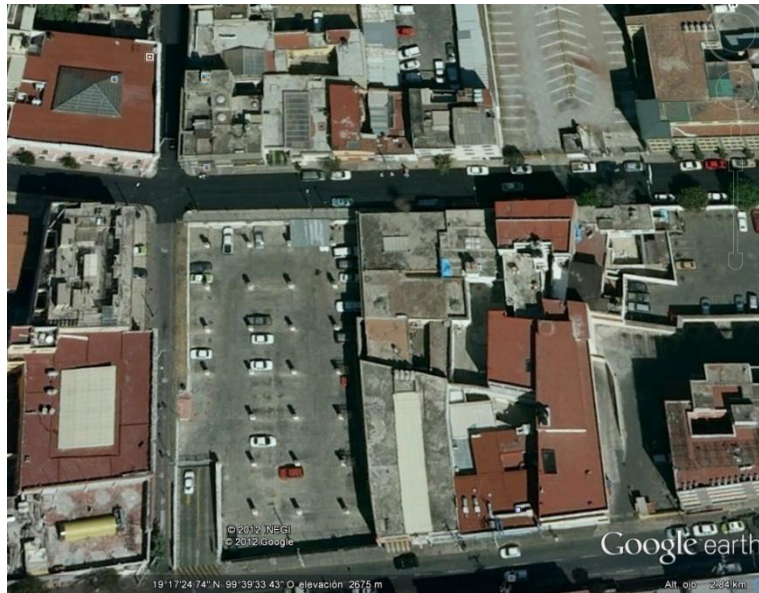


Figura 2.4. Imagen de la ubicación del colapso de la plaza donde se ubicaría en museo de la Estampa, Toluca, México (Google earth, 2012)

### En Palermo

Una escultura de metal de tan solo 2 metros de altura ubicada en Paseo de la Infanta en Palermo y con un peso de 100kg se desprendió de su base aplastando a una niña provocándole la fractura de cráneo y la muerte en el momento. Hecho que fue difundido en periódicos locales. Posteriormente un grupo de ingenieros intervino en la escultura, pero al final se optó por quitarla (Schiavi, 2011); Este es un ejemplo claro de que no se maneja un criterio estructural adecuado que, en

<sup>48</sup> Sebastián es el nombre artístico con el cual se conoce al escultor Chihuahuense, que ha logrado grandes esculturas monumentales como: La puerta de Monterrey, El Caballito, Arco Fénix que es el símbolo de la ciudad de Sakai, Japón, entre otras.

<sup>49</sup> Se podría considerar que no se estudió el emplazamiento como destino final de ubicación de la obra.

caso de haber sido una escultura de tamaño monumental, seguramente las consecuencias hubiesen sido aun mayores.

## Conclusiones

La escultura es un arte que ha estado presente desde los inicios de la humanidad, es considerada también un medio de expresión de la sociedad; A través de la escultura se puede realizar una lectura de la sociedad a la que pertenece la obra.

En el mensaje y la forma se encuentra la responsabilidad de la geometría de la escultura, su tipo y su material. Resulta entonces responsabilidad del autor que la escultura cuente con una revisión técnica para evitar colapsos, sin embargo los escultores en muy pocas sino es que, en nulas ocasiones conocen las consecuencias o revisiones que debe tener su obra para que no se presenten problemas de seguridad en casos de sismo, viento u otro factor externo, además del los factores intrínsecos de la obra misma dados por su composición y geometría.

La escultura monumental debido a su magnitud, requiere estar sometida a revisiones constantes de sus elementos y materiales; Esta, deberá estar regulada por un principio de seguridad estructural determinado por sus materiales.

Los aspectos característicos de su estructura deben reconocerse y evaluarse con el fin de establecer un criterio para su conservación.

Las esculturas monumentales, al estar situadas dentro de las trazas urbanas deberían estar sujetas a normas de revisión y valoración, debido a que están expuestos a condiciones de deterioro ambiental, alteraciones, modificaciones e incluso actos de vandalismo que podrían dañar su forma y su estructura.

Considerando este último punto es importante revisar las condiciones actuales de normatividad en las que se encuentran estos elementos monumentales, por lo que en el siguiente capítulo se realizará un análisis de manera puntual.

**Capítulo 3**  
**Normatividad**

*Todas las estructuras, por el simple hecho de su existencia, están sometidas a la acción de diversas cargas, y deben resistirlas.*

*Mario Salvadori*

### Capítulo 3

#### Normatividad.

El propósito de este capítulo es reconocer dentro de procedimientos admitidos de revisión y diseño la falta de reconocimiento de la escultura con un enfoque técnico y en un marco legal.

Se realiza una revisión de normatividades internacionales, federales y estatales a partir de identificar al objeto monumental como elemento estructural y de carácter arquitectónico. La normatividad está presente en las obras de carácter público, dictaminando sus diseños.

Tan solo un objeto arquitectónico, deberá estar normado por lo menos en reglamentos internacionales, nacionales, estatales, municipales y locales; esto sin contar con certificaciones especiales. Los elementos arquitectónicos al estar en un contexto urbano deben de ser estudiados en cuestiones de uso del suelo y regirse bajo parámetros de elementos físicos adicionales como viento, sismos entre otros.

Los elementos arquitectónicos de patrimonio de la humanidad están controlados por organizaciones internacionales como la UNESCO,<sup>50</sup> y mediante convenios internacionales como por ejemplo: La Carta de Venecia<sup>51</sup> o Carta internacional sobre la conservación y restauración de monumentos y lugares<sup>52</sup> (1966). Sus principios han sido incorporados a los criterios de autenticidad que se han de

---

<sup>50</sup> Las condiciones internacionales ICOMOS nos brindan parámetros para vigilar y regular condiciones de materiales así como procedimientos de construcción.

<sup>51</sup> La Carta de Venecia fue adoptada por ICOMOS en 1965 (ICOMOS, 2012).

<sup>52</sup> La Carta de Venecia está basada en un documento anterior conocido como Carta de Atenas y adoptado en una Conferencia de 1931.



respetar para la inscripción de los lugares en la Lista del Patrimonio Mundial. Además se deberá considerar: la Carta internacional de conservación y restauración de sitios y monumentos, normatividades, reglamentos, así como consideraciones tecnológicas de la época (Tazzer, 1991).



Bajo esta perspectiva una *escultura monumental* tiene todas las condiciones de ubicación, de materiales y por lo tanto deben absorber las normas por igual que un elemento arquitectónico. Esto sin contar que al tener un carácter simbólico<sup>53</sup> y de pertenencia de la sociedad adquiere una etiqueta de monumento y patrimonio.<sup>54</sup>

Sin embargo se han encontrado ciertas ambigüedades en la norma, pues al revisarla se evidencia la falta de cuidado o mantenimiento, nulo seguimiento, irregularidades en su construcción y diseño, e incluso omisiones importantes en criterios de revisión de esculturas urbanas.

A continuación se incluye una tabla comparativa de la Normatividad Federal que considera o debería considerar dentro de sus artículos a la escultura monumental, analizada en cuatro puntos relevantes: norma consultada, puntos de revisión, condiciones que cumplen y necesidades en la norma.

Cuadro 3.1. Resumen de Normatividades Federales que norman o deben normar la escultura urbana.

	Nombre	Artículos relacionados con la Escultura	Aspectos que considera al norma	Aspectos no considerados	Fuente
SEDESOL	SEDESOL	Cap. IX Mobiliario urbano 9.5.2.11 Esculturas y monumentos	Criterios de emplazamiento. Definición de esculturas, ubicación, materiales con	Revisión y planteamientos estructurales ni arquitectónicos, consideración de seguridad y	(SEDESOL, 2012)

<sup>53</sup> El carácter simbólico según Ernest Cassirer (Cassirer, 2004).

<sup>54</sup> El patrimonio está relacionado con cuatro factores: Uno. Cada época rescata de manera distinta su pasado. Dos. El rescate de los bienes patrimoniales se realiza de acuerdo con grupos sociales dominantes. Tres. El punto de partida el Estado para definir al patrimonio. Cuatro. El patrimonio es producto de un proceso histórico (Florescano, 2004).

			recomendación de duración, aspectos de orientación.	mantenimiento.	
CONACULTA, Federal	CONACULTA	Ley del Fomento y difusión de la cultura	Regular la participación social, fomentar el arte y al cultura	No consideran metodologías, no aspectos a revisar dentro de una mito tecnológico.	(CONACULTA, 2012)
Normatividad Federal	INAH	Ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, artísticos e Históricos	Cap III. Art 27-36, cap Iv De las zonas de monumentos y cap VI De las sanciones	No consideran aspectos particulares de la escultura urbana y se limitan a siglo XIX, dejando al siglo XX fuera de su alcance.	(INAH, 2012)
Normatividad Federal	INBA	Normas del Instituto Bellas Artes	Consideraciones artísticas y de valor patrimonial	No hay revisiones institucionalizadas ni metodologías	(INBA, 2012)

Fuente: Elaboración propia con base a Normas Federales relacionadas con la escultura urbana.

De acuerdo al cuadro 3.1 se puede observar que las instancias reguladoras de la escultura no consideran dentro de sus parámetros de análisis criterios básicos de revisión estructural, se limitan solo a criterios de emplazamiento, recomendaciones de orientación con motivos de luz y sombra o bien al fomento del arte y cultura, dando mayor peso en sus apartados a las aportaciones artísticas. Es importante señalar que al analizar los reglamentos de construcciones por Estado, la historia no es muy diferente. En realidad el más completo y actualizado es el reglamento de Construcciones del Distrito Federal, que incluso es el que considera con más detalle los requisitos para la colocación en vía pública de esculturas urbanas. Es oportuno señalar el caso del Estado de México, que no cuenta con un reglamento particular dentro de la entidad; Tiene como indicativo de referencia para sus construcciones al Reglamento de construcción del Distrito Federal.

A continuación se presenta en el cuadro 3.2 el resumen de normatividades Estatales consultadas y revisadas que no consideran a la escultura urbana dentro de sus alcances.

Cuadro 3.2. Resumen de Normatividades Estatales que norman o deben normar la escultura urbana.

Estado	Nombre	Artículos relacionados con la Escultura	Aspectos que considera al norma	Aspectos no considerados	Fuente
Distrito Federal	Reglamento de construcciones del Distrito Federal	No considera aspectos de escultura	No considera aspectos de escultura	Considerar dentro de su norma aspectos de revisión del proyecto arquitectónico y estructural de escultura urbana, análisis y revisión.	(GDDF, Reglamento de Construcciones, 2012)
Distrito Federal	Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Dirección General de Administración urbana. Dirección de control de proyectos y equipamiento urbano	Criterios para la colocación de esculturas urbanas.	Formato para la solicitud de colocación de esculturas urbanas, considerando: motivos, croquis de localización, fotografías, semblanza del escultor, especificaciones artísticas, iluminación, opiniones, calendario de obra, etc.	Consideran un proyecto de diseño estructural, pero no una revisión detallada de la escultura urbana.	(GDDF, Dirección de control de proyectos y equipamiento urbano, 2012)
Distrito Federal	Ley de salvaguarda del patrimonio urbanístico	Cap III De los espacios abiertos monumental	Definiciones, características, identificación de	Solo monumentos artísticos arquitectónicos	(GDF, 2000)

	arquitectónico del distrito federal	es y los monumentos urbanísticos	monumentos artísticos		
Aguascalientes	Reglamento de construcciones de Aguascalientes	No considera aspectos de escultura	No considera aspectos de escultura	Considerar dentro de su norma aspectos de revisión del proyecto arquitectónico y estructural de escultura urbana, análisis y revisión.	
Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán, Zacatecas, Tamaulipas.	Reglamento de construcciones de cada Estado	No considera aspectos de escultura	No considera aspectos de escultura	Considerar dentro de su norma aspectos de revisión del proyecto arquitectónico y estructural de escultura urbana, análisis y revisión.	Reglamento de Construcciones de cada Estado.
Nuevo León	Reglamento sobre la ubicación y conservación de monumentos y esculturas en la Ciudad de Monterrey	Cap I Art 3-5, Cap II Art 6-11, Cap III Art 12-16, Cap IV: Art 19-20	Procedimiento para autorizar la ubicación y edificación de monumentos y esculturas, Criterios de aplicación, Conservación y	Considerar dentro de su norma aspectos de revisión del proyecto arquitectónico y estructural de escultura urbana,	(GNL, 2012)

			mantenimiento	análisis y revisión.	
Baja California	Reglamento para la ubicación y conservación de monumentos, esculturas, estatuas y placas conmemorativas en el Municipio de Tijuana, B.C.	Cap II Art 12-13.	Procedimiento para Autorizar la ubicación y edificación	Considerar dentro de su norma aspectos de revisión del proyecto arquitectónico y estructural de escultura urbana, análisis y revisión.	(CALIFORNIA, 2012)

Fuente: Elaboración propia con base a Reglamentos de construcciones por Estado, relacionadas con la escultura urbana.

De acuerdo al cuadro anterior se puede observar que los reglamentos solamente nos dan definiciones y características del lugar,<sup>55</sup> que no consideran aspectos de revisión estructural, ni de mantenimiento para sus esculturas urbanas, incluso no hay un seguimiento ni cuidado durante su construcción.<sup>56</sup>

Algunos reglamentos señalan el formato de solicitud de colocación de esculturas urbanas, que coinciden en datos solicitados como: motivos, croquis, semblanza del escultor, algunos piden calendario de obra señalando la fecha de inauguración y personalidades que podrían asistir a ella.

Parecería que es más importante la iluminación de la escultura que incluso su seguridad estructural.

El formato que piden a nivel local es una versión muy similar del solicitado en el Distrito Federal.

<sup>55</sup> Las características se refieren a una descripción del paisaje.

<sup>56</sup> Un ejemplo fue la construcción del caballito de Sebastián, donde no se había diseñado una estrategia de transporte de las piezas de la escultura, ocasionando caídas de muros, problemas con cables, y en el momento de la colocación de las piezas, una se deprendió y quedaron tres trabajadores atrapados (Vallarino, 1995).



Derivado de estas prácticas y de la ausencia de normas y por lo tanto de criterios estandarizados aplicables en la República Mexicana, a nivel internacional los bienes patrimoniales son cuidados por normas derivadas de la UNESCO que son revisadas cada año en Convenciones de patrimonio mundial,<sup>57</sup> en ellas se vigilan los criterios para poder considerar un sitio, centro histórico, área natural etc. patrimonio de la humanidad.

Sin embargo, a pesar de su importancia en la historia de la sociedad, no se considera a las esculturas monumentales dentro de sus criterios.

Podrían llegarse a considerar si se lograra generalizar como un bien patrimonial, incluso así, no se consideran metodologías establecidas para la colocación de nuevas esculturas urbanas.

En el siguiente cuadro se analizan tres instancias de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) que norman los bienes patrimoniales y donde se evidencia la falta de un procedimiento internacional y por lo tanto nacional, que incluye al Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) y al Centro Internacional de Estudios de Conservación y Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM).

Cuadro 3.3. Resumen de Normatividades internacionales que norman o deben normar la escultura urbana.

	Nombre	Artículos relacionados con la Escultura	Aspectos que considera al norma	Aspectos no considerados	Fuente
UNESCO	ICOM	Bienes patrimoniales	Definiciones, criterios, relevancia cultural	Definen la escultura, pero no hay una metodología para su análisis, incluso no es solicitado	(UNESCO, 2012)
UNESCO	ICOMOS	Bienes	Identificar,	No plantea una	(ICOMOS,

<sup>57</sup> La convención fija el deber que compete a los Estados parte respecto a la identificación de sitios de patrimonio y criterios de selección (ICOMOS, 2012).

		patrimoniales	documentar y proponer bienes patrimoniales	metodología para su análisis, incluso no es solicitado	2012)
UNESCO	ICCROM	Bienes patrimoniales	Asesoría experta en restauración	No plantea una metodología para su análisis, incluso no es solicitado	(ICCROM, 2012)

Fuente: Elaboración propia con base a Normatividad Internacional relacionadas con la escultura urbana.

El continente europeo se ha distinguido por la antigüedad de sus construcciones y a que éstas forman parte de la historia de la humanidad. Italia cuenta con el mayor número de bienes en la lista de patrimonio mundial (UNESCO, 2012) comparado con cualquier otro país; Es importante señalar que este país se ubica en una zona considerada altamente sísmica.<sup>58</sup> Tan solo en los últimos tiempos, se han visto afectadas construcciones antiguas en eventos ocurridos en el año 2012, por ello se han fortalecido criterios de restauración y se ha vigilado el comportamiento estructural de varias edificaciones. Resulta relevante analizar la normatividad de este país; sin embargo a pesar de tener estas condiciones, las normas actuales en el *eurocódigo* vigilan a las construcciones arquitectónicas en aspectos estructurales y de diseño, sin considerar las ornamentales y los resultados son visibles.

En el cuadro 3.4 se presenta el *eurocódigo* cuyo alcance es en toda Europa y el *Standard Building code*, norma americana. Es importante señalar que en la normatividad americana están basados nuestros reglamentos en materiales como el acero y el concreto, y que al no manejar criterios para elementos ornamentales se deja de lado criterios de elementos como la escultura monumental, que se encuentran en vía pública y que utilizan materiales que tienen un comportamiento definido pero no estudiado.

<sup>58</sup> Según la norma italiana, *Coordinamento regionale prevenzione sismica*, que entró en vigor a partir del 14 de enero del 2008, no considera recomendaciones particulares a esculturas. (Italiano, 2009).

Cuadro 3.4. Resumen de Normatividades de otros países que norman o deben normar la escultura urbana.

País	Nombre	Artículos relacionados con la Escultura	Aspectos que considera al norma	Aspectos no considerados	Fuente
Países Europeo	Euro código	Eurocodigo 1: Aspectos estructurales Eurocodigo 3, piezas de acero Eurocodigo 8: Proyectos sismoresistentes	Procedimientos, revisiones que se deben utilizar.	No consideran a la escultura monumental dentro de su norma.	(EUROCODIGO, 2006)
Estados Unidos	Standard Building code	Código de normas de construcción	Criterios generales de revisión y estructuras para todo tipo de edificios	No incluyen aspectos particulares para las esculturas	(CODE, 2012)

Fuente: Elaboración propia con base a Normas europeas y Americanas relacionadas con la escultura urbana.

En síntesis, la normatividad a cualquier nivel es el reflejo de una serie de conocimientos probados y aceptados por la mayoría, que dan como plus la confiabilidad en las edificaciones y estructuras, por lo tanto son un procedimiento. Estandariza también la forma de actuar y de revisar de todos los involucrados en dicho proceso, que supone un ejemplo de repetición sin análisis. De ahí la importancia de revisar aquel marco legal en el que se supone deberían estar los elementos construidos y de apreciación artística-simbólica, ya que su permanencia en el tiempo y en la forma conceptual inicial en la que fue concebida una escultura refleja a la sociedad de ese momento.

En ninguna circunstancia se identifica un procedimiento de revisión de diseño de esculturas urbanas. La geometría, los materiales y las formas utilizadas son únicas en cada caso, a partir de este aspecto es importante considerar las diferencias en un mismo procedimiento.



## Conclusiones

Las consecuencias de no contar con una revisión reglamentada y por lo tanto un criterio para poder analizar una escultura monumental tendrá consecuencias de seguridad. Por ello es importante señalar los factores que intervienen en el diseño de una escultura.

Desde las primeras esculturas conocidas hasta las más contemporáneas, el objeto formal cuenta con las mismas características en su composición, sin embargo por su naturaleza no se podrían estandarizar.

En el diseño de la escultura desde la composición formal, tienen injerencia los siguientes elementos:

1. **Mensaje de la obra:**<sup>59</sup> aquí interviene las intenciones del autor con el propósito principal del objeto. El mensaje constituye el “alma” del objeto de arte.
2. **Forma en volumen:** que puede ser curva, ondulada, lineal, recta, diagonal, etc. justificada por medio del mensaje mismo.
3. **Posición:** horizontal, vertical o en equilibrio
4. **Línea:** contorno y huecos
5. **El movimiento:** es la percepción<sup>60</sup> de direcciones y desplazamientos de los elementos y las formas en el espacio
6. **Su textura:** Representada a través de diversos acabados que producen impresiones variadas al tacto.
7. **El ritmo:** Es la relación de las partes, del juego de luz y sombra. Incluso en algunas esculturas este factor es su principal elemento de composición.

---

<sup>59</sup> El mensaje como principio del arte (Eco, 2005).

<sup>60</sup> La percepción vista desde la Gestalt, teoría surgida en el siglo XX que alude a los modos de percepción. Explica la forma en que el cerebro decodifica la información que recibimos.

Desde el punto de vista tecnológico:

1. **Geometría de la escultura**
2. **Dimensiones en planta**
3. **Grosor de su estructura base**
4. **Altura**
5. **Momentos de inercia**
6. **Materiales (características y propiedades de los materiales).**

Los **materiales** tienen una relación estrecha con el mensaje de la obra, tan solo en México, nos hablan de una situación económica, política y social. La mayoría de las esculturas en el siglo XX fueron realizadas en concreto, debido al auge de este material y que se identificaba como un elemento de vanguardia. Todavía en estos días se siguen construyendo de concreto, a pesar de que en algunas ciudades se elaboran con acero y en otras más de polímeros. La razón está ubicada en un contexto económico, es más barato un material conocido y manejable para la mayoría de las personas y por lo tanto podrían actuar en caso de que falle. Sin embargo el concreto tiene la característica de no contar siempre con la misma resistencia, por su manejo.<sup>61</sup> El acero en cambio por ser un elemento prefabricado tiene mayor control en obra y por lo tanto en especificaciones como su grosor.

La diversidad en formas y en ubicaciones hacen de las esculturas urbanas un elemento de análisis con características propias.

---

<sup>61</sup> Los primeros usos del concreto hidráulico con una composición semejante a la actual, datan de finales del siglo XIX. La vida potencial de las estructuras de concreto puede llegar a superar con creces los cien años, su verdadera duración depende de los factores que las deterioran y las circunstancias que las vuelvan obsoletas (Ferrer, 2005).

## 7. Suelo (emplazamiento).

La ubicación no solo en el contexto urbano, llámese vía principal, vialidad u otro,<sup>62</sup> se refiere a las características del suelo en el cual se plantea su ubicación, hasta el momento la revisión en este aspecto se muestra en opciones de: plazas, parques, jardines u otros. Pero no se toma en cuenta el peso propio de la escultura comparado con la capacidad de carga de suelo de acuerdo a sus características.<sup>63</sup> O incluso si se ubica en una zona sísmica.

## 8. Reglamentación

Como se analizó en este capítulo, la reglamentación presenta un vacío de información importante, debido a que está dirigida a edificaciones con cargas vivas<sup>64</sup> en cuanto a criterios estructurales, o bien no consideran todos los materiales en los que puede realizarse una escultura.

El estudio de las condiciones de la estructura no se toma en cuenta. Por lo que un adecuado diagnóstico en su diseño propiciaría una documentación mucho más confiable para su conservación.

Resulta evidente la necesidad de una forma de análisis en este tipo de objetos, actualmente no se cuenta con una metodología para poder hacer un estudio que permita analizar el diseño, conocer el comportamiento de sus materiales, de su geometría y de su estructura, en caso de algún acontecimiento sísmico por ejemplo; Una metodología que permita un desarrollo más claro, que genere nuevos datos y que pueda aplicarse a esculturas urbanas.

---

<sup>62</sup> Las vías suelen dividirse en primarias, secundarias o terciarias (Schjetnan, 1997).

<sup>63</sup> Como es el caso del colapso de la losa donde se ubicó al escultura del escultor Sebastián. Véase capítulo 1.

<sup>64</sup> Existen diferentes tipos de cargas: 1. permanente referida al peso propio de la estructura. 2. accidental dinámica. 3. carga térmica y por asentamiento. 4. carga latente cuando su disposición es forzada y 5. cargas equivalentes (Tejeda, 1992). El Reglamento de construcciones del Distrito Federal, estipula dos cargas: muertas que son las originadas por el material y las vivas por elementos móviles (RCDF, 2004).

Es importante señalar que la mayoría de las esculturas urbanas realizadas en México en la segunda parte del siglo XX fueron justamente de concreto, por lo que la metodología debe analizar condiciones de este material.



**Capítulo 4**  
**Metodología**

Para este capítulo se propone la construcción del diseño de una metodología para la revisión estructural de esculturas urbanas para conocer su comportamiento. Estableciendo una forma de abordar la revisión, su organización y obtención de datos para comprender y controlar su composición formal de una escultura de concreto.

Una metodología se apoya de una serie de argumentos que la convierten en recomendable y aporta un conocimiento dialéctico.

Las razones de plantear la necesidad de una metodología en este tema son las siguientes:

- El criterio de conservación partirá de una documentación más exacta y técnica.
- El diseño de esculturas urbanas se convierte en acciones sucesivas que permitan obras con mayor seguridad, con economía de esfuerzo y con un alto grado de responsabilidad.
- Se evitarían errores que propicien derroche de recursos de cualquier índole.
- El concepto del diseño de esculturas considerado intuitivo, plantea una necesidad metodológica que parte de la teoría del conocimiento. El diseño parte de una teoría científica en donde las propuestas operativas se convierten en instrumentos para la acción.

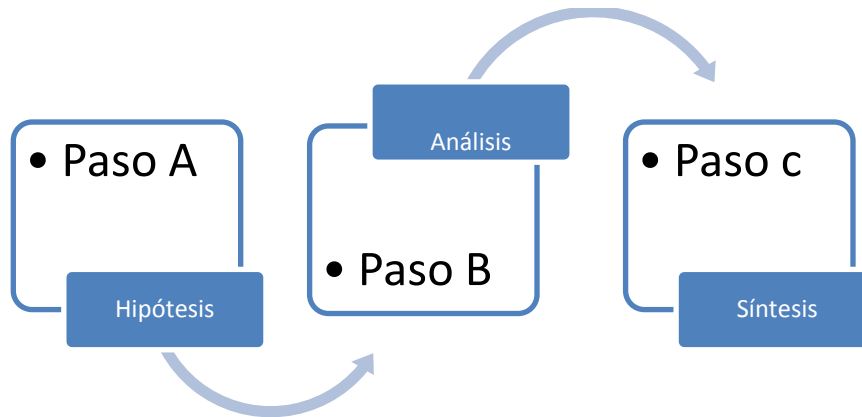
#### **Punto de Partida.**

La unidad de la ciencia se establece como fundamento. El *episteme* funda su legitimidad, la evidencia del conocimiento (Nicol, 2001). El conocimiento está determinado por su organización objetiva, metódica y sistemática. Y está relacionado con la exactitud cuantitativa, lo que proporciona menor subjetividad de

interpretaciones y evita la arbitrariedad.<sup>65</sup> Bajo esta postura el conocimiento debe estar regulado por un método científico, que ofrece la validación del conocimiento.

Un método basado en un planteamiento científico, debe contener:

1. Hipótesis
2. Análisis
3. Síntesis



Cuadro 4.1 Planteamiento científico (Cruz, 2012).

Con base a lo anterior la estructura consta de tres etapas sustanciales:

1. Estructuración o propuesta
2. Análisis
3. Diseño o revisión<sup>66</sup>

Y el proceso de diseño estructural según Roberto Meli, puede dividirse en tres etapas (Meli, 2008):

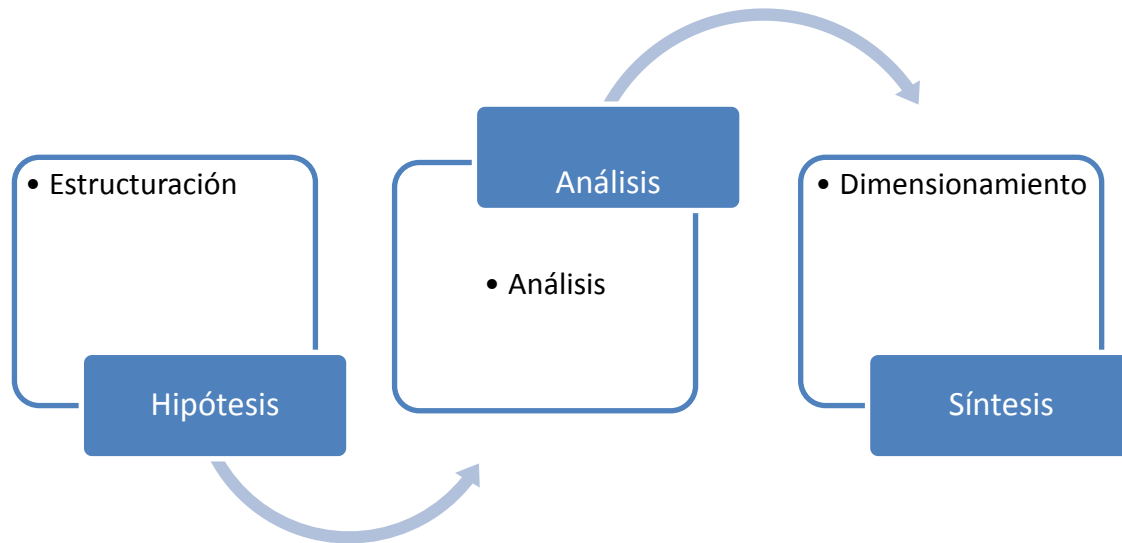
1. Estructuración<sup>67</sup>
2. Análisis<sup>68</sup>

<sup>65</sup> Heidegger afirma que el conocimiento matemático no es más riguroso que el histórico; posee sólo el carácter de exactitud.

<sup>66</sup> Feodósiev utiliza diferentes nombres: 1. Idealización del objeto. 2. Análisis, 3. Vuelta al esquema real (Feodósiev, 1973).

<sup>67</sup> La estructuración se puede definir como la manera de acomodar y dimensionar los elementos portantes (Tejeda, 1992).

### 3. Dimensionamiento<sup>69</sup>



Cuadro 4.2 Planteamiento científico en el diseño estructural según Meli (Cruz, 2012).

#### 1. Estructuración

El paso por cada una no es lineal y único, puede iniciarse en cualquiera de ellas y retroalimentar a las demás el número de veces que sea necesario.

La etapa de estructuración se refiere a la definición de la geometría global y los materiales de la estructura en estudio; está muy ligada al diseño arquitectónico. Durante la estructuración es fundamental la creatividad y la experiencia para lograr un modelo de análisis congruente así como resultados confiables.

#### 2. El análisis

Consiste en elaborar un modelo de la estructura, someterlo a la acción de cargas y obtener su respuesta. El modelo es una idealización de la estructura real, por lo que debe ser sencillo y confiable para el proceso de diseño. Las cargas que se la

<sup>68</sup> El análisis se refiere a la transmisión y obtención de todas las cargas que actúan en cada uno de los miembros estructurales.

<sup>69</sup> En el dimensionamiento el objetivo es asegurar que el material propuesto resista óptimamente a las solicitudes que lo producen.



aplican al modelo son las que presentan mayor probabilidad de ocurrir durante la vida útil de la edificación; los reglamentos establecen el tipo y combinación de cargas que deben considerarse. Los principales resultados que se obtienen de esta etapa son las deformaciones y los esfuerzos actuantes en la estructura originados por las cargas. Actualmente existen programas de computadora que realizan esta etapa con mayor rapidez, sin embargo, no hay que perder de vista que sólo son herramientas que utiliza el especialista y las decisiones las toma él mismo.

### 3. El dimensionamiento

Consiste en detallar la estructura y sus elementos resistentes, verificando que se cumplan los requerimientos mínimos de seguridad estructural.<sup>70</sup> Los valores finales del proceso se plasman en planos y especificaciones para su futura construcción.

Puede notarse que cualquier estructura (de una vivienda, de algún edificio, incluso de una aeronave o embarcación, por lo tanto de una escultura, entre otras) sigue el proceso descrito. La diferencia radica en que cada estructura presenta aspectos propios que deben ser analizados minuciosa y particularmente. La mayoría de los códigos de diseño estructural son aplicables a edificaciones pequeñas y medianas destinadas a vivienda, oficinas y comercios; en los últimos años se han realizado mayor cantidad de estudios a estructuras de puentes, túneles, presas, silos, chimeneas, tanques, depósitos, tuberías, torres de telecomunicaciones, entre otras (CFE, 2008).

Sin embargo, existe poca o nula información en lo referente a esculturas urbanas, por lo que se presenta a continuación una metodología que permita identificar los

---

<sup>70</sup> Se denomina así a las condiciones mínimas que deben cumplir las edificaciones para considerar que cumple el objetivo para el cual fue diseñado. Está relacionada con resistencia y estabilidad (Cotran, 2005).

parámetros propios de este tipo de construcción en el proceso de diseño estructural.

### Propuesta metodológica.

#### Descripción

La finalidad de la propuesta es incorporar aspectos propios de las esculturas urbanas a la metodología típica de diseño estructural, por lo que se hará referencia a documentos o libros especializados en el tema y de mayor uso en México. A continuación se presentan y describen brevemente las principales etapas de la propuesta metodológica.

#### Métodos de apoyo

Se tomaron en cuenta los métodos que se incluyen en el cuadro 4.3 por la relevancia y la aportación a la metodología. Se muestra el nombre del método, en una segunda columna la información que proporciona el método y la fuente.

Cuadro 4.3. Métodos utilizados en el instrumento metodológico (Cruz, 2012).

Método	Información que proporciona	Fuente
Método de análisis dinámico	El <b>análisis dinámico</b> comprende el análisis de las fuerzas, desplazamientos, velocidades y aceleraciones que aparecen en una estructura o mecanismo como resultado de los desplazamientos y deformaciones que aparecen en la estructura o mecanismo	(Ambrose, 2009)
Método de	Para excitar <sup>71</sup> las estructuras con diferentes niveles de intensidad sísmica es necesario modificar	(Dorado, 2005)

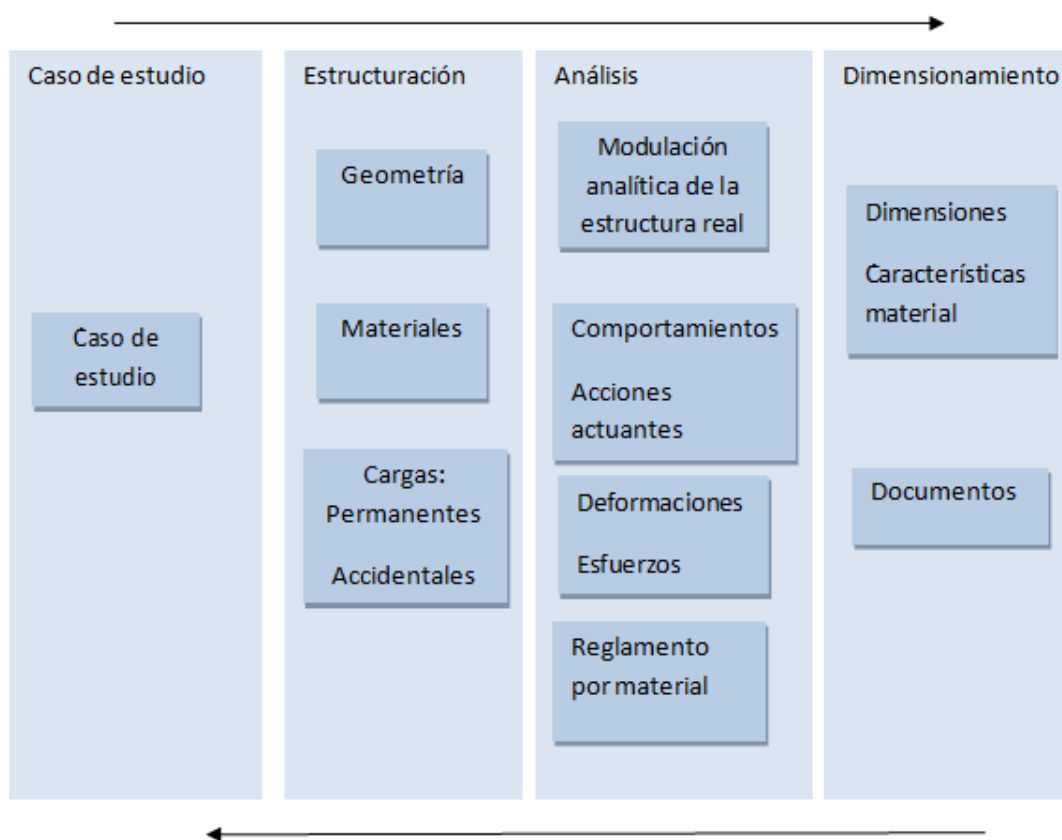
<sup>71</sup> Someter a la estructura a diversas intensidades para experimentar comportamientos.

escalación	<p>las amplitudes de los movimientos sísmicos registrados por un factor de escala. Este es un valor numérico que multiplica a la historia de aceleraciones del registro, de tal manera que la ordenada espectral correspondiente al periodo fundamental de la estructura por analizar tenga un escalamiento de acelerogramas y número mínimo de registros requeridos para el análisis de estructuras.</p>	
Criterio de Housner	<p>El modelo mecánico de Housner consiste en realizar análisis dinámicos del movimiento oscilatorio</p>	(Hernandez, 2007)
Método de Newmark	<p>El análisis de Newmark, se ha venido usando en diseños de terraplenes antrópicos desde hace 15 años, recientemente se ha calibrado y comparando en los casos de fallas en taludes naturales inducidas por sismos demostrando su validez en la predicción de desplazamientos de un deslizamiento durante un movimiento sísmico</p>	(Vila, 2005)

## Procedimiento

En el siguiente cuadro (4.4) se puede observar el procedimiento general y las etapas del diseño estructural así como las variables en cada parte.

Cuadro 4.4 Resumen del procedimiento (Cruz, 2012).



A partir de esta revisión general se podrá mostrar el procedimiento paso a paso:

### 1. Selección del caso de estudio

Es importante señalar que la metodología propuesta podría ser utilizada en:

- Esculturas monumentales de patrimonio del siglo XX
- Esculturas monumentales no considerados patrimonio
- Nuevos diseños de esculturas.

En los tres casos resulta ser un instrumento útil e innovador.



Si la elección implica esculturas de valor patrimonial, se recomienda verificar las siguientes consideraciones (UNESCO, 2012):

- La escultura deberá ser de importancia cultural. Esto significa que su protección es de importancia para el conjunto de la comunidad.
- Debe representar una maestría en su arte y técnica.
- Ser testigo de un intercambio de valores, en ámbitos de arquitectura o arte.
- Aportar un testimonio único o al menos excepcional.
- Ser un ejemplo representativo de un tipo de tecnología o de arte.
- Estar relacionados con acontecimientos importantes de la comunidad.
- Debe ser único.<sup>72</sup>
- Debe contribuir a una explicación de dimensiones artísticas, históricas, sociales.
- Deberá contribuir con valores estéticos (Brandi, 1999).

Para Cesare Brandi, los objetos considerados de patrimonio deberían ser obras de arte.<sup>73</sup>

## 2. Estructuración

Precisar la geometría global y particular de la estructura de la escultura. La geometría global se refiere a las dimensiones en planta y elevación, mientras que la particular es la de los elementos que la constituyen. Además, en este paso se establece el acomodo de los mismos, de tal manera que se tiene un sistema capaz de resistir las cargas a que va estar sometido.

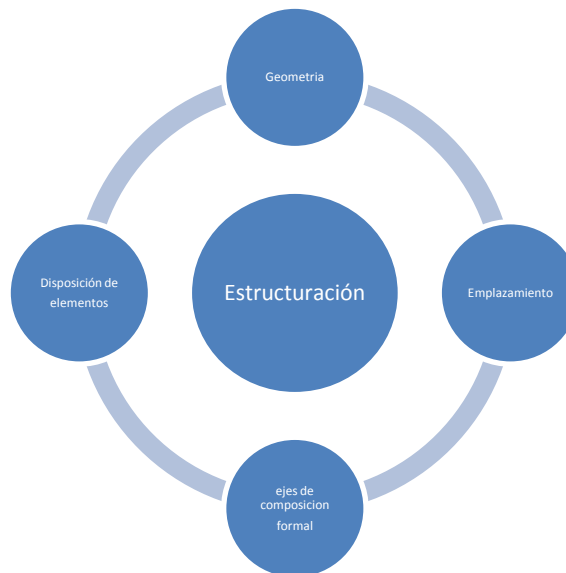
Una escultura urbana presenta pocos o nulos ejes de simetría, o requiere una cantidad limitada de puntos de apoyo, por lo que la estructuración debe realizarse cuidadosamente.<sup>74</sup>

---

<sup>72</sup> Y de carácter indiscutible de esta atribución.

<sup>73</sup> La obra de arte debe gozar de una instancia estética y una histórica. La dialéctica entre estos conceptos nos brindarán un momento metodológico de reconocimiento de una obra de arte.

<sup>74</sup> Un ejemplo es la escultura de Sebastián, donde primero se concibe la idea, posteriormente desarrolla el boceto, siguiendo una composición por medio de módulos. El escultor afirma que esto es una estrategia estructural (Vallarino, 1995).



Cuadro 4.5. Variables que intervienen en la etapa de estructuración: geometría, disposición y ejes de composición formal. (Cruz, 2012).

### 3. Materiales

Seleccionar el material con el que se construirá la estructura. Es importante señalar que en este tipo de construcciones no siempre se utilizan los materiales estructurales tradicionales; la innovación de geometría y los avances tecnológicos permiten la utilización de materiales novedosos (por ejemplo: los polímeros), por lo que será indispensable contar con suficiente información técnica como curva esfuerzo-deformación, valores de esfuerzos o resistencias máximas, módulo de elasticidad, módulo de cortante, módulo de Poisson, coeficiente de expansión térmica, peso, densidad, ductilidad, coeficiente de amortiguamiento viscoso (Cuadro 4.1).



Cuadro 4.6. Variables que se consideran en el análisis y propiedades de los materiales (Callister, 2000). Elaboración propia.

Cuadro 4.7. Resumen de las principales características y propiedades de la estructura de una escultura.

<b>PARÁMETROS</b>
<b>I. Geométricos</b>
Forma en planta (sección transversal)
Dimensiones en planta
Espesor de los muros
Área en planta
Altura
Momento de inercia mayor
Momento de inercia menor
<b>II. Materiales</b>
Material
Resistencia del material
Módulo de elasticidad
Peso volumétrico
Peso total de la torre
<b>III. Dinámicos</b>
Periodo natural

Frecuencia natural
Coeficiente de amortiguamiento viscoso
<b>IV. Suelo</b>
Tipo de suelo
Zona
Reglamentación

#### 4. Cargas

De origen externo, provocan respuestas internas a la estructura, es por esta razón que su aplicación y evaluación es fundamental para el diseño. Dependiendo del tipo de edificio y su uso, se determinan las cargas y sus combinaciones a actuar.

Las cargas presentes en esculturas difieren de otro tipo de construcciones urbanas; las cargas que con mayor frecuencia se presentan en las esculturas son del tipo permanentes (peso propio) y accidentales (sismo o viento), de esta última también será necesario conocer el sitio donde se ubicará la estructura, ya que el efecto de estas cargas depende de aspectos geológicos y geográficos.<sup>75</sup>

Otro aspecto importante es la manera en que se representa la carga, es decir, si es una carga concentrada, distribuida, aplicada vertical u horizontalmente,<sup>76</sup> etc.

#### 5. Método de análisis

Existen diversos métodos para analizar la estructura; todos inician con la modelación analítica de la estructura real y posteriormente la aplicación de los conceptos propios del método. Los métodos se basan en el cumplimiento de dos tipos de requerimientos: equilibrio fuerzas y compatibilidad de deformaciones. En la actualidad, las computadoras permiten realizar análisis estructurales rápidos y confiables de prácticamente cualquier tipo de estructura.

<sup>75</sup> Los aspectos geológicos se refieren a las características del relieve.

<sup>76</sup> Una carga concentrada es aquella que actúa sobre una superficie muy reducida con respecto al total (Ambrose, 2009).



Los aspectos a considerar en el análisis de una estructura (Meli, 2008), incluyendo a las esculturas, son:

- a) Geometría
- b) Condiciones de continuidad en las fronteras
- c) Comportamiento de los materiales
- d) Acciones impuestas

Los resultados del análisis pueden clasificarse en dos grandes grupos:

1. Deformaciones <sup>77</sup>
2. Esfuerzos.

Las deformaciones son desplazamientos de la estructura que se relacionan con la comodidad y apariencia de la construcción, es decir, evitar desplazamientos excesivos que provoquen sensaciones desagradables o dañen elementos no estructurales originando una percepción de inseguridad.

Los esfuerzos se relacionan con la resistencia de la estructura y sus elementos, por lo que corresponden a niveles de seguridad para evitar la falla parcial o total de la construcción.

## 6. Dimensionamiento

Una vez conocidos los desplazamientos y esfuerzos del análisis estructural,<sup>78</sup> se comparan con los correspondientes requerimientos de la reglamentación. El reglamento de diseño es un documento legal que establece los niveles mínimos de seguridad estructural. Los reglamentos se enfocan a algún material como concreto, acero, mampostería o madera (RCDF, 2004) (NTC, 2004); tipo de estructura como puentes o túneles (CFE, 2008), o acción como viento o sismo (Bazán E. y Meli R., 1999).

---

<sup>77</sup> Esfuerzos de límite plástico.

<sup>78</sup> Los esfuerzos son las fuerzas internas, debido a las cargas sometidas a un elemento resistente (Cotran, 2005).

En el caso de esculturas, puede seleccionarse un reglamento para el material dejando en segundo lugar el tipo de estructura, es decir, no se requeriría un reglamento exclusivo para esculturas, siempre y cuando exista una normatividad para el material estructural seleccionado.



En esta etapa se obtienen las dimensiones y características del material, de los elementos resistentes de la estructura, con lo cual se logra resistir las cargas a la que estará sometida la estructura. Es importante notar que estos valores deben encontrarse en rangos lógicos para su obtención durante la construcción, en caso contrario se estaría tratando de un objeto incosteable o irrealizable.

## **7. Documentos**

Finalmente, las etapas anteriores y los resultados de las mismas se presentarán en memorias de cálculo, planos y especificaciones, tanto para su construcción como para futuras revisiones.

La metodología no es rígida y puede retroalimentarse en cualquier etapa, sin embargo, se considera que las dos primeras son fundamentales para el estudio. También pretende proporcionar una guía básica del proceso de diseño para esculturas y en determinado momento motivar su aplicación y refinamiento en futuras obras.

**Capítulo 5**

**Caso de estudio**

### Antecedentes del caso de estudio

El propósito de este capítulo es presentar el caso de estudio, conocer sus antecedentes históricos y situarnos en las características particulares del objeto. Se ubica desde un contexto urbano hasta los criterios de diseño.

Se desarrolla en tres apartados: el primero de ellos, el reconocimiento desde la ciudad satélite. En un segundo momento el conjunto escultórico y sus autores, por último las intervenciones que ha sufrido el conjunto escultórico.

El siglo XX en México fue muy significativo, se podría analizar momentos económicos, sociales y políticos por medio de sus esculturas urbanas. En la primera parte del siglo tendríamos de referencia al Monumento de la Revolución (material de construcción: mampostería) se daría paso a la vanguardia, al crecimiento urbano y por lo tanto del equipamiento y de vivienda con la ciudad satélite, coronado con el conjunto escultórico Las Torres de Satélite; después la Ruta de la Amistad, también realizada en concreto, construida en los años 60's, pero aun así en estos años Las torres de Satélite tendrían mayor importancia. Se daría fin al siglo con la escultura urbana de Sebastián donde el acero se hace presente y enmarca el neoliberalismo en México.

La mayor parte de las obras monumentales del siglo XX se realizaron en concreto, considerado elemento de vanguardia.

En la década de los años 40's el crecimiento de la ciudad de México era inminente, los años de prosperidad llamado "milagro mexicano"<sup>79</sup> dejaban a las "viejas urbes" como obsoletas de las nuevas condiciones urbanas sociales y funcionales. Los diseños de urbanistas se estaban haciendo realidad, la referencia más próxima fue lo que los británicos llamaron "ciudad satélite", (A.E.J.Morris, 2007) el audaz proyecto de urbanización consistía según Graciela de Garay (Alba M. D., 2011) en sacar al hombre de los espacios insalubres y trasladarlo a un jardín,<sup>80</sup> donde la arquitectura y la naturaleza contribuían a la felicidad.

Para lograrlo a finales de la década de los cuarenta y a lo largo de los cincuenta se dio gran impulso a este tipo de proyectos. El desarrollo de fraccionamientos suburbanos en México se debió a: el uso del automóvil, la construcción de carreteras<sup>81</sup>, el establecimiento de zonas febriles, los incentivos fiscales para la inversión industrial dieron apertura a nuevas fuentes de trabajo, así como el acelerado crecimiento demográfico.

Al aumentar la producción mundial automotriz, los urbanistas aceptaron el automóvil como elemento emblemático de la ciudad contemporánea. El auto había hecho que recorrer grandes distancias a altas velocidades no fuera un problema. En México se pensaba rediseñar la ciudad mediante la apertura de nuevas avenidas y viaductos que mostraran vehículos importados principalmente norteamericanos.

Por otra parte, la tendencia internacional se inclinaba por la construcción de nuevas carreteras. En el Estado de México empezaba a crearse una zona industrial, concretamente en las localidades de Tlalnepantla, san Bartolo de Naucalpan, Ecatepec, porque el gobierno local ofreció exención de impuestos a

---

<sup>79</sup> El milagro mexicano se refiere a una etapa económica caracterizada por un crecimiento sostenido. Fue el cambio hacia una nación moderna (Mendez Morales, 2001).

<sup>80</sup> El concepto de ciudad jardín fue fundado por Ebenezer Howard. El concepto es desarrollar una ciudad para la vida saludable que haga posible una vida social en plenitud (Katzman, 1964).

<sup>81</sup> Tan solo en los años 50's se tiene registro de 20 000 km de nuevas carreteras en México. (Mendez Morales, 2001)

los que instalaran fábricas en esa zona. No obstante la localidad aún no disponía de la infraestructura habitacional que requería la población en aumento. En consecuencia habría que optimizar por un lado la producción y por otro concentrar los asentamientos humanos en pequeñas áreas geográficas para reducir costos en el suministro de servicios públicos como la luz, agua potable y drenaje.

Este nuevo diseño estuvo a cargo del Arq. Mario Pani,<sup>82</sup> que gozaba de una notable actividad profesional en el campo del planteamiento urbanístico al frente del Taller de Urbanismo, donde José Luis Cuevas y Domingo García Ramos<sup>83</sup> también desempeñaron un papel destacado (Burian, 1997). Mario Pani pensaba que no era posible reconstruir y re-zonificar la antigua ciudad a partir de lineamientos de un programa de planificación integral y tampoco consideraba viable, en ese momento, una “solución de ciudad dentro de ciudad”. A su juicio, las urbes de ayer habían crecido en forma desordenada y anárquica (Gortázar, 2004) sin los lineamientos de un plan y sin el freno de un límite. Por tal motivo Pani proponía desplazamientos urbanos a partir de núcleos satélite, planeados como estructuras autónomas fuera de la ciudad (UNAM, 1990). A este objetivo respondía la fundación de la ciudad Satélite que, se debía a la iniciativa privada de México, concretamente del ex presidente Miguel Alemán.<sup>84</sup>

---

<sup>82</sup> Mario Pani Darqui, realizó sus estudios profesionales en la *École des Beaux Arts* de París, destacado arquitecto y urbanista, entre sus obras se encuentran: Multifamiliar Miguel Alemán en 1951, el Conservatorio Nacional de Música y Ciudad Universitaria en la Ciudad de México (UNAM, 1990).

<sup>83</sup> Realizó sus estudios de Arquitectura en la Escuela Nacional de Arquitectura de la UNAM. Jefe del departamento de Urbanismo de la División de estudios superiores. Destacado Urbanista (Alba M. D., 2011).

<sup>84</sup> Los terrenos de la lotificación era propiedad de Miguel Alemán.



Figura 4.1. Traza urbana de la nueva ciudad satélite (Attini, 2007, pág. 20).

La ciudad satélite debía ser autosuficiente, tener un centro comercial y un sistema de circulación Herrey.<sup>85</sup> Debía tener supermanzanas que a su vez se divide en manzanas. El área estaba limitada por colinas, su población era para 200000 habitantes. La aportación más significativa es que no presentaría problemas de crecimiento, por su criterio lógico de modulación en la zonificación y lotificación de la ciudad.

Hoy ciudad satélite se distingue por el apego e identidad de sus habitantes (Alba M. D., 2011).

---

<sup>85</sup> Un sistema de circulación Herrey se refiere a la ausencia de cruces que permita recorrer al automóvil grandes distancias a gran velocidad. La teoría se basa en la supresión del cruce.



Figura 4.2. Traza urbana de la nueva ciudad satélite, se visualiza la traza de supermanzana (Attini, 2007, pág. 21)

### Las Torres de Satélite

La escultura urbana conocida como TORRES DE SATELITE tiene su origen en la solicitud de Pani hace a Luis Barragán solicitando los accesos (norte y sur) a la nueva ciudad; este último invitó a Mathias Goeritz a colaborar con el proyecto y a Jesús Reyes Ferreira<sup>86</sup> como colaborador artístico. El proyecto de Barragán para la glorieta y fuente de acceso norte nunca se realizó.

Las emblemáticas Torres de Goeritz y Barragán, las cuales se mantienen como referencia de esta importancia cultural inauguradas en marzo de 1958, conocieron un éxito instantáneo: se publicaron por todo el mundo, fueron generalmente consideradas una concepción maestra, una completa novedad, una propuesta que cambiaba el modo de entender el arte para la nueva dimensión urbana y en la era

---

<sup>86</sup> Jesús Reyes Ferreira fue un pintor jalisciense, que incorporó una visión contemporánea de la cultura popular mexicana (Spindola, 2011).



del automóvil. Las Torres de Satélite marcaron un antes y un después en el arte hecho para la ciudad.

Este monumento<sup>87</sup> es una pieza imprescindible de nuestro proceso cultural, una señal de identidad visual para sectores muy amplios de la metrópoli, un punto de referencia, un emblema (Gortazar, 2008).

Las torres de satélite, son un conjunto escultórico de cinco prismas triangulares originalmente diseñados como una gran fuente dispuesta en la entrada de la naciente ciudad,<sup>88</sup> las torres se han convertido en un símbolo distintivo de la ciudad satélite.



Figura 4.3. Torres de satélite (Attini, 2007, pág. 21).

La planeación de las torres, una de las primeras esculturas urbanas de grandes dimensiones en México, se inició en 1957 con la idea del escultor Mathias Goeritz.

En principio se contempló la construcción de siete cuerpos, de los cuales el más grande alcanzaría una altura de 200 metros; sin embargo, por falta de presupuesto

<sup>87</sup> Carlos Chanfon Olmos (Olmos C. C., 1996) menciona que un monumento debe contar con dos valores: valor testimonial y valor documental para lograr emitir un mensaje de la sociedad.

<sup>88</sup> Sin embargo los datos obtenidos en esta investigación muestran que esto no era posible. Dato curioso que aparece en casi toda la literatura al respecto.

se eliminaron dos cuerpos, quedando cinco torres y reduciendo su altura para que la torre más grande midiera 52 metros de altura y la menor 30. La idea original de Goeritz sobre el color de las torres es que fueran todas en diferentes gamas de naranja, pero fue persuadido por constructores y empresarios para que se pintaran en diferentes tonos, quedando en anaranjado, blanco y amarillo. Su influencia principal son las torres de San Gimignano en Italia.<sup>89</sup>



Figura 4.4. Torres de San Gimignano, Italia (Geographic, 2012).

Los colores originales, como ha podido corroborarse mediante fotografías de la época, fueron blancos, amarillos y ocre, de acuerdo a la inspiración que sus creadores encontraron en las torres de San Gimignano.<sup>90</sup>

Con motivo de las olimpiadas de 1968<sup>91</sup> fueron pintadas por idea de Mathias Goeritz con color anaranjado para contrastar con el azul del cielo.

---

<sup>89</sup> En el verano de 1952 Luis Barragán viajó a Suecia en compañía del historiador de arte Justino Fernández con motivo de un congreso de arquitectura de paisaje, ambos posteriormente se trasladaron a Italia, donde conocieron San Gimignano (Alba M. D., 2011).

<sup>90</sup> San Gimignano es un pueblo de origen medieval situado en la región de la Toscana en Italia. Es patrimonio de la humanidad desde 1990 (UNESCO, 2012).

<sup>91</sup> En el año de 1968, México se presentó ante el mundo como anfitrión de los Juegos Olímpicos con un amplio sentido creativo. En México 68, se reinventó la esencia griega de las olimpiadas y se propuso un año de Olimpiada Cultural además de las dos semanas de juegos atléticos. Así, por primera vez, el intelecto y la fuerza comparten un mismo sentido. Sin lugar a dudas, México logró entonces aportar los conceptos que regirían las justas hasta nuestros días (México 68, 2010).

Fueron construidas en concreto, debido a que en esa época y hasta los años sesenta este material representaba una innovación en elementos esculturales y con acabado aparente de la cimbra con la cual fue colada.

En 1989 fueron pintadas con sus colores actuales. El gobierno de Naucalpan la sociedad civil y diversas empresas realizan un remozamiento integral con el despintado, pintado e iluminación de las torres.



Figura 4.5. Las Torres de Satélite (Cruz, 2012).

Es incierto y hasta polémico el grado de autoría que tuvieron Luis Barragán y Mathias Goeritz en las Torres de Satélite. Éste, pintor y escultor alemán de origen judío, representante destacado del minimalismo artístico, y artífice del florecimiento del arte urbano monumental en la Ciudad de México, por sugerencia personal de Barragán, las hizo suyas mundialmente, y cuando el arquitecto jalisciense vio la trascendencia de la obra en la que había participado, quiso tener su parte de crédito, cuestión que lo enemistaría para siempre con Goeritz.

Con el paso de los años surgieron mitos e intentos de explicaciones estrictamente simbólicas de las Torres: que representan la fundación del quinto barrio de Naucalpan, en lugar de los cuatro barrios, que serían 20 y la más alta de 200 metros; o hasta las más risibles: que son un monumento al cemento o simples bloques de concreto pintado.

Actualmente priva una enorme ignorancia sobre el monumento, más evidente en las nuevas generaciones y sin distinción de posición socioeconómica, según diversas encuestas como la realizada por Cuauhtémoc Rodríguez, de Fomento Cultural Torres Satélite. Un profundo desconocimiento de esos cinco atlantes coloridos que están a un paso de ser declarados Patrimonio Artístico Nacional y quizá en un futuro de la humanidad, donde se plasmaron las ideas geniales de Pani, Barragán y Goeritz que pudieron ver realizados parte de sus ideas a sus anchas. En medida que las Torres reciban la importancia y respeto debido por sus propios vecinos, que por la prisa o por la costumbre ignoren la emoción que busco Goeritz con el diverso y multiforme juego de perspectivas y el derroche de color pleno pensado por Barragán en un entorno hoy contaminado por los colores del consumo. En medio del noroeste y desde muchos puntos de vista, las cinco torres iluminan con sus colores la frialdad y homogeneidad de las azoteas (MARTINEZ, 2007). Pero en el año 2010 con la planeación del segundo piso<sup>92</sup> de puente vehicular se planeaba pasar justo en el espacio de Las torres de Satélite. La

---

<sup>92</sup> El proyecto es del gobierno del DF; consiste en construir un segundo piso en las vialidades principales de la ciudad para agilizar el tráfico vehicular.

sociedad se unió en defensa de la escultura urbana y fue tal la magnitud de esta que no lo hicieron como estaba planeado, dejando a las Torres en su espacio inicial de significación, en la entrada de la Ciudad Satélite.

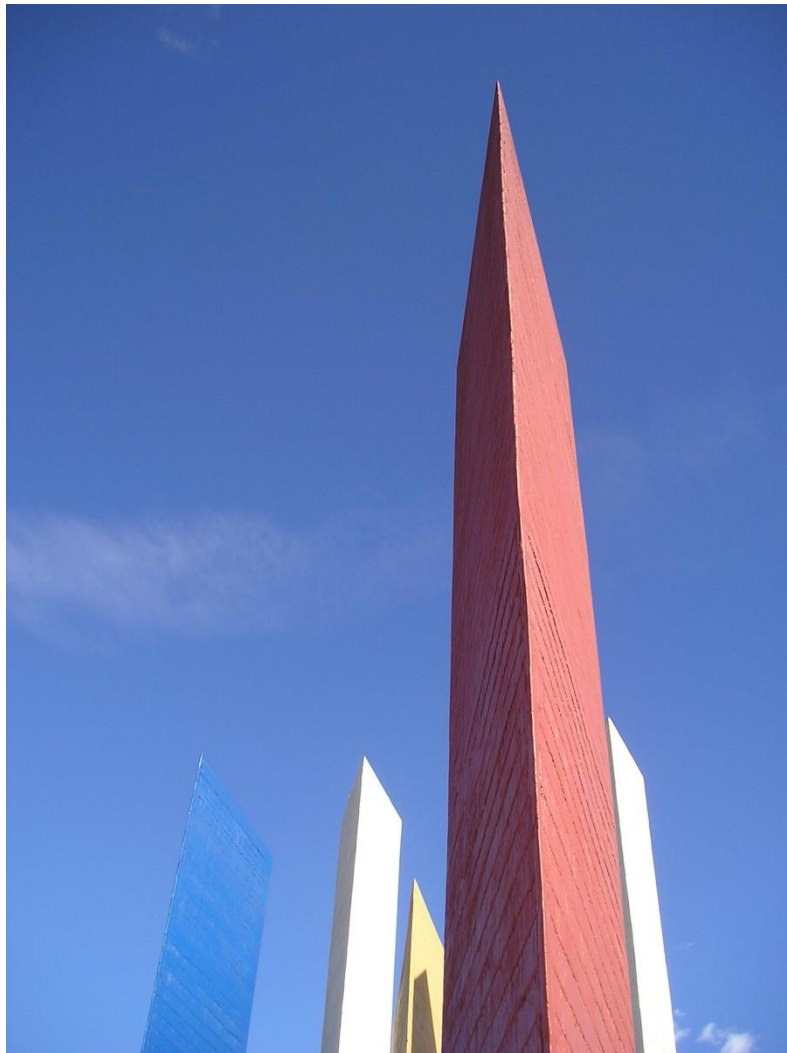


Figura 4.6. Las Torres de Satélite (Cruz, 2012).

### 1989 Pintura

A treinta años de su construcción Las Torres de Satélite parecían formar parte de un basurero urbano caótico rodeado de contaminación visual (postes y puentes peatonales) Su rescate era urgente y lograrlo fue trabajo de varios años, en el que intervinieron varias personas y organismos, ya que existían diferencias de opinión acerca de los colores originales de las torres, debido a que desde su construcción en 1957 habían sido pintadas varias veces y al parecer no existían datos concretos de cuáles eran los colores originales.

BAYER de México y PINTURAS NERVION, interesados en que alguna obra representativa de la construcción civil estuviera protegida con sistemas de poliuretano, se interesaron de inmediato en el proyecto de las Torres de Satélite.

La superficie de las Torres es todo menos lisa y, debido a las rugosidades de la superficie, se iba a consumir mucha más pintura que en una pared normal. Además, estaban muy deterioradas sumando múltiples capas de pintura en mal estado, decolorada y escarapelada, por lo que se optó por despintarlas por completo hasta llegar al concreto.

Inmediatamente la empresa responsable de la obra decidió

- Sellador: DURACON 161-TSS promotor de adherencia
- Intermedia: DURACON 162-TSP fondo pigmentado
- Acabado larga duración: DURACON 163-TSA
- Acabado antigrafiti de larga duración: En la parte inferior, hasta una altura de 3 metros, se dio una mano adicional de DURACON 775-TSA para aumentar la resistencia a posibles lavados repetidos con solventes fuertes. Se escogió el sistema de limpieza Hidroblast, que consiste en limpieza con chorro de arena y agua para evitar nubes de polvo y residuos de pintura. (NERVION S.A, 1990)



Mathias Goeritz había estado participando en el proyecto de rescate de las Torres de Satélite sobre todo en lo que se refería a la elección de los nuevos colores. Sin embargo, justo en 1990 falleció. A su muerte, aún no se habían determinado cuáles serían los colores que llevarían los cinco prismas, por lo que se retrasó el proyecto un año en lo que se decidieron los colores.

Las diferentes partes se pusieron de acuerdo y finalmente se determinó pintar dos torres blancas, una azul, una amarilla y una roja y se iniciaron los trabajos para igualar los colores elegidos. El sistema a utilizar estaría formado por recubrimientos de poliuretano DURACON de NERVION, formulados con resinas DD- Lack y pigmentos BayFerrox de BAYER.

Al reiniciarse los trabajos de rescate después de haber sido despintadas, la limpieza de las torres todavía no era la óptima para recibir los nuevos recubrimientos, por lo que se tuvieron que limpiar manualmente antes de pintarlas (NERVION S.A, 1990).

2003

INBA despliegue de restauración en todas las esculturas.

2008.

INBA Y INAH

Se realizó un estudio muy minucioso y se encontró que las torres, al tener ya más de 8 capas de pintura (en algunos casos más de 10) estaban sufriendo un proceso de lixiviado en su base de concreto. Es decir, era necesario retirar toda la pintura para permitir que el concreto “respirara”. Posteriormente para protegerlas nuevamente del medio ambiente (lluvia ácida) era necesario volverlas a pintar. Pero ahora se determinó el uso de recubrimientos de la más alta tecnología.

Las torres, en efecto, están huecas. No tienen ninguna entrada circular en su parte alta. Cada una tiene una puerta en la parte baja y en la parte superior no tienen

cubierta. Decenas de palomas anidan en su interior aprovechando las cubetas que dejó, como basura, la compañía que las pintó por última vez.



Figura 4.7. Las Torres de Satélite (Cruz, 2012).



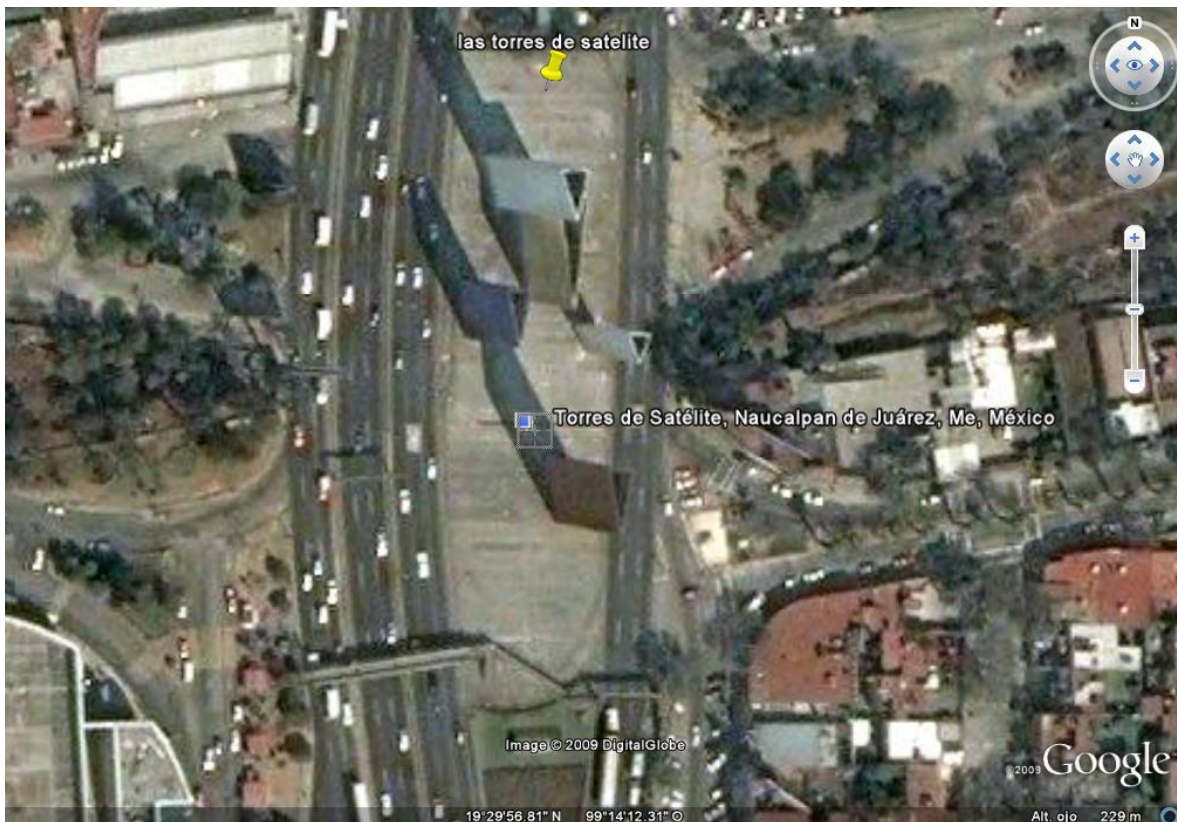


Figura 4.8. Imagen de las Torres de Satélite (Google earth, 2012).

Al llover el agua arrastra contaminantes que por capilaridad se arrastran al interior de la estructura de concreto y llegan a la interface concreto-pintura. Al disminuir la humedad, estas sales se cristalizan y generan una presión interna que rompe el concreto. Al retirar la pintura se encontró que la capa superficial de concreto se desmoronaba muy fácilmente (ya no tenía una buena resistencia a la compresión, esto se determinó después de un estudio de PH superficial y resistencia a la compresión) sin embargo intervenciones y revisiones estructurales se derivaron de este diagnóstico.

## Observaciones a las Torres de Ciudad Satélite

Por Horacio Ramírez de Alba

Fecha: Martes 1 de diciembre 2009

Las principales observaciones son:

La calidad general de la construcción es media tendiendo a baja, lo que repercute en:

- a) Concreto poroso en juntas de colado supuestamente por pérdida de lechada.
- b) Alta variación en la resistencia del concreto supongo que con coeficiente de variación de 0.35, pero la resistencia media no se pudo estimar.
- c) Variación significativa en el espesor de los muros supongo coeficiente de variación de 0.1 a 0.15 que para este parámetro es mucho.
- d) Separación muy variable del acero de refuerzo, por ejemplo en una zona desde 25 cm a 43 cm suponiendo que la separación nominal fue de 30 cm.
- e) Gran variación del recubrimiento de concreto para el acero desde prácticamente inexistente en algunas zonas hasta 12 cm o más.

Por otro lado el refuerzo de los muros parece que se diseñó con un criterio de colocar el mínimo, se puede estimar que la relación de refuerzo es de .0025 mientras que lo adecuado para controlar esfuerzos por cambios volumétricos es de 0.003. En la torre alta el refuerzo es de No 4 mientras que en la baja se detectó No 3 y en otras zonas No4, pero se observaron zonas con varillas muy delgadas y colocadas en desorden presumiblemente son zonas en que se tuvieron problemas constructivos de origen posiblemente por falla de la cimbra.

Con tan poco refuerzo seguramente se esperaba que las torres no tuvieran esfuerzos de tensión. Será oportuno en su momento calcular los esfuerzos máximos para condiciones extraordinarias de viento y de sismo para saber si se presentan esfuerzos de tensión y si el refuerzo es suficiente para tomarlos.

Se supone que se tuvieron varios problemas de colado del concreto y los resanes se realizaron con poco cuidado seguramente se improvisaron procedimientos sobre la marcha, la pintura ha evitado que los daños sean mayores en el exterior pero no se pudo comprobar si existen mayores daños en el interior.

Se observaron en algunas juntas de colado grietas horizontales como de 0.5 mm de ancho lo que parece indicar efectos de volteo posiblemente en terremotos pasados.

Opino que se debe establecer un programa de mantenimiento mayor para corregir las zonas porosas y agrietadas, así como las partes con acero expuesto, pero previamente a ello se debe hacer una evaluación estructural detallada.

## Capítulo 6

### Aplicación de la metodología para el análisis estructural de esculturas urbanas: caso de estudio, las Torres de Satélite



## Aplicación de la metodología para el análisis estructural de esculturas urbanas: caso de estudio, las Torres de Satélite

### Metodología

Se realizó el estudio estructural de una de las torres del conjunto escultórico. La metodología seguida para el desarrollo del trabajo se dividió en cuatro etapas. En la primera se recabó la información relacionada a la geometría de la torre y las propiedades mecánicas de material con que está construida; de igual manera, se identificó el tipo de suelo<sup>93</sup> donde se encuentra la estructura.

En la segunda etapa se prepararon los datos de entrada para el análisis estructural de la torre, entre los que se encuentran la definición de las acciones actuantes, la modelación de la torre y la selección del método de análisis. En relación a las acciones, se realizó un estudio de escalación<sup>94</sup> de acelerogramas<sup>95</sup> naturales para definir la señal sísmica.<sup>96</sup>

En la tercera etapa se efectuó el análisis estructural de la torre, considerando cada uno de los registros sísmicos seleccionados.

---

<sup>93</sup> En México según INEGI, destacan tres tipos de suelo: Regosol, Litosol y Xerosol.

<sup>94</sup> El método de escalación nos permite contar con registros para el análisis de estructuras (Dorado, 2005).

<sup>95</sup> Son las gráficas que representan el movimiento del terreno durante el sismo, en términos de la variación en el tiempo de la aceleración de dicho movimiento. La aceleración es el mejor indicador del efecto que el sismo induce en una estructura

<sup>96</sup> Existen dos herramientas de cálculo apropiadas para analizar y representar una señal: el espectro y el espectrograma (Sarachaga, 1991).

Finalmente, en la etapa cuatro, se evaluaron los resultados del análisis estructural, comparando parámetros de respuesta con lo establecido en la reglamentación vigente o referencias especializadas.

**Desarrollo**

**Documentación técnica**

**Croquis**

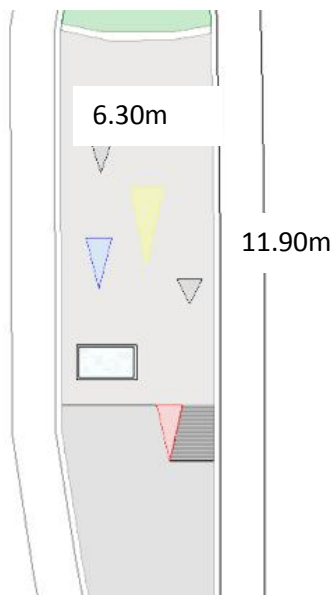
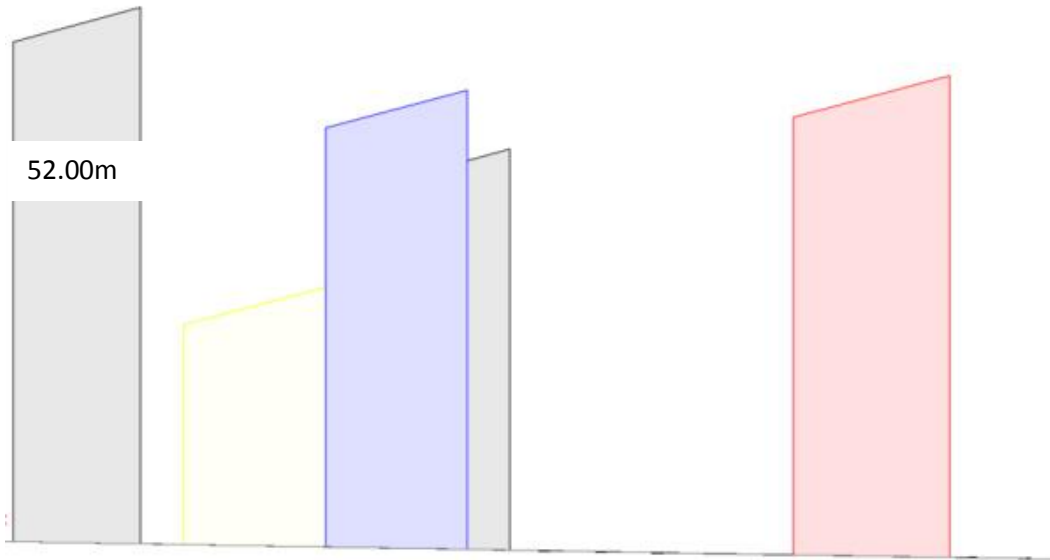


Figura 6.1. Croquis Las torres de Satélite. Elaboración propia.

## Descripción de la estructura

El criterio de selección de la torre se basó en la estructura con mayor altura (Figura 6.1); a continuación se presentan las principales características y propiedades de esta estructura, las cuales se resumen en el cuadro 6.1, además de otros valores relevantes para el análisis.

Es una estructura de sección constante, en forma de prisma triangular hueco. La altura total es de 52 metros con espesor promedio de las paredes de 32 centímetros. La planta de la torre es un triángulo isósceles: sus lados iguales tienen una dimensión de 11.90 metros y el tercer lado de 6.30 metros. La superficie cubierta por la torre es de aproximadamente 9 metros cuadrados.

El material de la estructura es concreto reforzado; <sup>97</sup>su resistencia a compresión<sup>98</sup> no ha sido posible determinarla debido a que a la fecha no se han liberado los permisos correspondientes para realizarle pruebas no destructivas. Para la presente investigación se consideró un valor de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , el cual era típico para estructuras urbanas en la época de construcción de la torre (Iniestra, 2010).

---

<sup>97</sup>El concreto reforzado cuenta con buena resistencia a la compresión y durabilidad (Ambrose, 2010).

<sup>98</sup> La resistencia a compresión es la resultante de las tensiones o presiones dentro de un sólido (Alama, 2008).

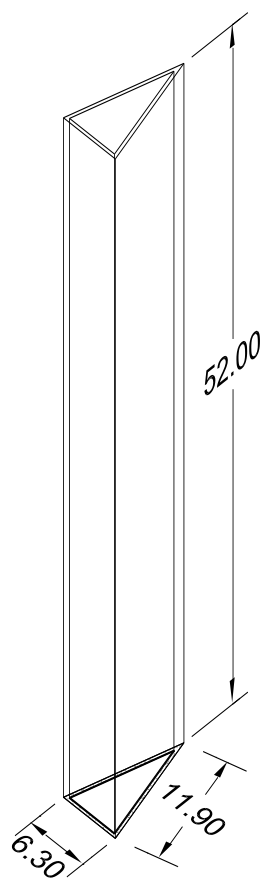


Figura 6.2. Dimensiones de la torre de estudio (en metros).

Cuadro 6.1. Resumen de las principales características y propiedades de la estructura.

PARÁMETROS	VALOR O DESCRIPCIÓN
<b>V. Geométricos</b>	
Forma en planta (sección transversal)	Sección constante: prisma triangular hueco (triángulo isósceles)
Dimensiones en planta	Lado menor = 6.30m Lado mayor = 11.90m
Espesor de los muros	32 cm
Área en planta	9 m <sup>2</sup>
Altura	52 m
Momento de inercia	113.67 m <sup>4</sup>



mayor	
Momento de inercia menor	24.50 m <sup>4</sup>
<b>VI. Materiales</b>	
Material	Concreto reforzado
Resistencia del material	f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	113,137 kg/cm <sup>2</sup>
Peso volumétrico	2,400 kg/m <sup>3</sup>
Peso total de la torre	1,123.20 ton
<b>VII. Dinámicos</b>	
Periodo natural	1.3142 seg
Frecuencia natural	4.7809 rad/seg
Coefficiente de amortiguamiento viscoso	5%
<b>VIII. Suelo</b>	
Tipo de suelo	Firme
Zona	I
Reglamentación	Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2004)

### Acciones actuantes

Debido a que la estructura tubular de la torre corresponde a una escultura, no tiene un uso tal para que personas o muebles se alojen en su interior. Por esa razón, se consideró el efecto simultáneo de dos tipos de acciones actuantes: permanente y accidental. La acción permanente<sup>99</sup> se relaciona con el peso propio de la estructura y se definió en base a su geometría y material.

La acción accidental<sup>100</sup> se simuló por medio de acelerogramas naturales<sup>101</sup> para evaluar los efectos de sismos fuertes<sup>102</sup> en la estructura. Debido a la escasez de registros sísmicos, se escalaron acelerogramas naturales de otros sitios con la

<sup>99</sup> La acción permanente también llamada cargas muertas.

<sup>100</sup> El sismo puede ser una acción accidental.

<sup>101</sup> Un acelerograma es el registro, en función del tiempo, de la aceleración o de la velocidad o del desplazamiento (Dorado, 2005).

<sup>102</sup> Se considera sismo fuerte el que rebasa los 7.0 grados en escala de Richter.

finalidad de contar con una amplia y representativa base de datos. En el siguiente apartado se explica detalladamente el proceso seguido para la definición de la señal sísmica.

### Selección de la señal sísmica

Debido a que la estructura se encuentra en suelo firme<sup>103</sup> (Figura 5.3), para el análisis se seleccionaron 40 acelerogramas naturales correspondientes a dicho suelo, con magnitud de onda de superficie (*Ms*) mayor a 6.0 y aceleración máxima del terreno (*PGA*, de las palabras inglesas *Peak Ground Acceleration*) mayor a 10% (Martínez-Rueda, 1997). Se considera que la muestra de registros seleccionados es representativa de potencial de daño, distancia epicentral (*De*) y contenido de frecuencias.<sup>104</sup> En el cuadro 5.2 se presentan los 40 acelerogramas correspondientes a 20 sismos dañinos ocurridos en diversas partes del mundo.

Debido a que los acelerogramas provienen de otros sitios, se utiliza el criterio de escalación de acelerogramas para representar la señal sísmica; el criterio consiste en amplificar o disminuir uniformemente la amplitud de la señal sísmica, sin modificar el contenido de frecuencias, y dentro de límites razonables (Kramer, 1996).

Existen varios métodos de escalación<sup>105</sup> que han sido evaluados para diferentes estructuras y condiciones geológicas, siendo los basados en intensidad espectral los de mejor efectividad (Martínez-Rueda, 1998) (Apango-Vera, 2001).

El criterio de escalación en base a la intensidad espectral asume que la energía sísmica del acelerograma escalado es igual a la energía implícita del espectro de diseño. El factor de escalación  $\alpha$  se define entonces como:

---

<sup>103</sup> El suelo firme se refiere a la homogeneidad y consistencia del suelo.

<sup>104</sup> El potencial de daño referido a las consecuencias en pérdidas y efectos del sismo.

<sup>105</sup> Un método de escalación proporciona el análisis espectral de las ondas sísmicas (Apango-Vera, 2001).

$$\beta = \frac{SI_d}{SI_a}$$

donde  $SI_d$  es la intensidad espectral<sup>106</sup> asociada al espectro de diseño y  $SI_a$  es la intensidad espectral asociada al acelerograma considerado;  $SI_d$  se puede estimar integrando el espectro de pseudovelocidades derivado del espectro de diseño, mientras que  $SI_a$  se obtiene directamente del espectro de velocidades del acelerograma por escalar.

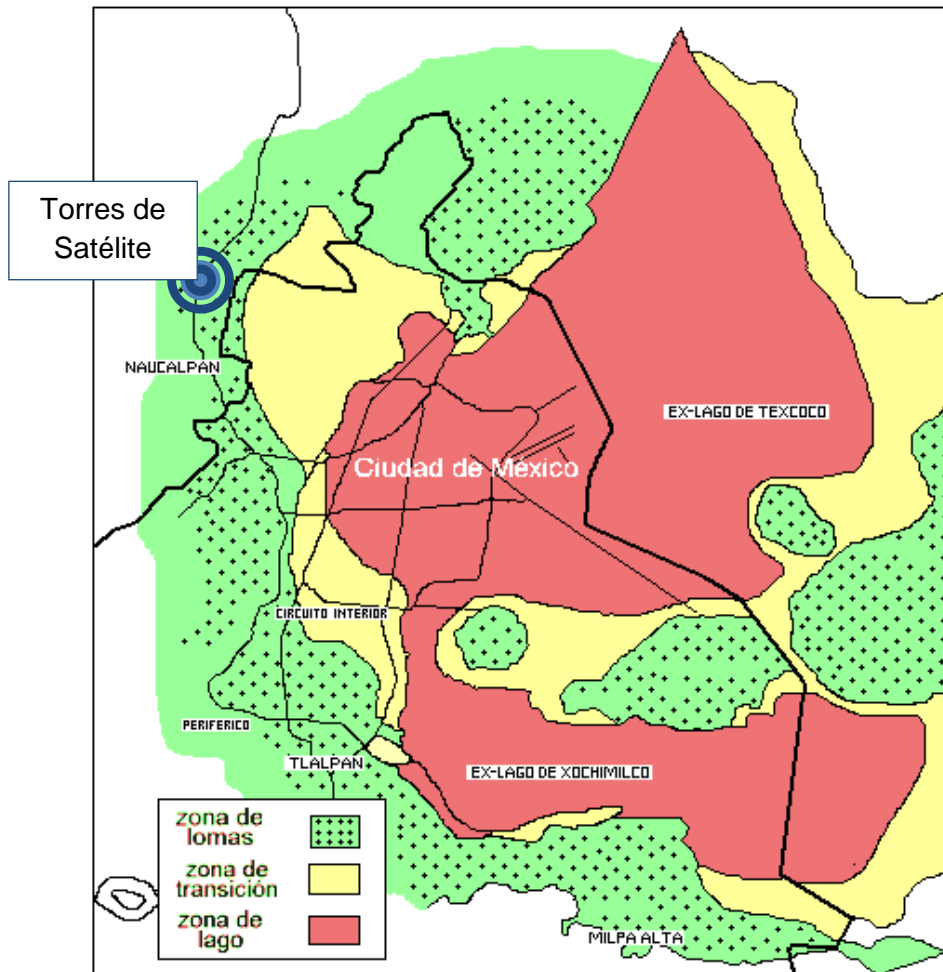


Figura 6.3. Zonificación sísmica del Valle de México (SSN, 2010) y ubicación de las Torres de Satélite.

<sup>106</sup> Es Intensidad total dividida por el intervalo espectral centrado en la longitud de onda (Mora, 2012).



Cuadro 6.2. Resumen de acelerogramas naturales de temblores fuertes.

EVENTO	FECHA (mm/dd/aa)	ESTACIÓN	De (km)	Ms	PGA [g]	
					COMPONE NTE LATERAL	COMPONE NTE TRANSVE RSAL
Long Beach, USA	03/11/33	Utilities Building	7	6.4	0.221	0.173
Imperial Valley, USA	05/19/40	El Centro	8	7.1	0.218	0.343
North California, USA	10/03/41	Ferndale City Hall	29	6.5	0.115	0.123
Borrego Mountain, USA	04/09/68	El Centro	45	7.1	0.144	0.058
Managua, Nicaragua	12/23/72	Esso Refinery	5	6.2	0.331	0.374
North Island, NZ	05/01/73	Massey Univ. Tunnel	117	7.0	0.070	0.111
México	03/14/79	Infiernillo n180	83	7.6	0.331	0.349
Montenegro, Yugoslavia	04/15/79	Petrovac	25	7.0	0.465	0.309
Corinth, Grecia	02/24/81	Corinth	19	6.7	0.234	0.304
Morgan Hill, USA	04/24/84	Coyote Lake Dam	37	6.2	1.296	0.701
Morgan Hill, USA	04/24/84	Halls Valley	4	6.2	0.312	0.156
Edgecumbe, NZ	03/02/87	Matahina Dam	25	6.5	0.318	0.320
Spitak, USSR	12/07/88	Gukasyan	36	6.8	0.174	0.176
Loma Prieta, USA	10/18/89	Capitola Fire Station	14	7.2	0.402	0.512
Loma Prieta, USA	10/18/89	Corralitos	0.1	7.2	0.476	0.650
Weber, NZ	02/19/90	Dannevirke Telephone	27	6.3	0.153	0.299
Aparoa, NZ	01/28/91	Murchinson MWD	54	6.2	0.223	0.225
Northridge, USA	01/17/94	Santa Mónica	24	6.8	0.346	0.883
Northridge, USA	01/17/94	Sylmar Hospital	16	6.8	0.604	0.843
Kobe, Japón	01/16/95	Kobe Motoyama	18	7.0	0.777	0.417

Fuente: Apango-Vera (2001).

En el presente estudio se seleccionó el criterio de Housner (1952) para definir la intensidad espectral ( $S$ ) en función de la velocidad espectral ( $SV$ ), el periodo natural de vibración de la estructura ( $T$ ) y el coeficiente de amortiguamiento viscoso ( $\xi$ ). La intensidad espectral de Housner ( $SI_H$ ) se expresa de la siguiente manera:

$$SI_H = \int_{0.1}^{2.5} SV(T, \xi) dT \quad (2)$$

El criterio puede interpretarse como una medida de la capacidad que un acelerograma posee para excitar una población de edificios con periodo fundamental entre 0.1 y 2.5 segundos.

Para ejemplificar la obtención de la señal sísmica, se presenta a continuación el proceso de cálculo del factor de escalación correspondiente al acelerograma de la estación *El Centro*, del evento Imperial Valley, USA, 1940, en su componente transversal, con una duración de 30 segundos (Figura 6.4). Se utilizó el programa SeismoSignal (SeismoSoft, 2010) para el procesamiento del acelerograma y la obtención de los parámetros de intensidad.

En la Figura 6.5 se muestra el espectro de velocidades obtenido del acelerograma seleccionado, correspondiente al 5% de amortiguamiento viscoso. Aplicando el criterio de Housner (Ecuación 2), se tiene que la intensidad espectral es:

$$SI_a = 141.675 \text{ cm} \quad (3)$$

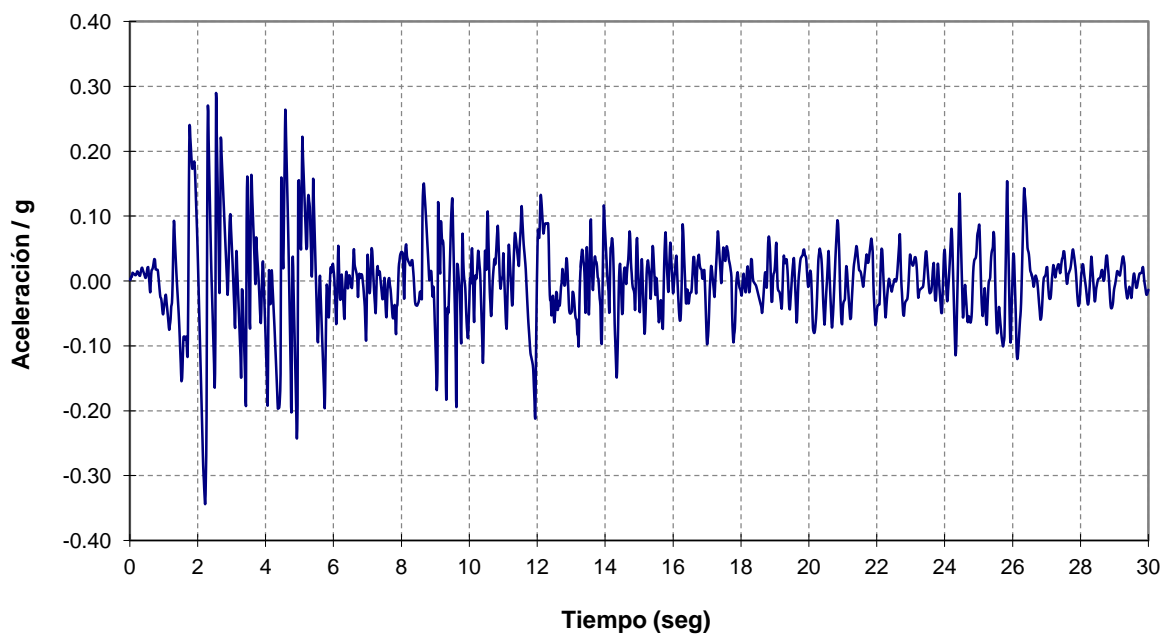


Figura 6.4. Acelerograma *El Centro*, Imperial Valley, USA, 1940, componente transversal.

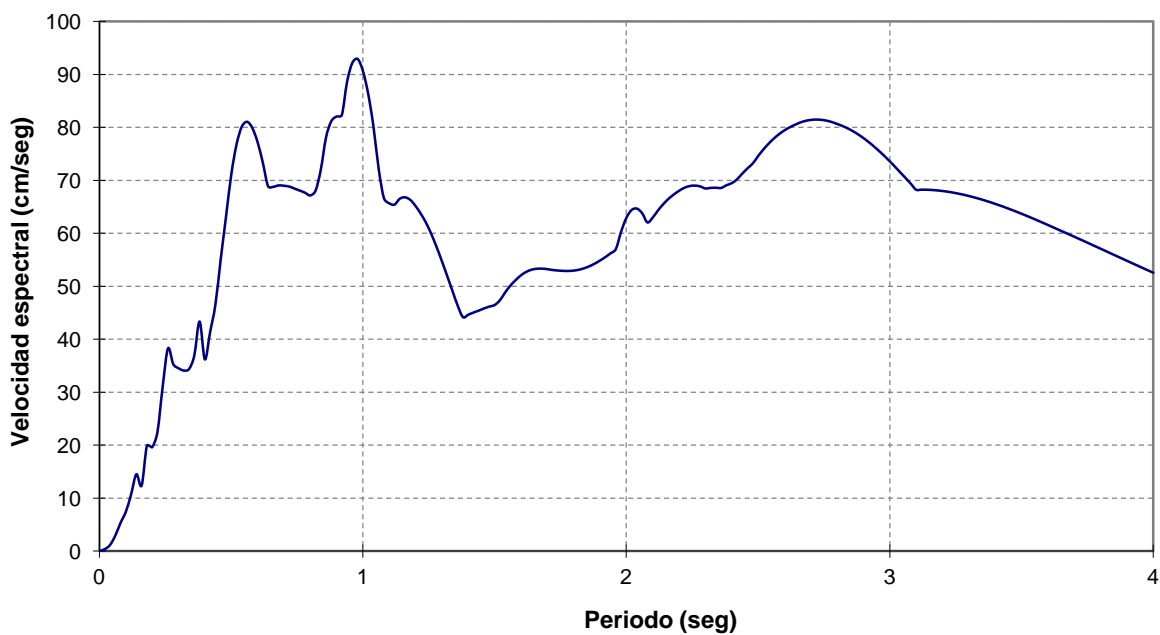


Figura 6.5. Espectro de velocidades de acelerograma *El Centro*, Imperial Valley, USA, 1940, componente transversal, correspondiente al 5% de amortiguamiento.

Por otro lado, el espectro de diseño seleccionado (Figura 6.6) corresponde a terreno firme, especificado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF, 2004) y sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTCDS, 2004). No se considera la aplicación del factor de reducción de fuerzas sísmicas

En la Figura 6.7 se muestra el espectro de pseudo velocidades obtenido del espectro de diseño. Aplicando nuevamente el criterio de Housner (Ecuación 2), se tiene que la intensidad espectral es:

$$S/d = 61.316 \text{ cm} \tag{4}$$

Por lo tanto, con los resultados anteriores (ecuaciones 3 y 4), el factor de escalación se obtiene a partir de la Ecuación 1:

$$\beta = \frac{61.316 \text{ cm}}{141.675 \text{ cm}} = 0.433 \tag{5}$$

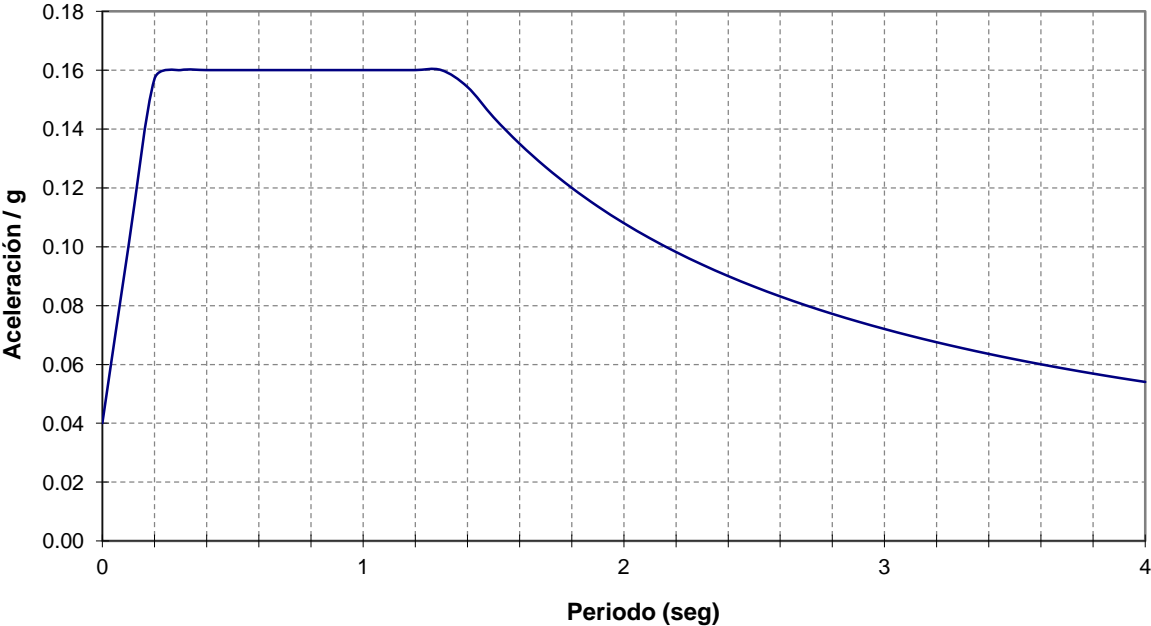


Figura 6.6 Espectro de diseño seleccionado para terreno firme.

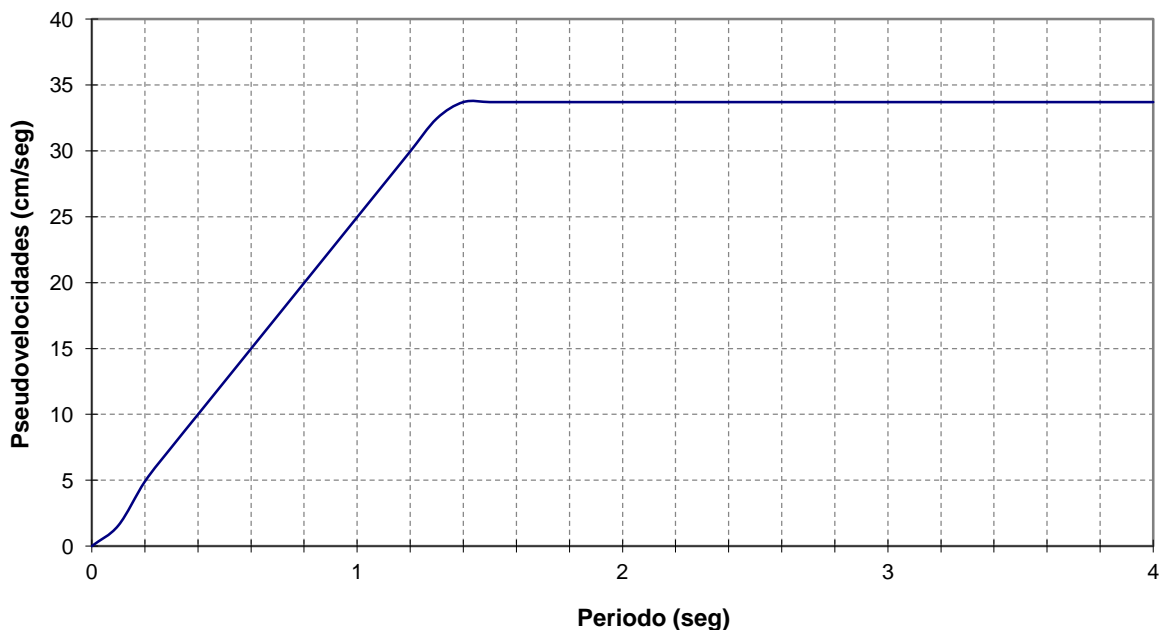


Figura 6.7. Espectro de pseudovelocidades del espectro de diseño.

De esta forma, el análisis estructural se realiza multiplicando por  $\beta$  la amplitud del acelerograma en cuestión. En el cuadro 6.3 se presenta el factor de escalación correspondiente a cada acelerograma seleccionado.

Cuadro 6.3. Factor de escalación para los acelerogramas del estudio.

<b>EVENTO</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b><i>S<sub>la</sub></i> (cm)</b>	<b><math>\beta</math></b>
Long Beach, USA	Utilities Building	Lateral	88.269	0.695
Long Beach, USA	Utilities Building	Transversal	69.306	0.885
Imperial Valley, USA	El Centro	Lateral	120.288	0.510
Imperial Valley, USA	El Centro	Transversal	141.675	0.433
North California, USA	Ferndale City Hall	Lateral	20.749	2.955
North California, USA	Ferndale City Hall	Transversal	28.358	2.162
Borrego Mountain, USA	El Centro	Lateral	84.908	0.722
Borrego Mountain, USA	El Centro	Transversal	49.590	1.236
Managua, Nicaragua	Esso Refinery	Lateral	131.853	0.465
Managua, Nicaragua	Esso Refinery	Transversal	127.833	0.480
North Island, NZ	Massey Univ. Tunnel	Lateral	22.033	2.783
North Island, NZ	Massey Univ. Tunnel	Transversal	31.674	1.936



México	Infiernillo n180	Lateral	200.245	0.306
México	Infiernillo n180	Transversal	268.834	0.228
Montenegro, Yugoslavia	Petrovac	Lateral	189.171	0.324
Montenegro, Yugoslavia	Petrovac	Transversal	96.991	0.632
Corinth, Grecia	Corinth	Lateral	103.568	0.592
Corinth, Grecia	Corinth	Transversal	106.607	0.575
Morgan Hill, USA	Coyote Lake Dam	Lateral	295.493	0.208
Morgan Hill, USA	Coyote Lake Dam	Transversal	198.522	0.309
Morgan Hill, USA	Halls Valley	Lateral	134.834	0.455
Morgan Hill, USA	Halls Valley	Transversal	53.944	1.137
Edgecumbe, NZ	Matahina Dam	Lateral	68.179	0.899
Edgecumbe, NZ	Matahina Dam	Transversal	113.918	0.538
Spitak, USSR	Gukasyan	Lateral	58.734	1.044
Spitak, USSR	Gukasyan	Transversal	78.312	0.783
Loma Prieta, USA	Capitola Fire Station	Lateral	137.104	0.447
Loma Prieta, USA	Capitola Fire Station	Transversal	209.355	0.293
Loma Prieta, USA	Corralitos	Lateral	194.175	0.316
Loma Prieta, USA	Corralitos	Transversal	180.358	0.340
Weber, NZ	Dannevirke Telephone	Lateral	41.508	1.477
Weber, NZ	Dannevirke Telephone	Transversal	82.634	0.742
Aparoa, NZ	Murchinson MWD	Lateral	30.669	1.999
Aparoa, NZ	Murchinson MWD	Transversal	36.043	1.701
Northridge, USA	Santa Mónica	Lateral	126.308	0.485
Northridge, USA	Santa Mónica	Transversal	171.883	0.357
Northridge, USA	Sylmar Hospital	Lateral	259.301	0.236
Northridge, USA	Sylmar Hospital	Transversal	389.415	0.157
Kobe, Japón	Kobe Motoyama	Lateral	256.242	0.239
Kobe, Japón	Kobe Motoyama	Transversal	226.281	0.271

Fuente: Cruz-Medina y Apango-Vera (2010).

### Modelación de la estructura

El análisis inelástico paso-a-paso de un modelo a base de elementos tipo placa para simular la sección transversal triangular hueca difícilmente converge a soluciones confiables, debido a la cantidad de nodos y número de pasos de

tiempo, por lo que se planteó una nueva geometría de la torre para obtener un modelo equivalente simplificado.

Los criterios de simplificación se enfocaron a mantener las siguientes propiedades geométricas, del material y dinámicas de la torre, basándose en la información presentada en la Cuadro 6.1:

- a) **Área en planta y altura de la torre**
- b) **Momento de inercia mayor<sup>107</sup>**
- c) **Momento de inercia menor**
- d) **Peso volumétrico<sup>108</sup> del material de la torre**
- e) **Peso total de la estructura**
- f) **Periodo natural**

El área en planta y la altura de la torre se relacionan con el peso y la masa del sistema; los momentos de inercia con la rigidez lateral, y el periodo natural con el comportamiento de la estructura ante la excitación sísmica.

Sin embargo, no se encontró alguna sección transversal que satisficiera todos los criterios a la vez. Por lo que se propuso, inicialmente, una sección transversal rectangular que cumpliera con los momentos de inercia requeridos. Posteriormente, se verificó el peso total de la nueva estructura y se comparó con el peso real, entonces se modificó el valor de la aceleración de la gravedad para ajustar la masa del nuevo modelo. Finalmente, se calibró el periodo natural haciendo variar el peso volumétrico del material hasta que se obtuviera el periodo natural de la estructura original; con la relación de pesos volumétricos se realizó una segunda modificación a la aceleración de la gravedad.

---

<sup>107</sup> El momento de inercia de un cuerpo depende de su forma, entre más alejada del eje de rotación se encuentre mayor es el momento de inercia.

<sup>108</sup> El peso volumétrico es, el peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

De esta manera, las propiedades y características del modelo equivalente simplificado son las siguientes:

- i) Sección transversal rectangular maciza
- ii) Base de la sección transversal: 3.4178 metros
- iii) Peralte de la sección transversal: 7.3626 metros
- iv) Altura de la estructura: 52 metros
- v) Momento de inercia mayor:  $113.67 \text{ m}^4$
- vi) Momento de inercia menor:  $24.50 \text{ m}^4$
- vii) Peso volumétrico:  $792.47 \text{ kg/m}^3$
- viii) Peso total: 1,123.20 ton
- ix) Periodo natural: 1.3142 seg
- x) Primer factor de modificación del valor de la gravedad: 0.357655293
- xi) Segundo factor de modificación del valor de la gravedad: 3.028505811
- xii) Valor modificado final de la aceleración de la gravedad:  $10.622 \text{ m/seg}^2$

Es importante señalar que el valor modificado de la aceleración de la gravedad sólo se requirió para calibrar las propiedades de la estructura equivalente, y no para multiplicar las ordenadas de los registros de los acelerogramas naturales escalados; para este último caso se aplicó el valor de  $9.807 \text{ m/seg}^2$ .

### **Método de análisis estructural**

Para el análisis dinámico del modelo equivalente se utilizó el programa de cómputo SeismoStruct<sup>109</sup> (SeismoSoft, 2010), el cual realiza análisis inelásticos paso-a-paso de diversos tipos de estructuras, tales como edificios, puentes o plantas industriales, sujetos al movimiento de sismos fuertes. La simulación de la acción sísmica se logra introduciendo registros sísmicos (acelerogramas) en la base o apoyos de la estructura.

---

<sup>109</sup> Seismostruct®

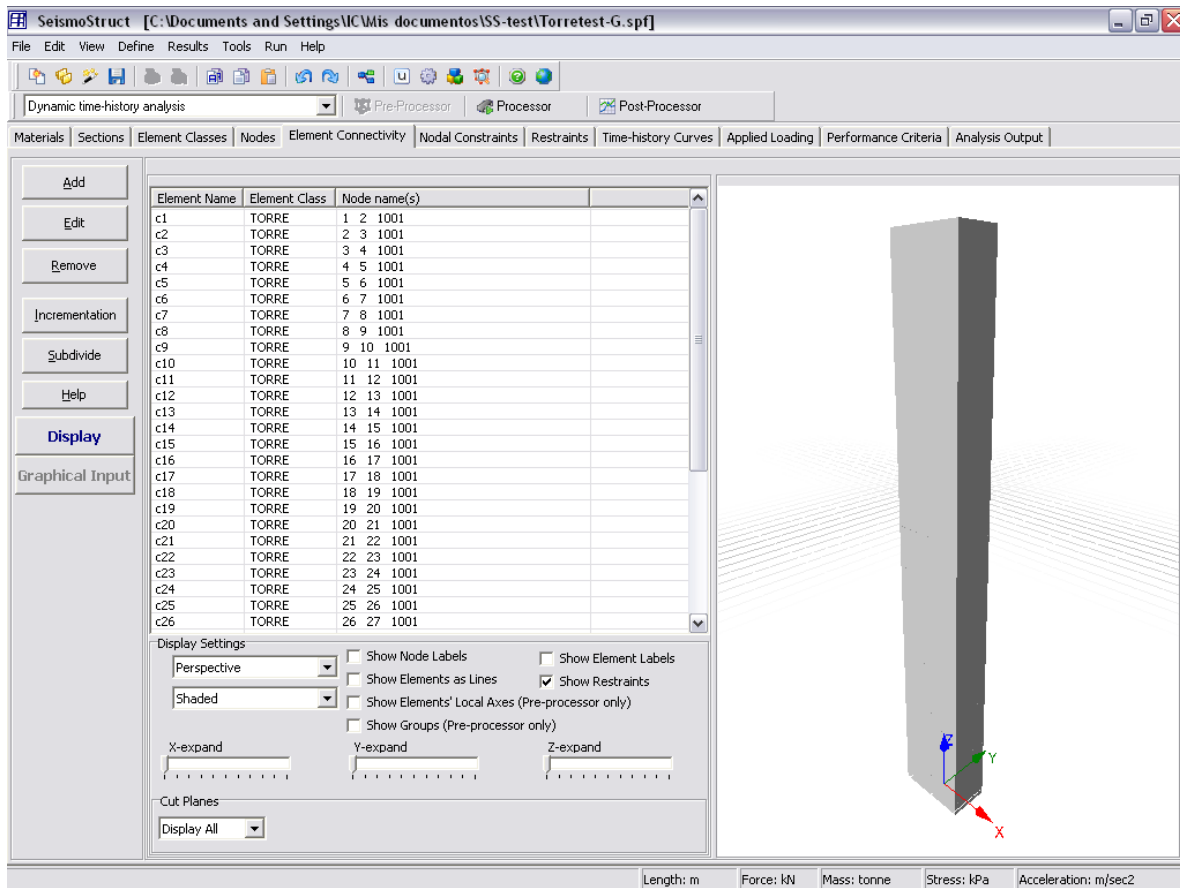


Figura 6.8. Programa de cómputo (SeismoSoft, 2010) y modelo utilizado para el análisis estructural de una torre del conjunto escultórico de las Torres de Satélite.

El análisis dinámico es comúnmente utilizado para predecir la respuesta inelástica de estructuras ante sismos. El programa realiza la integración directa de las ecuaciones de movimiento por algoritmos numéricos, como el método de Newmark,<sup>110</sup> ajustando automáticamente el tamaño de cada paso de tiempo para una óptima exactitud y eficacia del proceso.

<sup>110</sup> Newmark propuso realizar una estimación razonable del desplazamiento ocurrido durante un terremoto, mediante la representación del talud como un bloque que desliza por un plano inclinado (Dorado, 2005).

## Evaluación de parámetros de respuesta

Se evaluaron tres tipos de parámetros de respuesta: las deformaciones de la estructura, los esfuerzos actuantes en la misma y la demanda de ductilidad. Para las deformaciones se consideraron los máximos desplazamientos en las direcciones principales. Los esfuerzos se expresaron en elementos mecánicos tipo fuerzas y momentos; para la estructura en estudio se consideraron la fuerza axial, la fuerza constante en la base, el momento flexionante y el momento torsionante.

Cuadro 6.4 Resumen del análisis estructural de la torre.

Desplazamiento horizontal extremo superior, eje X =	23.74 cm
Desplazamiento horizontal extremo superior, eje Y =	78.97 cm
Desplazamiento vertical extremo superior, eje Z =	0.00 cm
Fuerza cortante en la base, eje X =	5,387.64 kN
Fuerza cortante en la base, eje Y =	4,630.11 kN
Fuerza de compresión en la base, eje Z =	11,000.23 kN
Momento flexionante en la base, eje X =	59,710.15 kN-m
Momento flexionante en la base, eje Y =	34,178.24 kN-m
Momento torsionante en la base, eje Z =	32.54 kN-m

Donde:

cm = centímetros

kN = kilo Newtons

kN-m = kilo Newtons-metro

**Capítulo 7**  
**Conclusiones**

## Conclusiones

El propósito de esta investigación se centra en la aplicación de una metodología de esculturas urbanas para su análisis estructural delimitándose a un solo caso de estudio. Tiene el propósito de analizarlo desde una perspectiva estructural no artística. Al desarrollar este instrumento se logra identificar el comportamiento estructural de las esculturas monumentales.<sup>111</sup>

La premisa de la investigación sustenta que una propuesta de este tipo es necesaria para incorporarse en aspectos tecnológicos no solo en México también a nivel internacional, controlando de manera oportuna y efectiva todas las estructuras edificadas, de carácter simbólico y de patrimonio. Para cumplir tal fin se presume la construcción del instrumento metodológico: estructuración, análisis y dimensionamiento, que permiten percibir el proceso de análisis estructural con base a métodos dinámicos.

Este instrumento hace referencia al diseño estructural de Roberto Meli. La construcción y fundamento desde Nicol. Obteniendo un conocimiento cuantitativo y verificable.

La escultura tiene un paradigma de análisis donde el mensaje, forma, color, textura son el argumento principal y no hay criterios técnicos en el diseño ni en su ubicación final. Se observó a la escultura desde otra perspectiva, es decir; por su material, geometría, uso y distribución. Estableciendo una relación dialéctica que conecta oportunidades de investigación en el objeto.

Fundamentado en el origen del *episteme* científico. La escultura como ente urbano cuenta con condiciones de deterioro. Dichas condiciones marcan nuevas

---

<sup>111</sup> El conocimiento y experiencia del Dr. Horacio Ramírez de Alba experto en estructuras, sugiere un análisis estructural.

relaciones. Esta evolución garantiza la construcción del conocimiento desde la creación del instrumento. Para elaborar cualquier diseño de hitos urbanos se debe desarrollar un concepto técnico. Este proceso obliga al diseñador a observar necesidades técnicas del objeto.

En la convergencia de este procedimiento metodológico, se observa como se ha cubierto el vacío del conocimiento.

Resulta pertinente reconocer que el mensaje y la composición formal le dan sentido al diseño, pero sin una revisión formal del objeto ese mensaje puede no cumplirse. Es por ello que la construcción y diseño de una metodología para el análisis estructural de esculturas urbanas, es el medio para abordar estos objetos.

Como primer aspecto de análisis en el método tenemos al objeto de estudio como categoría inicial que da sentido a la creación de la metodología, tiene como marco las características propias de su material y su peso propio. En el diseño de la escultura monumental se incorpora la forma nueva de ver al objeto, una forma más técnica.

En segundo lugar el análisis estructural, dividido en tres etapas:

1. Estructuración
2. Análisis
3. Dimensionamiento

Con estas etapas se adquirió variables de estudio discriminando aquellas que no eran pertinentes para una escultura urbana, reconociendo y asociando categorías existentes pero no aplicables hasta el momento en el objeto.

Con esta investigación se adquieren nuevos instrumentos de análisis, que permiten aportar en al menos tres campos del conocimiento.



## Relevancia del instrumento

Es importante señalar la relevancia de esta metodología ya que su ejecución asegurará monumentos considerados de relevancia histórica y social del pasado reciente. Ofrece una nueva visión de elementos que se muestran meramente estéticos y es por ello que no se encuentran normados aun estando en contextos urbanos.

El instrumento brinda información en ámbitos arquitectónicos como ingenieriles. Enriqueciendo este ámbito mostrando un vacío del conocimiento ubicado entre áreas de arquitectura, ingeniería y artes. Los resultados ayudan a reconocer a las esculturas urbanas dentro de un ámbito más técnico, lo que ofrece un avance al conocimiento en un ámbito nacional e internacional.

Esta metodología no se limita a elementos de valor patrimonial puede utilizarse incluso en la fase de diseño de la escultura.

## Valoración de la aportación

Los criterios de diseño estructural proporcionan seguridad a cualquier tipo de estructura. Sin embargo, no se han realizado suficientes estudios del comportamiento de esculturas urbanas.

De las etapas de la propuesta metodológica se considera que la estructuración y selección de los materiales son fundamentales para el resto del estudio.

Las cargas presentes en esculturas difieren de otro tipo de construcciones urbanas, debido a que las cargas que con mayor frecuencia se presentan en las esculturas son del tipo permanentes y accidentales, mientras que las cargas variables prácticamente no se presentan.

Para la selección del código o reglamento de diseño estructural de una escultura se recomienda hacerlo con base en el material con el cual es construido ,dejando en segundo lugar el tipo de estructura, con lo cual no se requeriría un reglamento exclusivo para esculturas, siempre y cuando exista una normatividad para el material estructural seleccionado.



### **Aportaciones más destacables**

Por lo anterior se presenta la propuesta de una metodología que permita identificar los parámetros propios de las esculturas en el proceso de diseño estructural.

Dicha metodología permite edificar una idea y convertirla de lo intangible a lo medible, es un conjunto de lineamientos que ayudan a no limitarse a lo abstracto.

La aplicación permite seguridad estructural en las esculturas.

### **Beneficios**

La utilización de una metodología permite homologar procedimientos que en elementos de patrimonio son importantes debido a las intervenciones y protecciones de carácter internacional y nacional, permitiendo mejorar procesos o actualizarlos.

Conocimiento de los pasos a seguir, documentar una escultura y reconocer su geometría por seguridad.

Permite control en su ejecución

## Limitaciones

La metodología tendría que sufrir algunas modificaciones para esculturas de polímeros o nuevos materiales, debido a la comprobación de características y propiedades de estos.

## Futura línea de investigación

- Permite vincular diferentes áreas del conocimiento, así como grupos de trabajo multidisciplinarios.
- La investigación puede desarrollarse desde otro material, lo que modificaría el criterio de análisis.
- Se pueden adicionar temas más profundos de ingeniería sísmica
- Tiene un impacto relevante en patrimonio y conservación

**Apéndice**

## **Apéndice A**

### **Tratadistas antiguos.**

Contenido:

Tratados antiguos sobre las torres:

- Marco Vitruvio
- Viollet Le Duc
- Leon Battista Alberti
- Manual del albañil
- Teoría y práctica de la fortificación
- Denis Diderot
- Tratado de carpintería.

## **Apéndice B**

### **Esfuerzos y deformaciones de la Torre.**

## Apéndice A

### Tratadistas antiguos.

Este anexo comprende la revisión histórica a través de los tratadistas, fundamenta el objeto de estudio, sustentando y fundamentándolo en temas como en tecnología, conservación y restauración.

Las torres, ahora elementos esculturales, antes elementos de defensa, de batalla de grandes fortificaciones, que lograron avances en tecnología, procesos y sistemas constructivos para la sobre vivencia.

Desde Vitruvio, Le Duc, Alberti, hasta tratadistas prehispánicos, se presenta aquí una aproximación del tema de las torres, que dan evidencia de la importancia de una revisión estructural.

Esta recopilación sobre el tema mismo de las torres y los elementos que la determinan como la aritmética, la geometría hasta los instrumentos de construcción son vistos por diferentes autores que en su momento y hasta el día de hoy marcan la forma y significación de estos elementos arquitectónicos.

Marco Vitruvio

Este tratado en especial estará dividido en dos partes, de cada libro se analizará la forma de relación con las torres de satélite y el porqué de su elección. Esto debido a la importancia de este tratado en la historia de la arquitectura.

## LIBRO I.

### Significado-significante

*Ciertamente, a todas las actividades y artes, pero especialmente a la arquitectura, pertenecen «lo significado» y lo «significante». Lo «significado» es el tema que uno se propone, del que se habla; «significante» es una demostración desarrollada con argumentos teóricos y científicos. Por tanto, quien confiese ser arquitecto debe ser perito en ambas cuestiones.*

El significado de las torres de satélite:

Las Torres simbolizan la construcción del México moderno, de la capital en ebullición y expansión de mediados del siglo XX y sobre todo, de la posibilidad de inventarla ex novo. Pero también marcan un antes y un después en las políticas urbanas de la Ciudad, y en el papel de los desarrolladores, políticos, artistas, arquitectos, urbanistas y paisajistas, que desde entonces han dejado de trabajar de manera conjunta.

El significante:

Las torres.

## De la elección de los lugares para uso común de la ciudad

*"La disposición es el arreglo conveniente de todas las partes, de suerte que, colocadas según la calidad de cada una, formen un conjunto elegante. Las especies de disposición, llamadas en griego "ideas", son el trazado en planta, en alzado y en perspectiva (ichnografía, ortografía y escenografía). La planta (ichnografía) es un dibujo en pequeño, hecho a escala determinada con compás y regla, que ha de servir luego para el trazado de la planta sobre el terreno que ocupará el edificio. El alzado (ortografía) es una representación en pequeño y un dibujo ligeramente coloreado, de la fachada y de su figura por elevación, con las correspondientes medidas de la obra futura. La perspectiva (escenografía) es el dibujo sombreado no sólo de la fachada, sino de una de las partes laterales del edificio, por el concurso de todas las líneas visuales en un punto."*

Las Torres, que en su momento fueron la quintaesencia del hito como metáfora urbana y marcaban el acceso desde la carretera México-Querétaro a la nueva ciudad —entonces un vasto fraccionamiento para 100 mil personas situado en la periferia noroeste, formado por un entramado de calles vacías—, a pesar de quedar asfixiadas por el entorno actual, siguen deslumbrando por sus cualidades plásticas y su carácter vanguardista.

Consideradas como el primer ejemplo de obra de arte hecha para ser vista desde un vehículo que se desplaza a alta velocidad, fueron predecesoras de la idea que años más tarde empezó a circular en Estados Unidos, donde el mejoramiento estético del paisaje contemplado desde la carretera debía ser una tarea para los artistas y las ciudades modernas. La obra, pensada como una nueva escenografía urbana que ponía límite e identidad a la metrópolis creciente, quedó al poco tiempo comida por la explosión de la mancha metropolitana, por la especulación y la falta de continuidad del planteamiento inicial, de manera similar a lo ocurrido con la acción pionera de Barragán, quien poco antes había comprado y desarrollado el Fraccionamiento Jardines del Pedregal.



## LIBRO II

### De los elementos que consta la arquitectura

#### de la ordenación

*"La ordenación (el orden), es lo que da a todas las partes de una construcción su magnitud justa con relación a la proporción o a la simetría. Esta ordenación está regulada por la cantidad, que los griegos denominaron posotes. Por tanto, la cantidad es la conveniente distribución de los módulos adoptados como unidades de medida para toda la obra y para cada una de sus partes separadamente."*

El conjunto escultórico, cuenta con un orden, inicialmente pensado con nueve y después con siete torres huecas, altas y esbeltas, de base triangular, debían combinarse con fuentes y rampas. El proyecto final, formado por cinco bloques de concreto aparente, con alturas que varían entre los 30 y 50 metros —en lugar de los cerca de 200 metros inicialmente propuestos—, se implantan de manera aparentemente aleatoria sobre una plancha de concreto, dura y desprovista de cualquier otro elemento.

*"El viento no es otra cosa que una ola de aire, que corre con una fuerza variable y que se produce cuando el calor, actuando sobre la humedad, absorbe por su acción violenta una gran cantidad de aire nuevo, que empuja al otro con impetuosidad y que esto es verdad puede colegirse de los vasos llamados eolípidas, porque con el auxilio de ingeniosas invenciones podemos inferir las verdaderas causas de las arcanas operaciones de la naturaleza."*

Como toda obra abierta, el viento se fue una de sus implicaciones en la forma, modificada de las formas originales y dejando en suspenso algunas de las ideas primarias, como la intención de que las torres multiplicaran por cinco su altura actual, así como el concepto de sazonar la explanada con fuentes, o la idea de Goeritz de colocar pequeñas flautas en las esquinas de los prismas, para que el viento generara sonidos cambiantes y se creara una música

## LIBRO III

### Partes de la arquitectura

*"...Obtendremos la belleza cuando su aspecto sea agradable y esmerado, cuando una adecuada proporción de sus partes plasme la teoría de la simetría. Tres son las partes de la arquitectura: la Construcción, la Gnomónica y la Mecánica. A su vez, la construcción se divide en dos partes: una parte trata sobre la disposición de murallas y de obras comunes en lugares públicos; la otra parte trata sobre el desarrollo de edificios privados. En los edificios públicos se dan tres posibles objetivos: la protección, el culto y la situación ventajosa. La protección se refiere a la estructura de muros, torres y portalones, con la finalidad de rechazar en cualquier momento los ataques de los enemigos."*

*La belleza de las Torres está en el concepto que aunque quedó truncado y sólo primó la imagen. La fuerza intrínseca de la composición escultórica y la visión vanguardista de Barragán y Goeritz lograron que la espectacularidad permaneciera a pesar de las modificaciones. Prevaleció tanto la majestuosidad de las piezas como su carácter cambiante.*

Su construcción fue una intención del tiempo, su mecánica y se dio el estudio de su relación con elementos solares, la sombra que estos prismas proyectaran en el contexto urbano.

## LIBRO IV

### De la disposición de edificios según las diversas propiedades de los lugares.

*"Como hicimos en el primer volumen al estudiar los asentamientos de las ciudades, el primer aspecto que se debe considerar es el que se refiere a la salubridad que condiciona la orientación y la construcción de las casas de campo".*

La obra, iniciada en 1957 e inaugurada en 1958, se solucionó con una plaza más estrecha de lo planeado, así como también se tuvo que prescindir de la idea elaborada por Barragán de construir un club para el fraccionamiento que cerraría el espacio vial alrededor de la isla de tráfico, sirviendo como telón de fondo para las torres. Tampoco se realizó un edificio de apartamentos diseñado en 1967 frente a las torres, con el que se buscaba crear ese mismo remate visual. Así, una isla en medio de la autopista, en una loma inclinada, de forma oval, sitiada por coches, es metáfora de la ciudad moderna, pero sólo como objeto o símbolo y ya no como el concepto integral de dicho territorio imaginado de manera casi idílica por sus creadores

## LIBRO V

## Construcción de murallas y torres

*"...Las torres deben ser redondas o poligonales, pues si son cuadradas las máquinas de guerra las destruyen con toda facilidad, ya que los arietes rompen sus ángulos con sus golpes; pero si son circulares, con piedras en forma de cuña, aunque golpeen su parte central no pueden dañarlas. Las fortificaciones del muro y de las torres resultan mucho más seguras y eficientes si las amplificamos con toda suerte de materiales, de tierra de relleno, pues ni los arietes, ni las minas, ni las máquinas de guerra son capaces de dañarlas. No debe utilizarse tierra de relleno en cualquier lugar, sino únicamente en lugares que estén dominados por algún montículo por el exterior desde donde, con toda facilidad, hubiera acceso para atacar las murallas. En tales lugares deben cavarse unas fosas que tengan la mayor anchura y profundidad posible; posteriormente se excavarán los cimientos de la muralla dentro de la cavidad de la fosa, con una anchura suficiente para soportar sin dificultad toda la presión de la tierra.*

## LIBRO VII

## De los colores.

*En Alejandría se halló el primer procedimiento de preparación del azul; posteriormente Vestorio organizó su fabricación en Puzol. El método y los elementos de su composición son objeto de admiración y de asombro. Veamos: se tritura arena con flor de sal mineral formando una mezcla tan fina como la harina; se revuelve bronce de Chipre, limado a partir de gruesas láminas, hasta que se forme una masa compacta; después, frotando las manos se van haciendo unas pelotitas que, una vez bien apretadas, se pondrán a secar. Cuando estén ya perfectamente secas, se colocan en una orza de barro, que introduciremos dentro de un horno: una que se haya secado conjuntamente el metal y la arena, gracias a la elevada temperatura del fuego, se produce un intercambio de sus propios vapores con la consiguiente eliminación de sus propiedades.*

*A causa de la fuerza del fuego, se consumen sus características originales y adquieren un color azulado.*

*Pasaré a tratar ahora sobre los materiales que, gracias a un específico tratamiento a partir de otras sustancias, sufren una transformación total y adquieren las propiedades de distintos colores. En primer lugar voy a hablar del negro, pues es extraordinariamente práctico y necesario en las obras, con el fin de que se sepa el proceso de su preparación, siguiendo los pasos exactos de los artesanos. Se construye una sala, similar a un lacónico, se enlucen cuidadosamente con mármol y se pule.*

Los colores son importantes en la obra de Luis Barragán y aunque aquí no se tomo en cuenta la función como elemento urbano, los colores son relevantes en su composición. A Goeritz se le atribuye la idea de construir algo verticalmente gigantesco, de colores, dramáticamente iluminado en la noche, para ser visible desde la ciudad como -una fantasía de rascacielos De él proviene la obsesión por las torres, que le acompañó desde sus esculturas y el muro negro que remata el Museo del Eco de 1953, hasta su casa, donde tuvo que hacer el techo lo suficientemente alto para construir siete torres blancas que se elevan hasta los siete metros, invadiendo todo el espacio.

Colores: 2 blancas, una azul, una amarilla y la última roja.

## LIBRO VIII

## De la manera de encontrar el agua

*"...Dentro del recipiente que contiene el agua se introduce el «pnigeus», instrumento similar a un embudo invertido; debajo de éste se colocan unos dados de tres dedos de altura que nivelan el espacio inferior, entre los labios del embudo invertido y el fondo del recipiente. En el cuello del embudo va unida una cajita que soporta la cabeza de la máquina y que en griego denominan «canon musicus». A lo largo de la cajita se abren cuatro canales, si el instrumento es tetracordio; seis canales, si es hexacordio, y ocho canales, si es octacordio. En cada uno de los canales hay unas espitas de cierre con llaves de hierro. Cuando se giran las llaves, se abren los conductos desde el recipiente a los canales. Desde los canales el canon tiene unos orificios ordenados transversalmente que se corresponden con las aberturas de la tabla colocada en la parte superior, y que en griego se denomina «pinax».*

La intención primaria de crear una fuente pronto se sustituyó por la de erigir elementos verticales que constituyeran un perfil urbano y pudieran destacar aún contemplados desde lo lejos y en movimiento.

La idea se conservó de alguna manera las torres en el interior de las torres, alguna vez pensado para captar agua, es un espacio impresionante y el secreto mejor guardado de quien haya podido presenciarlo.

## LIBRO IX

## Del cómo medir las distancias.

*"...Nuestra reflexión se centra ahora en un ingenioso sistema que no es nada inútil, sino que ofrece una estudiada estructura ideada por nuestros antepasados; se trata de conocer el número de millas que hemos recorrido, bien sea sentados dentro de un carruaje, o bien navegando por el mar.*

*Procédase de la siguiente manera: las ruedas del carruaje medirán cuatro pies de diámetro; se señalará un punto o una marca en la misma rueda y se iniciará el movimiento giratorio de la rueda a partir de ese punto; cuando la rueda dé un giro completo se habrá recorrido con toda certeza un espacio de doce pies y medio. Pues bien, tras estos preparativos introdúzcase un tambor en el cubo de la rueda por su parte interior, que quede sólidamente encajado; el tambor tendrá un diente que sobresaldrá de su circunferencia exterior.*

La ciudad satélite, considerada fuera del núcleo urbano, así se medía la distancia entre la ciudad como tal y un nuevo aire de urbanización. Marcaba una distancia urbana.

## TOME 9, TOUR

DICTIONNAIRE RAISONNÉ DE L'ARCHITECTURE FRANÇAISE DU XI<sup>E</sup> AU  
XVII<sup>E</sup> SIÈCLE

## LA BIBLIOTHÈQUE LIBRE.

Acerca de la construcción y usos de las torres

Las torres han logrado a través del tiempo una consolidación no solo en forma, también en estructura y proceso constructivo, además de el uso específico que se le da a este elemento arquitectónico que más tarde sería un elemento escultural por sus grandes alturas y debido también a lo estético de sus proporciones.

Es así como al revisar el libro 9 de Le Duc, nos encontramos estas afirmaciones, además de una descripción paso a paso de su construcción, consideraciones en cuanto a materiales y a la vez ilustrado sabiamente con sus usos, lo que nos da una idea más certera de la construcción y significado de la elección de las torres de satélite en la construcción de este nuevo desarrollo urbano en Naucalpan en los años 50's.

A continuación se presentan planos de torres tomadas del tomo 9, Le Duc. (Figura A1-A7)

Figura A.1

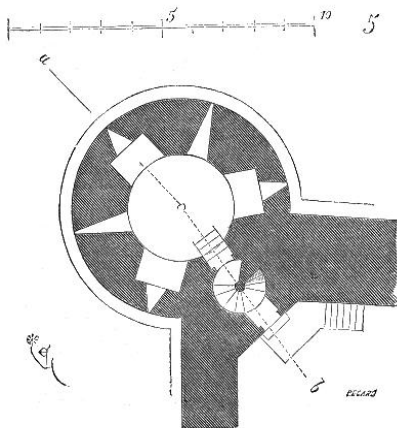


Figura A.2

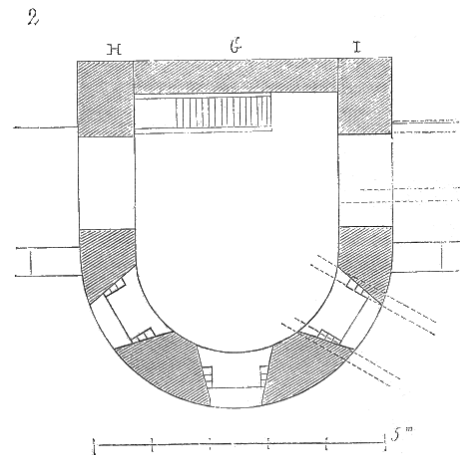


Figura A.3

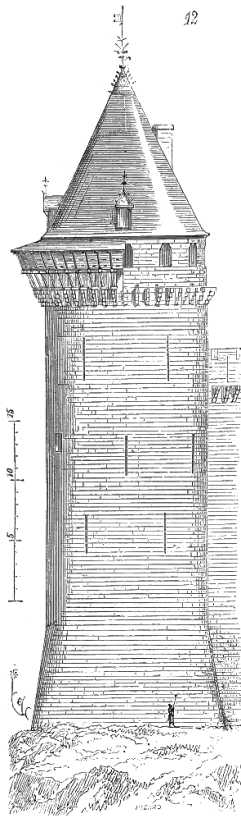
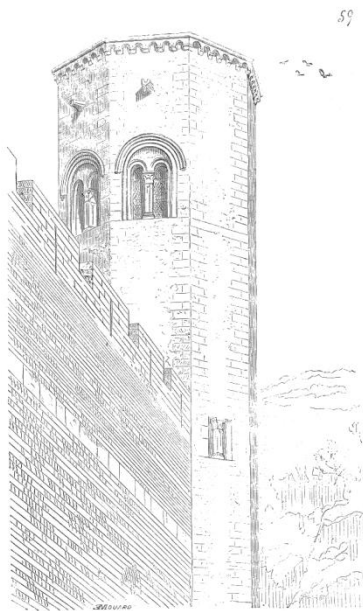


Figura A.6

Figura A.4

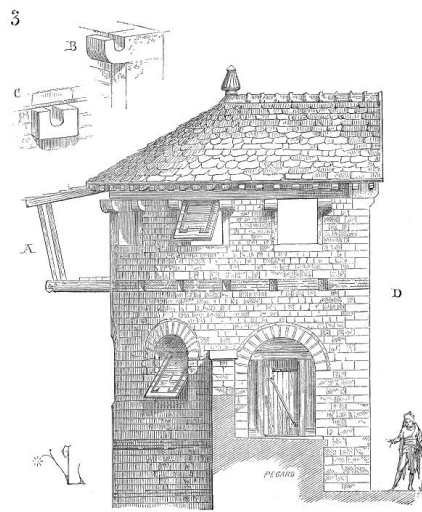
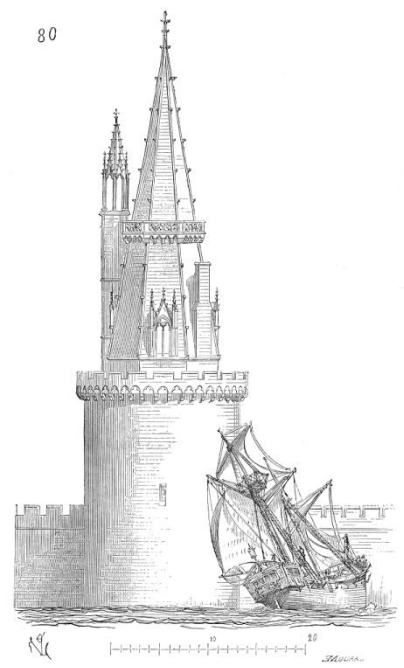


Figura A.5

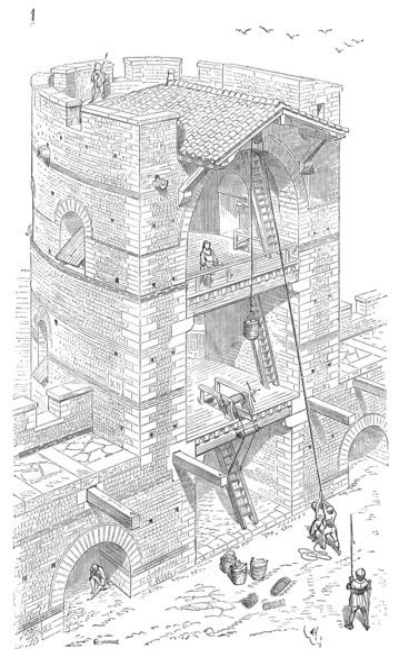


Figura A.7



## DIEZ LIBROS DE ARQUITECTURA

*Libro quarto.*

De las murallas, almenas, torres y puertas

El uso en batallas:

25 *Delas murallas, almenas, torres y puertas. Capitulo. IIII.*

**P**ERO BVELVO a las murallas. Los antiguos amonestan que estas se hagan en esta manera, entrepuesto vn espacio de veynte pies, fabriquen se por el lado de dentro dos muros, despues entremetase  
 30 la tierra sacada de las fossas, y con pifones se apriete, y leuantense estos muros de fuerte que se pueda subir desde el plano de la ciudad a semejança de gradas como por cuesta no agria hasta las almenas. Otros dizen, que pongas por valladar al derredor de la ciudad la tierra sacada de la fossa, y leuantaras vn muro desde la misma madre de la fossa, con tanta grosseza que sostenga muy  
 35 bien la carga de la tierra que le agrava. Otro si faca otro muro por dentro azia la ciudad mas alto, y que este diste del primero por espacio no angosto, si no tan grande que alli hecho el esquadron tengan las esquadras de semibaraçados espacios de pelear, y entrepondras muros atrauesados desde el muro de fuera hasta el de dentro, con cuyo atamiento y ayuda se tengan entre si,  
 40 los primeros ayudados con estos, y sufran mas fuertemente la cantidad de tierra entremetida que les apremia, pero nosotros cierto fuera de esto, apro-

Figura A.8 Imagen textual tomada de los diez libros de Arquitectura de Alberti.

## LIBRO VIII.

Del ornamento de las calles públicas o militares y de la ciudad.

*Del ornamento de las calles públicas o militares, y de la ciudad, y don  
de se aya de sepultar o quemar el cuerpo muerto.  
Capitulo primero.*

**E**N otro lugar tratamos q̄ los ornamentos que a las obras se aplican hazen mucho para el arte de edificar, y es harto claro q̄ no vnos mismos ornamentos se deuē a todos los edificios, porque con toda arte e industria aueys de trabajar q̄ las obras sagradas, principalmente las públicas las hagays ornadissimas, porque las tales se aparejan para los soberanos, pero las prophanas no sino para los hombres. Es pues cosa decente que las cosas menos dignas den la ventaja a las mas dignas, pero con todo esto se adornan con sus partes de ornamentos, y quales conuenga q̄ sean los públicos sagrados tratamos lo en el libro passado: sigue se que se digan los prophanos: declaramos pues que ornamento se le aya de dar a cada cosa: Primeramente me parece publica la calle, porque esta se apareja, así por causa de los ciudadanos, como por comodidad de los forasteros, pero como vnos de los caminātes vayā de vna a otra parte por tierra, otros por agua, diremos de los vnos y de los otros, y querria repetirse lo que en otra parte diximos, que la calle vna es real, y otra no real, y que de vna fuerte se auia de tener el camino dentro de la ciudad, y de otra manera por el campo. El camino real que esta por el campo, adornar le ha mucho el mismo campo por donde se guia, si fuere cultiuado, sembrado, lleno de granjas, y ventas de recreacion, y abundancia de cosas, y si dicre ahora mar, ahora montes, ahora lago corriente, o fuētes, ahora tierra seca, y roca, o llanura, ahora bosque y valle. Sera t̄bien ornamento sino occurriere despeñadero no difficil de subir, no suzio, sino espacioso e igual, y que de todas partes se descubra. Las quales cosas por conseguillas los antiguos, que no acometierō? No trato de que los caminos se estendian hasta cien millas de piedra muy dura, y que estauan alçados con allegamiento de grandissimas piedras. Lastraron la via Appia desde Roma hasta Brindez. Ven- se a cada passo por todos los caminos reales taxadas las rocas de piedra, dello-

Figura A.9 Imagen textual tomada de los diez libros de Arquitectura de Alberti.



De los instrumentos utilizados en la construcción

Dichos elementos nos dan la información sobre la tecnología constructiva utilizada en la construcción de las torres.

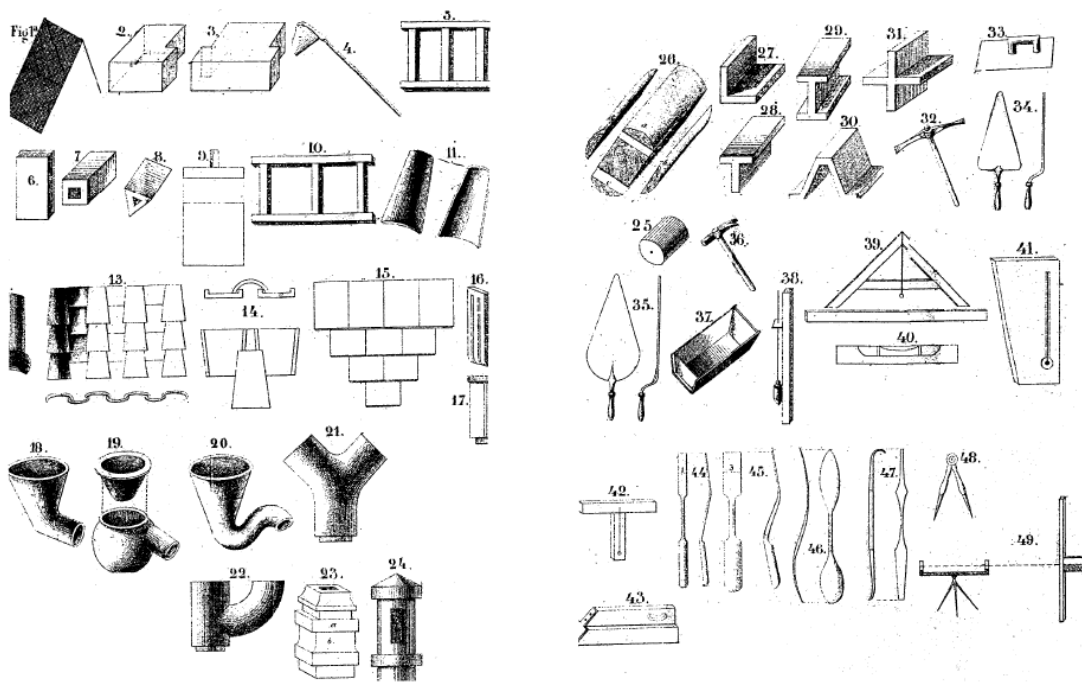


Figura A.10 Imagen tomada del Manual del Albañil.

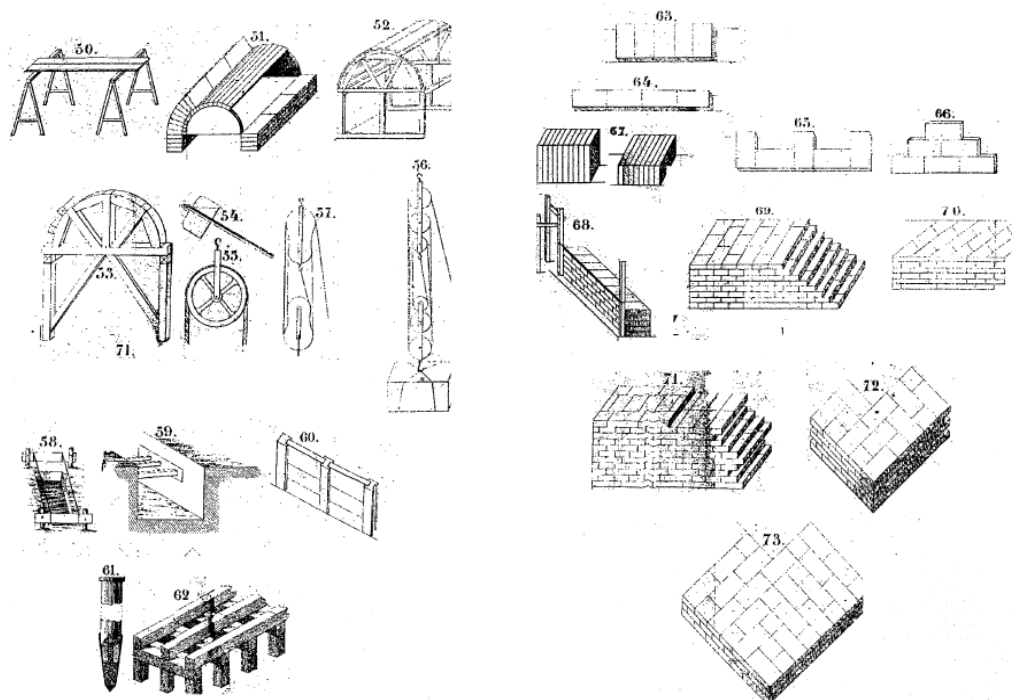


Figura A.11 Imagen tomada del Manual del Albañil.

## Teoría y práctica de la fortificación

Las torres necesitan tres cosas importantes conforme a las medidas y defensas de los tiempos, dividida en tres partes:

I. Matemáticas

II. Aritmética

III. Reconocer el puesto donde hacer la fortaleza.

## Libro I

## CAP II. Del fundamento de la geometría.

## Cap.II. Del fundamento de la Geometria, que es la primera cosa propuesta.

**L**A Primera de las tres cosas que han de concurrir en el Ingeniero, es la Geometria, y sería perder tiempo tratar de sus inventores, por auer sido tantos y tan eminentes, como lo fueron los antiguos, entre los quales se lee, que fue el primero Meris Rey de Egipto (que hasta en esto quiso auentajarle esta sciencia, en que fué Rey su inventor) y despues la aumentò aquel famoso Pytagoras, que hallò la potencia del triangulo rectangulo, y assi mesmo la reforço el doctissimo Archimedes, tratando largamente de proporciones, maquinas y cuerpos graues: y sobre todos el excelente Euclides, que como docto y sagaz, recogio todas las reglas y escritos que hallò, y con su grande ingenio y mucho estudio lo puso todo en las verdaderas demostraciones, que se veen en sus quinze libros, cuyos principios ( como necesarios para esta materia) se deuen faber.

Que es punto, linea, superficie, linea recta niuelar, linea perpendicular, linea curua y tranfuerfa, angulos rectos, y obtulos, y acutos, y angulos alternos, y de aduertice, y deinceps, y angulos rectilinos y curuilineos. Y assi mesmo conocer los triángulos, como sò triangulo rectangulo, y el triangulo equilatero, y el yfoceles, y el

Figura A.10 Imagen textual tomada de la Teoría y práctica de la fortificación.

Seguimiento de proporciones, reglas de la geometría, aritmética:

## DE LA FORTIFICACION. 8

## PROPOSICION XLVII.

Esta famosa Pitagorica, seruirá infinitas vezes al Ingeniero para sacar à luz muchas proposiciones, especialmente para medir las areas de todos triangulos. Dize assi. En los triángulos rectangulos, el quadrado q se hiziere del lado q está opuesto al angulo recto sera igual à los dos quadrados q se hizieren de los dos lados q còtienen el angulo recto, assi como lo muestran el quadrado A. y el quadrado B. q ambos juntos son iguales al quadrado C. y para q quede esta figura mejor entèdida, se podrá por numero, por ser proposición de mucho seruicio. Y supògo q el lado C. opuesto al angulo recto, tiene cinco pies de largo, y el lado A. téga tres, y el lado B. quatro, y assi multiplicando el lado q vale cinco por si mismo hara 25. y esta es la area q tiene el quadrado C. y multiplicando assi mesmo el lado q vale 3. há

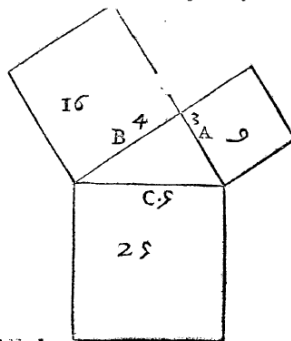


Figura A.11 Imagen textual tomada de la Teoría y práctica de la fortificación.

## De los principios y reglas universales y particulares de la fortificación.

**P**Or auer ya declarado las dos cosas primeras, y necessarias al Ingeniero juntaméte cō la tercera, q̄ es reconocer biē los sitios, de q̄ començare à dar cuenta debaxo de las tres cosas referidas, y sera el ordē q̄ se ha de tener para saber el valor, y genero de todos los angulos de la fortificacion, tomãdo por fundamento, y medida el angulo recto, por ser el mas perfectō de todos, pues vn angulo recto no puede ser mas recto, ni menōs recto jamas, y los angulos obtusos, y acutos puedē ser mas, y menos. como se entēdera por las figuras siguientes. Supuesto que no ay que tratar del angulo recto en su diferencia: pero sirue de fundamento para los demas angulos, que se han de hazer en la fortificacion. Lo primero sera hazer vn angulo de vn triangulo equilatero, que se faca con la razon del angulo recto. Exemplo. Sea el angulo recto A. B. C. y este se diuida en tres partes iguales, y se tomen las dos en el punto D. y se tire la linea B. D. la qual comprehende los dos tercios del angulo recto, y asì diremos que el angulo A. B. D. es del triangulo equilatero, como parece

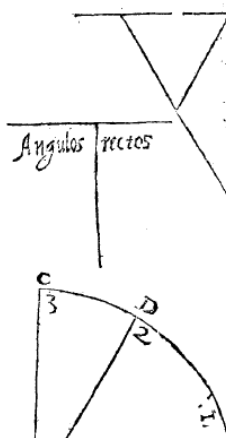


Figura A.12 Imagen textual tomada de la Teoría y práctica de la fortificación.

De los diferentes usos de las torres: molinos.

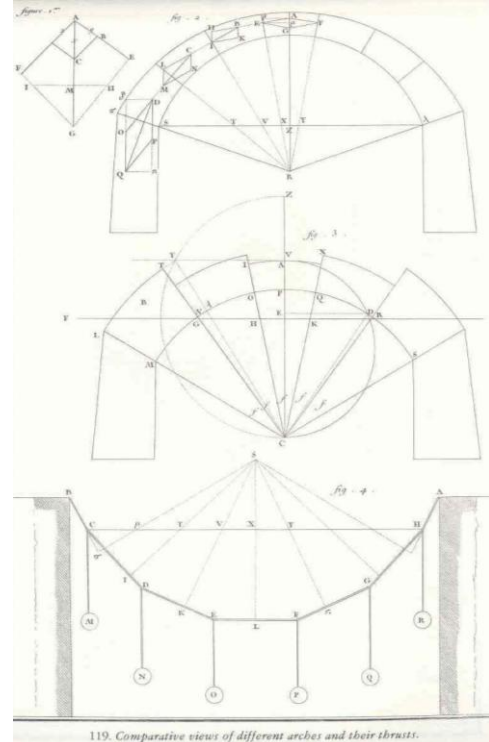
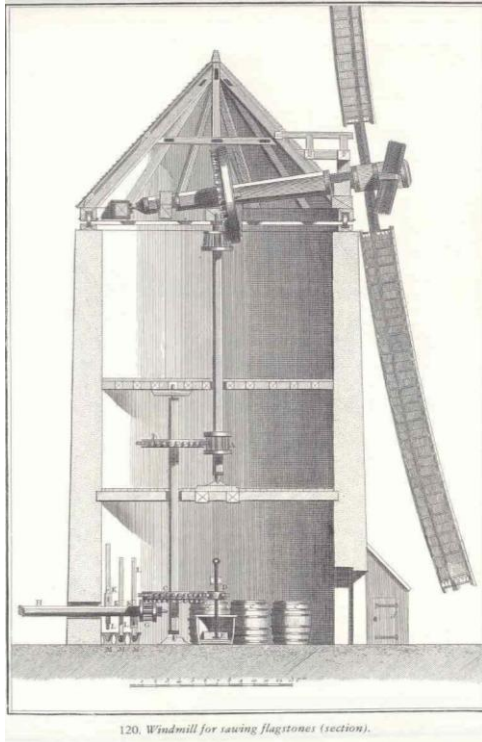


Figura A.13 Imagen textual tomada de los Tratados de Diderot.

De algunas reglas sobre la geometría

*Capítulo 23. Que trata de algunas reglas de geometria*

**Y** Porque en este compendio no falte cosa que sea de importancia, para que por ella pueda vn Alcalde Alarife salir de algunas dudas è ignorancias en que por momentos caen los Alarifes, que no saben mas de hazer sus obras, y en quanto al compas saben lo que para ellas basta, y con esto no cumplen con las obligaciones de Alarife, que conforme a las ordenaças Reales del Reino de Seuilla tiene obligacion precisa el Alarife de ser sabio en la Geometria; porque suele suceder muchas vezes ser menester quadrar vn sitio, y medirlo, como sucede cada dia, y es menester apreciarlo todo, o parte del y assi es bien que sepa el Alarife por el todo ratear y apreciar la parte, y por el cõtrario por la parte apreciar el todo, y estan ya las cosas de las elecciones en Seuilla de manera, que no mirando a los meritos del que es sabio opositor, se mira al gusto de los señores Diputados, y assi son preferidos los compadres, o mas amigos, teniendo esto por meritos a costa de los tristes Electores, que con su juramento lo afirman, y assi han salido hombres electos por Alarifes, que no tan solamente no hã sabido de la Geometria, pero ni conocen la Arismetica.

Figura A.14 Imagen textual tomada de los Tratados de Carpintería.

## **Apéndice B**

### **Esfuerzos y deformaciones de la Torre**

En este apartado se incluyen los datos para obtener el cuadro resumen de análisis estructural del capítulo 6 (Cuadro 6.4). Se determinaron los esfuerzos y deformaciones bajo el acelerograma “El Centro” componente transversal 40 seg de duración.



RESULTADO EN EL TIEMPO

Desplazamiento X (h)		Desplazamiento Y (h)		Desplazamiento Z (v)		Fuerza base X (cortante)		Fuerza base Y (cortante)		Fuerza base Z (compresión)		Mom. Base X (flexión)		Mom. Base Y (flexión)		Mom. Base Z (torsión)	
TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR	TIEMPO	VALOR
0.0300075	-1.18E-07	0.0300075	-4.57E-08	0.0300075	0	0.0300075	-18.7893228	0.0300075	-40.490533	0.0300075	11000.2292	0.0300075	188.772598	0.0300075	-92.9195477	0.0300075	6.70E-05
0.060015	-3.70E-07	0.060015	-2.22E-06	0.060015	0	0.060015	-28.4455716	0.060015	-77.2659091	0.060015	11000.2292	0.060015	-269.040458	0.060015	-450.850005	0.060015	0.00058005
0.09002251	8.28E-06	0.09002251	-5.40E-06	0.09002251	0	0.09002251	-42.970361	0.09002251	-103.915452	0.09002251	11000.2292	0.09002251	884.730077	0.09002251	-488.344863	0.09002251	0.00037923
0.12003001	4.09E-05	0.12003001	1.77E-05	0.12003001	0	0.12003001	-48.7658251	0.12003001	-118.032088	0.12003001	11000.2292	0.12003001	1249.07686	0.12003001	-672.006474	0.12003001	0.00094827
0.15003751	8.79E-05	0.15003751	0.00010435	0.15003751	0	0.15003751	-42.8529857	0.15003751	-135.981102	0.15003751	11000.2292	0.15003751	1592.62418	0.15003751	-727.479964	0.15003751	0.01023746
0.18004501	0.00013385	0.18004501	0.00027415	0.18004501	0	0.18004501	-28.3036345	0.18004501	-143.493861	0.18004501	11000.2292	0.18004501	1866.51732	0.18004501	-770.555231	0.18004501	0.01538828
0.21005251	0.00016465	0.21005251	0.00051337	0.21005251	0	0.21005251	-43.0009945	0.21005251	-149.869652	0.21005251	11000.2292	0.21005251	2067.65054	0.21005251	-1051.29376	0.21005251	0.02065237
0.24006002	0.00016861	0.24006002	0.00078269	0.24006002	0	0.24006002	-62.2981375	0.24006002	-139.646691	0.24006002	11000.2292	0.24006002	2186.11599	0.24006002	-1186.11599	0.24006002	0.02549959
0.27006752	0.00017855	0.27006752	0.001104847	0.27006752	0	0.27006752	-74.3803558	0.27006752	-109.078853	0.27006752	11000.2292	0.27006752	2244.08137	0.27006752	-1252.34037	0.27006752	0.03086803
0.30007502	0.00012831	0.30007502	0.00128056	0.30007502	0	0.30007502	-94.797438	0.30007502	-126.930117	0.30007502	11000.2292	0.30007502	2573.72501	0.30007502	-2169.8509	0.30007502	0.03809389
0.33008252	9.31E-05	0.33008252	0.0014561	0.33008252	0	0.33008252	-96.7015004	0.33008252	-158.935363	0.33008252	11000.2292	0.33008252	3187.37126	0.33008252	-3390.3512	0.33008252	0.04681129
0.36009002	2.61E-05	0.36009002	0.00155552	0.36009002	0	0.36009002	-83.1870292	0.36009002	-169.486674	0.36009002	11000.2292	0.36009002	3816.11481	0.36009002	-2503.35377	0.36009002	0.05620824
0.39009752	8.44E-05	0.39009752	0.00158869	0.39009752	0	0.39009752	-87.1212069	0.39009752	-205.335545	0.39009752	11000.2292	0.39009752	4516.41418	0.39009752	-2698.57391	0.39009752	0.06387131
0.42010503	-0.0002484	0.42010503	0.00158956	0.42010503	0	0.42010503	-104.449652	0.42010503	-239.609493	0.42010503	11000.2292	0.42010503	5269.42018	0.42010503	-3025.78472	0.42010503	0.0891007
0.45011253	-0.00046897	0.45011253	0.00158373	0.45011253	0	0.45011253	-132.405518	0.45011253	-308.235796	0.45011253	11000.2292	0.45011253	6151.23023	0.45011253	-3408.93259	0.45011253	0.09325263
0.48012003	-0.00073439	0.48012003	0.00155228	0.48012003	0	0.48012003	-143.610965	0.48012003	-335.996088	0.48012003	11000.2292	0.48012003	6914.15043	0.48012003	-3712.74793	0.48012003	0.04723308
0.51012753	-0.00103201	0.51012753	0.00147125	0.51012753	0	0.51012753	-123.532103	0.51012753	-276.267073	0.51012753	11000.2292	0.51012753	7153.11753	0.51012753	-3730.11596	0.51012753	0.04963408
0.54013503	-0.00137179	0.54013503	0.00134465	0.54013503	0	0.54013503	-80.8803191	0.54013503	-180.433173	0.54013503	11000.2292	0.54013503	6926.6551	0.54013503	-3390.8411	0.54013503	0.05420599
0.57014254	-0.00178455	0.57014254	0.00116203	0.57014254	0	0.57014254	-56.9225095	0.57014254	-158.488005	0.57014254	11000.2292	0.57014254	6810.67598	0.57014254	-3010.79145	0.57014254	0.05688128
0.60015004	-0.00230326	0.60015004	0.00084494	0.60015004	0	0.60015004	-71.8068787	0.60015004	-197.096192	0.60015004	11000.2292	0.60015004	7064.42541	0.60015004	-2954.88306	0.60015004	0.05719338
0.63015754	-0.00292243	0.63015754	0.00061229	0.63015754	0	0.63015754	-109.09374	0.63015754	-225.378353	0.63015754	11000.2292	0.63015754	7453.19584	0.63015754	-3183.04201	0.63015754	0.05517964
0.66016504	-0.00359212	0.66016504	0.00065927	0.66016504	0	0.66016504	-149.981782	0.66016504	-252.201684	0.66016504	11000.2292	0.66016504	8003.47703	0.66016504	-3427.3467	0.66016504	0.05300772
0.69017254	-0.00425665	0.69017254	0.000184748	0.69017254	0	0.69017254	-184.84239	0.69017254	-284.344683	0.69017254	11000.2292	0.69017254	8842.87935	0.69017254	-3258.58096	0.69017254	0.05406298
0.72018005	-0.00490533	0.72018005	-0.00317453	0.72018005	0	0.72018005	-87.3823215	0.72018005	-339.127366	0.72018005	11000.2292	0.72018005	9864.68348	0.72018005	-2472.62778	0.72018005	0.047196284
0.75018755	-0.00557438	0.75018755	-0.00456186	0.75018755	0	0.75018755	-131.9864736	0.75018755	-434.731965	0.75018755	11000.2292	0.75018755	10835.2315	0.75018755	-1603.43182	0.75018755	0.39111815
0.78019505	-0.00631079	0.78019505	-0.00598601	0.78019505	0	0.78019505	-21.1982405	0.78019505	-474.161022	0.78019505	11000.2292	0.78019505	11265.7904	0.78019505	-1213.71217	0.78019505	0.33615238
0.81020255	-0.00712748	0.81020255	-0.00742425	0.81020255	0	0.81020255	-49.7773297	0.81020255	-424.433689	0.81020255	11000.2292	0.81020255	10984.5291	0.81020255	-1330.49378	0.81020255	0.35852818
0.84021005	-0.00797023	0.84021005	-0.00895904	0.84021005	0	0.84021005	-80.4788553	0.84021005	-330.259676	0.84021005	11000.2292	0.84021005	10300.4504	0.84021005	-1537.60736	0.84021005	0.2756125
0.87021755	-0.00877309	0.87021755	-0.01059999	0.87021755	0	0.87021755	-54.6000399	0.87021755	-188.246816	0.87021755	11000.2292	0.87021755	9260.4664	0.87021755	-1195.13499	0.87021755	0.15166988
0.90022506	-0.00952806	0.90022506	-0.01245162	0.90022506	0	0.90022506	-47.2755238	0.90022506	-1.9314017	0.90022506	11000.2292	0.90022506	7714.29005	0.90022506	-23.4706939	0.90022506	0.06077405
0.93023256	-0.01029552	0.93023256	-0.01461128	0.93023256	0	0.93023256	-160.120389	0.93023256	153.737825	0.93023256	11000.2292	0.93023256	6007.92667	0.93023256	-1500.27056	0.93023256	0.00932207
0.96024006	-0.01114946	0.96024006	-0.01715889	0.96024006	0	0.96024006	181.721046	0.96024006	172.583468	0.96024006	11000.2292	0.96024006	4861.40228	0.96024006	-2485.19762	0.96024006	-0.11010515
0.99024756	-0.01211051	0.99024756	-0.02016586	0.99024756	0	0.99024756	137.480266	0.99024756	162.624878	0.99024756	11000.2292	0.99024756	4219.28297	0.99024756	-2560.44516	0.99024756	-0.25722422
1.02025506	-0.01309398	1.02025506	-0.02366639	1.02025506	0	1.02025506	96.8223924	1.02025506	187.629305	1.02025506	11000.2292	1.02025506	3569.32426	1.02025506	-2569.93774	1.02025506	-0.43587674
1.05026257	-0.01397652	1.05026257	-0.02756245	1.05026257	0	1.05026257	90.3895976	1.05026257	169.989664	1.05026257	11000.2292	1.05026257	2934.45745	1.05026257	-2193.45745	1.05026257	-0.45176424
1.08027007	-0.01471383	1.08027007	-0.03136463	1.08027007	0	1.08027007	159.753315	1.08027007	106.132796	1.08027007	11000.2292	1.08027007	4476.9859	1.08027007	-4066.47448	1.08027007	-0.46264748
1.11027757	-0.01535945	1.11027757	-0.03579991	1.11027757	0	1.11027757	285.505717	1.11027757	50.7965887	1.11027757	11000.2292	1.11027757	6600.86313	1.11027757	-6600.86313	1.11027757	-0.25495898
1.14028507	-0.01597872	1.14028507	-0.03973904	1.14028507	0	1.14028507	332.2032617	1.14028507	78.2326913	1.14028507	11000.2292	1.14028507	7336.96971	1.14028507	-7336.96971	1.14028507	-0.0377282
1.17029257	-0.01657736	1.17029257	-0.04370101	1.17029257	0	1.17029257	279.110187	1.17029257	162.259613	1.17029257	11000.2292	1.17029257	7275.95406	1.17029257	-7925.80417	1.17029257	0.29423604
1.20030008	-0.01708547	1.20030008	-0.04754629	1.20030008	0	1.20030008	196.262974	1.20030008	270.042974	1.20030008	11000.2292	1.20030008	5085.44869	1.20030008	-7575.80109	1.20030008	0.69038739
1.23030758	-0.01739265	1.23030758	-0.05130355	1.23030758	0	1.23030758	158.520475	1.23030758	319.53071	1.23030758	11000.2292	1.23030758	7355.50971	1.23030758	-7531.19217	1.23030758	1.10791116
1.26031508	-0.01747389	1.26031508	-0.05504153	1.26031508	0	1.26031508	193.733776	1.26031508	352.015833	1.26031508	11000.2292	1.26031508	9826.60361	1.26031508	-9826.60361	1.26031508	1.56310649
1.29032258	-0.01752599																



5.31132783	0.01967832	5.31132783	0.12094619	5.31132783	0	5.31132783	-509.846356	5.31132783	11000.2292	5.31132783	26031.3313	5.31132783	-10945.281	5.31132783	5.75491767
5.34133533	0.02047904	5.34133533	0.12037738	5.34133533	0	5.34133533	-671.578022	5.34133533	11000.2292	5.34133533	27990.9816	5.34133533	-13505.7011	5.34133533	7.50774004
5.37134284	0.02140422	5.37134284	0.11884784	5.37134284	0	5.37134284	-4109.18528	5.37134284	11000.2292	5.37134284	36785.002	5.37134284	-12958.0225	5.37134284	9.66433949
5.40135034	0.02215462	5.40135034	0.11646136	5.40135034	0	5.40135034	-296.673538	5.40135034	11000.2292	5.40135034	42980.3173	5.40135034	-12032.4411	5.40135034	11.01260705
5.43135784	0.02248121	5.43135784	0.11361634	5.43135784	0	5.43135784	-242.27913	5.43135784	11000.2292	5.43135784	44621.6235	5.43135784	-12964.2669	5.43135784	12.2661006
5.46136534	0.02228679	5.46136534	0.11109994	5.46136534	0	5.46136534	-377.965179	5.46136534	11000.2292	5.46136534	43202.3686	5.46136534	-15425.0731	5.46136534	13.8978916
5.49137284	0.02196611	5.49137284	0.1093567	5.49137284	0	5.49137284	-515.466435	5.49137284	11000.2292	5.49137284	41035.4098	5.49137284	-17458.3334	5.49137284	14.67314073
5.52138035	0.02087678	5.52138035	0.1078747	5.52138035	0	5.52138035	-510.334698	5.52138035	11000.2292	5.52138035	-1064.13981	5.52138035	-1699.5552	5.52138035	16.62420916
5.55138785	0.01982983	5.55138785	0.10556868	5.55138785	0	5.55138785	-345.368414	5.55138785	11000.2292	5.55138785	-296.752826	5.55138785	28703.0321	5.55138785	13.3887004
5.58139535	0.01846884	5.58139535	0.10167927	5.58139535	0	5.58139535	-92.382695	5.58139535	11000.2292	5.58139535	565.392498	5.58139535	-15957.8469	5.58139535	12.2353967
5.58186422	0.01844458	5.58186422	0.10160514	5.58186422	0	5.58186422	-195.317586	5.58186422	11000.2292	5.58186422	460.154585	5.58186422	19488.6018	5.58186422	12.1039057
5.58280195	0.01839563	5.58280195	0.10145584	5.58280195	0	5.58280195	-53.603490	5.58280195	11000.2292	5.58280195	608.148295	5.58280195	-19152.8794	5.58280195	12.0729035
5.58467742	0.01829595	5.58467742	0.10115294	5.58467742	0	5.58467742	-56.4917255	5.58467742	11000.2292	5.58467742	648.357439	5.58467742	-18652.5913	5.58467742	11.9498517
5.58482836	0.01808991	5.58482836	0.10052943	5.58482836	0	5.58482836	-30.219224	5.58482836	11000.2292	5.58482836	710.772073	5.58482836	-17737.5852	5.58482836	11.752052
5.59593293	0.01762931	5.59593293	0.09932358	5.59593293	0	5.59593293	-102.921292	5.59593293	11000.2292	5.59593293	524.68329	5.59593293	-19252.3258	5.59593293	11.7289717
5.61093398	0.01666399	5.61093398	0.09627296	5.61093398	0	5.61093398	-36.8739915	5.61093398	11000.2292	5.61093398	837.794122	5.61093398	-14630.6908	5.61093398	10.0420886
5.61140285	0.01663078	5.61140285	0.09617455	5.61140285	0	5.61140285	-28.175624	5.61140285	11000.2292	5.61140285	838.679542	5.61140285	-14605.8322	5.61140285	10.0394125
5.64141035	0.01246232	5.64141035	0.08885957	5.64141035	0	5.64141035	-55.399004	5.64141035	11000.2292	5.64141035	385.626008	5.64141035	-15739.681	5.64141035	6.74317775
5.67141785	0.01158827	5.67141785	0.07956981	5.67141785	0	5.67141785	-242.68823	5.67141785	11000.2292	5.67141785	-290.814295	5.67141785	-19313.6659	5.67141785	3.47226555
5.70142536	0.00892472	5.70142536	0.06889585	5.70142536	0	5.70142536	-319.183537	5.70142536	11000.2292	5.70142536	-718.111073	5.70142536	-22069.8526	5.70142536	1.44077377
5.73143286	0.00646254	5.73143286	0.0580655	5.73143286	0	5.73143286	-186.434114	5.73143286	11000.2292	5.73143286	-1174.10863	5.73143286	-1174.89126	5.73143286	-0.03364002
5.76144036	0.00420323	5.76144036	0.04818577	5.76144036	0	5.76144036	-111.178174	5.76144036	11000.2292	5.76144036	-1537.28422	5.76144036	-26402.9046	5.76144036	-1.4979567
5.79144786	0.00203893	5.79144786	0.03965187	5.79144786	0	5.79144786	-392.690626	5.79144786	11000.2292	5.79144786	-1383.90965	5.79144786	8874.84866	5.79144786	-2.5015753
5.82145536	-0.00013185	5.82145536	0.0322813	5.82145536	0	5.82145536	-482.645648	5.82145536	11000.2292	5.82145536	-738.246023	5.82145536	-13833.7259	5.82145536	-2.2889669
5.85146287	-0.00226628	5.85146287	0.02570306	5.85146287	0	5.85146287	-339.097958	5.85146287	11000.2292	5.85146287	-113.094801	5.85146287	-2243.61855	5.85146287	-0.98177145
5.88147037	-0.00416442	5.88147037	0.01932974	5.88147037	0	5.88147037	-342.691267	5.88147037	11000.2292	5.88147037	799.586411	5.88147037	-7944.44385	5.88147037	-0.06361786
5.91147787	-0.00563495	5.91147787	0.01242959	5.91147787	0	5.91147787	-355.348472	5.91147787	11000.2292	5.91147787	1400.92507	5.91147787	-16672.6434	5.91147787	1.95919096
5.94148537	-0.00666855	5.94148537	0.00371376	5.94148537	0	5.94148537	574.855008	5.94148537	11000.2292	5.94148537	1613.04149	5.94148537	-22101.0488	5.94148537	3.98918509
5.97149287	-0.00736372	5.97149287	0.00626984	5.97149287	0	5.97149287	-482.126728	5.97149287	11000.2292	5.97149287	1456.21978	5.97149287	-23408.6555	5.97149287	5.16765351
6.00150038	-0.00779011	6.00150038	0.01705108	6.00150038	0	6.00150038	623.640997	6.00150038	11000.2292	6.00150038	808.955886	6.00150038	-20016.0054	6.00150038	8.1349167
6.03150788	-0.00793606	6.03150788	0.02781331	6.03150788	0	6.03150788	-453.770763	6.03150788	11000.2292	6.03150788	-6.36423344	6.03150788	-14483.5074	6.03150788	10.1490764
6.06151538	-0.00763504	6.06151538	0.03767852	6.06151538	0	6.06151538	380.828455	6.06151538	11000.2292	6.06151538	-417.804687	6.06151538	-11606.1344	6.06151538	11.5861974
6.09152288	-0.00675376	6.09152288	0.0457277	6.09152288	0	6.09152288	395.042407	6.09152288	11000.2292	6.09152288	-300.440515	6.09152288	-13865.6678	6.09152288	12.5685885
6.12153038	-0.00541044	6.12153038	0.05139644	6.12153038	0	6.12153038	490.935417	6.12153038	11000.2292	6.12153038	-45.5811896	6.12153038	-19651.9661	6.12153038	11.6434372
6.15153788	-0.00383234	6.15153788	0.05492163	6.15153788	0	6.15153788	514.529607	6.15153788	11000.2292	6.15153788	357.227877	6.15153788	-27406.7237	6.15153788	11.0778842
6.18154539	-0.00217672	6.18154539	0.05727286	6.18154539	0	6.18154539	355.500168	6.18154539	11000.2292	6.18154539	964.334012	6.18154539	-36482.5367	6.18154539	9.5840116
6.21155289	-0.00044248	6.21155289	0.05943575	6.21155289	0	6.21155289	81.8009285	6.21155289	11000.2292	6.21155289	1702.29827	6.21155289	-45037.3546	6.21155289	6.91061006
6.24156039	0.00015199	6.24156039	0.06195021	6.24156039	0	6.24156039	-49.675661	6.24156039	11000.2292	6.24156039	2160.48194	6.24156039	-49802.5729	6.24156039	3.4997247
6.27156789	0.00377486	6.27156789	0.06490409	6.27156789	0	6.27156789	-58.046295	6.27156789	11000.2292	6.27156789	2047.49812	6.27156789	-49066.9026	6.27156789	0.61117626
6.30157539	0.00619818	6.30157539	0.06810585	6.30157539	0	6.30157539	-2.4552418	6.30157539	11000.2292	6.30157539	1467.784005	6.30157539	-44281.9842	6.30157539	-1.28376105
6.3315829	0.00844216	6.3315829	0.07108679	6.3315829	0	6.3315829	39.462232	6.3315829	11000.2292	6.3315829	784.204043	6.3315829	-3248.75095	6.3315829	-5.64808025
6.3615904	0.01026562	6.3615904	0.07301163	6.3615904	0	6.3615904	-148.292582	6.3615904	11000.2292	6.3615904	171.951309	6.3615904	-31586.4075	6.3615904	-8.99035242
6.3915979	0.01314947	6.3915979	0.07318837	6.3915979	0	6.3915979	-398.935982	6.3915979	11000.2292	6.3915979	-69.4276929	6.3915979	-2747.7338	6.3915979	-11.7287649
6.4216054	0.01308116	6.4216054	0.07121848	6.4216054	0	6.4216054	-125.620282	6.4216054	11000.2292	6.4216054	-329.614526	6.4216054	-6718.1682	6.4216054	-12.7891563
6.4516129	0.01436061	6.4516129	0.06718793	6.4516129	0	6.4516129	-478.4979	6.4516129	11000.2292	6.4516129	628.865319	6.4516129	-31614.0222	6.4516129	-14.4605538
6.48162041	0.01543106	6.48162041	0.0615755	6.48162041	0	6.48162041	-224.76186	6.48162041	11000.2292	6.48162041	1234.94067	6.48162041	-37526.623	6.48162041	-1.9876577
6.51162791	0.01599063	6.51162791	0.05528665	6.51162791	0	6.51162791	-154.402178	6.51162791	11000.2292	6.51162791	1708.42191	6.51162791	-42350.3666	6.51162791	-13.8091053
6.54163541	0.0158388	6.54163541	0.04937767	6.54163541	0	6.54163541	-288.400545	6.54163541	11000.2292	6.54163541	1910.15288	6.54163541	-4001.0352	6.54163541	-13.17339
6.57164291	0.01511759	6.57164291	0.04450868	6.57164291	0	6.57164291	-492.049393	6.57164291	11000.2292	6.57164291	1802.67044	6.57164291	-4163.0972	6.57164291	-12.4231324
6.60165041	0.01418926	6.60165041	0.04059586	6.60165041	0	6.60165041	-656.956254	6.60165041	11000.2292	6.60165041	1376.22821	6.60165041	-36485.2283	6.60165041	-11.1707043
6.63165791	0.01324807	6.63165791	0.03707999	6.63165791	0	6.63165791	-616.307405	6.63165791	11000.2292	6.63165791	655.709599	6.63165791	-24635.0014	6.63165791	-8.41857558
6.66166542	0.01224854	6.66166542	0.03305855	6.66166542	0	6.66166542	-303.2485	6.66166542	11000.2292	6.66166542	-224.888675	6.66166542	-13353.9506	6.66166542	-6.35259057
6.69167292	0.01102361	6.69167292	0.02769869	6.69167292	0	6.69167292	-2.8447466	6.69167292	11000.2292	6.69167292	-784.570147	6.69167292	-4827.98184	6.6916729	

10.6826707	0.0496762	10.6826707	0.09537757	10.6826707	0	10.6826707	-396.824668	10.6826707	11000.2292	10.6826707	-17225.293	10.6826707	-8107.82414	10.6826707	-3.06829177
10.7126782	0.0492311	10.7126782	0.10579016	10.7126782	0	10.7126782	188.287372	10.7126782	11000.2292	10.7126782	-17198.1681	10.7126782	-5561.82748	10.7126782	-2.1142848
10.7426857	0.0488951	10.7426857	0.11687908	10.7426857	0	10.7426857	830.922935	10.7426857	11000.2292	10.7426857	-20236.8389	10.7426857	-1455.21536	10.7426857	-1.2080361
10.7726932	0.0483865	10.7726932	0.12813159	10.7726932	0	10.7726932	280.95291	10.7726932	11000.2292	10.7726932	-22114.9335	10.7726932	-2214.10625	10.7726932	0.2532339
10.8027007	0.04754606	10.8027007	0.13888926	10.8027007	0	10.8027007	222.176105	10.8027007	11000.2292	10.8027007	-18988.8132	10.8027007	305.89213	10.8027007	0.86575407
10.8327082	0.04650149	10.8327082	0.14847829	10.8327082	0	10.8327082	-62.5241338	10.8327082	11000.2292	10.8327082	-12424.2304	10.8327082	1128.01876	10.8327082	0.07621303
10.8627157	0.0455971	10.8627157	0.15676662	10.8627157	0	10.8627157	-226.486633	10.8627157	11000.2292	10.8627157	-5558.67526	10.8627157	-171.773404	10.8627157	-0.20414658
10.8927232	0.04512	10.8927232	0.1643471	10.8927232	0	10.8927232	-209.186628	10.8927232	11000.2292	10.8927232	-7.3973196	10.8927232	598.252326	10.8927232	-0.11276234
10.9227307	0.0450314	10.9227307	0.17211915	10.9227307	0	10.9227307	237.590258	10.9227307	11000.2292	10.9227307	9029.23528	10.9227307	6468.24086	10.9227307	-0.97958308
10.9527382	0.04502828	10.9527382	0.18050963	10.9527382	0	10.9527382	343.425829	10.9527382	11000.2292	10.9527382	20250.4176	10.9527382	8982.44181	10.9527382	-2.4520933
10.9827457	0.04484539	10.9827457	0.18941991	10.9827457	0	10.9827457	401.193952	10.9827457	11000.2292	10.9827457	24445.4946	10.9827457	9317.57536	10.9827457	-3.2095621
10.1027532	0.04456304	10.1027532	0.19882051	10.1027532	0	10.1027532	223.97656	10.1027532	11000.2292	10.1027532	-971.625584	10.1027532	32410.5634	10.1027532	-1.73990427
10.10427607	0.04451681	10.10427607	0.20881282	10.10427607	0	10.10427607	-75.4307315	10.10427607	11000.2292	10.10427607	-408.394577	10.10427607	20560.8207	10.10427607	-4412.7096
10.10727682	0.04489822	10.10727682	0.21897012	10.10727682	0	10.10727682	-406.220157	10.10727682	11000.2292	10.10727682	-20593.9925	10.10727682	20953.9925	10.10727682	-4.72153538
10.11027757	0.045208651	10.11027757	0.23080561	10.11027757	0	11.027757	522.821757	10.11027757	11000.2292	10.11027757	522.821757	522.821757	522.821757	10.11027757	1.5133078
10.11327832	0.04653709	10.11327832	0.23486361	10.11327832	0	10.11327832	264.107156	10.11327832	11000.2292	10.11327832	275.554723	10.11327832	23439.6761	10.11327832	-3.97282828
10.11627907	0.04737401	10.11627907	0.23979199	10.11627907	0	10.11627907	243.327464	10.11627907	11000.2292	10.11627907	-130.6179	10.11627907	6565.1569	10.11627907	0.50033634
10.11927982	0.04812251	10.11927982	0.24364106	10.11927982	0	10.11927982	127.672678	10.11927982	11000.2292	10.11927982	530.705485	10.11927982	33382.832	10.11927982	-2.38647578
10.1228057	0.04889543	10.1228057	0.24687452	10.1228057	0	10.1228057	-60.374431	10.1228057	11000.2292	10.1228057	-1145.67351	10.1228057	788.290968	10.1228057	-1.0477074
10.1258132	0.04978681	10.1258132	0.24958327	10.1258132	0	10.1258132	117.33525	10.1258132	11000.2292	10.1258132	-1286.79258	10.1258132	40066.1128	10.1258132	-0.37674991
10.12828207	0.05072037	10.12828207	0.25191864	10.12828207	0	10.12828207	234.827205	10.12828207	11000.2292	10.12828207	-908.656376	10.12828207	1700.24616	10.12828207	0.06769789
10.13128282	0.0514871	10.13128282	0.25409096	10.13128282	0	10.13128282	279.812114	10.13128282	11000.2292	10.13128282	-603.55993	10.13128282	36705.3344	10.13128282	0.40093551
10.13428357	0.051953	10.13428357	0.25576194	10.13428357	0	10.13428357	218.654675	10.13428357	11000.2292	10.13428357	-452.064745	10.13428357	33133.5	10.13428357	0.61439341
10.13728432	0.05223712	10.13728432	0.25601296	10.13728432	0	10.13728432	26.5801949	10.13728432	11000.2292	10.13728432	-270.674087	10.13728432	29240.9992	10.13728432	-0.04358019
10.14028507	0.05256504	10.14028507	0.2542986	10.14028507	0	10.14028507	-176.385797	10.14028507	11000.2292	10.14028507	-122.588376	10.14028507	-1700.33274	10.14028507	0.56272648
10.14328582	0.05307577	10.14328582	0.25089163	10.14328582	0	10.14328582	-235.256843	10.14328582	11000.2292	10.14328582	-332.589761	10.14328582	25901.5839	10.14328582	-0.7493153
10.14628657	0.05376832	10.14628657	0.24635439	10.14628657	0	10.14628657	-171.744846	10.14628657	11000.2292	10.14628657	-1105.02886	10.14628657	30903.6786	10.14628657	-0.4645287
10.14928732	0.05453891	10.14928732	0.24113798	10.14928732	0	10.14928732	-157.745855	10.14928732	11000.2292	10.14928732	-2024.14394	10.14928732	37739.8269	10.14928732	-1.0466552
10.15228807	0.05530057	10.15228807	0.23578574	10.15228807	0	10.15228807	-276.444919	10.15228807	11000.2292	10.15228807	-2541.68962	10.15228807	41904.3165	10.15228807	0.8361134
10.15528882	0.05608618	10.15528882	0.23119605	10.15528882	0	10.15528882	-449.450965	10.15528882	11000.2292	10.15528882	-2598.93845	10.15528882	42526.6916	10.15528882	2.50745522
10.15828957	0.05701513	10.15828957	0.22810661	10.15828957	0	10.15828957	-573.083528	10.15828957	11000.2292	10.15828957	-2468.74372	10.15828957	41182.1129	10.15828957	4.22866005
10.16129032	0.05813023	10.16129032	0.22645072	10.16129032	0	10.16129032	-562.018255	10.16129032	11000.2292	10.16129032	-2260.82442	10.16129032	37977.1114	10.16129032	5.20638313
10.16429107	0.05931636	10.16429107	0.22549475	10.16429107	0	10.16429107	-430.150305	10.16429107	11000.2292	10.16429107	-1628.96006	10.16429107	31054.9657	10.16429107	6.1360036
10.16729182	0.0603265	10.16729182	0.22445983	10.16729182	0	10.16729182	-366.342839	10.16729182	11000.2292	10.16729182	-716.202353	10.16729182	22231.0255	10.16729182	7.1248644
10.17029257	0.06094655	10.17029257	0.2226917	10.17029257	0	10.17029257	-408.263305	10.17029257	11000.2292	10.17029257	-64.0158823	10.17029257	16097.4522	10.17029257	9.46400301
10.17329332	0.06114516	10.17329332	0.21961299	10.17329332	0	10.17329332	-497.68564	10.17329332	11000.2292	10.17329332	220.815904	10.17329332	13894.1581	10.17329332	10.6600486
10.17629407	0.06101009	10.17629407	0.21491075	10.17629407	0	10.17629407	-557.441753	10.17629407	11000.2292	10.17629407	285.580035	10.17629407	14245.0063	10.17629407	11.4435418
10.17929482	0.06057587	10.17929482	0.20869389	10.17929482	0	10.17929482	-441.069137	10.17929482	11000.2292	10.17929482	263.886014	10.17929482	15473.7613	10.17929482	11.8003475
10.18229557	0.05973595	10.18229557	0.20157898	10.18229557	0	10.18229557	-179.593193	10.18229557	11000.2292	10.18229557	181.592525	10.18229557	16628.8481	10.18229557	11.0020435
10.18529632	0.05829449	10.18529632	0.19419106	10.18529632	0	10.18529632	-42.681264	10.18529632	11000.2292	10.18529632	-345.099519	10.18529632	18570.0355	10.18529632	9.24513467
10.18829707	0.05651509	10.18829707	0.18678075	10.18829707	0	10.18829707	-308.662194	10.18829707	11000.2292	10.18829707	-853.477636	10.18829707	19989.3277	10.18829707	7.266527
10.19129782	0.05446946	10.19129782	0.17931456	10.19129782	0	10.19129782	-510.386274	10.19129782	11000.2292	10.19129782	-953.77264	10.19129782	18832.5215	10.19129782	5.59105883
10.19429858	0.05263882	10.19429858	0.17182763	10.19429858	0	10.19429858	-584.631121	10.19429858	11000.2292	10.19429858	-613.873121	10.19429858	14816.468	10.19429858	3.98395527
10.19729933	0.05033988	10.19729933	0.16345523	10.19729933	0	10.19729933	-333.453163	10.19729933	11000.2292	10.19729933	-845.073121	10.19729933	8840.23848	10.19729933	2.321827
10.2003008	0.04533016	10.2003008	0.1575207	10.2003008	0	10.2003008	162.870994	10.2003008	11000.2292	10.2003008	459.778466	10.2003008	2356.35613	10.2003008	0.81637868
10.20330083	0.04250939	10.20330083	0.15057716	10.20330083	0	10.20330083	582.951294	10.20330083	11000.2292	10.20330083	582.951294	10.20330083	-1797.5959	10.20330083	0.60466145
10.20631058	0.03927593	10.20631058	0.14306634	10.20631058	0	10.20631058	777.318424	10.20631058	11000.2292	10.20631058	1113.3432	10.20631058	1828.09944	10.20631058	1.0542573
10.2093233	0.03574821	10.2093233	0.13475069	10.2093233	0	10.2093233	367.202963	10.2093233	11000.2292	10.2093233	1246.39827	10.2093233	-14174.7496	10.2093233	1.40337514
10.21230308	0.03230745	10.21230308	0.1257155	10.21230308	0	10.21230308	218.99264	10.21230308	11000.2292	10.21230308	1242.31556	10.21230308	17358.0216	10.21230308	2.0169044
10.21530383	0.02943802	10.21530383	0.11605541	10.21530383	0	10.21530383	156.67742	10.21530383	11000.2292	10.21530383	810.2072	10.21530383	-16967.5785	10.21530383	5.2332978
10.21830458	0.02738992	10.21830458	0.10590394	10.21830458	0	10.21830458	576.769431	10.21830458	11000.2292	10.21830458	642.62244	10.21830458	-16998.8264	10.21830458	9.1973311
10.22130533	0.02600095	10.22130533	0.0959073	10.22130533	0	10.22130533	1008.61907	10.22130533	11000.2292	10.221					



16.324081	0.07503179	16.324081	0.24149344	16.324081	0	16.324081	66.0993032	16.324081	-405.39549	16.324081	11000.2292	16.324081	36.088348	16.324081	2523.98888	16.324081	0.31303906
16.3540885	0.07369845	16.3540885	0.23849782	16.3540885	0	16.3540885	304.870488	16.3540885	-456.122329	16.3540885	11000.2292	16.3540885	676.630276	16.3540885	5654.35175	16.3540885	0.25716862
16.384096	0.07223097	16.384096	0.23645001	16.384096	0	16.384096	306.720132	16.384096	-334.626214	16.384096	11000.2292	16.384096	31.3713004	16.384096	6951.22738	16.384096	0.64451675
16.4141035	0.07072231	16.4141035	0.23542871	16.4141035	0	16.4141035	226.977327	16.4141035	-233.126309	16.4141035	11000.2292	16.4141035	-1752.23845	16.4141035	6292.10197	16.4141035	1.32029376
16.444111	0.06937307	16.444111	0.23507077	16.444111	0	16.444111	96.1377661	16.444111	-19.6627683	16.444111	11000.2292	16.444111	-4905.20545	16.444111	7399.74663	16.444111	1.18350861
16.4741185	0.06834602	16.4741185	0.23492025	16.4741185	0	16.4741185	122.562108	16.4741185	545.666561	16.4741185	11000.2292	16.4741185	-10053.97309	16.4741185	18929.97309	16.4741185	1.192991078
16.504126	0.06769377	16.504126	0.23454349	16.504126	0	16.504126	336.435702	16.504126	960.248584	16.504126	11000.2292	16.504126	-14307.4937	16.504126	10728.145	16.504126	2.23027766
16.5341335	0.06731646	16.5341335	0.23363893	16.5341335	0	16.5341335	438.68201	16.5341335	1062.60024	16.5341335	11000.2292	16.5341335	-16021.1626	16.5341335	12753.2742	16.5341335	2.18087856
16.564141	0.06704455	16.564141	0.23207309	16.564141	0	16.564141	514.288261	16.564141	855.14185	16.564141	11000.2292	16.564141	-14885.1103	16.564141	13864.3703	16.564141	3.28019675
16.5941485	0.06680251	16.5941485	0.22987085	16.5941485	0	16.5941485	376.761274	16.5941485	435.861164	16.5941485	11000.2292	16.5941485	-11349.4015	16.5941485	15863.4862	16.5941485	3.38019675
16.624156	0.06672204	16.624156	0.22733835	16.624156	0	16.624156	105.748091	16.624156	-33.5457108	16.624156	11000.2292	16.624156	-6587.17245	16.624156	9495.23628	16.624156	2.97080209
16.6541635	0.06704033	16.6541635	0.22504866	16.6541635	0	16.6541635	-38.921567	16.6541635	-360.83071	16.6541635	11000.2292	16.6541635	-2571.60854	16.6541635	6929.45445	16.6541635	2.92693016
16.684171	0.06784198	16.684171	0.22362625	16.684171	0	16.684171	62.839429	16.684171	-543.327805	16.684171	11000.2292	16.684171	-288.528864	16.684171	6573.82561	16.684171	2.11212924
16.7141785	0.06896433	16.7141785	0.22344643	16.7141785	0	16.7141785	-286.024698	16.7141785	-286.024698	16.7141785	11000.2292	16.7141785	257.741073	16.7141785	370.86653	16.7141785	1.37042777
16.7441861	0.06818653	16.7441861	0.22441861	16.7441861	0	16.7441861	412.674833	16.7441861	350.674833	16.7441861	11000.2292	16.7441861	-17.713559	16.7441861	7925.24588	16.7441861	1.05466461
16.7741936	0.07101146	16.7741936	0.22613748	16.7741936	0	16.7741936	358.04614	16.7741936	171.622177	16.7741936	11000.2292	16.7741936	-6118.55453	16.7741936	6171.79491	16.7741936	0.78493757
16.8042011	0.07176038	16.8042011	0.22807056	16.8042011	0	16.8042011	-24.4890544	16.8042011	802.089437	16.8042011	11000.2292	16.8042011	-11952.5291	16.8042011	11952.5291	16.8042011	0.25963133
16.8342086	0.07259231	16.8342086	0.22971806	16.8342086	0	16.8342086	-164.83857	16.8342086	1059.15626	16.8342086	11000.2292	16.8342086	-15246.2305	16.8342086	2533.71243	16.8342086	-0.7075639
16.8642161	0.07367822	16.8642161	0.23055106	16.8642161	0	16.8642161	-208.053601	16.8642161	1157.98813	16.8642161	11000.2292	16.8642161	-16309.8257	16.8642161	16309.8257	16.8642161	-0.90002798
16.8942236	0.07490054	16.8942236	0.23026494	16.8942236	0	16.8942236	65.8204995	16.8942236	1046.837	16.8942236	11000.2292	16.8942236	-14861.136	16.8942236	-1912.55648	16.8942236	-0.3590127
16.9242311	0.07592209	16.9242311	0.22909876	16.9242311	0	16.9242311	192.032023	16.9242311	673.982959	16.9242311	11000.2292	16.9242311	-10756.4933	16.9242311	-1021.11619	16.9242311	-0.39335269
16.9542386	0.07653234	16.9542386	0.22762075	16.9542386	0	16.9542386	136.118077	16.9542386	178.269879	16.9542386	11000.2292	16.9542386	-5333.72695	16.9542386	-2492.60547	16.9542386	-1.04087199
16.9842461	0.07677548	16.9842461	0.22641682	16.9842461	0	16.9842461	-79.353855	16.9842461	-240.837155	16.9842461	11000.2292	16.9842461	-1003.11631	16.9842461	-4095.00942	16.9842461	-1.05985989
17.0142536	0.07687059	17.0142536	0.22592481	17.0142536	0	17.0142536	-408.455574	17.0142536	-536.332929	17.0142536	11000.2292	17.0142536	1140.73582	17.0142536	-7958.7128	17.0142536	-0.53801642
17.0442611	0.07708867	17.0442611	0.22645857	17.0442611	0	17.0442611	-373.124626	17.0442611	-501.253359	17.0442611	11000.2292	17.0442611	957.687332	17.0442611	-982.7668	17.0442611	-0.62220707
17.0742686	0.0774813	17.0742686	0.22799664	17.0742686	0	17.0742686	-217.439038	17.0742686	-216.618244	17.0742686	11000.2292	17.0742686	-1334.99193	17.0742686	-6591.9493	17.0742686	-0.98489254
17.1042761	0.07782628	17.1042761	0.23018485	17.1042761	0	17.1042761	-50.2665356	17.1042761	90.8471742	17.1042761	11000.2292	17.1042761	-4952.10922	17.1042761	-1296.4933	17.1042761	-1.2960449
17.1342836	0.07785092	17.1342836	0.23255011	17.1342836	0	17.1342836	143.135547	17.1342836	464.342371	17.1342836	11000.2292	17.1342836	-8980.2425	17.1342836	-2866.16515	17.1342836	-0.74998507
17.1642911	0.07747556	17.1642911	0.23458509	17.1642911	0	17.1642911	-97.0254576	17.1642911	560.290019	17.1642911	11000.2292	17.1642911	-10789.2812	17.1642911	-4415.99361	17.1642911	-0.71600912
17.1942986	0.07686709	17.1942986	0.23586652	17.1942986	0	17.1942986	-272.136868	17.1942986	633.647143	17.1942986	11000.2292	17.1942986	-10592.6094	17.1942986	-6622.514	17.1942986	-1.1337996
17.2243061	0.07629905	17.2243061	0.23637142	17.2243061	0	17.2243061	371.328691	17.2243061	616.368654	17.2243061	11000.2292	17.2243061	-8798.94978	17.2243061	-7026.02216	17.2243061	-1.09523005
17.2543136	0.0759611	17.2543136	0.23645995	17.2543136	0	17.2543136	-167.294858	17.2543136	378.894825	17.2543136	11000.2292	17.2543136	-5501.99206	17.2543136	-4500.15662	17.2543136	-0.54780165
17.2843211	0.0757135	17.2843211	0.23660909	17.2843211	0	17.2843211	102.477626	17.2843211	-42.3169712	17.2843211	11000.2292	17.2843211	-553.80676	17.2843211	-553.80676	17.2843211	-0.38100434
17.3143286	0.07522958	17.3143286	0.23713295	17.3143286	0	17.3143286	97.911066	17.3143286	-279.175659	17.3143286	11000.2292	17.3143286	786.726093	17.3143286	-1273.3997	17.3143286	-0.4903232
17.3443361	0.0744162	17.3443361	0.23817243	17.3443361	0	17.3443361	223.831795	17.3443361	-542.95871	17.3443361	11000.2292	17.3443361	2228.39031	17.3443361	2012.17066	17.3443361	-0.95294529
17.3743436	0.07347335	17.3743436	0.23977779	17.3743436	0	17.3743436	-123.29055	17.3743436	-214.667407	17.3743436	11000.2292	17.3743436	886.194103	17.3743436	-174.690756	17.3743436	0.26709799
17.4043511	0.07268736	17.4043511	0.24188173	17.4043511	0	17.4043511	-160.212272	17.4043511	-117.30142	17.4043511	11000.2292	17.4043511	-343.328128	17.4043511	117.236569	17.4043511	0.37585929
17.4343586	0.07222652	17.4343586	0.24432093	17.4343586	0	17.4343586	-36.1145261	17.4343586	119.624183	17.4343586	11000.2292	17.4343586	-1679.4477	17.4343586	1641.93528	17.4343586	0.1930333
17.4643661	0.07201382	17.4643661	0.24681948	17.4643661	0	17.4643661	234.01186	17.4643661	436.647846	17.4643661	11000.2292	17.4643661	-4831.04275	17.4643661	-1420.19529	17.4643661	0.37609794
17.4943736	0.07178441	17.4943736	0.24897821	17.4943736	0	17.4943736	307.469333	17.4943736	402.950123	17.4943736	11000.2292	17.4943736	-5816.89679	17.4943736	7477.58925	17.4943736	0.72878477
17.5243811	0.07139194	17.5243811	0.25049549	17.5243811	0	17.5243811	383.726018	17.5243811	518.349609	17.5243811	11000.2292	17.5243811	-5986.21931	17.5243811	7959.6086	17.5243811	0.58425542
17.5543886	0.07097593	17.5543886	0.25133368	17.5543886	0	17.5543886	79.371061	17.5543886	341.36312	17.5543886	11000.2292	17.5543886	-4171.28069	17.5543886	5460.5874	17.5543886	0.1650979
17.5843961	0.0707813	17.5843961	0.25171583	17.5843961	0	17.5843961	-86.746801	17.5843961	202.131139	17.5843961	11000.2292	17.5843961	-370.97636	17.5843961	-176.97636	17.5843961	0.07546681
17.6144036	0.0709230614	17.6144036	0.25303614	17.6144036	0	17.6144036	-88.655787	17.6144036	88.655787	17.6144036	11000.2292	17.6144036	-805.89332	17.6144036	3802.05322	17.6144036	0.8216322
17.644411	0.07143592	17.644411	0.25262481	17.644411	0	17.644411	-509.564921	17.644411	553.272269	17.644411	11000.2292	17.644411	-4139.13912	17.644411	-6898.2625	17.644411	-0.00037479
17.6744186	0.07203337	17.6744186	0.25360721	17.6744186	0	17.6744186	180.293125	17.6744186	906.509784	17.6744186	11000.2292	17.6744186	-7247.20858	17.6744186	7689.20204	17.6744186	0.0069748
17.7044261	0.07251368	17.7044261	0.25580021	17.7044261	0	17.7044261	-260.139026	17.7044261	-783.764156	17.7044261	11000.2292	17.7044261	-707.296	17.7044261	-691.18307	17.7	

21.8754689	0.10919801	21.8754689	0.3325004	21.8754689	0	21.8754689	-68.6190404	21.8754689	332.405164	21.8754689	11000.2292	21.8754689	-14681.153	21.8754689	781.797561	21.8754689	0.7556839
21.9054764	0.10931691	21.9054764	0.33227155	21.9054764	0	21.9054764	-362.607578	21.9054764	-253.86554	21.9054764	-225.1904764	21.9054764	-9456.168356	21.9054764	-1329.3085	21.9054764	1.33293085
21.9354839	0.10988778	21.9354839	0.3330384	21.9354839	0	21.9354839	-282.589629	21.9354839	-529.971377	21.9354839	11000.2292	21.9354839	-6402.95713	21.9354839	-1654.60157	21.9354839	1.47167677
21.9654914	0.11084594	21.9654914	0.3350092	21.9654914	0	21.9654914	-422.266157	21.9654914	-427.266157	21.9654914	11000.2292	21.9654914	-6722.54483	21.9654914	-1431.56494	21.9654914	0.72079178
21.9954989	0.11182034	21.9954989	0.33825521	21.9954989	0	21.9954989	-317.263544	21.9954989	-102.861299	21.9954989	11000.2292	21.9954989	-9493.72907	21.9954989	-4473.67424	21.9954989	0.11885914
22.0255064	0.11249128	22.0255064	0.34255373	22.0255064	0	22.0255064	-340.895717	22.0255064	299.562355	22.0255064	11000.2292	22.0255064	-13279.1207	22.0255064	-4236.09036	22.0255064	0.98818669
22.055139	0.1128613	22.055139	0.34728575	22.055139	0	22.055139	-212.23805	22.055139	685.313198	22.055139	11000.2292	22.055139	-16888.626	22.055139	-540.40069	22.055139	0.12358399
22.0855214	0.11322121	22.0855214	0.35173857	22.0855214	0	22.0855214	-239.56467	22.0855214	997.23978	22.0855214	11000.2292	22.0855214	-19431.5185	22.0855214	-2824.27504	22.0855214	-0.59999106
22.1155289	0.11385655	22.1155289	0.355511	22.1155289	0	22.1155289	-238.247433	22.1155289	1153.11869	22.1155289	11000.2292	22.1155289	-20040.9444	22.1155289	-3202.36657	22.1155289	-0.86035907
22.1455364	0.11478076	22.1455364	0.35861896	22.1455364	0	22.1455364	-19.3315059	22.1455364	1015.84226	22.1455364	11000.2292	22.1455364	-17847.3542	22.1455364	-755.853998	22.1455364	-0.25465349
22.1755439	0.11570384	22.1755439	0.36124301	22.1755439	0	22.1755439	-248.95861	22.1755439	573.86295	22.1755439	11000.2292	22.1755439	-18222.4378	22.1755439	-2194.44639	22.1755439	0.07323652
22.2055514	0.11631187	22.2055514	0.36366449	22.2055514	0	22.2055514	-273.901503	22.2055514	1.93634736	22.2055514	11000.2292	22.2055514	-6516.66376	22.2055514	-2453.18894	22.2055514	-0.28419241
22.2355589	0.11656957	22.2355589	0.36630628	22.2355589	0	22.2355589	-1.36324211	22.2355589	-401.145825	22.2355589	11000.2292	22.2355589	-1327.05575	22.2355589	-593.56852	22.2355589	-0.30219005
22.2655664	0.11676397	22.2655664	0.36999618	22.2655664	0	22.2655664	-232.975291	22.2655664	-471.095014	22.2655664	11000.2292	22.2655664	-588.974169	22.2655664	-2927.60956	22.2655664	0.34979055
22.2955739	0.11719101	22.2955739	0.37380262	22.2955739	0	22.2955739	-121.380232	22.2955739	1710.391212	22.2955739	11000.2292	22.2955739	-1968.87523	22.2955739	-1824.62427	22.2955739	0.20244275
22.3255814	0.11800146	22.3255814	0.37953049	22.3255814	0	22.3255814	-180.819023	22.3255814	-496.60622	22.3255814	11000.2292	22.3255814	-1699.56732	22.3255814	-2838.21945	22.3255814	0.13015919
22.3555889	0.11892905	22.3555889	0.3853556	22.3555889	0	22.3555889	-60.130154	22.3555889	-219.209688	22.3555889	11000.2292	22.3555889	-384.765439	22.3555889	-304.21662	22.3555889	-0.11100008
22.3855964	0.11969876	22.3855964	0.39120394	22.3855964	0	22.3855964	-208.063068	22.3855964	96.4122358	22.3855964	11000.2292	22.3855964	-1048.61967	22.3855964	-945.634598	22.3855964	0.88935808
22.4156039	0.12010528	22.4156039	0.39686065	22.4156039	0	22.4156039	-193.945695	22.4156039	574.029059	22.4156039	11000.2292	22.4156039	-4302.74307	22.4156039	-267.70158	22.4156039	0.38605589
22.4456114	0.12025444	22.4456114	0.40209164	22.4456114	0	22.4456114	-186.611557	22.4456114	370.562966	22.4456114	11000.2292	22.4456114	-3048.64639	22.4456114	-3381.01672	22.4456114	0.01213788
22.4493623	0.12025514	22.4493623	0.40270489	22.4493623	0	22.4493623	-231.146239	22.4493623	424.248054	22.4493623	11000.2292	22.4493623	-3667.69627	22.4493623	-2919.33097	22.4493623	-0.50406862
22.4568642	0.12027876	22.4568642	0.40388226	22.4568642	0	22.4568642	-209.677195	22.4568642	326.406554	22.4568642	11000.2292	22.4568642	-2229.48684	22.4568642	-3952.47546	22.4568642	-0.15012146
22.471868	0.12035453	22.471868	0.4060423	22.471868	0	22.471868	-351.130885	22.471868	223.347596	22.471868	11000.2292	22.471868	-969.908634	22.471868	-2298.10758	22.471868	-0.2468992
22.4756189	0.12038142	22.4756189	0.40653993	22.4756189	0	22.4756189	-399.413666	22.4756189	191.097977	22.4756189	11000.2292	22.4756189	-644.53222	22.4756189	-5244.58338	22.4756189	-0.23341778
22.5056264	0.12081075	22.5056264	0.40996776	22.5056264	0	22.5056264	-414.561193	22.5056264	72.9782819	22.5056264	11000.2292	22.5056264	-6454.74627	22.5056264	-4654.74627	22.5056264	0.7804627
22.5356339	0.12148984	22.5356339	0.41280985	22.5356339	0	22.5356339	-20.3634378	22.5356339	-104.95521	22.5356339	11000.2292	22.5356339	-6561.75428	22.5356339	-3360.92927	22.5356339	0.74447001
22.5656414	0.12211735	22.5656414	0.41578687	22.5656414	0	22.5656414	-272.499636	22.5656414	-315.156244	22.5656414	11000.2292	22.5656414	-215.160764	22.5656414	-125.160764	22.5656414	0.38562899
22.5956489	0.12236027	22.5956489	0.41925918	22.5956489	0	22.5956489	-341.327501	22.5956489	-555.495926	22.5956489	11000.2292	22.5956489	-13561.9932	22.5956489	-1335.26243	22.5956489	-0.15362033
22.6256564	0.12209418	22.6256564	0.42313778	22.6256564	0	22.6256564	-89.4675829	22.6256564	-720.701185	22.6256564	11000.2292	22.6256564	-14508.0019	22.6256564	-898.500685	22.6256564	0.56214397
22.6556639	0.12162615	22.6556639	0.42718572	22.6556639	0	22.6556639	-334.298015	22.6556639	-585.845839	22.6556639	11000.2292	22.6556639	-12978.4871	22.6556639	-4709.98351	22.6556639	0.79459114
22.6856714	0.12139702	22.6856714	0.4319207	22.6856714	0	22.6856714	-518.362465	22.6856714	-347.321497	22.6856714	11000.2292	22.6856714	-10945.4137	22.6856714	-6264.70024	22.6856714	0.43158346
22.7156789	0.12158171	22.7156789	0.43454865	22.7156789	0	22.7156789	-331.72245	22.7156789	-194.273147	22.7156789	11000.2292	22.7156789	-10360.9804	22.7156789	-4019.89302	22.7156789	0.23613063
22.7456864	0.12201156	22.7456864	0.43731855	22.7456864	0	22.7456864	-139.231283	22.7456864	-83.0928826	22.7456864	11000.2292	22.7456864	-10658.8101	22.7456864	-872.452406	22.7456864	0.31422788
22.7756939	0.12229186	22.7756939	0.43937146	22.7756939	0	22.7756939	-51.004492	22.7756939	51.004492	22.7756939	11000.2292	22.7756939	-11022.6349	22.7756939	-4311.29433	22.7756939	0.27687192
22.8057014	0.12215	22.8057014	0.44086479	22.8057014	0	22.8057014	-47.1332477	22.8057014	-47.1332477	22.8057014	11000.2292	22.8057014	-12214.4093	22.8057014	-3865.10180	22.8057014	-0.0803803
22.8357089	0.12168638	22.8357089	0.44200493	22.8357089	0	22.8357089	-32.6824353	22.8357089	-276.989174	22.8357089	11000.2292	22.8357089	-13994.7546	22.8357089	-909.79323	22.8357089	-0.39414966
22.8657164	0.12128391	22.8657164	0.44428505	22.8657164	0	22.8657164	-258.458051	22.8657164	-468.204464	22.8657164	11000.2292	22.8657164	-15391.5675	22.8657164	-917.71886	22.8657164	-0.63200462
22.8957239	0.12127128	22.8957239	0.44335402	22.8957239	0	22.8957239	-257.711338	22.8957239	-566.064949	22.8957239	11000.2292	22.8957239	-15870.3983	22.8957239	-914.583062	22.8957239	-0.82492111
22.9257314	0.12162998	22.9257314	0.44362415	22.9257314	0	22.9257314	-42.1991723	22.9257314	-559.477358	22.9257314	11000.2292	22.9257314	-15557.3433	22.9257314	-2692.06434	22.9257314	-1.17922652
22.9557389	0.12206919	22.9557389	0.44387077	22.9557389	0	22.9557389	-327.854783	22.9557389	-498.956841	22.9557389	11000.2292	22.9557389	-14941.0909	22.9557389	-6069.32244	22.9557389	-1.44759747
22.9857464	0.12230163	22.9857464	0.44404705	22.9857464	0	22.9857464	-378.97906	22.9857464	-442.172367	22.9857464	11000.2292	22.9857464	-14080.2855	22.9857464	-6099.78828	22.9857464	-1.49496376
23.0157539	0.12231182	23.0157539	0.44407293	23.0157539	0	23.0157539	-160.261261	23.0157539	-308.541712	23.0157539	11000.2292	23.0157539	-4252.42952	23.0157539	-4252.42952	23.0157539	-1.3119096
23.0457614	0.12236875	23.0457614	0.44380587	23.0457614	0	23.0457614	-60.1588891	23.0457614	-60.1588891	23.0457614	11000.2292	23.0457614	-9603.75527	23.0457614	-1748.08558	23.0457614	-1.24868958
23.0757689	0.12237931	23.0757689	0.44339731	23.0757689	0	23.0757689	-292.191212	23.0757689	-629.712799	23.0757689	11000.2292	23.0757689	-6294.87199	23.0757689	-1520.07589	23.0757689	-0.6790955
23.1057764	0.12342904	23.1057764	0.44250586	23.1057764	0	23.1057764	-101.186837	23.1057764	105.430005	23.1057764	11000.2292	23.1057764	-5397.22705	23.1057764	-3838.27505	23.1057764	-1.06336745
23.135784	0.12420637	23.135784	0.44114868	23.135784	0	23.135784	-317.17907	23.135784	5.8675232	23.135784	11000.2292	23.135784	-4758.71523	23.135784	-2868.90821	23.135784	-0.78050264
23.1657915	0.12482548	23.1657915	0.43927294	23.1657915	0	23.1657915	-301.576704	23.1657915	-112.176771	23.1657915	11000.2292	23.1657915	-4697.45882	23.1657915	-6095.9424		



27.368342	0.1292797	27.368342	0.4432689	27.368342		27.368342	-78.9117508	27.368342	183.002932	27.368342	11000.2292	27.368342	1747.51151	27.368342	0.1206904
27.3668417	0.12890566	27.3668417	0.4454076	27.3668417		27.3668417	-15.4690267	27.3668417	51.9324292	27.3668417	11000.2292	27.3668417	2332.51254	27.3668417	-0.21341829
27.3968492	0.12870676	27.3968492	0.44680002	27.3968492		27.3968492	144.137891	27.3968492	-101.170608	27.3968492	11000.2292	27.3968492	4466.45821	27.3968492	0.32729924
27.4268567	0.12867982	27.4268567	0.44796914	27.4268567		27.4268567	250.067575	27.4268567	-57.7004673	27.4268567	11000.2292	27.4268567	2836.47926	27.4268567	-0.6175428
27.4568642	0.12851553	27.4568642	0.44902626	27.4568642		27.4568642	367.913666	27.4568642	-89.895919	27.4568642	11000.2292	27.4568642	6966.09234	27.4568642	-0.68753427
27.4606152	0.12848675	27.4606152	0.44915813	27.4606152		27.4606152	329.562438	27.4606152	63.8431586	27.4606152	11000.2292	27.4606152	3004.63716	27.4606152	-0.83643755
27.468117	0.12842734	27.468117	0.44942905	27.468117		27.468117	323.097702	27.468117	78.2678001	27.468117	11000.2292	27.468117	3004.6204	27.468117	-0.71190832
27.4831208	0.12831658	27.4831208	0.45001597	27.4831208		27.4831208	240.599283	27.4831208	70.7311962	27.4831208	11000.2292	27.4831208	3205.45239	27.4831208	-0.76454642
27.4868717	0.12821967	27.4868717	0.45017336	27.4868717		27.4868717	217.126217	27.4868717	66.6160264	27.4868717	11000.2292	27.4868717	3246.83609	27.4868717	-0.76611596
27.5168792	0.12815742	27.5168792	0.45144127	27.5168792		27.5168792	65.2674848	27.5168792	11.1059282	27.5168792	11000.2292	27.5168792	3656.35787	27.5168792	-0.84571323
27.5468867	0.12802946	27.5468867	0.4525138	27.5468867		27.5468867	51.840198	27.5468867	-29.0492956	27.5468867	11000.2292	27.5468867	3644.90967	27.5468867	-0.88351015
27.5768942	0.12789406	27.5768942	0.45319896	27.5768942		27.5768942	131.645256	27.5768942	63.4181087	27.5768942	11000.2292	27.5768942	2904.1718	27.5768942	-0.85655602
27.6069017	0.12889792	27.6069017	0.45355077	27.6069017		27.6069017	200.637129	27.6069017	171.243875	27.6069017	11000.2292	27.6069017	2455.96172	27.6069017	-0.74006183
27.6369092	0.12926389	27.6369092	0.45365299	27.6369092		27.6369092	283.127624	27.6369092	283.127624	27.6369092	11000.2292	27.6369092	2965.00292	27.6369092	-0.68316146
27.6669167	0.12916597	27.6669167	0.45378865	27.6669167		27.6669167	175.874862	27.6669167	-57.8486215	27.6669167	11000.2292	27.6669167	2549.32065	27.6669167	-0.64933909
27.6969242	0.12991969	27.6969242	0.45318075	27.6969242		27.6969242	26.994708	27.6969242	140.454014	27.6969242	11000.2292	27.6969242	4784.61877	27.6969242	-0.53228799
27.7269317	0.13035411	27.7269317	0.45275059	27.7269317		27.7269317	-5.50084008	27.7269317	-72.8576013	27.7269317	11000.2292	27.7269317	3423.91656	27.7269317	-0.81521284
27.7569392	0.13095645	27.7569392	0.45261229	27.7569392		27.7569392	54.1065234	27.7569392	-31.799189	27.7569392	11000.2292	27.7569392	3827.97337	27.7569392	-0.29808322
27.7869467	0.13167065	27.7869467	0.45193521	27.7869467		27.7869467	133.046489	27.7869467	7.24487313	27.7869467	11000.2292	27.7869467	2923.50662	27.7869467	-0.298507
27.8169542	0.13232926	27.8169542	0.45164882	27.8169542		27.8169542	182.528553	27.8169542	48.9911911	27.8169542	11000.2292	27.8169542	1635.16715	27.8169542	-0.13523272
27.8469617	0.13284832	27.8469617	0.45123243	27.8469617		27.8469617	131.779643	27.8469617	98.4302746	27.8469617	11000.2292	27.8469617	312.09803	27.8469617	-0.1804474
27.8769692	0.13327891	27.8769692	0.45060156	27.8769692		27.8769692	46.6442712	27.8769692	149.257548	27.8769692	11000.2292	27.8769692	-389.174731	27.8769692	-0.1308827
27.9069767	0.13373276	27.9069767	0.44979257	27.9069767		27.9069767	-81.9626022	27.9069767	232.348489	27.9069767	11000.2292	27.9069767	-1028.04662	27.9069767	-0.05936671
27.9369843	0.13425995	27.9369843	0.44886452	27.9369843		27.9369843	-61.0636586	27.9369843	147.734794	27.9369843	11000.2292	27.9369843	-1034.02295	27.9369843	-0.04975606
27.9669918	0.13486065	27.9669918	0.44787652	27.9669918		27.9669918	17.9898941	27.9669918	85.7545773	27.9669918	11000.2292	27.9669918	-770.370129	27.9669918	-0.00425615
27.9969993	0.13547854	27.9969993	0.44686619	27.9969993		27.9969993	51.4404738	27.9969993	20.3451492	27.9969993	11000.2292	27.9969993	-753.38733	27.9969993	-0.0076651
28.0270068	0.13602608	28.0270068	0.44584601	28.0270068		28.0270068	65.6597373	28.0270068	16.7123613	28.0270068	11000.2292	28.0270068	-1151.99969	28.0270068	-0.02740171
28.0570143	0.13645805	28.0570143	0.44484699	28.0570143		28.0570143	11.2682846	28.0570143	11.2682846	28.0570143	11000.2292	28.0570143	-1826.62173	28.0570143	-0.08545178
28.0870218	0.13680672	28.0870218	0.44395033	28.0870218		28.0870218	-61.3149175	28.0870218	72.5558039	28.0870218	11000.2292	28.0870218	-2849.04262	28.0870218	-0.11370251
28.1170293	0.13721384	28.1170293	0.44329637	28.1170293		28.1170293	-82.027725	28.1170293	135.844858	28.1170293	11000.2292	28.1170293	-4089.38466	28.1170293	-0.13763521
28.1470368	0.13770412	28.1470368	0.4429261	28.1470368		28.1470368	35.8834699	28.1470368	196.406094	28.1470368	11000.2292	28.1470368	-5549.52361	28.1470368	-0.14817776
28.1770443	0.13820418	28.1770443	0.44217183	28.1770443		28.1770443	78.9678597	28.1770443	252.774388	28.1770443	11000.2292	28.1770443	-7195.02563	28.1770443	-0.09588173
28.2070518	0.13862364	28.2070518	0.44252822	28.2070518		28.2070518	121.613895	28.2070518	342.666782	28.2070518	11000.2292	28.2070518	-8985.30175	28.2070518	-0.13217735
28.2370593	0.13891729	28.2370593	0.44248983	28.2370593		28.2370593	41.9120706	28.2370593	402.870787	28.2370593	11000.2292	28.2370593	-10343.1952	28.2370593	-0.01839664
28.2670668	0.13914434	28.2670668	0.44241442	28.2670668		28.2670668	-36.2871701	28.2670668	378.830617	28.2670668	11000.2292	28.2670668	-10774.5136	28.2670668	0.03512701
28.2970743	0.13945411	28.2970743	0.44240275	28.2970743		28.2970743	-65.6115024	28.2970743	353.56958	28.2970743	11000.2292	28.2970743	-10840.1754	28.2970743	-0.13168442
28.3270818	0.13989253	28.3270818	0.44254726	28.3270818		28.3270818	-0.03231862	28.3270818	358.498006	28.3270818	11000.2292	28.3270818	-11103.4702	28.3270818	-0.26458185
28.3570893	0.14039207	28.3570893	0.4429694	28.3570893		28.3570893	20.279577	28.3570893	297.452973	28.3570893	11000.2292	28.3570893	-11204.8568	28.3570893	-0.14545862
28.3870968	0.14084811	28.3870968	0.44377979	28.3870968		28.3870968	145.750148	28.3870968	173.086718	28.3870968	11000.2292	28.3870968	-10932.1869	28.3870968	0.17717495
28.4171043	0.14121615	28.4171043	0.44479033	28.4171043		28.4171043	76.0152966	28.4171043	174.934316	28.4171043	11000.2292	28.4171043	-11078.4143	28.4171043	-0.1586742
28.4471118	0.14157626	28.4471118	0.44648303	28.4471118		28.4471118	-10.7195927	28.4471118	286.748536	28.4471118	11000.2292	28.4471118	-11937.4416	28.4471118	-0.07307347
28.4771193	0.14205671	28.4771193	0.4483346	28.4771193		28.4771193	-19.4634893	28.4771193	429.240383	28.4771193	11000.2292	28.4771193	-13162.7915	28.4771193	-0.17385752
28.5071268	0.14270122	28.5071268	0.45055148	28.5071268		28.5071268	61.8149691	28.5071268	541.850914	28.5071268	11000.2292	28.5071268	-14281.7802	28.5071268	-0.08856553
28.5371343	0.14326566	28.5371343	0.45292202	28.5371343		28.5371343	174.708785	28.5371343	174.708785	28.5371343	11000.2292	28.5371343	-15045.9895	28.5371343	-0.09845137
28.5671418	0.14406639	28.5671418	0.45556166	28.5671418		28.5671418	195.633696	28.5671418	470.707387	28.5671418	11000.2292	28.5671418	-14620.9856	28.5671418	0.9714409
28.5971493	0.1446252	28.5971493	0.45806928	28.5971493		28.5971493	73.311648	28.5971493	410.680948	28.5971493	11000.2292	28.5971493	-14002.2874	28.5971493	-0.81931901
28.6271568	0.14519145	28.6271568	0.46061102	28.6271568		28.6271568	70.964062	28.6271568	306.993859	28.6271568	11000.2292	28.6271568	-12515.8349	28.6271568	-0.6827865
28.6571643	0.14592544	28.6571643	0.46336067	28.6571643		28.6571643	-109.759563	28.6571643	176.854838	28.6571643	11000.2292	28.6571643	-10422.9735	28.6571643	-0.69182958
28.6871718	0.14687592	28.6871718	0.46648584	28.6871718		28.6871718	-27.1195611	28.6871718	171.591640	28.6871718	11000.2292	28.6871718	-8558.39004	28.6871718	0.55648842
28.7171793	0.14792753	28.7171793	0.47010033	28.7171793		28.7171793	126.476305	28.7171793	44.579216	28.7171793	11000.2292	28.7171793	-7548.60767	28.7171793	-0.23265256
28.7471868	0.14890301	28.7471868	0.47423409	28.7471868		28.7471868	194.550521	28.7471868	93.553794	28.7471868	11000.2292	28.7471868	-7460.11032	28.7471868	0.168131
28.7771943	0.14972005	28.7771943	0.47897227	28.7771943		28.7771943	171.741676	28.7771943	171.741676	28.7771943	11000.2292	28.7771943	-7823.39575	28.7771943	-0.08880234
28.8072018	0.15045306	28.8072018	0.48355953	28.8072018		28.8072018	64.4894143	28.8072018	303.094814	28.8072018	11000.2292	28.8072018	-8365.2977	28.8072018	-0.06049072
28.8372093	0.15125019	28.8372093	0.488294												

32.8882221	0.19085311	32.8882221	0.6218571	32.8882221	0	32.8882221	22.545859	32.8882221	64.7607542	32.8882221	11000.2292	32.8882221	-4492.31235	32.8882221	-183.706379	32.8882221	0.03098945
32.9182296	0.1910721	32.9182296	2.96213963	32.9182296	0	32.9182296	2.96213963	32.9182296	91.3967028	32.9182296	11000.2292	32.9182296	-5132.59483	32.9182296	-245.654129	32.9182296	0.0212898
32.9482371	0.1913066	32.9482371	0.62112595	32.9482371	0	32.9482371	40.8709145	32.9482371	238.779022	32.9482371	11000.2292	32.9482371	-6634.35318	32.9482371	436.391037	32.9482371	0.00451919
32.9782446	0.19152223	32.9782446	0.62107176	32.9782446	0	32.9782446	312.503893	32.9782446	312.503893	32.9782446	11000.2292	32.9782446	-7887.858637	32.9782446	791.965637	32.9782446	0.05514543
33.0082521	0.1916874	33.0082521	0.62118045	33.0082521	0	33.0082521	39.1551205	33.0082521	297.283589	33.0082521	11000.2292	33.0082521	-8420.91391	33.0082521	644.996037	33.0082521	0.05415816
33.0382596	0.19181917	33.0382596	0.62133875	33.0382596	0	33.0382596	8083.2201	33.0382596	276.040353	33.0382596	11000.2292	33.0382596	-8724.24184	33.0382596	327.444154	33.0382596	0.054859061
33.0682671	0.19196788	33.0682671	0.62143133	33.0682671	0	33.0682671	-24.8644446	33.0682671	311.674041	33.0682671	11000.2292	33.0682671	-9103.18105	33.0682671	56.0506052	33.0682671	0.07528599
33.0982746	0.19217735	33.0982746	0.62155864	33.0982746	0	33.0982746	-28.5380984	33.0982746	289.250824	33.0982746	11000.2292	33.0982746	-8948.42728	33.0982746	156.026802	33.0982746	0.13117578
33.1282821	0.19234357	33.1282821	0.62182889	33.1282821	0	33.1282821	11.5324673	33.1282821	187.009848	33.1282821	11000.2292	33.1282821	-8091.00926	33.1282821	853.579447	33.1282821	0.13506297
33.1582896	0.19270387	33.1582896	0.62245605	33.1582896	0	33.1582896	40.0768671	33.1582896	78.21946	33.1582896	11000.2292	33.1582896	-7074.33249	33.1582896	993.027547	33.1582896	0.165603691
33.1882971	0.19295321	33.1882971	0.62328619	33.1882971	0	33.1882971	28.8867049	33.1882971	6.66258064	33.1882971	11000.2292	33.1882971	-6424.70989	33.1882971	810.102592	33.1882971	0.12424009
33.2183046	0.19318593	33.2183046	0.62442481	33.2183046	0	33.2183046	-17.7259212	33.2183046	37.8209636	33.2183046	11000.2292	33.2183046	-6445.35189	33.2183046	244.125318	33.2183046	0.151848958
33.2483121	0.19344162	33.2483121	0.62529478	33.2483121	0	33.2483121	-44.3951728	33.2483121	119.8805	33.2483121	11000.2292	33.2483121	-6730.76567	33.2483121	216.965323	33.2483121	0.06381184
33.2783196	0.19375499	33.2783196	0.62773323	33.2783196	0	33.2783196	-27.6268937	33.2783196	161.072514	33.2783196	11000.2292	33.2783196	-6879.0859	33.2783196	224.77444	33.2783196	0.02404966
33.3083271	0.19407474	33.3083271	0.63019337	33.3083271	0	33.3083271	10.54126933	33.3083271	541.780522	33.3083271	11000.2292	33.3083271	-7028.3827	33.3083271	67.412132	33.3083271	0.02529266
33.3383346	0.19440680	33.3383346	0.63175056	33.3383346	0	33.3383346	57.6548125	33.3383346	320.343386	33.3383346	11000.2292	33.3383346	-7646.21448	33.3383346	432.513877	33.3383346	0.01842947
33.3683421	0.19474784	33.3683421	0.63375116	33.3683421	0	33.3683421	59.7363357	33.3683421	360.596899	33.3683421	11000.2292	33.3683421	-7603.21799	33.3683421	368.814	33.3683421	0.03656606
33.3983496	0.19497177	33.3983496	0.63569975	33.3983496	0	33.3983496	14.2462733	33.3983496	318.520555	33.3983496	11000.2292	33.3983496	-6826.14883	33.3983496	-124.14248	33.3983496	0.05812862
33.4283571	0.19517059	33.4283571	0.63755933	33.4283571	0	33.4283571	-20.7490077	33.4283571	231.990277	33.4283571	11000.2292	33.4283571	-5378.08536	33.4283571	-578.08536	33.4283571	0.08189594
33.4583646	0.19539131	33.4583646	0.63935566	33.4583646	0	33.4583646	-32.8372738	33.4583646	137.91908	33.4583646	11000.2292	33.4583646	-4232.06094	33.4583646	-609.19027	33.4583646	0.06063086
33.4883721	0.19565025	33.4883721	0.64117594	33.4883721	0	33.4883721	-23.5589254	33.4883721	47.1835302	33.4883721	11000.2292	33.4883721	-368.58827	33.4883721	-2891.32341	33.4883721	0.0318327
33.5183796	0.19591011	33.5183796	0.64315525	33.5183796	0	33.5183796	4.14754875	33.5183796	-55.600347	33.5183796	11000.2292	33.5183796	-1492.7017	33.5183796	11.0055728	33.5183796	0.03138272
33.5483871	0.19614195	33.5483871	0.64541957	33.5483871	0	33.5483871	140.602949	33.5483871	-140.602949	33.5483871	11000.2292	33.5483871	-329.274781	33.5483871	62.182626	33.5483871	0.02136848
33.5783946	0.19634867	33.5783946	0.64765011	33.5783946	0	33.5783946	-40.3615662	33.5783946	-167.0912	33.5783946	11000.2292	33.5783946	89.944778	33.5783946	-194.518928	33.5783946	0.00723469
33.6084021	0.19655633	33.6084021	0.65011544	33.6084021	0	33.6084021	-133.647044	33.6084021	-133.647044	33.6084021	11000.2292	33.6084021	-529.98952	33.6084021	165.213566	33.6084021	0.02335566
33.6384096	0.19680287	33.6384096	0.65266646	33.6384096	0	33.6384096	-74.2967824	33.6384096	-64.4631372	33.6384096	11000.2292	33.6384096	157.387088	33.6384096	-628.315804	33.6384096	0.0216535
33.6684171	0.19710307	33.6684171	0.65523404	33.6684171	0	33.6684171	-34.697945	33.6684171	-34.697945	33.6684171	11000.2292	33.6684171	-476.754547	33.6684171	-476.754547	33.6684171	0.00274931
33.6984246	0.19743553	33.6984246	0.65775254	33.6984246	0	33.6984246	-19.4060818	33.6984246	-22.4394504	33.6984246	11000.2292	33.6984246	193.116634	33.6984246	-376.578854	33.6984246	0.0049521
33.7284321	0.19776872	33.7284321	0.66019666	33.7284321	0	33.7284321	5.5491403	33.7284321	-19.6475876	33.7284321	11000.2292	33.7284321	295.520928	33.7284321	346.723575	33.7284321	0.02769426
33.7584396	0.19806899	33.7584396	0.6625473	33.7584396	0	33.7584396	17.324284	33.7584396	17.5615937	33.7584396	11000.2292	33.7584396	485.392108	33.7584396	-631.164927	33.7584396	0.08103101
33.7884471	0.19830382	33.7884471	0.66489984	33.7884471	0	33.7884471	-55.3427625	33.7884471	-6.2586912	33.7884471	11000.2292	33.7884471	1505.53826	33.7884471	-1440.4958	33.7884471	0.1426465
33.8184546	0.19847609	33.8184546	0.66717134	33.8184546	0	33.8184546	-47.8419763	33.8184546	-141.729338	33.8184546	11000.2292	33.8184546	3212.26409	33.8184546	-1765.8756	33.8184546	0.2088824
33.8484621	0.19864116	33.8484621	0.66935274	33.8484621	0	33.8484621	-66.9048446	33.8484621	-116.407882	33.8484621	11000.2292	33.8484621	4041.23073	33.8484621	-2060.9791	33.8484621	0.26977052
33.8784696	0.19881842	33.8784696	0.67143262	33.8784696	0	33.8784696	65.2969488	33.8784696	-93.1071771	33.8784696	11000.2292	33.8784696	4548.01567	33.8784696	-1991.38397	33.8784696	0.30603761
33.9084771	0.19895978	33.9084771	0.67346115	33.9084771	0	33.9084771	-4.3390183	33.9084771	-102.755254	33.9084771	11000.2292	33.9084771	-1364.37344	33.9084771	-1364.37344	33.9084771	0.31800342
33.9384846	0.19902877	33.9384846	0.67542852	33.9384846	0	33.9384846	11.0754382	33.9384846	-133.255651	33.9384846	11000.2292	33.9384846	5658.53732	33.9384846	-1040.78719	33.9384846	0.32176164
33.9684921	0.19902221	33.9684921	0.67720858	33.9684921	0	33.9684921	-36.0236598	33.9684921	-195.393238	33.9684921	11000.2292	33.9684921	6387.16665	33.9684921	-1342.5619	33.9684921	0.31153935
33.9984996	0.19896105	33.9984996	0.67871851	33.9984996	0	33.9984996	-83.0886614	33.9984996	-193.988314	33.9984996	11000.2292	33.9984996	6866.44016	33.9984996	-1714.33257	33.9984996	0.29542741
34.0285071	0.19899931	34.0285071	0.67999931	34.0285071	0	34.0285071	-75.7346308	34.0285071	-160.913571	34.0285071	11000.2292	34.0285071	7236.62887	34.0285071	-1615.50042	34.0285071	0.26204359
34.0585146	0.19891009	34.0585146	0.68112233	34.0585146	0	34.0585146	-45.1034209	34.0585146	-190.42241	34.0585146	11000.2292	34.0585146	7922.27996	34.0585146	-1088.17597	34.0585146	0.29952745
34.0885221	0.19891923	34.0885221	0.68211233	34.0885221	0	34.0885221	9.8515889	34.0885221	-266.788275	34.0885221	11000.2292	34.0885221	-2959.56641	34.0885221	-2959.56641	34.0885221	0.13242765
34.1185296	0.19888064	34.1185296	0.68295758	34.1185296	0	34.1185296	54.8510529	34.1185296	-295.862022	34.1185296	11000.2292	34.1185296	9102.91984	34.1185296	388.936367	34.1185296	0.03460996
34.1485371	0.19878061	34.1485371	0.68363958	34.1485371	0	34.1485371	27.4935238	34.1485371	-260.958737	34.1485371	11000.2292	34.1485371	8965.53712	34.1485371	-178.47872	34.1485371	0.0086997
34.1785446	0.19867446	34.1785446	0.68417925	34.1785446	0	34.1785446	211.729115	34.1785446	211.729115	34.1785446	11000.2292	34.1785446	-211.729115	34.1785446	-211.729115	34.1785446	0.06067003
34.2085521	0.19856293	34.2085521	0.68456882	34.2085521	0	34.2085521	-18.6291938	34.2085521	-165.921692	34.2085521	11000.2292	34.2085521	8219.50922	34.2085521	165.1655013	34.2085521	0.14312515
34.2385596	0.19854465	34.2385596	0.6847747	34.2385596	0	34.2385596	27.9879251	34.2385596	-114.925169	34.2385596	11000.2292	34.2385596	718.77816	34.2385596	-678.770612	34.2385596	0.22473209
34.2685671	0.19856233	34.2685671	0.68473381	34.2685671	0	34.2685671	90.0468483	34.2685671	90.0468483	34.2685671	11000.2292	34.2685671	6886.14054	34.26			



38.2595649	0.22820068	38.2595649	0.77658052	38.2595649	0	38.2595649	-168.181498	38.2595649	-207.910218	38.2595649	11000.2292	38.2595649	6792.22152	38.2595649	-2373.7246	38.2595649	0.2167953
38.2895724	0.2281377	38.2895724	0.77882616	38.2895724	0	38.2895724	-87.9679567	38.2895724	-150.744273	38.2895724	11000.2292	38.2895724	-1272.5696	38.2895724	-1272.5696	38.2895724	0.11366473
38.3195799	0.22815511	38.3195799	0.78086967	38.3195799	0	38.3195799	33.2687414	38.3195799	-149.788597	38.3195799	11000.2292	38.3195799	7533.36936	38.3195799	379.882095	38.3195799	0.00251908
38.3495874	0.22812785	38.3495874	0.78266832	38.3495874	0	38.3495874	120.745484	38.3495874	-226.370792	38.3495874	11000.2292	38.3495874	8626.39807	38.3495874	1597.28205	38.3495874	-0.1054845
38.3795949	0.2279826	38.3795949	0.78418436	38.3795949	0	38.3795949	91.8131354	38.3795949	-290.671323	38.3795949	11000.2292	38.3795949	9624.36599	38.3795949	1547.83426	38.3795949	-0.22195731
38.4096024	0.22777867	38.4096024	0.78544285	38.4096024	0	38.4096024	-15.8058059	38.4096024	-301.502231	38.4096024	11000.2292	38.4096024	10265.1852	38.4096024	608.4752	38.4096024	-0.29120096
38.4396099	0.22764277	38.4396099	0.78652653	38.4396099	0	38.4396099	-92.6518375	38.4396099	-334.040071	38.4396099	11000.2292	38.4396099	10926.7917	38.4396099	-25.8095729	38.4396099	-0.35345138
38.4696174	0.22766217	38.4696174	0.78749263	38.4696174	0	38.4696174	-56.6756633	38.4696174	-384.359256	38.4696174	11000.2292	38.4696174	11570.8394	38.4696174	483.315414	38.4696174	-0.4277535
38.4996249	0.22781291	38.4996249	0.78832396	38.4996249	0	38.4996249	62.2463044	38.4996249	-378.599137	38.4996249	11000.2292	38.4996249	11717.8091	38.4996249	1802.4765	38.4996249	-0.52235239
38.5296324	0.22797747	38.5296324	0.78897645	38.5296324	0	38.5296324	145.946256	38.5296324	-320.709104	38.5296324	11000.2292	38.5296324	12284.6194	38.5296324	2785.00009	38.5296324	-0.56763228
38.5596399	0.228062	38.5596399	0.78943454	38.5596399	0	38.5596399	138.731759	38.5596399	-250.213864	38.5596399	11000.2292	38.5596399	10597.5992	38.5596399	2685.25166	38.5596399	-0.55101713
38.5896474	0.22808512	38.5896474	0.78967926	38.5896474	0	38.5896474	45.5516901	38.5896474	-203.662978	38.5896474	11000.2292	38.5896474	10006.1462	38.5896474	1615.29053	38.5896474	-0.51295519
38.6196549	0.22815158	38.6196549	0.78963745	38.6196549	0	38.6196549	-48.2589932	38.6196549	-191.87076	38.6196549	11000.2292	38.6196549	9595.09453	38.6196549	560.218742	38.6196549	-0.48610583
38.6496624	0.22834944	38.6496624	0.78925083	38.6496624	0	38.6496624	-47.6828454	38.6496624	-189.686444	38.6496624	11000.2292	38.6496624	9233.61558	38.6496624	494.114894	38.6496624	-0.43520984
38.6796699	0.22866817	38.6796699	0.78853908	38.6796699	0	38.6796699	35.5113357	38.6796699	-188.740918	38.6796699	11000.2292	38.6796699	8040.75879	38.6796699	1286.80567	38.6796699	-0.37226324
38.7096774	0.22901033	38.7096774	0.78757883	38.7096774	0	38.7096774	111.393936	38.7096774	-217.774139	38.7096774	11000.2292	38.7096774	8865.03861	38.7096774	1989.30323	38.7096774	-0.31538078
38.7396849	0.22928083	38.7396849	0.78644844	38.7396849	0	38.7396849	110.330955	38.7396849	-264.000325	38.7396849	11000.2292	38.7396849	8842.85614	38.7396849	1797.58932	38.7396849	-0.4861711
38.7696924	0.22947456	38.7696924	0.7852091	38.7696924	0	38.7696924	29.8399778	38.7696924	-273.844259	38.7696924	11000.2292	38.7696924	8441.86472	38.7696924	727.039592	38.7696924	-0.4940323
38.7996999	0.22967225	38.7996999	0.78391268	38.7996999	0	38.7996999	-55.2177388	38.7996999	-229.219266	38.7996999	11000.2292	38.7996999	7482.45884	38.7996999	-379.020696	38.7996999	-0.5118088
38.8297074	0.22995424	38.8297074	0.78259813	38.8297074	0	38.8297074	-67.6939789	38.8297074	-160.554276	38.8297074	11000.2292	38.8297074	6148.13448	38.8297074	-685.737282	38.8297074	-0.40321878
38.8597149	0.23032088	38.8597149	0.78125967	38.8597149	0	38.8597149	-2.68294218	38.8597149	-95.5265915	38.8597149	11000.2292	38.8597149	4669.65782	38.8597149	-126.689357	38.8597149	0.01413695
38.8897224	0.23068874	38.8897224	0.77983466	38.8897224	0	38.8897224	65.9354621	38.8897224	-40.1648805	38.8897224	11000.2292	38.8897224	3194.80111	38.8897224	509.491741	38.8897224	0.04111421
38.9197299	0.23096934	38.9197299	0.77825825	38.9197299	0	38.9197299	67.9576482	38.9197299	4.75298657	38.9197299	11000.2292	38.9197299	1858.72655	38.9197299	435.331699	38.9197299	0.0626697
38.9497374	0.23115078	38.9497374	0.77652065	38.9497374	0	38.9497374	-5.03115783	38.9497374	28.1173517	38.9497374	11000.2292	38.9497374	845.680293	38.9497374	-467.419504	38.9497374	0.06269482
38.9797449	0.23130455	38.9797449	0.77466993	38.9797449	0	38.9797449	-73.1975624	38.9797449	1.04471036	38.9797449	11000.2292	38.9797449	517.25764	38.9797449	-1191.32957	38.9797449	0.04617825
39.0097524	0.23150548	39.0097524	0.77278397	39.0097524	0	39.0097524	-90.8789623	39.0097524	-24.9401455	39.0097524	11000.2292	39.0097524	398.254389	39.0097524	-1254.8949	39.0097524	0.03637248
39.0397599	0.23176734	39.0397599	0.77094638	39.0397599	0	39.0397599	-46.0127497	39.0397599	-22.9041262	39.0397599	11000.2292	39.0397599	241.437836	39.0397599	-832.69781	39.0397599	0.02346426
39.0697674	0.23206045	39.0697674	0.76922931	39.0697674	0	39.0697674	-6.08896944	39.0697674	-36.0332899	39.0697674	11000.2292	39.0697674	239.753763	39.0697674	-466.024108	39.0697674	-0.02168878
39.0997749	0.23232478	39.0997749	0.76766857	39.0997749	0	39.0997749	41.6766586	39.0997749	-150.176931	39.0997749	11000.2292	39.0997749	512.341937	39.0997749	-353.320655	39.0997749	-0.07934743
39.1297825	0.23249644	39.1297825	0.76625816	39.1297825	0	39.1297825	22.2901772	39.1297825	-152.276342	39.1297825	11000.2292	39.1297825	199.920615	39.1297825	-578.742872	39.1297825	-0.1049924
39.15979	0.23258791	39.15979	0.76499574	39.15979	0	39.15979	-46.2902773	39.15979	10.2493753	39.15979	11000.2292	39.15979	-986.067621	39.15979	-1444.22589	39.15979	-0.12996769
39.1897975	0.23266658	39.1897975	0.76390999	39.1897975	0	39.1897975	-81.0773867	39.1897975	216.435727	39.1897975	11000.2292	39.1897975	-3398.79385	39.1897975	-2109.30134	39.1897975	-0.20922405
39.219805	0.2327827	39.219805	0.76298506	39.219805	0	39.219805	-72.3658251	39.219805	213.940076	39.219805	11000.2292	39.219805	-4827.99837	39.219805	-1792.01155	39.219805	-0.03281678
39.2498125	0.23291913	39.2498125	0.76206331	39.2498125	0	39.2498125	12.3998518	39.2498125	314.25937	39.2498125	11000.2292	39.2498125	-6202.60327	39.2498125	-843.666975	39.2498125	-0.19041388
39.27982	0.23299514	39.27982	0.76095003	39.27982	0	39.27982	46.5586954	39.27982	282.767059	39.27982	11000.2292	39.27982	-7088.04973	39.27982	-134.352014	39.27982	-0.132832847
39.3098275	0.23296962	39.3098275	0.75964621	39.3098275	0	39.3098275	48.681172	39.3098275	348.234691	39.3098275	11000.2292	39.3098275	-7858.48437	39.3098275	-1.5994053	39.3098275	-0.11510741
39.339835	0.23287177	39.339835	0.75833477	39.339835	0	39.339835	-27.2088244	39.339835	275.791816	39.339835	11000.2292	39.339835	-7684.93477	39.339835	-520.579217	39.339835	-0.109615868
39.3698425	0.23277039	39.3698425	0.75718778	39.3698425	0	39.3698425	-78.4532828	39.3698425	123.872504	39.3698425	11000.2292	39.3698425	-6583.06009	39.3698425	-868.576292	39.3698425	-0.02406231
39.39985	0.23277039	39.39985	0.75630185	39.39985	0	39.39985	-56.3147591	39.39985	-61.6205186	39.39985	11000.2292	39.39985	-5697.92038	39.39985	-445.384688	39.39985	0.0658965
39.4298575	0.23284323	39.4298575	0.75576411	39.4298575	0	39.4298575	11.1164489	39.4298575	15.9911696	39.4298575	11000.2292	39.4298575	-6143.10596	39.4298575	507.863117	39.4298575	0.13183083
39.459865	0.23292377	39.459865	0.7556769	39.459865	0	39.459865	80.2216713	39.459865	97.5741665	39.459865	11000.2292	39.459865	-7208.98829	39.459865	1488.52146	39.459865	0.18315808
39.4898725	0.23295414	39.4898725	0.75606134	39.4898725	0	39.4898725	98.9579856	39.4898725	173.07303	39.4898725	11000.2292	39.4898725	-8322.72056	39.4898725	1778.39252	39.4898725	0.27561394
39.51988	0.23293983	39.51988	0.75676743	39.51988	0	39.51988	30.5935027	39.51988	260.129496	39.51988	11000.2292	39.51988	-9509.68449	39.51988	1226.08126	39.51988	0.3270621
39.5498875	0.23294722	39.5498875	0.75756944	39.5498875	0	39.5498875	-19.3977715	39.5498875	374.879616	39.5498875	11000.2292	39.5498875	-10749.5816	39.5498875	742.902484	39.5498875	0.33765238
39.579895	0.23305027	39.579895	0.75834074	39.579895	0	39.579895	-13.8347562	39.579895	468.228229	39.579895	11000.2292	39.579895	-11568.4164	39.579895	857.301189	39.579895	0.36298266
39.6099025	0.2332579	39.6099025	0.75908704	39.6099025	0	39.6099025	33.4544504	39.6099025	450.282517	39.6099025	11000.2292	39.6099025	-11290.464	39.6099025	1467.68535	39.6099025	0.42296436
39.63991	0.23350355	39.63991	0.75984226	39.63991	0	39.63991	92.562476	39.63991	321.294744	39.63991	11000.2292	39.63991	-9951.57314	39.63991	2140.71944	39.63991	0.45248248







## Referencias bibliográficas

- A.E.J.Morris. (2007). *Historia de la forma urbana*. Barcelona: G.G.
- Alama, V. P. (2008). *Diseño y cálculo de estructuras de concreto*. México: Trillas.
- Alba, H. R. (1991). *La construcción en el Estado de México. Un estudio técnico con referencia histórica*. Zinacantepec: El Colegio Mexiquense.
- Alba, M. D. (2011). *Satélite El Libro: Historias suburbanas en la ciudad de México*. México: UAM.
- Ambrose. (2010). *Diseño simplificado de concreto reforzado*. México: Limusa.
- Ambrose. (2009). *Diseño simplificado de edificios*. México: Limusa.
- Anda, E. X. (1995). *Historia de la Arquitectura mexicana*. México: GG.
- Apango-Vera. (2001). Evaluación de criterios de escalación de acelerogramas naturales en el análisis de sistemas inelásticas con varios grados de libertad. *Memorias del XIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*.
- Attini, A. (2007). *México desde el aire*. Mexico: Numen.
- Augé, M. (2000). *Los "no lugares" espacios de anonimato. Una antropología de la sobremodernidad*. Barcelona: Gedisa.
- Austin, A. L. (1996). *El preclásico mesoamericano*. México: Fondo de cultura Económica.
- Baca, L. F. (2009). *Conservación de bienes culturales: acciones y reflexiones*. México: INAH.
- Barthes, R. (2001). *La torre Eiffel: textos sobre la imagen*. París: Paidós.
- Bazán E. y Meli R. (1999). *Diseño sísmico de edificios*. México: Limusa.
- Beuchot, M. (2004). *La semiótica, teorías del signo y el lenguaje en la historia*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Brandí, C. (1999). *Teoría de la restauración*. Madrid: Alianza Editorial.
- Burian, E. (1997). *Modernidad y Arquitectura en México*. Barcelona: GG.
- Busignani, A. (1970). *Verrocchio*. Barcelona: Toray.
- California, G. D. (2012). *Reglamento de cosntrucciones de Baja California*.

- Callister, W. (2000). *Ciencia e ingeniería de los materiales*. Utah: University Utah.
- Campeche, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Campeche*
- Cassirer, E. (2004). *Antropología simbólica*. México: Fondo de Cultura Económica.
- CFE. (2008). *Manual de Diseño de Obras Civiles*. México.
- Chiapas, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Chiapas*.
- Chihuahua, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Chihuahua*.
- Channel, H. (Dirección). (2000). *La torre eiffel, maravillas modernas* [Película].
- Coahuila, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Coahuila*
- CODE, S. B. (2012). *STANDARD BUILDING CODE*.
- Cole, E. (2003). *La gramática de la arquitectura*. Italia: Lisma.
- Colima, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Colima*.
- CONACULTA. (2012). *Ley del fomento y difusión de la cultura*.
- Cotran, R. y. (2005). *Patología estructural y funcional*. Elsevier.
- DCTA-UPM. (1999). *Tratado de rehabilitación* (Vol. Tomo1). Madrid: Munillia-Lería.
- Dorado, S. C. (2005). Escalación de acelerogramas, registros para el análisis de estructuras. *Revista de ingeniería sísmica*, 1-24.
- Ducci, M. E. (2000). *Introducción al urbanismo*. México: Trillas.
- Durango, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Durango*.
- Eco, U. (2005). *La estructura ausente*. México: Debolsillo.
- Eco, U. (2005). *Tratado de semiótica general*. México: Debolsillo.
- EUROCODIGO. (2006). *EUROCODIGO*.
- Feodósiev. (1973). *Diez conferencias sobre resistencias de materiales*. Moscú.
- Ferrer, M. M. (2005). *Durabilidad de estructuras de concreto en México*. México: imcyc.
- Florescano, E. (2004). *El patrimonio nacional de México*. México: CONACULTA.

Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2004). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias*. México.

García, E. (2008). La escultura urbana y Mathias Goeritz. *Estudios Jaliscienses*, 48-56.

GDDF. (2012). *Dirección de control de proyectos y equipamiento urbano*.

GDDF. (2012). *Reglamento de Construcciones*.

GDF. (2000). *Ley de salvaguarda del patrimonio urbanístico arquitectónico del Distrito Federal*.

GNL. (2012). *Reglamento sobre la ubicación, edificación y conservación de monumentos y esculturas urbanas*. Monterrey.

Gortázar, F. G. (2004). *La Arquitectura Mexicana del siglo XX*. México: CONACULTA.

Gortázar, F. G. (11 de Julio de 2008). Las Torres de Satélite, ¿golpe final? *La Jornada*.

Guanajuato, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Guanajuato*.

Gympel, J. (2005). *Historia de la arquitectura de la antigüedad hasta nuestros días*. Alemania: könemann.

Hernández, S. (octubre de 2007). Diseño sísmico en tanques de acero. Santiago de Chile, Concepción, Chile.

Hidalgo, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Hidalgo*.

INAH. (2012). *Ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, artísticas e históricas*. México.

INBA. (2012). *INBA*.

Iniestra, A. S. (4 de Mayo de 2010). La arquitectura mexicana en los años cincuenta. (M. C. Medina, Entrevistador)

Italiano, G. (2009). *Norme tecniche per le costruzioni*.

Jalisco, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Jalisco*.

Katzman, I. (1964). *La arquitectura contemporánea en México*. México: INAH.

- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall.
- Magaloni, D. (2005). *Lineamientos y limitaciones en la conservación: pasado y futuro del patrimonio; 10 Coloquio del Seminario de Estudio y conservación del Patrimonio cultural*. México: UNAM/Instuto de investigaciones Estéticas.
- Maravillas del mundo* (2000). [Película].
- MARTINEZ, C. E. (8 de Diciembre de 2007). Ciudad para el futuro. *Ciudad Norte* .
- Martínez-Rueda. (1997). Criterios para la escalación de acelerogramas en base a un sistema de escalas de intensidad espectral. *Memorias del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica* , 661-670.
- Martínez-Rueda. (1998). Scaling procedure for natural accelerograms based on a system of spectrum intensity scales. *Earthquake Spectra* , Vol. 14, No. 1, 135-152.
- Michoacán, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Michoacán*.
- Meli R. (1998). *Ingeniería Estructural de los Edificos Históricos*. México: Fundación ICA.
- Meli, R. (2008). *Diseño estructural*. Mexico, D.F.: Limusa.
- Meli, R. (1998). *Ingenieria Estructural de los edificios históricos*. México: ICA.
- Mendez Morales, J. S. (2001). *Problemas económicos de México*. México: Mc Gram Hill.
- Mora, E. B. (2012). Una medida de intensidad sísmica basada en un parámetro para caracterizar la forma espectral. *Revista de ingeniería sísmica* (86), 1-26.
- Moreno, E. L. (1991). *La cuadrícula en el desarrollo de la ciudad hispanoamericana. Estudio de la vision morfologica de la traza a partir de la ciudad fundacional*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Morelos, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Morelos*.
- Nayarit, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Nayarit*
- Nervion S.A. (1990). *Pintura Nervion*. México: Nervion.
- Nicol, E. (2001). *Los principios de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Nonell, J. B. (1984). *Historia de la Arquitectura*. Barcelona: editia mexicana.

NTC. (2004). Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal* .

NTCDS. (2004). Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo. *Gaceta Oficial del Distrito Federal* .

Oaxaca, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Oaxaca*.

Olea, O. (1991). *Metodología del diseño*. México: Trillas.

Olmos, C. C. (1996). *Fundamentos teóricos de la restauración*. México: UNAM.

Olmos, C. C. (2008). *Historia sobre la arquitectura y urbanismo mexicanos*. México: Fondo de cultura económica.

Plazola . (1996). *Enciclopedia de Arquitectura*. Mexico: Noriega Editores.

Piralla, M. (2008). *Diseño estructural*. Mexico: Limusa.

Puebla, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Puebla*.

Querétaro, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Querétaro*.

RCDF. (2004). Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal* .

Roth, L. M. (2004). *Entender la arquitectura*. Barcelona: GG.

Sampieri, R. H. (2003). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

San Luis Potosí, G. (2012). *Reglamento de construcciones de San Luis Potosí*.

Sarachaga, M. H. (1991). *Conceptos básicos de sismología para ingenieros*. UNI.

Schiavi, D. (3 de mayo de 2011). La caída de una precaria escultura mató a una niña. *El diario Palermo* .

Schjetnan, M. (1997). *Principios de diseño urbano ambiental*. México: árbol editorial.

SEDESOL. (2012).

SeismoSoft. (2010). *SeismoSignal version 4.0.0*.

SeismoSoft. (2010). *SeismoStruct version 5.0.4*.

Siller, J. P. (2009). *El sueño inconcluso de Émile Bénard y su palacio legislativo*. México: Artes de México.

- Sinaloa, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Sinaloa*.
- Spindola, H. (2011). *Intervenciones a la arquitectura de Luis Barragán*. México: editorialrm.
- Tamaulipas, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Tamaulipas*.
- Tazzer, A. M. (1991). *La restauración arquitectónica. Retrospectiva histórica en México*. México: Trillas.
- Tlaxcala, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Tlaxcala*.
- Tejeda, I. L. (1992). *Análisis de estructuras arquitectónicas*. México: Trillas.
- Tellez, M. A. (2006). Comparación del comportamiento de edificios en el Valle de México ante sismos de subduccion y de falla normal. *Revista de Ingenieria sísmica* (075), 1-22.
- Thornberg, J. M. (2002). *Arquitectonics, mind,land & society*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Thornberg, J. M. (2004). *La arquitectura de la indiferencia*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Toman, R. (2007). *El barroco*. Tandem: Ullman&Könemann.
- Torre, D. I. (1992). *El lenguaje de los símbolos gráficos*. México: Limusa.
- UNAM. (1990). *Mario Pani Darqui*. México: Talleres de Artes Gráficas, Ediciones publicidad.
- Vallarino, R. (1995). *El caballito de Sebastián*. México: Ediciones del equilibrista.
- Veracruz, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Veracruz*.
- Vila, F. (2005). Aplicación del método Newmark. *Memorias simposium Nacional sobre Taludes* , 21-34.
- Yucatán, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Yucatán*.
- Zacatecas, G. (2012). *Reglamento de construcciones de Zacatecas*.



## Referencias electrónicas

*www.mexicomaxico.org*. (18 de junio de 2012). Obtenido de *mexicomaxico.org/angelindependenciastj.blogspot.mx*.

Google earth. (18 de junio de 2012). *google earth*.

Geographic, N. (18 de junio de 2012). *http://www.nationalgeographic.com.es*.

ICCROM. (17 de mayo de 2012). *www.iccrom.org*.

ICOMOS. (17 de junio de 2012). [www.icomos.org](http://www.icomos.org).

*México 68*. (14 de junio de 2010). Obtenido de <http://www.mexico68.org/ruta>

SSN. (2010). *Servicio Sismológico Nacional*. Recuperado el 23 de abril de 2010, de *www.ssn.unam.mx*

UNESCO. (18 de junio de 2012). *www.icom.org*. Recuperado el 18 de junio de 2012, de *www.icom.org*

MTRA. MARTHA BEATRIZ CRUZ MEDINA