

# **PRINCIPIOS TEÓRICOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN PREVIOS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS HISTÓRICOS**

UN ENFOQUE SISTÉMICO E INTERDISCIPLINARIO



**CARLOS ALBERTO TORRES MONTES DE OCA**



**Carlos Alberto Torres Montes de Oca**

Dr. en C. en Arquitectura y Urbanismo

Profesor investigador de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI) de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA) Unidad Tecamachalco (UT) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Miembro del Colegio de profesores en el Doctorado y Maestría en Ciencias en Arquitectura y Urbanismo de la SEPI de la ESIA - UT - IPN.

Profesor de la Academia de Estructuras ESIA - UT - IPN.

Primera Edición, Octubre 2018

Carlos Alberto Torres Montes de Oca

**Principios teóricos de conservación y restauración previos al análisis estructural de edificios históricos. Un enfoque sistémico e interdisciplinario.**

Primera Edición

Restauro Compás y Canto S.A. de C.V., México D.F., 2018

ISBN digital: 978-607-96289-8-7

©Carlos Alberto Torres Montes de Oca

©Editorial Restauro Compás y Canto S.A. de C.V.

Eje Central Lázaro Cárdenas No. 13, int 1107, Colonia Centro, Delegación Cuauhtemoc

C.P. 06700, México D.F.

ISBN digital: 978-607-96289-8-7

Hecho en México

Upload and made in México D.F.

Disponible en: [www.editorialrestauro.com.mx](http://www.editorialrestauro.com.mx)

Correo electrónico: [contacto@editorialrestauro.com.mx](mailto:contacto@editorialrestauro.com.mx)

Dirección Editorial: Hector Cesar Escudero Castro

Supervisión de Producción: Diana Guadalupe González Oriani

Edición y Maquetación: Gerardo Miguel Arzeta Fajardo

Corrección de Estilo: Ulises Paniagua Olivares



# **PRINCIPIOS TEÓRICOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN PREVIOS AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS HISTÓRICOS**

UN ENFOQUE SISTÉMICO E INTERDISCIPLINARIO

## **AUTOR**

CARLOS ALBERTO TORRES MONTES DE OCA

## **REVISIÓN TÉCNICA**

ALEJANDRO JIMÉNEZ VACA

DR. EN ARQUITECTURA

NORBERTO DOMÍNGUEZ RAMÍREZ

DR. EN MECÁNICA, INGENIERÍA MECÁNICA E INGENIERÍA CIVIL

## **CORRECCIÓN DE ESTILO**

ULISES PANIAGUA OLIVARES



EDITORIAL RESTAURO COMPÁS Y CANTO S.A. DE C.V.  
CIUDAD DE MÉXICO

## **Perfil del Autor**

Doctor en Ciencias en Arquitectura y Urbanismo, por el Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura - Unidad Tecamachalco (2015), Maestría en Ciencias en Estructuras por el Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura - Unidad Zacatenco, (2004-2007). Ha realizado investigaciones orientadas al Análisis Estructural de Edificios Históricos, tales como: “Hacia una metodología de análisis estructural de edificios históricos, un enfoque sistémico-interdisciplinario”, como tesis de Doctorado, y “Pruebas de vibración ambiental para determinar las propiedades dinámicas de un edificio de 23 niveles y los efectos de interacción suelo-estructura”, como tesis de Maestría. Desde el 2011 es profesor de la Academia de Estructuras en el Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura - Unidad Tecamachalco, donde se desarrolló como Presidente de la misma. También es miembro del Colegio de profesores en el Doctorado y Maestría en Ciencias en Arquitectura y Urbanismo, en la línea de investigación de Conservación del patrimonio Urbano Arquitectónico. Director General de CAID Arquitectura, Construcción e Ingeniería Interdisciplinaria S.A de C.V. Ha laborado 18 años ininterrumpidos en la iniciativa privada en materia de supervisión de obra, construcción, análisis y diseño estructural, instalaciones en edificaciones, diseño arquitectónico y dibujo asistido por computadora. Se ha desempeñado en los últimos años como consultor colaborador para RAAL, Edificaciones y Proyectos S.A. de C.V. (2011-Actual) y GATT Ingenieros y Arquitectos Asociados S.A. de C.V. (2012-2014), y como Jefe de Proyectos para DIRAC S.A de C.V. (2008-2011). Actualmente cuenta con un nombramiento de candidato como miembro del Sistema de Nacional de Investigadores (SNI).

*A mi esposa e hijos  
A mis padres y hermanos*

## **Nota Aclaratoria**

Es importante mencionar que una muy pequeña parte de esta información ya se había editado de forma sintetizada en el tercer capítulo de la primera edición del libro titulado “Objeto Patrimonial”; sin embargo, este texto se aborda desde una perspectiva más profunda, ya que se describe, de manera detallada y específica, cada uno de los subtítulos, con lo cual se busca que los lectores comprendan paso a paso el porqué de los capítulos que se han integrado, y principalmente que se reconozca la importancia de contar con antecedentes teóricos sustanciales en el ramo de la conservación y restauración antes de indagar numéricamente en este tipo de inmuebles, es decir, que desde el punto de vista de la ingeniería estructural se aprenda a leer a los edificios patrimoniales, incluso antes de fijar objetivos tanto de análisis como de intervención. Cabe mencionar que se recomienda retomar este escrito como base para proporcionar o complementar actividades análogas en las diferentes disciplinas que llegan a trabajar, en algunas ocasiones de forma conjunta, el ramo de la conservación y/o restauración del objeto arquitectónico.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS, TEORÍAS, CRITERIOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS PATRIMONIALES, UNA RELACIÓN TEÓRICA-HIPOTÉTICA CON LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL .....	13
1.1. Definiciones: Conceptos y Criterios de Patrimonio Arquitectónico, Edificio Patrimonial, Conservación y Restauración.....	13
1.1.1. Patrimonio Cultural.....	13
1.1.2. Patrimonio Arquitectónico y Edificio Patrimonial.....	14
1.1.3 Principales teorías y criterios de la conservación y restauración	17
1.1.4. Los conceptos de Conservación y Restauración en la ingeniería estructural .....	22
1.1.5. Acercamiento general a algunas de las principales posturas de conservación y restauración, una aproximación de su relación con la ingeniería estructural .....	24
CAPITULO 2. RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO EDIFICADO .....	38
2.1.1. Recomendaciones ISCARSAH.....	39
2.1.1 Bases para el diseño de estructuras-Análisis de estructuras existentes (ISO 13822:2010).....	43
2.1.2. Características principales de las recomendaciones y lineamientos estructurales para la conservación y restauración de edificios patrimoniales .....	46
CAPÍTULO 3. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, LA TGS Y EL DIAGNÓSTICO COMO BASE PARA EL ANÁLISIS PREVIO A LA INTERVENCIÓN INTERDISCIPLINAR DE EDIFICIOS PATRIMONIALES .....	56
3.1. La investigación científica y sus enfoques como partes fundamentales para el estudio y análisis estructural interdisciplinar de edificios patrimoniales. ....	57
3.2. Multidisciplinariedad e Interdisciplinariedad en el análisis estructural de edificios patrimoniales.....	58
3.3. Teoría general de sistemas (TGS) y Enfoque sistémico en el análisis estructural de edificios patrimoniales .....	59
3.3.1 Características de los sistemas y su relación con el proceso interdisciplinario de análisis estructural.....	61
3.4. El diagnóstico.....	64

3.4.1 Analogía entre diagnóstico con enfoque médico y diagnóstico en edificios históricos .....	67
3.4.2. Diagnóstico estructural en edificios patrimoniales.....	68
CAPITULO 4. INGENIERÍA ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS PATRIMONIALES, SU RELACIÓN SISTÉMICA CON OTRAS DISCIPLINAS .....	73
4.1. Principales disciplinas que interactúan con la ingeniería estructural de edificios patrimoniales.....	73
4.2. Características generales de análisis atomizado (disciplinar) de los edificios históricos.....	77
4.4. Análisis estructural de edificios patrimoniales, un enfoque sistémico-interdisciplinario.....	82
4.4.1. Postura de conservación y restauración de estructuras de edificios históricos .....	82
4.4.2. Alineación y fusión del lenguaje.....	84
CAPITULO 5. PROPUESTA DE PRINCIPIOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON ENFOQUE SISTÉMICO-INTERDISCIPLINARIO.....	89
APÉNDICE A - GLOSARIO DISCIPLINAR .....	110
Términos en Ingeniería Estructural.....	110
Términos Arquitectónicos, Conservación y Restauración.....	114
Términos Geotécnicos.....	121
Términos en Historia .....	125
Términos adicionales propuestos .....	132
APÉNDICE B - PLANTILLAS DE AYUDA EN EL LEVANTAMIENTO DE DATOS INTERDISCIPLINARES .....	133
APÉNDICE C - ESQUEMAS, MATRICES Y DIAGRAMAS OBTENIDOS DE TRABAJOS E INVESTIGACIONES DE DISCIPLINAS ATOMIZADAS .....	138
APÉNDICE D - FIGURAS Y TABLAS DE ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS CIENTÍFICOS .....	147

## INTRODUCCIÓN

La conservación del patrimonio construido es de gran importancia para preservar la cultura e historia de cualquier población. En muchas ciudades, los edificios históricos son una de las principales atracciones para los habitantes y los turistas, además de ser un medio para obtener recursos económicos por las actividades que se desarrollan en los mismos y sus alrededores. Debido al inmenso valor patrimonial que poseen los edificios que son considerados monumentos históricos, es de vital importancia intervenirlos de manera adecuada, con el fin de frenar una de tantas causas que conducen a su constante deterioro.

Cabe mencionar que muchos de los edificios que son catalogados como patrimoniales se han visto afectados estructuralmente a lo largo del tiempo, debido a que se exponen a diferentes eventos, ya sean naturales o inducidos. Algunos de estos fenómenos son los sismos, la subsidencia del suelo, la degradación de los materiales, la mala intervención estructural y el cambio en la naturaleza de sus cargas, entre otros eventos. Ante ello y, debido a la tendencia especialización de las disciplinas, se han comenzado a utilizar algunos términos tales como: multidisciplinar, holístico, interdisciplinar, integral, entre otros, aunque dicha terminología sea adoptada más como muletilla que como una realidad de trabajo.

Es importante comentar que el aumento de la especialización profesional, unido a una mayor interdisciplinariedad, contribuirá a mejorar la calidad de las intervenciones conservadoras y restauradoras, debido a los conocimientos y las técnicas con mayor precisión y perfección que aporta, además del empleo de tecnologías cada vez más sofisticadas, las cuales son necesarias y útiles en el arte contemporáneo que plantea problemas complejos, tanto por los materiales y las técnicas empleadas por los artistas (Macarrón, Peña., González, 2011).

Este texto trata de sensibilizar y concientizar a todos los involucrados en la práctica académica o profesional, principalmente al ingeniero estructural para que medite en que, en muchas ocasiones, lo más trascendente no es el cálculo ni la capacidad que tenemos o hemos desarrollado para ello (aunque se reconoce enfáticamente el arduo trabajo y los conocimientos técnicos, principalmente numéricos, que se requieren y son fundamentales para analizar y tratar este tipo de sistemas estructurales). Sin embargo, se tendrá que aprender a reconocer que en este tipo de inmuebles ni si quiera la propia configuración estructural es lo más importante (aunque leer esto se escuche descabellado), pues sí, es el objeto lo primordial, y a veces ni si quiera la componente tangible, sino la intangible; por lo cual debería ponerse en manos de los conservadores y restauradores como principales “conocedores” del tema,

así como el paciente se pone en manos de un médico y a su vez éste en manos de Dios, con el fin de que todo salga cuando menos lo mejor posible. Cabe informar que hay ocasiones en que el trabajo del ingeniero estructural es el que resuelve la problemática del objeto en cuestión, siempre y cuando dicha problemática y los objetivos particulares acordados para el análisis o intervención de la edificación sustenten su dirección, una vez que, además, sea directamente otorgada dicha facultad al ingeniero calculista por parte del conservador o restaurador.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, este trabajo se divide en 5 capítulos: 1) Conceptos, teorías, criterios de conservación y restauración de edificios patrimoniales, una relación teórica-hipotética con la ingeniería estructural, 2) Recomendaciones y lineamientos estructurales para la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico edificado, 3) La investigación científica, la tgs y el diagnóstico como base para el análisis previo a la intervención interdisciplinar de edificios patrimoniales, 4) Ingeniería estructural de los edificios patrimoniales, su relación sistémica con otras disciplinas, y 5) Propuesta de principios de análisis estructural con enfoque sistémico-interdisciplinario.

CONCEPTOS, TEORÍAS, CRITERIOS DE  
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS  
PATRIMONIALES, UNA RELACIÓN TEÓRICA-  
HIPOTÉTICA CON LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL



## **CAPÍTULO 1. CONCEPTOS, TEORÍAS, CRITERIOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS PATRIMONIALES, UNA RELACIÓN TEÓRICA–HIPOTÉTICA CON LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

### **1.1. Definiciones: Conceptos y Criterios de Patrimonio Arquitectónico, Edificio Patrimonial, Conservación y Restauración.**

Con el propósito de introducirse para comprender, de manera general y desde un punto de vista arquitectónico e ingenieril, lo que implica la conservación y restauración del patrimonio edificado, es indispensable reconocer y entender las teorías, posturas, conceptos y criterios fundamentales que se manejan en el ramo.

#### **1.1.1. Patrimonio Cultural**

Antes de sumergirse de manera directa en el significado de Patrimonio Cultural, es pertinente vislumbrar el concepto de patrimonio de manera aislada y generalizada. La palabra patrimonio proviene del latín patri ('padre') y monium ('recibido'), lo cual significa "lo recibido por el linaje paternal". Así, la palabra patrimonio (de manera general) se refiere al conjunto de bienes, derechos, responsabilidades y obligaciones que tiene una persona física o jurídica. Además, dicho término está directamente relacionado con la palabra herencia.

Cabe mencionar que, en el intento por sistematizar y clarificar las experiencias a lo largo de la historia en cuanto a que si se deben conservar unos objetos u otros en función de los valores artísticos, históricos, religiosos, económicos, funcionales, nos encontramos con las siguientes denominaciones: patrimonio artístico, patrimonio histórico, patrimonio histórico-artístico, patrimonio cultural, o simplemente patrimonio. En la mayor parte de los estudios y normas contemporáneas se ha ido imponiendo la denominación de Patrimonio cultural como "Todas las realizaciones humanas en el tiempo a través de las generaciones, trazadas por medio de la relación del hombre con su medio físico y sus semejantes, con intención de hacer el mundo habitable y por su necesidad de tener comunicación con sus semejantes". El bien cultural es todo lo que constituye testimonio material de un valor de civilización. Sin embargo, el término material de esta definición induce a cierta problemática si se contempla la parte intangible del patrimonio, con elementos tales como: fiestas, tradiciones, romerías, danzas, música, lenguajes, simbolismos, etc. En este texto se muestra la importancia que merecen ambos componentes (físico e intangible), ya que en el análisis estructural de este tipo de edificaciones es esencial tomarlos en cuenta, debido a que un análisis estructural inadecuado pudiera conducir a la proposición de soluciones que mutilen o proporcionen lagunas de manera directa

o indirecta en el objeto, en el instante de la intervención física o con el transcurrir del tiempo

### **1.1.2. Patrimonio Arquitectónico y Edificio Patrimonial**

Es importante aclarar que el concepto de patrimonio arquitectónico es complejo, debido a que su interpretación y utilización ha variado a través del tiempo; sin embargo, su esencia alude a recordar o perpetuar algo. Por lo tanto y, con el fin de proporcionar al lector un panorama general en cuanto a estos temas esenciales y a los tipos de patrimonio, se presentan algunas definiciones:

El concepto de patrimonio de la Carta de Atenas de 1931 se refería al patrimonio monumental de interés histórico, artístico o científico; es decir, este concepto une al patrimonio artístico, histórico y natural. Posteriormente, en 1964, el segundo Congreso internacional de arquitectos y técnicos de monumentos históricos amplía esta noción a los conjuntos urbanos o rurales con valor de civilización o significación histórica o cultural particular que a través de la historia han adquirido significación cultural. En 1975, en la Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico (Ámsterdam) se habla de patrimonio cultural con relación a los monumentos y restos de patrimonio arquitectónico (grupos de edificios menores, barrios, pueblos, entornos naturales) a los que se les asignan valores espirituales, culturales, educativos, sociales y económicos. Por otro lado, la UNESCO en 1992, en su Convención sobre la protección del Patrimonio Cultural y Natural, incluye en la definición de patrimonio Cultural a los monumentos, conjuntos, y lugares con valor artístico, histórico o científico; arqueológico, etnológico o antropológico. Así mismo determina lo que se entiende por Patrimonio Natural: Monumentos naturales, formaciones geológicas y fisiográficas, lugares naturales, con valor excepcional desde el punto de vista estético o científico. Como se puede observar, son varias las categorías en las que se pueden clasificar los distintos tipos de Patrimonio. De acuerdo con su naturaleza y sus posibilidades de movilidad, se dividen en muebles e inmuebles. El patrimonio inmueble es aquel que no puede moverse del lugar al que pertenece, ya sea por causas físicas o por su significado y relación con el entorno. Otro tipo de patrimonio inmueble son los lugares naturales, tales como: jardines, cuevas, entre otros (Macarrón, 2011). El patrimonio arquitectónico incluye los monumentos y sitios con valor artístico, arqueológico e histórico, así como aquellas construcciones en las que lo relevante sea su estructura urbanística y/o sus valores etnológicos, como los pueblos y barrios. Sin embargo, existen objetos, bienes muebles o elementos que en ciertas circunstancias pueden ser denominados objetos inmuebles (bienes inmuebles por destino), debido a la vinculación que llegan a tener con el inmueble; algunos ejemplos de ello son: esculturas monumentales creadas para formar parte de algún monumento, de pinturas murales, mosaicos, retablos o rejerías,

ya que técnicamente pueden separarse del inmueble, pero corren el riesgo de perder significado, de degradar el bien o de deteriorar materiales involucrados en la operación que implica la separación. Por consiguiente, es importante definir y delimitar los conceptos relacionados con la conservación y restauración de edificios históricos, ya que estos conceptos condicionan los criterios y procedimientos de intervención, por ejemplo: si una pintura mural es considerada bien inmueble, sería inaceptable separarla, salvo en situaciones de fuerza mayor en las que sea imprescindible esta operación para su conservación. Por otra parte, el patrimonio mueble queda constituido antes por los bienes que por su tamaño, uso y significado, pueden desplazarse sin que pierdan ninguno de sus valores y cualidades, aunque originalmente hayan pertenecido a algún inmueble. Estos bienes son independientes y tienen unidad en sí. De acuerdo con la definición de Macarrón (2011) y González (2011), en este trabajo se entenderá por patrimonio cultural a: “[...] el conjunto de bienes culturales, testimonios materiales de las formas de vida de los diferentes grupos sociales, resultado de la acción cultural propia de esos grupos, que implica la transformación del ambiente, una determinada organización social, la producción de objetos y una concepción de vida”. Los bienes culturales son objetos particularmente significativos, únicos e insustituibles, tienen valor universal y son testimonios de la evolución de la humanidad; su valor artístico o cultural es fruto de la reflexión crítica. Es necesario mencionar que la Carta Europea del patrimonio arquitectónico fue adoptada por el Comité de Ministros del Consejo de Europa el día 26 de septiembre de 1975, con el fin de salvaguardar y promover los ideales y los principios que constituyen su patrimonio común. En esta carta se reconoce que el patrimonio arquitectónico es una expresión insustituible de la riqueza y la diversidad de la cultura, es la herencia común de todos los pueblos, que la conservación del patrimonio arquitectónico depende ampliamente de su integración en el marco de vida de los ciudadanos, entre otros. Considera que la conservación del patrimonio arquitectónico depende en gran manera de su integración al marco de vida de los ciudadanos. El patrimonio arquitectónico debe ser basado en los principios de conservación integrada (Díaz-Berrio S., 2007).

Así, el Comité de Monumentos y Sitios del Consejo de Europa proclama algunos principios, los cuales se relacionan de manera sustancial y directa con la ingeniería estructural:

a) *La materialización del pasado en el patrimonio arquitectónico constituye un medio y marco indispensable para el equilibrio y el desarrollo del hombre. Por lo que desde el punto de vista ingenieril-estructural, es indispensable materializar, de forma virtual, no sólo en tiempo presente, sino también simular en tiempo pasado, todo ello con el propósito de entenderlo y analizarlo de manera contundente,*

además de funcionar como memoria de los hombres actuales para transmitir a futuras generaciones la riqueza de su esencia en todos los ámbitos, incluyendo los métodos numéricos en la ingeniería estructural.

b) *El patrimonio arquitectónico tiene un valor educativo determinante.* El patrimonio arquitectónico contiene una gran riqueza de explicaciones y comparaciones desde una consideración formal. Por lo que en el área de la ingeniería estructural se debe entender de manera contundente el testimonio que proporcionan por sí mismos los elementos, sistemas estructurales y formas de todas y cada una de las etapas históricas. Cabe aclarar que ni los testimonios lograrán asegurar la supervivencia sustancial de este tipo de inmuebles, a menos que se entienda y comprenda el objeto arquitectónico en su totalidad.

c) *El patrimonio está en peligro.* Se encuentra amenazado por la ignorancia, por el abandono y por el deterioro de sus elementos. La tecnología contemporánea, en ocasiones, deteriora las estructuras antiguas, provocando restauraciones excesivas, desastrosas y destructivas en todos los sentidos. Parte de ello es provocado por las especulaciones superficiales.

d) *La Conservación integrada evita los peligros.* La conservación integrada es el resultado de las acciones en conjunto de técnicas de análisis, restauración y elección de funciones apropiadas para cada objeto patrimonial arquitectónico. Lo cual, desde una perspectiva de la ingeniería estructural conduce a realizar análisis interdisciplinarios, con el propósito de alimentar a los modelos numéricos no sólo de parámetros meramente matemáticos, sino de aquella sensibilización e intuición que llegan a desarrollar los restauradores de bienes inmuebles, e incluso los ingenieros estructurales que se encuentran inmersos y comprometidos con este tipo de actividad.

Por lo tanto, en este escrito se define como *edificio patrimonial* al objeto material que el arquitecto (quien a su vez es producto del contexto individual, social, político, económico e histórico), plasmó de manera consciente o no, en los elementos arquitectónicos de su tiempo y sociedad, con todo lo que cada uno de estos términos conlleva. Dichos elementos hacen del inmueble un objeto único, el cual pudiera servir para conocer el pasado, siempre y cuando no se altere física y/o simbólicamente su significado. En este tipo de objetos se pueden estudiar aspectos con diferentes características; por ejemplo: técnicos, materiales, simbólicos, etc., además de conocer las distribuciones de espacios en diferentes épocas y en otros aspectos intangibles, los cuales se describen, de forma enunciativa más no limitativa en las líneas subsecuentes.

### 1.1.3 Principales teorías y criterios de la conservación y restauración

Durante el curso de los dos últimos siglos, la restauración ha experimentado muchos cambios en cuanto a la orientación de sus criterios, en la extensión de su campo de acción y en el nivel de importancia culturalmente hablando. Es imprescindible mencionar que la restauración todavía no cuenta con una doctrina universalmente aceptada, y que además aún no ha podido ser considerada como una verdadera teoría de la restauración. Muchos de los cambios a los que se ha visto expuesto el concepto de restauración han ido de la mano con el desarrollo científico, caracterizado por la aparición de nuevas disciplinas o por el sorprendente avance de las ya existentes (Chanfón, 1996). Por otro lado, la diversidad de opiniones en cuanto a las actividades que deberían contemplar la conservación y/o restauración han sido y siguen siendo punto de discusión debido a la variedad de posturas con las que se cuenta. Con el propósito de vislumbrar de manera general este tipo de heterogeneidad, en cuanto a lo que debería hacerse en el proceso de conservación y restauración del patrimonio construido, se han analizado algunas posturas, las cuales se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características generales de posturas de conservación y restauración, obtenidas de Brandi (1988), Riegl (1987) y de los análisis que realiza Macarrón et al. (2011), Álvarez de Buergo (1994), Capitel (1988, 2009), Chanfón (1996)

#### VIOUET LE DUC

(Francés, 1814-1879)

*Restauración integradora o en estilo.*

Hace un riguroso análisis arquitectónico en cuestión material. Es partidario de la reconstrucción tal y como debería haber sido la forma. Pugna por “Completar la imagen del edificio”. Expone un pensamiento sistémico. Es partidario del ensayo disciplinar e histórico. Propone rehacer la obra incompleta con las partes no desaparecidas. Busca la perfección formal. Aplica técnicas constructivas modernas. Sigue un estilo por medio de la interpretación filológica y científica. Se basa en el conocimiento arqueológico. Rechaza libres interpretaciones. Confiere importancia a la historia. Conoce las estructuras. Plantea una relación médico-paciente. Toma en cuenta consecuencias inmediatas y futuras. Recomienda analizar previo a intervenir, así como Conocer al máximo el objeto y Restaurar de manera integral o en estilo. Promueve el conocer el comportamiento mecánico de los materiales. Busca

formas puras y perfectas del edificio para “obtener la forma prístina”. Plantea el pensamiento sistémico sobre el tratamiento de edificios del pasado. Recobra el antiguo esplendor de los edificios. Sistematiza los criterios y la acción de restauración en estilo como método de recuperación de la forma de los monumentos del pasado. Proyecta estilos académicos de tipo ecléctico. Considera la aplicación de materiales nuevos. Busca la perfección formal de cada edificio y estilo unitario. Promueve la reconstrucción tal y como debió haber sido idealmente. Entiende la coherencia absoluta entre la forma y el comportamiento mecánico como materia. Examina fábricas por medio de principios de análisis constructivo y matemático. Partidario de renovaciones y aplicación de técnicas constructivas modernas. Esta postura de restauración es condenada por la arqueología debido a la falsificación de la antigüedad, se considera “falso histórico”. Se toma en cuenta la relación forma-estructura material.

---

JOHN RUSKIN

(Inglés, escritor, 1819-1900)

*Conciencia romántica, moralista y literaria.*

Recomienda autenticidad histórica. No intervención. Limitarse al cuidado del edificio, “estricta conservación”. Es preferible la ruina del edificio si no existen opciones diferentes a las de la reconstrucción. Considera que restaurar es reducir a la nada el trabajo antiguo. Restaurar es un engaño. Moralista, Romántico y defensor de la autenticidad histórica. Plantea que es inevitable la muerte del edificio. Propone conservar la autenticidad en sus fábricas y superficies, cuidar y vigilar el edificio, conservarlo con todos nuestros medios, ligarlo con hierro cuando se disgrega, sostenerlo con vigas si se hunde. Expone que es mejor ayudar al edificio que reconstruir elementos y fábricas rotas.

---

CAMILO BOITO

(Italiano, arquitecto, restaurador, 1836-1914)

*Restauración científica. Restauración histórica.*

Propone recuperar monumentos para reutilizarlos, respetar los materiales del monumento y al mismo tiempo consolidar y recomponer modernamente. Defiende la memoria histórica y rescata la imagen primitiva. Busca restablecer el edificio para efectuar funciones contemporáneas. Antepone la postura de Ruskin ante la restauración. Recomendado evitar renovaciones y añadidos. Demuestra la necesidad de restaurar; de consolidar antes que reparar. Respeta partes añadidas, oponiéndose a demolición de añadidos. Asegura que la belleza puede superar a la antigüedad. Recomendado no dejar morir al edificio, hacer lo imposible para conservarlo en su

aspecto artístico y pintoresco. Confía en la mínima acción restauradora, cuando la adición de partes nuevas sea imprescindible. Diferencia el estilo entre lo antiguo y lo nuevo. Diferencia materiales en sus fábricas. Suprime molduras y decoración en las partes nuevas. Aconseja la exposición de las partes materiales que hayan sido eliminadas, en lugares contiguos al monumento. Propone la incisión de la fecha de actuación o de un signo convencional en la parte nueva. Recomienda el Epígrafe descriptivo de la actuación fijado al monumento, así como la descripción y la captura de fotografías de las diversas fases de los trabajos. Aconseja la notoriedad visual de las actuaciones realizadas. Plantea conciliar las dos posturas anteriores. Defiende la autenticidad histórica. Propone la mínima intervención *restauratoria*. Admite nuevas adiciones en casos extremos, siempre que se diferencien del resto de la obra. Pionero de la restauración científica, su tesis se resume en la diferenciación y la notoriedad. Sienta las bases de la primera carta del restauro. Se basa en el estudio de la documentación histórica del documento. Respeta añadidos de cualquier época. Desprecia el historicismo ecléctico y la pureza francesa. Recomienda no permitir la ruina mediante diversos instrumentos técnicos. Condena reconstrucciones por su condición falsaria. Defiende la consolidación de lo existente frente a su reconstrucción. Indica que no se debe derribar a los añadidos históricos, aunque pueden admitirse adiciones como un medio extremo. Propone el collage como instrumento estético primordial.

---

#### GUSTAVO GIOVANONI

(Italiano, 1873-1947, Ing. civil, especialista en historia de la arquitectura y teoría de la restauración, crítico, escritor)  
Restauración científica.

Considera al monumento como un documento. Posee un respeto máximo hacia la forma, el aspecto pintoresco y el concepto primitivo. Aboga por la reutilización cuando ésta es coherente con los fines originales. Recomienda no esconder la forma, no superponerse a lo auténtico. Propone reforzar estáticamente, y la defensa ante los agentes externos, diferenciando partes nuevas. Recomponer (*anastilosis*). Acepta la adición de elementos nuevos, diferenciándolos de lo original. Acepta la liberación si se carece de importancia y carácter. Respeta los elementos que tengan intención o valor artístico. Propone completar para dar forma integral, añadiendo partes accesorias faltantes. Acepta añadir zonas esenciales y orgánicas. Utiliza métodos filológicos. Rechaza la adición de arquitectura contemporánea. Clasifica a los monumentos como muertos y vivos. Es continuador de Camilo Boito. Defiende la relación histórica del monumento con respecto al entorno. Establece el concepto de integridad arquitectónica, con el fin de tener una visión totalizadora de la obra monumental. No considera apta la integración de la arquitectura moderna en los

cascos antiguos. Apoya la protección totalizadora hacia la estructura del conjunto urbano.

---

CESARE BRANDI

(Italiano, Licenciado en derecho, 1906-1988)

Restauo crítico

Propone que la obra de arte condiciona a la restauración, y no al contrario. Pide restablecer la función del producto. Sugiere restaurar sólo la materia, y realizar todas las investigaciones posibles; así como restablecer la unidad de la obra de arte. Exige autenticidad histórica. Considera que la consistencia física es primordial. Es partidario de la doble polaridad estético-histórico. Recomienda realizar un análisis material. Pide tener presente, en primer lugar, la estructura formal de la arquitectura. Exhorta a reconstruir en caso necesario, pero no de manera absoluta. Opina que es ilegítimo desmantelar y recomponer un monumento en un lugar diferente de aquel donde se realizó. Se acepta el desmantelamiento y la recomposición en el mismo lugar, cuando no haya otra opción. Considera que es necesario un conocimiento científico de la materia en cuanto a su constitución física. Se puede sustituir la materia (estructura interna) dañada por alguna más resistente a fuerzas accidentales, siempre y cuando no se altere el aspecto. Indica que es necesario estudiar la materia en cuanto a su relación de aspecto y forma. Busca reintegrar sin romper la unidad. La reintegración no debe notarse a lo lejos pero sí al acercarse. Contradice muchos axiomas de la restauración arqueológica. Precisa que cualquier intervención no debe hacer imposibles las intervenciones futuras, más bien todo lo contrario, las debe facilitar.

---

LEOPOLDO TORRES BALBÁS

(Español, 1888-1960)

Restauración científica. Restauración histórica.

Critica las restauraciones estilísticas y el eclecticismo historicista. Mantiene ideas conservadoras. Pide salvar lo pintoresco y lo arqueológico. Condena las restauraciones radicales. El monumento es un documento, dice. Su postura de reconstrucción es similar a la de Boito y Brandi. Recomienda reconstruir sólo cuando sea indispensable. Diferencia lo original de lo antiguo. Admite integraciones de estilos y materiales modernos cuando es necesaria una obra nueva. Propone un método de trabajo arqueológico. Aconseja la datación de fábricas por medio de la observación de materiales y de técnicas constructivas. Sugiere la elaboración de memoria y el proyecto de intervención a través de datos obtenidos. Plantea obtener un “diagnóstico” previo, dejar lagunas (elementos faltantes no comprobables).

---

Propone utilizar elementos más sencillos, pero ópticamente similares a los originales, diferenciándose de cerca. Comenta que es necesario valorar el entorno urbanístico y paisajístico.

---

LUCA BELTRAMI

(Francés, 1854-1933)

Restauración histórica, restauración en estilo

Tiende a la tendencia de restauración histórica. Pide contrarrestar arbitrariedades de restauración en estilo. Sugiere utilizar criterios específicos y unitarios para cada restauración. Cada restauración es única y requiere tratamiento distinto, dice. Debe buscarse la realidad histórica “original”, entender al monumento como documento, reconocer todas las etapas constructivas del objeto, respetarlas y conservarlas. Sugiere que cualquier intervención debe apoyarse en pruebas objetivas y comprobarse. Para él, la intervención debe basarse en el conocimiento documental y el análisis profundo de la obra.

---

ALOÏS RIEGL

(Austriaco, 1858-1905, estudió leyes, filosofía e historia)

Reivindica el valor artístico e histórico. Recomienda no inferir en el curso natural de la alteración. Le interesa la forma original, sin mutilaciones, tal como salió de la mano de su creador. El valor histórico es proporcional a la menor alteración del estado original, dice. Propone reparar los vacíos que la naturaleza ha producido en la forma original, mediante copias o trabajos escritos. No tocar el monumento para no falsificarlo. Justifica la restauración para la reutilización. Ordena recuperar la función en todos los casos posibles.

---

MAX DVORÁK

(Checo, 1874-1921, historiador del arte, seguidor de Riegl, conservador de monumentos)

Pide proteger a los monumentos de la destrucción. Se deben conservar todas las etapas históricas del monumento, dice. Comenta que no se deben eliminar los añadidos históricos. No busca la unidad y la pureza estilística. Sugiere no modificar la forma y el aspecto del monumento. Propone conservar al máximo: función, ambientación, forma y aspectos inalterados. En ruinas se impone la consolidación, sugiere. Recomienda la mínima intervención, evitar reconstrucciones, mantener bordes en su forma irregular, eliminar flora nociva para la estructura, evitar corrimientos del suelo y excavaciones circundantes, proteger de la humedad. Propone también un mantenimiento preventivo, usar el mismo tipo de material o

reutilizar materiales, usar colores sobrios, no aplanar edificios realizados en piedra. En el caso de las iglesias, sugiere no limitar los trabajos a: limpieza, consolidación o sustitución de pequeños trozos faltantes, no redorar, repintar o tallar las viejas estatuas. Indica que no se deben repintar las pinturas murales, sólo reforzarlas.

---

VICENTE LAMPÉREZ

(Español, 1861-1923, arquitecto, historiador)

Propone: restaurar en estilo, reproducir elementos arquitectónicos, reintegrar la unidad del elemento, devolver la utilidad al monumento, consolidar los monumentos muertos para conservarlos, restaurar el estilo primitivo en los monumentos vivos, desplazar las partes que puedan comprometer o desfigurar al edificio, reproducir el estilo apoyándose de otros monumentos con la misma corriente arquitectónica, marcar con señales las partes restauradas. Opina que se pueden conservar partes adicionadas si tienen calidad artística o contienen datos de interés. Propone eliminar partes adicionadas si ponen en peligro la seguridad del edificio. Cuando el monumento esté en ruina habrá que desmontar y recolocar, conservando los mismos materiales, sugiere. Recomienda realizar exploraciones y estudios de campo.

---

VELÁZQUEZ BOSCO

(Español, 1843-1923, arquitecto)

Propone: un criterio estilístico y contradictorio, eliminar adheridos de todas las épocas, conservar el estilo original, conservar adiciones por su valor artístico, rehacer para conservar, conservar elementos ornamentales, ejecutar nuevamente aquellas partes que hayan desaparecido totalmente, demoler reconstrucciones y reconstruir con características originales de la época, no restaurar cuando no se cuente con datos precisos. Sugiere recuperar el sentido original del monumento mediante la veracidad histórica, así como la exploración metódica. Prohíbe desmontar para reconstruir. Indica que se debe salvar, reconstruyendo lo desaparecido, que no se pierda el interés histórico-arqueológico.

#### **1.1.4. Los conceptos de Conservación y Restauración en la ingeniería estructural**

La Restauración es un concepto ambiguo, además que ha cambiado con el paso del tiempo, y sus definiciones son cada vez más explícitas. Rivera (2008) define a la restauración arquitectónica como: *“Recuperar un producto arquitectónico, una obra de arte o una realización humana, por medio de cualquier intervención posible”*.

En el contexto arqueológico, Ceschi, Luciani, Torsello, Marconi, entre otros, entienden a la restauración como la operación realizada para completar o consolidar los edificios, una vez *estudiados científicamente*, excavados y dibujados correctamente, con el fin de obtener la recomposición del monumento por medio de partes originales o reconstruidas, diferenciando lo reconstruido de lo original (Rivera, 2008). Se puede observar que esta teoría comparte ideas de Camilo Boito, Gustavo Giovanoni, entre otros, que coinciden con pensamientos similares provenientes de la restauración científica. Esta teoría se basa en el *conocimiento, la ciencia* y los *procesos sistemáticos*, anteponiendo siempre la consolidación a la recomposición, diferenciando lo añadido de lo antiguo, con el fin de distinguir visualmente ambas partes.

Cabe mencionar que la arquitectura se distingue de otros objetos debido a sus valores intrínsecos (estéticos, históricos, documentales y/o funcionales) y que en ella se puede reconvertir su función para la *contemporaneidad* y para el *futuro*; valores que en el resto de los objetos quedan restringidos a valores testimoniales que no serán alterados por otras generaciones. A pesar de que el término de restauración es ambiguo y cambia constantemente, conviene señalar que proviene del latín *restauratio*, significando para los latinos: renovar, restablecer, reavivar. De manera que historia y teoría son interdependientes en la conformación de los significados de la restauración (Rivera, 2008).

Rivera (2008), coincide con Macarrón et al. (2011), en cuanto a que los monumentos contienen información y valores diversos, tales como: estética, historia, la función que desempeñan y han desempeñado en el tiempo. Al contener este tipo de información, es esencial analizar los monumentos como cuando analizamos el contenido de periódicos y/o revistas, en los que la información es similar pero con diferentes enfoques, ya que cada documento refleja información propia de la época y además contiene un estilo de redacción particular del escritor; así los edificios históricos atesoran su lenguaje y transmiten el estilo de los constructores y diseñadores del periodo en que fueron edificados.

Durante la primera mitad del siglo XIX, en Italia, se planteó de manera intuitiva, el criterio de restauración arqueológica con el fin de conservar urgentemente los monumentos. Según Rivera (2008), estos trabajos estuvieron a cargo de Stern, Valadier, Camporesi, Camuccini, Canina; sin embargo, quien escribe la teoría fue el Papa León XIII, mencionando:

*“Ninguna innovación debe introducirse ni en las formas ni en las proporciones, ni en los ornamentos del edificio resultante, si no es para excluir aquellos elementos que en*

*un tiempo posterior a su construcción fueron introducidos por capricho de la época siguiente”*

Esta declaración plantea que no se debe configurar o crear, tanto en los edificios y en ruinas arqueológicas. También manifiesta que los monumentos se consideran como unidades completas, es decir, perfectas e inmutables, a las que se puede proteger demoliendo los añadidos arbitrarios de otras épocas.

Aunque la conservación y la restauración implican una misma actitud y son semejantes en su objetivo, se puede afirmar que la restauración es el caso límite de la conservación y conduce a intervenir físicamente en el *objeto* cultural. De este modo, la *conservación* es el fin, y la restauración es una actividad de intervención física para alcanzar dicho fin. Por ejemplo; Díaz-Berrio (1984) dice que los dos términos comparten el mismo objetivo, sin embargo, se considera más conveniente establecer en un primer lugar al término conservación, ya que la Carta de Venecia lo expresa como una actividad permanente y menciona a la restauración como una actividad excepcional. Es decir, puede o no ser, y si es, se lleva a cabo por necesidad para alcanzar un fin determinado.

De este modo, en la ingeniería estructural la conservación no sólo se aplica a las cuestiones simbólicas, ya que éstas por sí solas no soportarían las cargas impuestas al inmueble, debido a que la sustancia simbólica del objeto puede provenir de diferentes pensamientos, además subjetivos, por lo que se propone concebir a la conservación estructural desde dos vertientes: 1) La conservación de resistencia y comportamiento estructural con el material y forma de origen, y 2) La conservación de resistencia y comportamiento con materiales y formas contemporáneas.

En cuanto a la conservación de resistencia y comportamiento estructural con el material y forma de origen, se pretende *mantener en equilibrio al inmueble patrimonial considerando la utilización de las formas y materiales con características mecánicas similares a las de origen, incluso prever el recurso de anastilosis, siempre y cuando el objeto lo permita y no se caiga en el falso histórico, ya que las características físicas deben ser completamente compatibles en su naturaleza.*

### **1.1.5. Acercamiento general a algunas de las principales posturas de conservación y restauración, una aproximación de su relación con la ingeniería estructural**

Es esencial mencionar que la restauración arquitectónica de una forma casi

sistémica para recuperar los valores de un edificio del pasado, data del siglo XIX, con la búsqueda de algunos principios. Al inicio de ese siglo se había formado en Roma una incipiente Escuela del restauro; sin embargo es **Eugéne Viollet-le-Duc**, brazo ejecutivo de Próspero Merimé cuando éste desempeñaba el cargo de inspector general de monumentos franceses, quien tiene la oportunidad de poner en práctica su *pensamiento sistémico* sobre el tratamiento de los monumentos del pasado, creando una amplia escuela. Antes que Viollet-le Duc pasara a dirigir y a realizar sus aspiraciones oficiales, la restauración de monumentos se practicaba en Francia con muy escaso rigor y con dispersión de método y fortuna. Por ello, Viollet-le-Duc (1814-1879) es quien primero intenta *sistematizar* los criterios y la acción de la restauración en estilo como *método* eficaz de recuperar la forma de los monumentos del pasado (Capitel, 2009).

Viollet-le-Duc, fue una personalidad relevante en la práctica de una nueva planta y en el ensayo “*disciplinar*” e histórico. También entiende que es posible rehacer una obra incompleta, ya que sus partes no desaparecidas permiten encontrar (adivinar) las partes faltantes de acuerdo con la coherencia de la obra total. Busca la perfección formal de cada edificio en relación con su propia arquitectura y al margen de su verdadera historia, a través de un pensamiento idealista unido a un riguroso análisis arquitectónico en cuestión material. Promueve con ello la reconstrucción de un monumento *tal y como debería haber sido en su completa idealidad formal*, dando valor a la coherencia interna de la lógica arquitectónica (Capitel, 2009). Viollet-le-Duc menciona:

*“Restaurar un edificio no significa conservarlo, repararlo o rehacerlo, sino obtener su completa forma prístina, incluso aunque nunca hubiera sido así... Es preciso situarse en el lugar del arquitecto primitivo y suponer qué cosa haría él si volviera al mundo y tuviera delante de sí el mismo problema”*

Así como para muchos restauradores, esta frase llega a ser muy importante desde el punto de vista arquitectónico, ya que promueve completar la imagen del edificio en todos los sentidos, también es imprescindible señalar que desde la perspectiva de la ingeniería estructural habría que analizar si la propuesta “formal” del restaurador es factible en cuanto al adecuado desempeño estructural de la edificación, ya que no sólo las forma son esenciales en el sistema estructural, sino que las características de los materiales, sistemas constructivos, acciones e incluso el suelo son factores de suma importancia.

Del mismo modo, es partidario de renovaciones, como es el caso particular de la aplicación de técnicas constructivas modernas, diciendo:

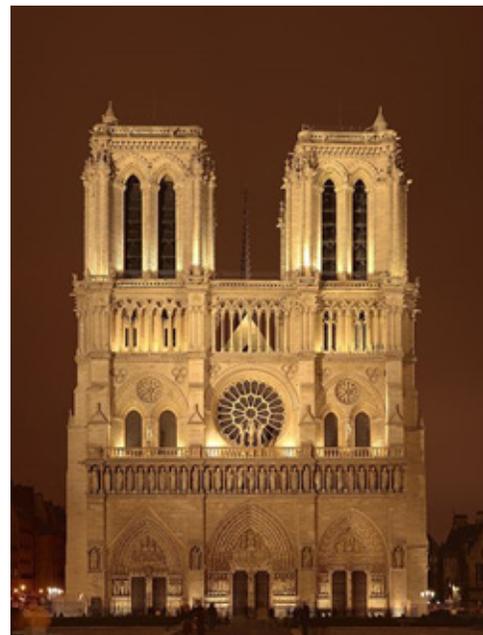
*“Si debiendo hacer de nuevo la cubierta de un edificio el arquitecto rechaza la*

*construcción en hierro porque los maestros medievales no habían usado tal sistema, cometería a nuestro entender un error, pues se evitarían así los terribles peligros de incendio que han sido tantas veces fatales para nuestras construcciones antiguas”.*

Es notorio que la postura de Viollet es conservar la imagen del objeto, aunque haya que sacrificar el material, sin embargo no se debe emprender de manera precipitada una decisión en cuanto a la intervención de algún elemento estructural ya que es necesario tomar en cuenta las propiedades físicas (mecánicas y geométricas) de los materiales nuevos<sup>1</sup>, así como su compatibilidad con las partes no-desaparecidas. Por tanto, así como para Viollet era importante la “coherencia” interna de la lógica arquitectónica, para el estructurista es fundamental la “compatibilidad” de los materiales utilizados para completar la lógica estructural<sup>2</sup>.

Sólo por citar algunos proyectos de restauración en estilo de Viollet le Duc, tenemos: la Catedral de Notre Dame (figura F1), el Castillo de Pierrefonds (proyecto ejecutado en 1858), y Carcasona.

**Figura F 1a.** Vista nocturna de la Catedral de Notre Dame, París.



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/NotreDameDeParis.jpg>

---

<sup>1</sup> En este texto los materiales “nuevos” se refieren a los añadidos, integrados, reintegrados, etc., ya sean artificiales o naturales, coincidan o no con la forma de los no-desaparecidos. Asimismo, se tendrá que poner absoluta atención en la preparación de los materiales no-desaparecidos para conectarlos con los nuevos.

<sup>2</sup> La lógica estructural se conceptualiza como todo aquello que conduce a tener un buen comportamiento de la estructura, de tal manera que se evite deterioro alguno como consecuencia de los cambios naturales o inducidos a través del paso del tiempo.

**Figura F 1b.** Eugène E. Viollete-le-Duc y Jean-Baptiste Lassus. Reconstrucción ideal de las flechas de la fachada principal de la catedral de Notre Dame de París. (vol. II, París (1863), Ignacio González Varas)



Eugène E. Viollete-le-Duc y Jean-Baptiste Lassus. Reconstrucción ideal de las flechas de la fachada principal de la catedral de Notre-Dame de París. Entretiens sur la Architecture vol. II, París (1863). Retomado del libro: RESTAURACIÓN MONUMENTAL y Arquitectos Restauradores

Para Viollet, la restauración obliga a seguir un estilo por medio de una interpretación *filológica* y *científica*, por medio del *conocimiento* arqueológico de la historia del arte, rechazando las libres interpretaciones, basándose en la necesidad de una formación de opinión crítica culta y técnicamente preparada. Le da mucha importancia a la historia y al conocimiento de las estructuras. Menciona que en la edad media, cada parte de la obra realiza una función y posee una acción, por lo que el arquitecto debe documentarse para conocer exactamente el valor de ambos antes de empezar una obra (Rivera, 2008). Realiza una *analogía médico-paciente* como si fuera la relación restaurador-monumento cuando comenta que:

*“el arquitecto debe proceder como el cirujano hábil y experimentado que no toca un órgano sin haber antes tomado conciencia de la función y sin haber antes previsto las consecuencias inmediatas y futuras de su operación. Antes de obrar al azar, es mejor no hacer nada. Mejor dejar morir al enfermo antes que matarlo”.*

Se observa claramente lo importante que es para Viollet analizar al enfermo (monumento) antes de intervenirlo quirúrgicamente (restaurarlo), defendiendo que el restaurador debe “despojarse” de sus ideas particulares y tiene que conocer al máximo al objeto monumental para poder intervenirlo por medio de arqueología y técnica. Así, el ingeniero estructuralista debe “prescindir” de suposiciones propias y tendrá que conocer de forma mayúscula al edificio histórico para actuar en su estructura.

En un sentido “opuesto” a la teoría anterior, se encuentra **Ruskin** (1819-1900), quien representa la conciencia romántica, moralista y literaria. Aunque comparte con Viollet la consideración del gótico como arquitectura perfecta, defendía la autenticidad histórica. Perteneciente a la corriente de la no intervención, plantea que la restauración no tiene razón de ser, entonces debería de limitarse el cuidado de un edificio a su estricta conservación. Para él es preferible la ruina definitiva de un monumento si no existen opciones diferentes a su reconstrucción, es decir, considerar la inevitable muerte del edificio, después de haber cumplido su tiempo de vida (Álvarez y González, 1994). Las palabras de Ruskin dicen:

*“[...] es imposible, tan imposible como resucitar a un muerto, restaurar nada que haya sido grande o hermoso en arquitectura[...].”*

*“[...] El primer resultado de una restauración es el de reducir a la nada el trabajo antiguo: el segundo, el de presentar la copia más vil, o cuando más, por cuidada y trabajada que esté, una imitación fría, modelo para las partes que así debieran ser según una completación hipotética”*

*“No hablemos, pues, de restauración. La cosa en sí no es, en suma, más que un engaño.”*

*“Destruid el edificio, arrojad sus piedras a los rincones más apartados, y rehacedlo de mortero a vuestro gusto. Pero hacedlo honradamente, no lo reemplacéis por una mentira.”*

Hombre culto que destacó como escritor, crítico de arte, sociólogo, poeta y literario (Rivera J., 2008). No fue la excepción frente a la restauración en estilo, ya que algunos de los intelectuales y literarios criticaron dicha postura tras la muerte de Viollet. Tal es el caso del francés Didon, que menciona:

*“Del mismo modo que ningún poeta se pondría a terminar los versos incompletos de la Eneida, ningún pintor a terminar un cuadro de Rafael, ningún escultor a terminar una estatua de Miguel Ángel, así ningún arquitecto debería consentir en completar una Catedral.” y también “Cuando se copian viejos manuscritos, se dejan en blanco las palabras que no se pueden leer y no se rellenan jamás los espacios vacíos.”*

Con esas palabras Ruskin quiere descalificar la restauración en estilo (Capitel, 2009)

Sin embargo, la calidad arquitectónica, en sus acepciones tanto particulares como generales y sea cual fuere el criterio de restauración deberá ser siempre el objetivo y el instrumento primordial de la acción (Capitel, 2009)..

Para Ruskin, *restaurar* significa la destrucción más completa que pueda sufrir un edificio, destrucción de la que no podría salvarse ninguna parcela, destrucción

acompañada de una falsa descripción del monumento destruido, es decir; falsificar y destruir. Ataca los métodos arqueológicos y racionalistas de los restauradores considerándoles inseguros y faltos de todo rigor científico. (Rivera, 2008).

La Abadía de Santa María de York, muestra sus teorías biológicas de los edificios y la elusión de su restauración, únicamente consolidándolos (figura F2).

**Figura F 2.** Consolidación de la ruina “La Abadía de Santa María de York”, mostrando teorías biológicas de los edificios (Rivera, 2008).



<http://www.descubra.info/wp-content/uploads/2010/07/Abadía-de-Santa-María.jpg>

De primera instancia se pudiera afirmar que la ingeniería estructural no tiene razón de ser frente a la postura *ruskiniana*, debido a que no se debería intervenir a la estructura y habría que dejarla morir, sin embargo, ésta pudiera ayudar a la simple consolidación para su conservación, además el realizar estudios estructurales en este tipo de ruinas puede ayudar a comprobar hipótesis relacionadas con su comportamiento estructural, ya que al llevar un registro de dicho comportamiento y deterioro estructural, se pueden validar las herramientas y nuevas tecnologías con las que se cuenta para el análisis en este tipo de edificaciones.

Por otra parte, durante las últimas dos décadas del siglo XIX, los arquitectos y los teóricos italianos reaccionan contra las posturas extremas de Viollet y el fatalismo pasivo de la escuela inglesa, proponiendo tendencias con esencias de conservación, donde se busque una dialéctica entre lo antiguo y lo nuevo cuando sea inevitable la intervención. Estas tendencias son la restauración histórica y la restauración moderna, encabezadas por Beltrami (1854-1933) y Boito (1836-1914).

La restauración histórica es obra de **Luca Beltrami**, quien aplicó sus teorías de restauración histórica principalmente en el castillo de los Sforza en Milán. Su *método*

*histórico* intenta contrarrestar las arbitrariedades de la restauración en estilo y sugiere la utilización de criterios *específicos* y *unitarios* para cada restauración, defendiendo que *cada una es un caso distinto con su respectivo tratamiento*. Difiere de Viollet en el sentido de que debería buscarse la realidad histórica “original” del monumento. Menciona que habrá que entender que el monumento es un documento en el que todas sus etapas constructivas deben ser reconocidas como hechos documentados y por ende respetadas y conservadas, donde cualquier intervención, ya sea de integración o reconstrucción, debe basarse en pruebas objetivas del mismo, además de ser comprobable, ajustada al conocimiento documental y al análisis profundo de la obra. En la figura F3 se puede ver la torre integrada en la fachada del castillo Sforza. Aunque el arquitecto Beltrami indagó en archivos y documentos donde descubrió un proyecto de Filarete (autor del edificio), interpretó de manera errónea que esta torre había sido concebida para este castillo y procedió a construirla. En la práctica esta postura fue un caos, debido a la falta de capacidad crítica de la época para interpretar de forma correcta las diferentes fuentes, ya que también se admitían pinturas, dibujos, grabados, entre otros, que se habían concebido arbitrariamente. Así los partidarios de la restauración histórica tratarían de hacer, de manera premeditada, una copia exacta (Rivera, 2008).

**Figura F3.** Luca Beltrami.  
Castillo Sforza. (Rivera, 2008).



[https://www.varesenews.it/photogallery\\_new/images/2018/06/storia-della-lombardia-medievale-di-giancarlo-andenna-interlinea-678412.610x431.jpg](https://www.varesenews.it/photogallery_new/images/2018/06/storia-della-lombardia-medievale-di-giancarlo-andenna-interlinea-678412.610x431.jpg)

Desde la óptica de Beltrami, en cuanto al asunto de respetar y conservar todas y cada una de las épocas y por ende sus sistemas constructivos, esto es realmente complicado para la ingeniería estructural, debido a que muchos de los problemas estructurales que presentan hoy en día un sinfín de edificaciones patrimoniales se deben a la diversidad de intervenciones estructurales que se les han realizado a través de la historia, como por ejemplo algunos edificios construidos a base de mamposterías, y que en algún momento de su existencia fueron restaurados con concreto reforzado. Además, no sólo el concreto reforzado puede perjudicar al comportamiento estructural, sino también la intervención con materiales similares

al del edificio que no cumplan con la compatibilidad adecuada para satisfacer la lógica estructural (ver conceptualización de lógica estructural en la nota dos al pie de la página 53) demandada. También representa un reto integrar todos los materiales en los análisis numéricos, debido a la diversidad de propiedades que presentan tanto de fábrica, como por las modificaciones naturales que sufren a lo largo del tiempo. Igualmente se presentan diferentes condiciones de unión entre éstos.

Uno de los casos más representativos de esta postura es el campanario de la plaza de San Marcos de Venecia (figura F4), la cual se hundió el 14 de julio de 1902, quedando completamente destruida (figura F5) y posteriormente, después de un gran debate, reconstruida como copia literal, utilizando materiales y tecnología contemporánea, concluyendo su construcción en 1912 (figura F6).

**Figura F4.** El campanario de la plaza de San Marcos en Venecia (antes de la inundación). Museo Thyssen Mornemisza (2013)

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/66/Canaletto\\_-\\_The\\_Piazza\\_San\\_Marco\\_in\\_Venice\\_-\\_Google\\_Art\\_Project.jpg/300px-Canaletto\\_-\\_The\\_Piazza\\_San\\_Marco\\_in\\_Venice\\_-\\_Google\\_Art\\_Project.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/66/Canaletto_-_The_Piazza_San_Marco_in_Venice_-_Google_Art_Project.jpg/300px-Canaletto_-_The_Piazza_San_Marco_in_Venice_-_Google_Art_Project.jpg)



**Figura F5.** Colapso del campanario San Marcos en 1902. (Venecia city guide, 2012)

<https://mediolleno.files.wordpress.com/2008/02/2a.jpg>



**Figura F6.** El campanario de la plaza de San Marcos (reconstruido). (Viajeros, 2012)

<http://viajerosblog.com/wp-content/uploads/2012/01/campanario-san-marcos-venecia-italia.jpg>



La *restauración moderna* de **Camilo Boito**, quien admira a Viollet y era un entusiasta de las teorías de Ruskin, plantea la recuperación de los monumentos para reutilizarlos. Además considera la restauración como una disciplina seria y autónoma, en la que se debe combinar la capacidad de crítica con la profesionalidad. Siendo Boito, un *restaurador científico* capaz de intervenir en obras con mucho rigor, respetando los materiales del monumento para, al mismo tiempo, consolidarlo y recomponerlo modernamente (Rivera, 2008).

Es entonces que Boito descubre las pautas para una nueva postura de restauración en la que defiende la memoria histórica del monumento y a su vez rescata la imagen primitiva del mismo. Se restablecen edificios de culturas antiguas para efectuar funciones contemporáneas, sin embargo, no considera a la restauración como prioridad, más bien antepone la postura *ruskiniana*. Boito menciona:

*“[...] cuando sea demostrada la necesidad de restaurar un monumento, debe ser antes consolidado que reparado, antes reparado que restaurado, evitando renovaciones y añadidos”*

Desde el punto de vista de la ingeniería estructural, las palabras consolidar, reparar, restaurar, renovar y añadir, conllevan de alguna manera a intervenir físicamente la estructura. Para él, los monumentos son documentos históricos en todas sus fases constructivas, por lo que se deben respetar las partes añadidas con valor artístico, arqueológico o histórico, oponiéndose a la repristinación y demolición de añadidos, incluso dice que:

*“[...] no siempre la parte más antigua, aunque sea la más venerable y más importante, debe vencer sobre la añadida, la cual puede tener belleza intrínseca y absoluta. En tal caso, belleza puede superar a antigüedad”.*

Por otro lado, va en contra del concepto *ruskiniano* de dejar morir el edificio. Incluso plantea que habrá que hacer hasta lo imposible para conservarlo en su aspecto artístico y pintoresco. Esta postura ayuda, en cierto punto, a los involucrados a salvaguardar la seguridad estructural de los edificios, ya que en un momento determinado permite añadir elementos con determinados *valores intrínsecos* que faciliten mantener en pie al sistema, ya que pudieran añadirse, en caso de no poder evitarse, los elementos estructurales que se muestren como obra contemporánea.

Boito propone ocho principios en el tercer congreso de Arquitectos e Ingenieros Civiles de Roma, siendo éstos la base de la primera Carta del Restauo, los cuales son:

- 1) Diferencia de estilo entre lo antiguo y lo nuevo.
- 2) Diferencia de materiales en sus fábricas.
- 3) Supresión de molduras y decoración en las partes nuevas.
- 4) Exposición de las partes materiales que hayan sido eliminadas en un lugar

contiguo al monumento restaurado.

- 5) Incisión de la fecha de actuación o de un signo convencional en la parte nueva.
- 6) Epígrafe descriptivo de la actuación fijado al monumento.
- 7) Descripción y fotografías de las diversas fases de los trabajos depositados en el propio monumento o en un lugar público próximo, o publicación de todo.
- 8) Notoriedad visual de las actuaciones realizadas.

Cabe mencionar que no todos los principios listados anteriormente guardan una relación estrecha con la ingeniería estructural de los edificios patrimoniales, sin embargo, el diferenciar de estilo entre lo antiguo y lo nuevo puede implicar un sinnúmero de consideraciones de intervención estructural que pudieran repercutir de forma contundente en el comportamiento de la misma. Para ilustrar tal principio, en las figuras siguientes se presentan imágenes de ciertas tendencias de intervención que se están realizando en algunas partes del mundo. Tendencias que, en caso de no contar con formación teórica, histórica y técnica, pudieran hacer caer en errores fatales e incluso irreversibles que propicien desde lagunas hasta pérdida parcial o total del patrimonio arquitectónico:

**Figura F7.** Museo de Historia Militar de Dresden, Alemania (Libeskind, 2013)

<http://tecnne.com/wp-content/uploads/2012/04/DRESDEN-DG5.jpg>



**Figura F8a.** Museo de Historia Natural, Canadá (Restaurado en 2002-2007 por el Arq. Daniel Libeskind) Libeskind (2013)

[http://1.bp.blogspot.com/\\_7dreGfgRYbQ/TSgEWZyZwkl/AAAAAAAAAY/61TyFSQmPic/s1600/Royal+Ontario+Museo+libeskind.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_7dreGfgRYbQ/TSgEWZyZwkl/AAAAAAAAAY/61TyFSQmPic/s1600/Royal+Ontario+Museo+libeskind.jpg)



**Figura F8b.** Museo de Historia Natural, Canadá (Restaurado en 2002-2007 por el Arq. Daniel Libeskind), Libeskind (2013)

[http://1.bp.blogspot.com/\\_7dreGfgRYbQ/TSgEWZyZwkl/AAAAAAAAAY/61TyFSQmPic/s1600/Royal+Ontario+Museo+libeskind.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_7dreGfgRYbQ/TSgEWZyZwkl/AAAAAAAAAY/61TyFSQmPic/s1600/Royal+Ontario+Museo+libeskind.jpg)



**Figura F9a.** Ex Convento de San Francisco (Ahora auditorio y espacio cultural multifuncional), Winsider México (2013)



<http://winsidermexico.com/2012/09/04/remodelacion-del-ex-convento-de-san-francisco/sant-francesc-conversion-architecture-1-600x900-copia/>

**Figura F9b.** Ex Convento de San Francisco (Ahora auditorio y espacio cultural multifuncional), Winsider México (2013)



<http://winsidermexico.com/2012/09/04/remodelacion-del-ex-convento-de-san-francisco/sant-francesc-conversion-architecture-1-600x900-copia/>

**Figura F10a.** Edificio del Parlamento, Berlín, Alemania. Cúpula original dañada en el incendio de (1933), vuelta a dañar en la segunda guerra mundial (1945), posteriormente Centro de Conferencias (1960), construcción de cúpula de acero por Norman Foster (1993). Sitios Turísticos (2013).



**Figura F10b.** Edificio del Parlamento, Berlín, Alemania.



<http://elarquitectoviajero.files.wordpress.com/2011/05/p1160709-1.jpg>

**Figura F11.** Antiguo hospital de San Rafael S.XVIII, España. Patio central con cubierta de acero, (El diario montañés, 2009)

<https://static.eldiariomontanes.es/www/pre2017/multimedia/noticias/200905/23/Media/parlamento-253x190.jpg>



**Figura F12.** Almacén marítimo nacional de Amsterdam S.XVII, Holanda. Patio con cubierta de acero. (Revista de arte, 2011).

<http://uniquevenuesofamsterdam.com/het-scheepvaartmuseum/>



Como se puede observar, se intervinieron estructuralmente este tipo de edificaciones con materiales y diseños contemporáneos, lo cual requirió la participación de diversas disciplinas.

Por lo tanto, es evidente que este tipo de inmuebles no solamente se deben analizar de manera técnica, es por ello que se han empezado a desarrollar métodos y procedimientos de lectura<sup>3</sup> y análisis integral en algunas disciplinas involucradas en los trabajos de conservación y restauración de edificios históricos.

Por ejemplo, García (2007) menciona:

*“Para lograr soluciones adecuadas a sus problemas de conservación, es necesario la contribución de diversas disciplinas cuyas soluciones pueden llegar a contraponerse. Una de estas es la ingeniería estructural, en la que se busca preservar la estabilidad y seguridad de los edificios, afectando en el menor grado posible sus valores históricos*

<sup>3</sup> En este trabajo se entenderá por “lectura” a la observación, recopilación, organización, interrelación e interpretación del conjunto de elementos tangibles y/o intangibles obtenidos en las diferentes fuentes de información relacionadas con el objeto.

*y arquitectónicos. La preservación de la seguridad de estos edificios requiere de información adecuada que permita evaluar el estado real de la construcción, por lo que es fundamental conocer con profundidad el funcionamiento de su estructura y comprender las bases de su solución estructural original, no menos importante resulta entender el contexto sociocultural en el que fueron construidos.”*

Por otra parte, Nava (2003) comenta:

*“Para poder llevar a cabo un proceso de rescate de un inmueble se requiere tener una visión integral del problema que pone en riesgo inmediato al mismo” (Nava., 2003).*

Por todo lo anterior, no es raro que algunos de los lectores queden confundidos en el qué o no hacer respecto a la parte estructural de los inmuebles patrimoniales, y más aún cuando los ingenieros estructuristas se adentran en primeras ocasiones en este complejo tema de la conservación y restauración de estructuras de “edificios históricos”. Sin embargo, actualmente existen recomendaciones internacionales que proporcionan principios y directrices en el tratamiento de este tipo de estructuras, lo cual se conviene en el siguiente capítulo.

RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS  
ESTRUCTURALES PARA LA CONSERVACIÓN  
Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO  
ARQUITECTÓNICO EDIFICADO

2

## **CAPITULO 2. RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO EDIFICADO**

A finales del siglo XIX y al inicio del XX, se manifiesta una mayor sensibilidad ante el Patrimonio cultural, por lo que se realizan varias cartas y convenios en las que se expresan opiniones sobre la manera en que debe hacerse una restauración. Por mencionar algunas de éstas, se tienen: Primera carta del restauro (1883), Carta de Atenas (1931), Carta italiana del restauro (1931), Carta de Atenas (1933), Carta de Venecia (1964), Carta del restauro (1972), Carta europea del Patrimonio Arquitectónico (1975), Coloquio de Quito (1977), Convenio de Granada (1985), Cracovia (2000).

Con el paso del tiempo se han creado organismos, entidades y legislaciones con los que se busca, además de impulsar la educación, conservar el Patrimonio cultural de la humanidad. La UNESCO, organismo de la O.N.U. para la Educación, la Ciencia y la Cultura, tiene entre sus principales fines el impulso a la educación popular y difusión de la cultura, además de ayudar a la conservación, progreso y difusión del saber. Este organismo cuenta con entidades de colaboración, como son: ICOMOS (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios), ICOM (Comité Internacional de los Museos) y la UIA (Unión Internacional de Arquitectos), ésta última es una organización internacional no gubernamental que cada tres años desde 1948 celebra reuniones, asambleas y congresos.

La Sociedad de las Naciones y la Comisión Internacional de Cooperación Intelectual han elaborado, entre otras cosas, la Carta de Atenas de 1933 y la Carta de Venecia de 1964, así como otros tratados multilaterales.

Por otra parte, el Consejo de Europa ha organizado varias convenciones multilaterales referentes a la conservación del patrimonio arquitectónico europeo, de las cuales se han originado diversas recomendaciones, por ejemplo, la recomendación de la Conferencia Europea de Ministros responsables de la Conservación y Rehabilitación del Patrimonio Cultural de Monumentos y Lugares Histórico-Artísticos llevada a cabo en Bruselas (1969), La recomendación 589 de la Asamblea Consultiva del Consejo de Europa (1970), y la recomendación 880 de la Asamblea Parlamentaria del Consejo de Europa en 1979.

El proyecto EROCARE de 1985 tiene como finalidad la conservación y restauración del patrimonio monumental, ya que pretende sensibilizar a los organismos oficiales para colaborar en el desarrollo científico y tecnológico de las áreas relacionadas con la conservación de dicho patrimonio. (Buergo et al., 1994).

Dado que lo descrito anteriormente se refiere a la Conservación y Restauración desde un punto de vista general, en este capítulo se analizan, correlacionan y sintetizan las recomendaciones ISCARSAH (2003) y las bases para el diseño y

análisis de *estructuras* existentes (ISO 13822:2010), las cuales aplican y puntualizan ciertos asuntos estructurales del Patrimonio Arquitectónico.

### 2.1.1. Recomendaciones ISCARSAH

El Comité Científico Internacional para Análisis y Restauración de Estructuras del Patrimonio Arquitectónico (International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Architectural Heritage, ISCARSAH) proporciona, por medio de principios y directrices, algunas recomendaciones que deberían tomarse en cuenta para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico.

En la tabla 2 se presentan, de manera general, los criterios y recomendaciones mencionadas por ISCARSAH en 2003. El enfoque de este escrito está dirigido al análisis y no a la intervención física como tal; sin embargo, habrá que conocer y entender aspectos primordiales de la intervención, ya que también sirven de base para realizar el o los análisis correspondientes de manera más efectiva, ya que en todos los análisis cuantitativos o también llamados análisis numéricos desarrollados por medio de modelos matemáticos, se visualiza el comportamiento del sistema estructural con base en la mayor certeza que se tenga de las propiedades particulares de cada uno de éstos.

**Tabla 2.** Criterios y recomendaciones ISCARSAH (2003)

- La conservación, la consolidación y la restauración del patrimonio arquitectónico requieren un *enfoque multidisciplinario*.
- El valor de un edificio histórico no reside sólo en la apariencia de sus elementos individuales, sino también en la *integridad* de todos sus componentes [...].
- Cualquier intervención en una estructura histórica debe valorarse en el contexto de la restauración y conservación de *todo* el edificio.
- Las estructuras del patrimonio arquitectónico, debido a su peculiaridad y su compleja historia, requieren organización de los *estudios* y *análisis* en los distintos pasos, *similares a los que se realizan en medicina*.
- No debe emprenderse ninguna acción sin haber evaluado *beneficios* y *perjuicios* que puedan suponerse al patrimonio arquitectónico.
- Un *equipo multidisciplinario* debe trabajar de manera conjunta desde la primera fase del estudio.
- Es necesario analizar los datos disponibles para poder *elaborar un plan de actividades* adecuado a los problemas de la estructura.
- Todo proyecto de restauración y conservación requiere una *total comprensión* del *comportamiento* estructural y las *características de los materiales*. Es esencial tener información sobre la estructura en su *estado original* y en las *etapas anteriores* a la

intervención, así como sobre las técnicas que fueron utilizadas para su construcción, además de conocer el *estado actual*.

---

- Las soluciones estructurales necesarias para estabilizar la estructura mientras se está excavando, no deben poner en peligro al edificio.

---

- El *diagnóstico* se debe basar en información histórica, *análisis cualitativos y cuantitativos*. Donde el análisis cualitativo parte de la observación directa del daño estructural y del deterioro de materiales, así como de la investigación histórica y arqueológica. Por otra parte, el análisis cualitativo precisa el análisis de la estructura, los ensayos de materiales y monitorización.

---

- La evaluación del *nivel de seguridad* (paso posterior al diagnóstico) es la fase en la que se toma la decisión de intervenir y debe unirse el *análisis cualitativo* con el *cuantitativo*.

---

- Toda la información derivada del *diagnóstico* y de las decisiones sobre la intervención debe plasmarse en un *informe explicativo o memoria*.

---

- La terapia debe dirigirse a la raíz de la problemática y no a los síntomas.

---

- Las medidas de conservación y consolidación deben estar basadas en el nivel de seguridad y en la *comprensión* del significado histórico y cultural de la construcción.

---

- No debe realizarse ninguna acción si no se ha demostrado que es indispensable.

---

- Las intervenciones deben ser proporcionales a los *objetivos* de seguridad, además de mantenerse en el nivel mínimo de intervención que garantice la seguridad y durabilidad, causando el menor daño a los valores patrimoniales.

---

- El diseño de la intervención debe basarse en una total *comprensión* del tipo de *acciones que han causado el daño y deterioro, así como sobre aquéllas que actuarán en el futuro*.

---

- La *elección entre técnicas* (innovadoras y tradicionales) debe ser sopesada, se debe dar preferencia a las que resulten menos invasivas y más compatibles con los valores patrimoniales.

---

- La dificultad para evaluar los niveles de seguridad y los beneficios de la intervención puede sugerir un método observacional con la posible adopción de medidas suplementarias o correctoras subsiguientes.

---

- Siempre que sea posible, *las medidas que se adopten deben ser reversibles*. En caso de que las intervenciones no sean completamente reversibles, no deberán impedir intervenciones posteriores.

---

- Las características de los materiales que se usen en los trabajos de restauración y su compatibilidad con los existentes se deben conocer por completo. Este conocimiento debe incluir los *efectos a largo plazo*.

---

- Toda intervención debe respetar, en la medida de lo posible, la concepción, las técnicas constructivas y el valor histórico de la estructura.

---

- La intervención deberá resultar de un *plan integral* que proporcione la importancia adecuada a los distintos aspectos de la arquitectura, la estructura, instalaciones y

funcionalidad de la edificación.

- 
- Debe evitarse la eliminación o alteración de cualquier material histórico o cualquier característica arquitectónica distintiva.
- 
- Se prefiere reparar antes que sustituir.
- 
- Las alteraciones y las imperfecciones deberán conservarse cuando se hayan convertido en parte de la historia de la estructura, siempre que no se comprometa la seguridad.
- 
- Cualquier propuesta de intervención debe ir acompañada de un programa de *monitorización* que en la medida de lo posible se llevará a cabo durante la ejecución de los trabajos.
- 
- Todas las actividades de *control* y *monitoreo* deben documentarse y conservarse como parte de la historia de la estructura.

Por otra parte, ISCARSAH (2003) menciona que la investigación de la estructura requiere un *enfoque interdisciplinario* que trascienda las simples consideraciones técnicas, ya que la *investigación* histórica puede descubrir fenómenos sobre el comportamiento estructural, y a su vez, la cuestión histórica puede descubrirse a partir del *conocimiento* estructural. Entonces, dado que una cuestión cualitativa nos conduce, puede descubrir otra cuantitativa, por lo que en el análisis estructural de este tipo de inmuebles se requiere de ambos tipos de análisis.

Asimismo, se menciona que para conocer una estructura se necesita información sobre su concepción, conocer las técnicas que se usaron durante su construcción, los procesos de daño y deterioro, así como las alteraciones que ha sufrido la edificación. Entonces, es indispensable la investigación. Según las recomendaciones proporcionadas por ISCARSAH (2003), esta información se puede recopilar a partir de los puntos mencionados en la tabla 3.

**Tabla 3.** Recopilación de información estructural según ISCARSAH 2003

- Definición, descripción y comprensión de la importancia histórica y cultural del edificio.
- 
- Descripción de los materiales y las técnicas constructivas originales.
- 
- Investigación histórica que abarque la vida completa de la estructura y que incluya tanto las modificaciones de su forma como cualquier intervención estructural anterior.
- 
- Descripción de la estructura en su estado actual que incluya identificación de daños, deterioro y posibles fenómenos progresivos, utilizando los ensayos adecuados.
- 
- Descripción de las acciones implicadas, del comportamiento estructural, y los tipos de materiales.

Estas recomendaciones son muy generalizadas en cuanto a la recopilación de información, además que la importancia histórica y cultural es subjetiva. Es por ello que se vuelve necesario partir de una base con mayor solidez en cuanto a los datos por levantar, los cuales se pudieran visualizar con mayor claridad si se logra entender la postura adoptada por el restaurador.

De acuerdo con estas recomendaciones existen tres factores principales que influyen en la respuesta de cualquier estructura, los cuales son: 1) la forma y conexiones de la estructura, 2) los materiales constructivos, y 3) las acciones [ver la clasificación de los distintos tipos de acciones en estructuras en ISCARSAH (2003)]. Entre estas recomendaciones se menciona la necesidad de *realizar investigaciones estructurales con un enfoque interdisciplinario*; sin embargo, se carece de métodos y procedimientos de análisis estructural donde se contemple dicho enfoque. Aunque actualmente existen grupos multidisciplinarios que realizan análisis de edificios patrimoniales, aún no se han consolidado métodos donde se puedan superponer o correlacionar los datos disciplinares a lo largo del análisis, teniendo como objetivo principal el análisis del edificio como unidad, ya que al ser éstos multidisciplinarios, sólo trabajan de manera paralela, sin ninguna conexión interna. Estas recomendaciones se sintetizan en la tabla 4.

**Tabla 4.** Síntesis de los criterios y recomendaciones ISCARSAH (2003).

- Enfoque multidisciplinario o interdisciplinario.
- Integridad de los componentes.
- Restauración y conservación de todo el edificio.
- Se necesitan estudios y análisis similares a los que realiza la medicina.
- Conocer las formas, intervenciones y acciones: pasadas, presentes y futuras.
- Evaluación de beneficios y perjuicios.
- Elaboración de un plan de actividades.
- Conocer el comportamiento estructural.
- Conocer las características de los materiales y técnicas constructivas.
- Conocer a las diferentes etapas de la estructura: Original, anteriores y actual.
- Análisis cualitativos y cuantitativos.
- Diagnóstico.
- Nivel de seguridad, objetivos de seguridad.
- Intervención (reversible).
- Monitoreo y control.
- Informe explicativo o memoria.

Cabe aclarar que en este escrito se tiene prioridad en cuanto al trabajo

interdisciplinario antes que el multidisciplinario, debido a lo que implica de manera sustancial cada uno de éstos. A pesar de que los principios de las recomendaciones ISCARSAH en la primera parte mencionan que la restauración requiere de un enfoque multidisciplinario, también describen en sus directrices (segunda parte) que la investigación de la estructura advierte de un enfoque interdisciplinario que trascienda las simples consideraciones técnicas.

### **2.1.1 Bases para el diseño de estructuras–Análisis de estructuras existentes (ISO 13822:2010)**

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) menciona, a través del ISO 13822:2010, que se requiere del establecimiento de principios para el análisis de estructuras existentes, ya que éste se basa en un enfoque diferente al del análisis y diseño que se realizan en estructuras nuevas, además de requerir mayor conocimiento del que se implementa en los códigos del diseño actual. También menciona que estas bases no intentan solamente ser una declaración de procedimientos para evaluar las estructuras existentes, incluso se pretende que funcionen como una guía para los ingenieros estructuralistas y sus clientes, ya que se busca, además de salvar la estructura, reducir los gastos del propietario. Así mismo, busca limitar la intervención de la construcción. Estas bases se encuentran contenidas en los requerimientos de rendimiento para la serviciabilidad y seguridad de ISO 2394, las cuales se pueden aplicar a cualquier tipo de estructura existente. También se menciona que pueden ser utilizadas para analizar estructuras patrimoniales.

Este estándar internacional también indica que se necesitan términos y definiciones para entender con mayor exactitud tanto las bases como los procedimientos. Por otro lado, especifica tres niveles de rendimiento estructural, el cual deberá ser acordado con el propietario, con las autoridades correspondientes y compañías de seguros: a) Nivel de rendimiento de seguridad; en este nivel se brinda una seguridad apropiada para los usuarios de la estructura, b) Nivel de rendimiento de función continua; en el cual se proporciona una función continua en estructuras especiales (hospitales, edificios de comunicación, puentes principales) ante un evento de sismo, impacto u otro suceso de riesgo, c) Requerimientos de rendimiento especial; este nivel generalmente se basa en el costo del ciclo de vida y en los requerimientos de función especial.

En la figura F13 se muestra el diagrama de flujo propuesto por ISO 13822:2010, en el que se observa de manera general la secuencia de las etapas propuestas para analizar cualquier tipo de estructura existente. A continuación se describen, de manera global, las actividades que implica cada una de las fases:

*Requisitos/Necesidades:* En esta etapa se describe qué es lo que se pretende

realizar con la edificación y por qué.

*Especificación de los objetivos del análisis:* El objetivo de la estructura debe ser claramente especificado en cuanto a su rendimiento futuro. En esta fase se llega a un acuerdo entre el cliente, las autoridades correspondientes y el ingeniero que analizará la estructura.

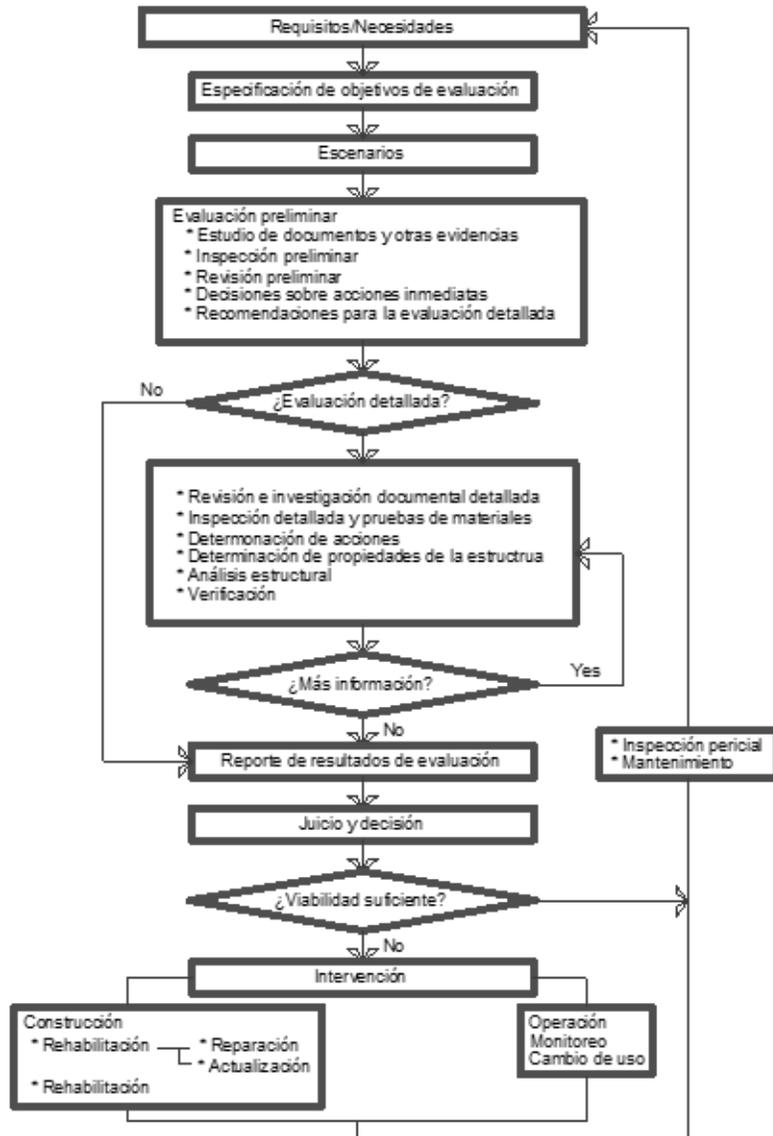
*Escenarios:* Se refiere a los cambios en las condiciones estructurales o acciones, con los que se debe identificar situaciones críticas en el futuro de la estructura. La identificación de escenarios representa las bases que deberán tomarse en cuenta en el análisis y diseño, con el fin de asegurar la serviciabilidad y seguridad estructural.

*Análisis preliminar:* En esta fase se contempla el estudio documental y otro tipo de evidencias, tales como ocurrencias ambientales significativas, acciones permanentes, cambios en las condiciones del suelo, mal uso de la estructura. También se toma en cuenta la inspección y revisión preliminar, los cuales se basan en una revisión visual (cualitativa) de los sistemas constructivos y posibles daños. Además, aquí es donde se toman en cuenta las decisiones de acciones inmediatas en caso de que la estructura indique condiciones de peligro potencial. En esta etapa se deben emitir las recomendaciones para llevar a cabo un análisis detallado, si éste es necesario.

*Análisis detallado:* Implica una revisión e investigación documental detallada, inspección y pruebas de materiales detalladas, determinación de acciones, determinación de propiedades de la estructura, análisis estructural y verificación.

*Análisis de resultados:* En esta fase se realiza un reporte de resultados, se diseña la intervención de manera conceptual y se controla el riesgo.

*Juicio y decisión:* Las decisiones de intervención se basan en: a) Juicio ingenieril, b) Las recomendaciones proporcionadas en el reporte, c) Toda la información disponible, d) La opinión del cliente, y e) Las recomendaciones de la autoridad. Todo ello considerando el cambio de uso.



**Figura F13.** Diagrama de flujo general para el análisis de estructuras existentes (ISO 13822:2010)

### 2.1.2. Características principales de las recomendaciones y lineamientos estructurales para la conservación y restauración de edificios patrimoniales

A pesar de que existe una gran variedad de lineamientos y recomendaciones para la conservación y restauración de monumentos patrimoniales, en este texto se abordan sólo dos como fundamentales en la *conservación y restauración de estructuras de edificios históricos* (debido a que una gran cantidad de ingenieros estructuristas no están familiarizados con lo que implica a profundidad el significado de las palabras compuestas “edificios patrimoniales” y “edificios históricos”; en este escrito se consideran como similares y, con ellas principalmente, se hace alusión a edificios antiguos con ciertas características históricas, estéticas y valores intrínsecos, todos ellos monumentales). Cabe aclarar que sólo se han elegido las recomendaciones de ISCARSAH (2003) y las bases para el diseño de estructuras–evaluación de estructuras existentes ISO 13822 (2010), debido a que contienen información específica para el análisis de estructuras de construcciones patrimoniales.

Una vez analizadas las características de estas recomendaciones y lineamientos, se procede a extraerlas, organizarlas, puntualizarlas y listarlas (ver tabla 5) con el propósito de visualizar, desde un panorama sintetizado, la implicación de datos y procedimientos en los que se basan.

**Tabla 5.** Síntesis de fases y características de las recomendaciones ISCARSAH (2003)

Adquisición de datos	Investigación histórica (documentos) Levantamiento estructural Pruebas de laboratorio in-situ Monitoreo
Comportamiento estructural	Modelo estructural Características de los materiales Acciones y cargas Reporte e informe
Diagnóstico y seguridad	Análisis histórico Análisis cualitativo Análisis cuantitativo Análisis experimental Reporte e informe
Medidas de intervención	Mampostería Madera Hierro y acero Concreto
Reportes finales	

Por otra parte, y con el propósito de enriquecer la información extraída de estas recomendaciones y entender su funcionamiento, se sugiere examinar la figura F14, donde se observa el diagrama que presenta Lourenço (2006), el cual se fundamenta en estas recomendaciones.



**Figura F14.** Diagrama de flujo con la metodología propuesta por ICOMOS para las intervenciones estructurales de edificios históricos (Lourenço, 2006)

Es importante comentar que en el diagrama anterior se ve claramente una propuesta secuencial; sin embargo, a simple vista se pudiera dar por hecho que en todos los análisis estructurales para este tipo de inmuebles se tendría que realizar cada una de las fases mostradas, lo cual pudiera ser innecesario, o que incluso se tuviesen que considerar más opciones en el proceso, ya que dichos análisis además de no solamente depender del origen de una o varias posturas de conservación y/o restauración, inclusive opuestas (ver tablas 1 y 2), también implican tomar en cuenta otros factores, como los económicos, sociales y urbanos, que pudieran ser especificados en los objetivos y alcances del proyecto. Así mismo, se puede observar que se inicia con la etapa de adquisición de datos, en la cual es común que los analistas estructurales se pregunten: ¿cuáles datos?, ya que cada edificio además de presentar su particular problemática estructural, seguramente cuenta con una postura de conservación singular.

Por otra parte, en la tabla 6 se describen de manera general, las fases, características y datos que según ISO 13822:2010 deberían considerarse en los análisis de estructuras existentes.

**Tabla 6.** Fases y características a considerarse en los análisis de estructuras existentes ISO 13822:2010

<b>FASES</b>	
Especificar los objetivos de análisis	
Determinación del procedimiento de análisis de acuerdo con los objetivos planteados (escenario)	
Evaluación de condiciones actuales de la estructura	
Estudio de documentos y otras evidencias	Inspección de documentos con información existente importante. Identificación de intervenciones previas. Identificación de acciones accidentales y ambientales. Identificación de acciones largas. Cambios en las condiciones del suelo. Corrosión. Mal uso de la estructura.
Inspección preliminar (cualitativa):	Identificación del sistema estructural. Identificación del posible daño en la estructura (visual); Características de las superficies, deformaciones visibles, grietas, corrosión, socavaciones y astillamiento. Comprobación preliminar. Decisiones sobre acciones inmediatas. Recomendaciones para la evaluación detallada.
Evaluación detallada	Documentación, investigación y revisión detallada. Inspección detallada y pruebas de materiales. Determinación de acciones. Determinación de propiedades de la estructura. Análisis estructural.
Resultados de la evaluación	Reporte. Diseño conceptual de intervención en la construcción. Control de riesgo (monitoreo).
<b>DATOS NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN</b>	
Acciones	
Propiedades de los materiales actuales.	
Pruebas de materiales no destructivas y destructivas.	Influencias de otras estructuras. Influencias ambientales. Características de la estructura. Cambios en las acciones causadas por el cambio de uso. Modificación de la estructura existente.
Acciones e influencias ambientales	Físicas. Químicas Biológicas
Dibujos, imágenes y especificaciones de diseño antiguas	
Inspección	
Datos específicos del sitio	

Propiedades de los materiales	Actuales considerando su deterioro. Pruebas de materiales. Analizar los resultados de las pruebas.
Propiedades de la estructura	Estáticas Dinámicas
Investigación geotécnica	Influencias del suelo en la estructura
Dimensiones	Dimensiones actuales
<b>ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b>	
Modelos que representen	Cargas Comportamiento Resistencia Condiciones actuales
Estados límite considerando deterioro	Últimos Servicio
Incertidumbres del modelo	Precisión
Factores de conversión	Forma, tamaño, temperatura, humedad, etc., del espécimen. Modelos de deterioro.
Tomar en cuenta	Comportamiento a futuro
Verificación	Seguridad Serviciabilidad Posible cambio de uso Cambios ambientales Economía Sustentabilidad
<b>INTERVENCIONES</b>	
Considerar	Costo Riesgo Beneficio
Reporte final	Objetivo de la evaluación. Nombre del ingeniero o firma. Descripción de la estructura. Métodos y resultados. Mencionar cada fase de trabajo. Conclusiones. Seguridad. Ciclo de vida. Cómo se preserva la estructura. Mencionar la viabilidad o no viabilidad de la estructura de acuerdo con la propuesta y análisis. Propuesta de intervención. Intervenciones temporales. Intervenciones inmediatas. Plan de inspección y mantenimiento. Recomendar fechas de evaluaciones futuras. Especificar el plan de mantenimiento, inspección y la utilización. El reporte debe ser conciso y claro. Dejar por escrito que las decisiones se tomaron con base en un juicio ingenieril, y que fueron consultadas tanto por el cliente como por las autoridades correspondientes. Dejar por escrito que un importante cambio de uso en la estructura invalidará las recomendaciones.

Por lo que después de analizar las fases y características anteriormente mostradas, se realiza una síntesis de fases, patrones y características de las recomendaciones y lineamientos estructurales:

**Tabla 7.** Patrones de recomendaciones y lineamientos estructurales en la conservación y restauración del patrimonio edificado, obtenidos de ISCARSAH (2003)

1. La conservación, consolidación y restauración requieren un enfoque multidisciplinario o interdisciplinario. Trabajo multidisciplinar en todas las fases	2. No puede valorarse con criterios fijos	3. Integridad de los componentes
4. Evaluar las intervenciones en toda la estructura, no sólo en una parte, Reunir información de cada etapa constructiva de la estructura	5. Organizar los estudios y análisis de manera similar a la medicina	6. Evaluar beneficios y perjuicios
7. Análisis de datos para proponer un plan de actividades adecuado a la estructura	8. Comprender el comportamiento y características de los materiales, Conocer la compatibilidad de materiales y sistemas constructivos.	9. Estabilizar la estructura en caso de excavación
10. El diagnóstico debe basarse en información histórica, análisis cualitativos y cuantitativos	11. Evaluar al nivel de seguridad con base en los análisis cualitativos y cuantitativos	12. Realizar informe explicativo (memoria)
13. Resolver la problemática y no los síntomas.	14. Comprender el significado histórico y cultural de la construcción.	15. No realizar ninguna acción de no ser indispensable, Mantener un nivel mínimo de intervención
16. La intervención se debe basar en acciones pasadas, presentes y futuras. Conocer los efectos a largo plazo	17. En la elección de técnicas de intervención, éstas deben ser compatibles con los valores patrimoniales.	18. Las intervenciones deben ser lo más reversible posible a fin de permitir intervenciones posteriores.
19. Evitar la eliminación de cualquier material histórico o arquitectónico.	20. Se prefiere reparar antes que sustituir.	21. Conservar alteraciones o imperfecciones, sin comprometer la seguridad.
22. La intervención debe acompañarse de un monitoreo.	23. Documentar actividades de monitoreo.	24. Considerar los tres factores que influyen en el comportamiento estructural: 1) Formas y conexiones, 2) materiales constructivos y 3) acciones

**Tabla 8.** Patrones de recomendaciones y lineamientos estructurales en la conservación y restauración del patrimonio edificado, obtenidos de ISO 13822:2010

1. Plantear requisitos y necesidades de la edificación.	2. Especificar objetivos de análisis.	3. Se necesitan términos y definiciones para obtener mayor entendimiento.
4. Tomar decisiones por medio de juicio ingenieril, información disponible y opinión del cliente.	5. Plantear escenarios del análisis.	6. Especificar objetivos de análisis.
7. Identificar mal uso de la estructura.	8. Identificación de intervenciones previas.	9. Estudios de documentos y otras evidencias.
10. Beneficio, riesgo, costo, seguridad, ciclo de vida, viabilidad de postura, etc.	11. Análisis preliminar, Identificación visual de posibles daños (deformaciones, grietas, corrosión, socavaciones, astillamiento).	12. Identificar los sistemas constructivos.
13. Cambios en condiciones del suelo.	14. Realizar inspección cualitativa, un análisis preliminar, decisiones de acciones inmediatas, recomendaciones para el análisis detallado realizar un análisis detallado.	15. Acordar el nivel de rendimiento estructural.
16. Hacer un reporte de resultados.	17. Limitar la intervención física.	18. Identificar acciones accidentales, ambientales y acciones largas.

Una vez analizadas las principales posturas de restauración, las características principales de las recomendaciones y los lineamientos estructurales, se procede a realizar la correlación por coincidencia que se tiene entre éstas (ver tabla 9), con el propósito de obtener patrones esenciales a considerar en el análisis estructural de este tipo de edificaciones.

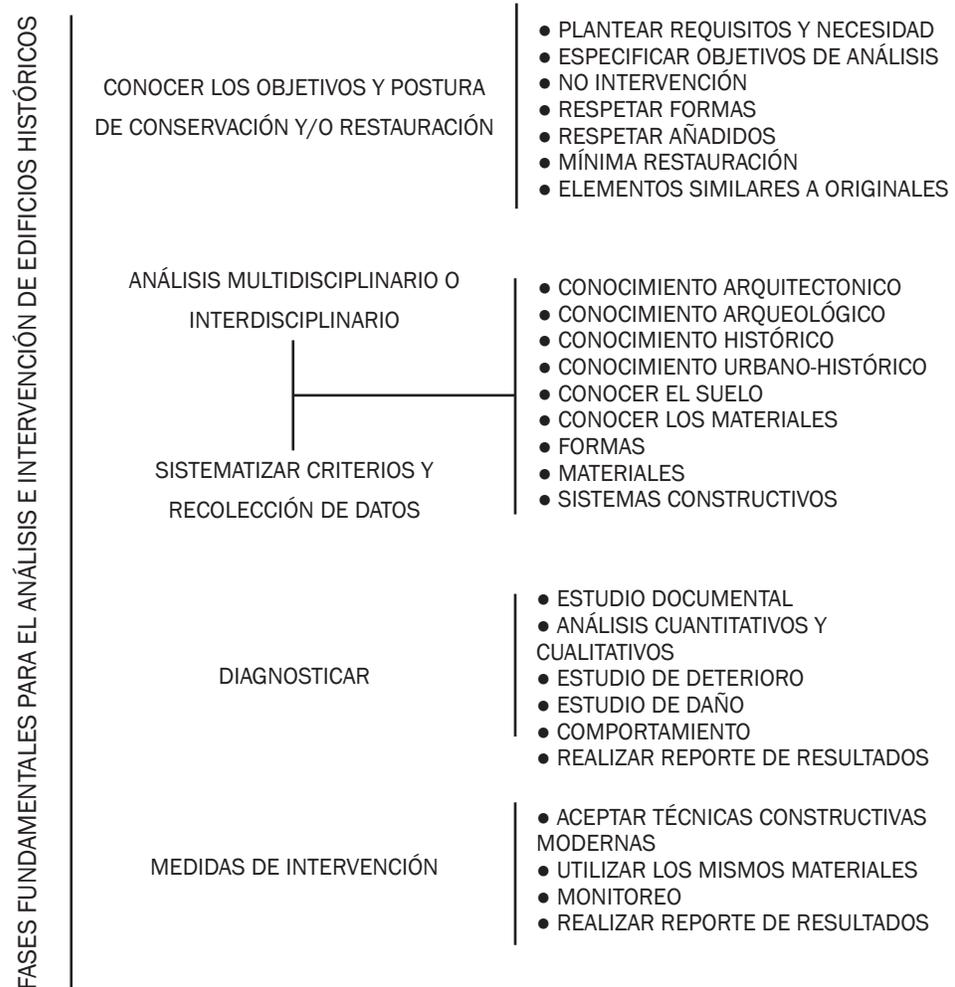
**Tabla 9.** Correlación entre las principales posturas, lineamientos y recomendaciones estructurales para la conservación y restauración de edificios patrimoniales

<b>Patrones y características de las principales posturas de conservación y restauración</b>	<b>Patrones y características principales de las recomendaciones y lineamientos estructurales</b>	<b>Correlación</b>
Respetar formas, respetar al edificio.	Integridad de los componentes	•
Consolidar el edificio.	Estabilizar la estructura. Apuntalar y/o soportar con materiales contemporáneos.	•
Respetar añadidos de cualquier época.	Evitar la eliminación de cualquier material histórico o arquitectónico.	•
Análisis histórico.	Reunir información de cada etapa constructiva de la estructura. Basarse en información histórica.	•
Analizar previo a intervenir, realizar un diagnóstico, realizar exploraciones y estudios de campo. Conocer al máximo al objeto. Estudio documental y otras evidencias. Análisis como relación médico-paciente.	Realizar diagnóstico con base en análisis cualitativos y cuantitativos. Organizar los estudios de manera similar a la medicina.	•
Aceptar técnicas constructivas modernas. Análisis constructivo. Comportamiento entre forma y comportamiento mecánico material.	Conocer la compatibilidad de sistemas constructivos.	•
Análisis de materiales. Análisis matemático de las fábricas. Utilizar el mismo material o reutilizar materiales.	Conocer la compatibilidad de materiales.	•
Aceptar liberaciones		
Antes consolidar que restaurar. Mínima acción restauradora	No realizar ninguna acción de no ser indispensable. Mantener un nivel mínimo de intervención. Limitar la intervención física.	•
No dejar morir al edificio. Intervenir con pruebas objetivas y comprobarlas	Reforzar estructuras. La intervención debe acompañarse de un monitoreo.	•

Rechazo a las libres interpretaciones, renovaciones y añadidos		•
Conocimiento arqueológico. Conocimiento histórico. Valorar el entorno urbano. Establecer una visión integral de la obra	Enfoque multidisciplinar o interdisciplinar. Se necesitan términos y definiciones para obtener mayor entendimiento	•
Considerar consecuencias inmediatas y futuras	Conocer acciones pasadas presentes y futuras.	•
No intervención		
Permite reconstruir o rehacer		
Utilizar elementos ópticamente similares a los originales		
Elaboración de memoria	Hacer un reporte de resultados.	•
Evitar excavaciones circundantes	Conocer los cambios en las condiciones del suelo.	
Sistematizar los criterios		
Elaboración de proyecto de intervención con base en los datos obtenidos.	Plantear requisitos y necesidades de la edificación. Especificar objetivos de análisis. Especificar objetivos de análisis.	•
Utilizar criterios unitarios para cada restauración		
Evitar excavaciones circundantes	Tomar en cuenta los cambios en las condiciones del suelo	•

Con base en las correlaciones anteriores, se procede a identificar que entre las posturas, lineamientos y recomendaciones contempladas en este escrito, el 64% de los patrones y características guardan relación mutua, mientras que el 36% no tiene correlación de coincidencia, ya que dichos lineamientos y recomendaciones son de carácter mayormente cuantitativo, lo contrario a las posturas que tienen un carácter más cualitativo.

Por lo tanto, al agruparlas se pueden identificar cinco fases (obtenidas de posturas de conservación/restauración, lineamientos y recomendaciones estructurales para edificios patrimoniales) que se consideran fundamentales en el estudio y análisis estructural de edificios históricos (ver figura F15). Éstas son: 1) Conocer los objetivos y la postura de conservación y/o restauración, 2) Análisis multidisciplinario o interdisciplinario, 3) Sistematizar criterios y recolectar datos, 4) Diagnosticar, 5) Medidas de intervención.



**Figura F15.** Identificación de fases fundamentales y sus características para el análisis e intervención de edificios históricos, obtenidas de posturas de conservación/restauración, lineamientos y recomendaciones estructurales para edificios patrimoniales.

Cabe aludir que al hacer la unión de dichos patrones y fases, se detectan de manera general tres aspectos esenciales con los cuales se pudieran analizar las estructuras de edificios históricos con un enfoque sistémico-interdisciplinario: 1) *La investigación científica*, 2) *La teoría general de sistemas TGS* y 3) *El diagnóstico*. Estos tres aspectos se tratan de manera general en el siguiente capítulo, por lo que si el lector quisiera incursionar más en ellos, se recomienda leer las referencias bibliográficas.

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, LA TGS Y EL  
DIAGNÓSTICO COMO BASE PARA EL ANÁLISIS  
PREVIO A LA INTERVENCIÓN INTERDISCIPLINAR  
DE EDIFICIOS PATRIMONIALES

3

### **CAPÍTULO 3. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, LA TGS Y EL DIAGNÓSTICO COMO BASE PARA EL ANÁLISIS PREVIO A LA INTERVENCIÓN INTERDISCIPLINAR DE EDIFICIOS PATRIMONIALES**

Antes de restaurar es necesario *investigar* (Chanfón, 1979). Para conocer los espacios arquitectónicos, materiales, sistemas constructivos, así como los grados y tipos de intervención en la restauración, es importante utilizar la *investigación* como herramienta principal (Terán, 2004).

Debido a que este escrito trata acerca del análisis estructural de edificios patrimoniales, y dado que al analizarlos se implementan procesos y metodologías, donde una parte esencial es la “*investigación*”, a continuación se citan definiciones de diferentes autores, con el fin de conceptualizar dicho término:

*“Consideremos la investigación como el proceso más formal, sistemático e intensivo de llevar a cabo el método científico del análisis [...] Mientras que es posible emplear el espíritu científico sin investigación, sería imposible emprender una investigación a fondo sin emplear espíritu y método científico” (Best, 1970).*

*“[...] es un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico, que permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes, en cualquier campo del conocimiento humano” (Egg, 1971).*

*“[...] es una indagación o examen cuidadoso o crítico en la búsqueda de hechos o principios; una diligente pesquisa para averiguar algo” (Webster’s International Dictionary).*

*“[...] la investigación puede ser definida como una serie de métodos para resolver problemas cuyas soluciones necesitan ser obtenidas a través de una serie de operaciones lógicas, tomando como punto de partida datos objetivos” (Galicia, 1975).*

*“[...] es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento.” (Tamayo, 2007)*

*“[...] es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que aplican al estudio de un fenómeno.” (Hernández et al., 2010).*

En las citas anteriores se manifiesta que con la investigación científica se pueden resolver problemas partiendo de datos específicos tomados de la realidad, además de fundamentarse en procesos y métodos sistemáticos.

La investigación, al ser sistemática, genera procedimientos y resultados, debiendo llegar a conclusiones, ya que la labor de recopilar datos o hechos y aún su tabulación no es investigar, eso es sólo parte importante de ella. La investigación tiene razón de ser por sus resultados obtenidos (Tamayo, 2007). Es por ello, que sería factible proponer nuevas metodologías de análisis estructural, donde se contemplen

procedimientos sistemáticos e interdisciplinarios.

A través del tiempo han surgido diversas corrientes de pensamiento, como el empirismo, positivismo, estructuralismo, materialismo dialectico, la fenomenología, entre otros, sin embargo, tales corrientes han conducido a dos enfoques de investigación: *el cuantitativo* y *el cualitativo* (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Dado que en este texto tiene un enfoque interdisciplinar es necesario tomar en cuenta los métodos mixtos de investigación, ya que éstos representan un conjunto de procesos sistemáticos e implican la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos.

### **3.1. La investigación científica y sus enfoques como partes fundamentales para el estudio y análisis estructural interdisciplinar de edificios patrimoniales.**

En el capítulo 1 de este texto, se determina que para desarrollar un análisis estructural de manera certera en los edificios patrimoniales, se vuelve imprescindible la utilización de la investigación científica, por lo que ésta implica en su proceso. Una vez analizadas las características y pasos esenciales que siguen los diferentes enfoques de dicha investigación, se han podido detectar las siguientes etapas generales y fundamentales en dicho proceso:

Observación  
Cuestionamientos  
Planteamiento de la problemática  
Revisión de la literatura  
Marcos (teórico, histórico, conceptual, referencial, etc.)  
Hipótesis  
Formulación de herramientas e instrumentos de análisis  
Recolección de datos  
Análisis de datos  
Interpretación de datos  
Reporte de resultados

Cabe aclarar que cada una de estas etapas pudiera dirigirnos a infinitas actividades a desarrollar, dependiendo el tipo de análisis que se esté llevando a cabo (cualitativo, cuantitativo o mixto) y el objetivo del mismo, ya que los objetos arquitectónicos patrimoniales son únicos y por ende deberían tener objetivos y procesos singulares y específicos.

Por otra parte y de acuerdo con los criterios y lineamientos de conservación y restauración estructural de edificios patrimoniales, se requiere un análisis donde

se involucren e interrelacionen diferentes disciplinas con bases de conocimiento, aparentemente opuestos, como lo son las llamadas ciencias sociales o ciencias flexibles, y las ciencias rígidas que involucran mayor objetividad y exactitud. Por lo que se vuelve elemental la integración de su información y datos por medio de análisis mixtos.

Hay que señalar que de acuerdo con lo que implica realizar cada tipo de análisis, según SAMPIERI XXX, estos son complementarios uno del otro, incluso pudiendo retroalimentarse entre ellos, por tal motivo se consideran interdependientes.

Entonces, de acuerdo con lo anteriormente escrito, las actividades de análisis e intervención de edificios históricos deben implicar *teorías, investigaciones y técnicas* interdisciplinarias, por lo que se hace inevitable la participación de diversas disciplinas, las cuales, por lo regular, conducen sus investigaciones con mayor peso hacia un enfoque que otro; es decir, que algunas áreas de estudio se inclinan más al enfoque de investigación cualitativo que al cuantitativo y viceversa, lo cual obliga a emprender la aportación de nuevos procedimientos que involucren estas actividades. Para ello, se necesita considerar temas como la multidisciplinariedad y la interdisciplinariedad. Por lo que en este texto se realizan aproximaciones a los mismos.

### **3.2. Multidisciplinariedad e Interdisciplinariedad en el análisis estructural de edificios patrimoniales**

En la ingeniería estructural se ha estado reconociendo que los trabajos relacionados con la conservación de edificios patrimoniales, deben realizarse de forma conjunta con otras áreas. Esto se hace cada vez más evidente cuando los involucrados en este tipo de trabajos suman fuerzas por medio de la formación de equipos multidisciplinarios e interdisciplinarios, con el fin de aportar mejores resultados, sin embargo, es común que se utilice de manera aleatoria la palabra multidisciplinar, la cual es a menudo confundida al querer referirse a lo interdisciplinar, por tal motivo resulta necesario entender la diferencia que existe entre ambos términos (ver incisos 2.1.3 y 2.1.4).

Un ejemplo tangible de la confusión que llega a existir con respecto a dichos términos se observa en las recomendaciones ISCARSAH (2003), debido a que en su primera parte menciona que la restauración requiere de un enfoque multidisciplinario, sin embargo, en sus directrices describe que la investigación de la estructura advierte de un enfoque interdisciplinario. Es por ello que los lectores pudieran entrar en conflicto de entendimiento o interpretar, de forma errónea, que ambos términos significan lo mismo o algo muy parecido.

Según Alcocer y Meli (2011), fue durante la elaboración del proyecto de rehabilitación de la catedral metropolitana, el cual comenzó en 1990, donde se

establecieron las bases para las estrategias de restauración y rehabilitación estructural de edificios históricos en México, las cuales se han adoptado y mejorado en los proyectos importantes que se han realizado desde entonces. Tales estrategias se fundamentan en dos principios: 1) La interdisciplinariedad, y 2) La aplicación de las tecnologías más avanzadas para el diagnóstico.

En México, el ingeniero Roberto Meli (investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM), es uno de los pioneros en practicar el análisis e intervención estructural pluridisciplinar en edificios históricos, y además es de los pocos que han elaborado bibliografía que contiene una fusión entre información técnica e histórica desde el punto de vista estructural. En el mismo Instituto, se cuenta con más investigadores de diferentes áreas que están involucrados en trabajos de conservación y restauración patrimonial, sin embargo, quien ha escrito con respecto al trabajo de conservación y restauración de edificios patrimoniales en conjunto con otras disciplinas es el Doctor en Ingeniería Fernando Peña Mondragón. Ejemplo de ello son sus artículos: 1) Relación de la ingeniería con la historia en el proceso de restauración de los edificios históricos, y 2) La conservación del patrimonio arquitectónico mediante una visión multidisciplinaria.

En Italia, Binda (investigadora del departamento de ingeniería estructural del Politécnico de Milano) ha participado en varios trabajos relacionados con la conservación de edificios patrimoniales, donde interactúa con otras disciplinas, tales como arquitectura, geotecnia, restauración e historiadores.

Por lo que se afirma que es muy importante escribir y mejorar los procesos de análisis e intervención estructural, considerando un trabajo en conjunto con otras áreas, el cual conduce a implementar sistemas complejos. Una herramienta que ayuda a entender el trabajo sistémico es la teoría general de sistemas (TGS), por lo que en este texto se tocará de manera sustancial.

### **3.3. Teoría general de sistemas (TGS) y Enfoque sistémico en el análisis estructural de edificios patrimoniales**

Uno de los objetivos de la TGS y del Enfoque de Sistemas es la búsqueda de similitudes en cuanto a estructura, propiedades y fenómenos que ocurren en sistemas de diferentes disciplinas, con el propósito de evitar la infructuosa repetición de procesos. Tal como menciona Bertalanffy (1989): La Teoría General de los Sistemas contará mucho en el afán de evitar esa inútil repetición de esfuerzos.

La TGS se desarrolló para ofrecer una alternativa a los esquemas conceptuales conocidos como enfoques analítico-mecánicos, asociados con la aplicación del método científico. Dichos enfoques sufrieron algunas omisiones, tales como: no poder explicar de manera completa los fenómenos como organización, mantenimiento, regulación y algunos procesos biológicos que son característicos de

los sistemas vivientes. Tampoco fueron adecuados para estudiar los sistemas que tienen que ser tratados holísticamente, ya que un supuesto importante del enfoque analítico-mecánico es que las propiedades del sistema total pueden inferirse de las propiedades de las partes. Por lo que, cabe resaltar que dicho enfoque se contrapone con lo recomendado por algunos investigadores e instituciones que se encuentran involucrados en la conservación del patrimonio arquitectónico, como son: Piaget (1973), García (2007), Hernández (2002) e ISCARSAH (2004), quienes coinciden en que los análisis e intervenciones del patrimonio arquitectónico deben ser interdisciplinarios.

Por otra parte, la TGS ofrece un marco de trabajo conceptual y dialéctico en el cual pueden desarrollarse los métodos científicos adecuados a otros sistemas. Además adopta un enfoque holístico y provoca la generalidad de leyes particulares mediante isomorfismos, a pesar de las disciplinas y la ciencia particular en la que está fundada. También anima el uso de modelos matemáticos, aunque este enfoque está limitado por la ausencia de exactitud de tales modelos con respecto a las realidades de los sistemas. También promueve la unidad de la ciencia (Van Gigch, 2006).

En cuanto a la ausencia de exactitud, se puede afirmar desde un punto de vista muy particular (ya que sucede a menudo) que en los modelos numéricos que se realizan en el área de la ingeniería civil con especialidad en estructuras, donde se invierte mucho tiempo en la realización de los mismos, se llegan a tener grandes desviaciones respecto a las mediciones y resultados reales.

La ciencia moderna es caracterizada por la especialización, impuesta por la enorme cantidad de datos, las técnicas complejas y las estructuras teóricas dentro de cada campo. De tal forma que la ciencia se encuentra dividida en varias disciplinas que constantemente generan subdisciplinas nuevas. Por tanto, los científicos están encapsulados en sus universos privados y es difícil que intercambien palabras de uno a otro (Bertalanffy, 1989).

En la era de los sistemas se reconoce que las realidades tangible e intangible no están ordenadas, organizadas o separadas en disciplinas. La realidad no está atomizada en las clases y las categorías que el hombre ha ido estableciendo con base en el crecimiento del conocimiento, las experiencias y características culturales propias. Se reconoce que esa división ha facilitado algunos desarrollos, sin embargo, ha propiciado equivocaciones y errores significativos. Para reducir dichos errores, es necesario reconocer que las disciplinas sólo representan diferentes puntos de partida para poder aproximarse y abordar la realidad. Por lo que la era de los sistemas promueve la interdisciplinariedad como un conjunto de conceptos básicos para sintetizar los diversos puntos de partida desde los cuales se aborda la realidad. El sistema (el todo, la unidad), tiene partes que interactúan, donde las características y/o comportamientos dependen al menos de otra parte y afectan

a las características o comportamientos del todo (Monroy, 1997). Por lo tanto, es imprescindible contar con metodologías de análisis estructural de edificios históricos que cuenten con datos aportados por varias disciplinas con el fin de involucrar partes, comportamientos y características del todo, ya que existen elementos intangibles (históricos, estéticos, simbólicos, etc.) que pueden ser mutilados.

En el estudio de sistemas complejos, los problemas se presentan en dos diferentes niveles, el micronivel y el macronivel. El primero se inclina por las relaciones básicas de causa y efecto, donde se regula el desempeño de los componentes elementales; mientras que en el segundo se estudian las interrelaciones entre los subsistemas elementales. El método científico tradicional y los modelos matemáticos modernos compiten con el micronivel, pero no han otorgado las herramientas necesarias para comprender el macronivel. La unificación de la ciencia ha motivado el descubrimiento de isomorfismos o similitudes y ha mejorado la comunicación entre campos de la ciencia aparentemente separados y diferentes.

### **3.3.1 Características de los sistemas y su relación con el proceso interdisciplinario de análisis estructural.**

Los sistemas se caracterizan por tener los siguientes conceptos (Van Gigch, 2006):

*Elementos:* Son los componentes de cada sistema. Los elementos de un sistema pueden ser llamados subsistemas.

*Proceso de conversión:* Este proceso cambia los elementos de entrada en elementos de salida. En un sistema con organización los procesos de conversión por lo general agregan valor y utilidad a las entradas, al convertirse en salidas.

*Entradas y recursos:* En el proceso de conversión, las entradas son por lo general, los elementos sobre los cuales se aplican los recursos. Cuando se identifican tanto las entradas como los recursos de un sistema, es importante especificar si pueden ser considerados como parte del sistema o parte del medio.

*Salidas o resultados:* Son los resultados del proceso de conversión del sistema, los cuales pueden ser los resultados, éxitos o beneficios.

*El medio:* Es la delimitación de sistemas, donde se determina cuales sistemas se consideran bajo control de quienes toman las decisiones, y cuales otros (medios) deben dejarse fuera de su jurisdicción. Sea cuales fueran los límites del sistema, no se pueden ignorar las interacciones con el medio, a menos que carezcan de significado las soluciones adoptadas.

*Propósito y función:* Los sistemas adquieren un propósito o función específicos, cuando se interrelacionan con otros subsistemas en el contexto de un sistema más grande. Es por ello que las conexiones entre subsistemas y las conexiones entre los subsistemas y el sistema total, son de considerable importancia en el estudio de

sistemas.

*Atributos (también llamados mediciones de eficacia):* Son las propiedades con las que están dotados los sistemas, pudiendo ser cuantitativos o cualitativo. Esta diferencia determina el enfoque que debe utilizarse para medirlos.

*Metas y objetivos:* Deben identificarse las metas y objetivos de suprema importancia para el diseño de sistemas.

*Componentes, programas y misiones:* En sistemas orientados a objetivos, el proceso se organiza alrededor del concepto componentes, programas y misiones, el cual consiste en reunir elementos compatibles para trabajar hacia un objetivo definido.

*Administración, agentes y autores de decisiones:* Las decisiones se asignan a administradores, agentes y autores de decisiones, donde su responsabilidad es la guía del sistema hacia el logro de sus objetivos. El sistema debe contar con un propósito o función definible, y se llevan hacia uno o más objetivos o resultados observables y medibles.

*Estructura:* La estructura puede ser simple o compleja, dependiendo del número y tipo de interrelaciones entre las partes del sistema. Los sistemas complejos involucran jerarquías que son niveles ordenados, partes o elementos de subsistemas. Su eficacia depende del tipo y forma de interrelaciones entre los componentes del sistema.

*Estados y flujos:* El estado de un sistema es definido por las propiedades que muestran sus elementos en un punto en el tiempo. Los cambios de un estado a otro por los que pasan los elementos del sistema producen flujos, los cuales se definen en términos de tasas de cambio del valor de los atributos de sistemas.

Así, al relacionar el sistema estructural desde el punto de vista ingenieril con las características de los sistemas presentadas en las líneas descritas anteriormente, se asocian, de forma ilustrativa más no limitativa, lo que menciona Van Gigch con las estructuras patrimoniales de la siguiente manera:

*Elementos:* Pudieran ser cualquiera de los componentes de la estructura, tales como: trabes, columnas, cimentación, muros, cubiertas, entresijos, incluso hasta los sub-elementos que componen a los elementos en sí, por ejemplo: las piedras, morteros, etc. Cabe mencionar que el sistema estructural debe ser delimitado por el ingeniero estructural, ya que dicho sistema puede ser lo que muchos llamamos elemento estructural, pero eso dependerá de lo que se quiere analizar y de los resultados que se pretendan obtener, es decir, si se requiere obtener una propagación de grieta sólo habrá que enfocarse en una parte del elemento estructural y considerar a dicha parte como sistema, por otra parte, si se quiere calcular la respuesta sísmica de un inmueble, se considera a toda la edificación como sistema, incluso al suelo como parte de éste, donde los elementos serían las trabes, los muros, los entresijos, etc.

*Proceso de conversión:* En este caso pudieran ser los procesos numéricos y/o programas computacionales, los cuales son utilizados en la mayoría de las veces a través de algoritmos numéricos disfrazados de programas para cálculo estructural, en los que se debe tener cuidado de no exceder la confianza en éstos, ya que dichos algoritmos pudieran contener errores de programación o simplemente no ser acordes para analizar ciertos tipos de sistemas estructurales.

*Entradas y recursos:* En este caso pudieran ser los datos de entrada con los que se cuenta para alimentar al o los procesos, mientras que los recursos pueden ser tanto el ingenio, los conocimientos, las características computacionales, software, inversión económica, etc.

*Salidas o resultados:* En el análisis estructural las salidas o resultados son los elementos mecánicos, deformaciones, desplazamientos, distorsiones de entepiso, esfuerzos, fuerzas, etc., con los cuales se puede proceder a interpretar el comportamiento del sistema.

*El medio:* El medio es de suma importancia para poder delimitar el sistema, ya que entre más entradas se tengan por el tipo de medio o de consideraciones que se tengan en el mismo, más complejo se vuelve el sistema. Es necesario mencionar que el análisis estructural de los edificios patrimoniales debería involucrar muchas más variables en comparación con los edificios contemporáneos, ya que a las variables teórica e histórica hay que saber convertirlas en datos tanto cualitativos como cuantitativos para alimentar a nuestros modelos estructurales. El medio se puede delimitar tan grande o tan pequeño como determinemos, pero todo con base en la salvaguarda del objeto (edificio) patrimonial. Un ejemplo de ello es la consideración del suelo y sus alrededores, otro ejemplo sería las construcciones aledañas, etc.

*Propósito y función:* Es esencial vislumbrar el propósito de la conservación y/o restauración (en caso de que se llegara a requerir) y la función de la misma, con el objetivo de elegir y/o definir con certeza el o los procedimientos adecuados durante el análisis, todo ello con la finalidad de no perder de vista el primordial objetivo en este tipo de edificaciones, que no es ni la estructura, ni la ingeniería, ni la arquitectura, ni las carpinterías, ni las instalaciones, etc., sino el objeto arquitectónico con sus valores tangibles o intangibles.

*Atributos (también llamados mediciones de eficacia):* pudieran ser las propiedades físicas que le atribuyamos a los modelos numéricos o soluciones ingenieriles. Entre mayor eficacia se tenga en las propiedades consideradas para el análisis, mayor certeza se tendrá en los resultados.

*Metas y objetivos:* Estas son de vital importancia para el objeto patrimonial (edificio histórico), ya que de ellas depende la manera en que se analizará la estructura, porque es en éstas donde se especifica para qué se quiere conservar o restaurar. Por lo regular las metas y los objetivos deben ser acordados por todas las especialidades que intervengan; sin embargo, es casi un hecho que éstas quedarán

subordinadas al restaurador de bienes inmuebles. Por lo tanto, es de señalarse que las metas y objetivos de la ingeniería estructural pudieran llegar a modificarse desde lo que conocemos como metas y objetivos convencionales en estructuras contemporáneas, por lo que ello implica en las diferentes posturas y/o teorías de la conservación y/o restauración. Un ejemplo de ello es la siguiente interrogante: ¿Qué puedo hacer como ingeniero estructurista ante la fatal decisión de postura ruskiniana de un restaurador?, que además puede no ser errónea desde el punto de vista de la conservación.

*Componentes, programas y misiones:* Se pudiera explicar como la mejor búsqueda para ensamblar los procedimientos y objetivos particulares de las diferentes disciplinas, incluyendo los tiempos y el ordenamiento de los mismos, con el fin de cumplir con el objetivo general.

*Administración, agentes y autores de decisiones:* Las decisiones se asignan a los restauradores (administradores, agentes y autores de decisiones), donde su responsabilidad es la guía del sistema hacia el logro de los objetivos. El sistema debe contar con un propósito o función definida, y debe conducir hacia uno o más objetivos o resultados observables y medibles. Cabe agregar que cada subsistema o disciplina deberá incluir sus administradores, agentes y autores de decisiones propios, que deberán estar en contacto y comunicación con el guía del sistema global.

*Estructura:* Este tipo de estructura se refiere a la estructura organizacional del sistema, es decir, la interrelación que existirá entre las partes que lo conforman, por ejemplo todas y cada una de las disciplinas que lo integrarán, cabe señalar que éstas tendrán un orden y jerarquía, lo cual dependerá de los objetivos y metas a alcanzar, además de la posible problemática que presente el objeto arquitectónico (edificio patrimonial).

*Estados y flujos:* Se pudieran relacionar con los cambios de cualquier tipo a través del tiempo. Además se pueden suscitar en cada uno de los subsistemas. Por ejemplo; en las estructuras pueden generarse cambios de comportamiento importantes por varios factores, incluido el deterioro natural propio de los materiales, los cambios en las cargas por diferente uso, los cambios climáticos, las modificaciones en el subsuelo, ya sean inducidas por el hombre o no, etc., que a su vez deberán preverse no sólo en cada subsistema, sino en interrelación con otros.

### 3.4. El diagnóstico

Existen varios tipos de diagnóstico según la técnica, propósito y campo donde se realiza, algunos ejemplos son: diagnóstico participativo, institucional, de expertos, clínico y exploratorio, cuya aplicación puede darse en diferentes ámbitos (Gómez, 2003). Con el fin de ampliar el entendimiento de lo que significa *diagnóstico*

y comprender de mejor manera los siguientes incisos, se mencionan algunas definiciones:

El diagnóstico es un conjunto de signos que sirven para fijar el carácter peculiar de una enfermedad; también es la calificación que le da el médico a la misma, según los signos que advierte (Mézquita, 2006).

Es un proceso que define pacientes y clasifica su enfermedad, que identifica su probable destino o pronóstico y que introduce a tratamientos específicos con la confianza de que éstos serán más beneficiosos que perjudiciales (Mézquita, 2006).

Diagnosticar significa buscar las razones que conducen a las disfunciones y malos funcionamientos, el diagnóstico es generalmente un trabajo que deben realizar los expertos, además deben de poseer un fondo de pericia o conocimiento por el cual se acreditan como profesionales en la disciplina en la cual eligen especializarse (Van Gigch, 2011). La pericia y el diagnóstico están íntimamente relacionados.

Ahora bien, con el propósito de entender la importancia del diagnóstico en el análisis estructural de edificios patrimoniales y asumiendo que la vida de un edificio es análoga a la de un ser humano, a continuación se presenta en primera instancia este concepto desde el punto de vista médico: el *diagnóstico* es una de las tareas principales, además de ser la base para una terapéutica eficaz. No es un fin, es un medio indispensable para establecer un tratamiento adecuado, pudiendo ser la parte más importante del trabajo médico. Así en el ámbito de la ingeniería estructural, el diagnóstico se vuelve indispensable para establecer el tratamiento más eficaz y acorde con los objetivos y metas del proyecto de conservación y/o restauración. El diagnóstico se basa en el análisis de datos seguros. El razonamiento sólo será válido cuando se fundamente en nociones exactas y hechos precisos, de lo contrario los resultados serán erróneos. Así mismo, la validez de una deducción depende de la calidad de las observaciones que se hayan realizado previamente (Díaz, Gallego, León, 2006).

Por otra parte, Van Gigch (2011) menciona que en la práctica médica, el problema del diagnóstico es muy claro, ya que es en esta etapa en la que el médico se esfuerza en ligar los síntomas con las enfermedades, para recomendar un tratamiento.

La relación médico-paciente es fundamental para recabar la información que se necesita en el proceso del diagnóstico. Al lograr dicha relación se obtiene seguridad y una mejor exposición de los síntomas por parte del paciente, así como una mayor cooperación en el examen físico. A continuación se exponen algunos principios necesarios para establecer una buena relación con el paciente: (a) una buena primera impresión, (b) buena comunicación entre el médico y el paciente utilizando todas sus vías, (c) dedicarle el tiempo necesario, (d) mostrar interés por el problema del paciente, nunca subvalorarlo, (e) satisfacer las expectativas del paciente, (f) mantener la confianza y el respeto mutuo, (g) tratarlo como quisiéramos que nos

trataran si tuviéramos el mismo problema de salud, (h) ponerse en el lugar del paciente, (i) captar su mensaje, (j) preocuparse por él como persona y no sólo como enfermo, (k) hacerle entender que comprendemos todas sus angustias, ansiedades y sufrimientos, estando en la plena disposición de ayudarlo en todo lo posible y nunca abandonarlo (Díaz et al., 2006).

Por tanto, la *anamnesis* es la base fundamental para el diagnóstico de los problemas de salud de los pacientes. Se han señalado varios principios de un buen interrogatorio, tales como: (i) dejar que el paciente se exprese libre y espontáneamente, (ii) describir correctamente el motivo de consulta o queja principal, (iii) definir todos los síntomas de la enfermedad actual, (iv) obtener la mayor semiografía, (v) obtener las condiciones de aparición de los síntomas y ordenarlos cronológicamente, (vi) la evolución de los síntomas en el tiempo, (vii) el tratamiento que ha recibido, (viii) estado actual de los síntomas, (ix) exploración del entorno psicosocial y la relación de síntomas con situaciones familiares. Cabe mencionar que sin interpretar exactamente la queja principal del paciente, todo el ejercicio diagnóstico no conduciría por buen camino. Así mismo, la descripción detallada de los síntomas orienta y permite descartar muchas posibilidades (Díaz et al., 2006).

El *examen físico* complementa al interrogatorio, ya que los signos físicos son marcas objetivas y verificables de la enfermedad y representan hechos sólidos e indiscutibles. Estas marcas toman un mayor significado cuando confirman un cambio funcional o estructural sugerido previamente por la anamnesis. Los principios de un buen examen físico son: (1) tener un orden del conjunto y de los diferentes síntomas (si el procedimiento del examen no es sistemático es fácil omitir detalles), (2) respetar el pudor y privacidad del paciente, (3) concentrarse en el examen de cada cosa por separado, no al mismo tiempo, (4) el interrogatorio debe guiar al examen físico, (5) cuando ya se tiene una sospecha diagnóstica, buscar todos los datos físicos que pueda producir dicha enfermedad, (6) hacer una “descripción minuciosa” de cada signo encontrado, (7) definir con claridad cuando el signo es equívoco o dudoso. Cabe mencionar que es muy importante la “descripción minuciosa”, ya que no es lo mismo decir que el paciente tiene un soplo en el foco mitral, que describir las características del soplo. El examen físico debe estar guiado por la anamnesis, ya que el que no sabe lo que busca no sabe lo que encuentra. No es solamente la técnica la que determina el éxito para detectar signos, sino una mente preparada para percatarse de ellos, además la historia clínica más que una lista ordenada de síntomas y signos es una síntesis de hechos y observaciones.

La *asociación de los síntomas y signos* se realiza para ejercitar el diagnóstico, ya que a medida que se agrupan síntomas y signos, se tendrán que considerar menos enfermedades.

El diagnóstico y el tratamiento son los dos actos esenciales de la práctica médica. La terapéutica está supeditada al diagnóstico, de tal forma que al no existir el

diagnóstico, la terapia será inespecífica y sintomática. Es así que se vuelve más peligroso un diagnóstico erróneo que no tener diagnóstico, ya que un diagnóstico equivocado proporciona falsa seguridad, por tal motivo debe tenerse en cuenta una de las leyes de la medicina: “Si no sabe qué hacer, no haga nada” (Mézquita, 2006).

Por otra parte, Córdoba (2008) menciona que el diagnóstico es un resultado de la integración simultánea de múltiples datos procedentes de diversas fuentes informativas (sujetos, contexto, acciones y resultados). Existen tres agrupaciones fundamentales que condicionan el proceso del diagnóstico:

- 1) Evaluador.
- 2) Sujeto.
- 3) Situación.

De la misma manera, Córdoba (2008) considera algunas etapas significativas en el proceso de diagnóstico:

- 1) Establecimiento de la ubicación y ambiente.
- 2) Planificación.
- 3) Recogida de datos.
- 4) Elaboración de resultados e interpretación.
- 5) Informe de resultados: orientaciones y/o tratamientos.

### **3.4.1 Analogía entre diagnóstico con enfoque médico y diagnóstico en edificios históricos**

Siguiendo la similitud con la medicina, se sabe que la cirugía es un recurso extremo y se entiende que el objetivo de la intervención quirúrgica es el de salvaguardar, mantener y prolongar la vida del paciente. De la misma forma se puede entender que *la restauración será a la conservación*, como *la cirugía lo es a la medicina*: por su forma material de verificarse y que conlleva los mismos objetivos, principios generales y fundamentos éticos. Desde otro punto de vista, es posible decir que la medicina y la cirugía tienen como objetivo restablecer la salud, o el máximo grado de salud posible, según cada paciente. Ello implica el concepto de restaurar. Cada una, según sus normas, restaura la salud o el funcionamiento de un organismo. Ambas conservan la vida y restablecen o restauran la salud, pero ninguna de las dos restablece o restaura la vida: no reviven, resucitan o reconstruyen. Con otras palabras, se afirma que no puede volverse atrás en el tiempo de los hombres ni de los monumentos, y no será posible pensar en revivir, resucitar o reconstruir los diferentes organismos producidos a través del tiempo (Díaz-Berrio, 1984).

Debido a que existen innumerables definiciones de conservación y restauración, en este trabajo la *conservación* la comprenderemos como un conjunto de actividades destinadas a salvaguardar, mantener y prolongar la permanencia de

los objetos culturales para transmitirlos al futuro (Díaz-Berrio, 1984). Por otra parte, se entenderá a la *restauración* como una operación especial de conservación, definiéndola como la actividad u operación que se realiza físicamente sobre el objeto cultural, destinada a salvaguardarlo, mantenerlo y prolongar su permanencia para transmitirlo al futuro.

Así, de acuerdo con el inciso 1.4.1 se realiza la analogía entre médico-paciente y especialista-edificio, donde el especialista puede ser restaurador, historicista, arquitecto, arqueólogo, ingeniero geotécnico, ingeniero estructurista, en fin todo aquel que se encuentre directamente relacionado con el análisis de edificios patrimoniales.

El diagnóstico deberá de ser una de las principales tareas que se tendría que realizar previo a la intervención de un edificio patrimonial, además de servir como base para tomar las decisiones más certeras en la terapéutica, ya que el diagnóstico se basa en el análisis de datos seguros. En caso de tener datos iniciales con errores, seguramente se tendrán resultados desfavorables en la edificación. De tal manera que la veracidad de una afirmación o deducción hacia el inmueble o hacia alguno de sus componentes dependerá de la calidad contenida en los datos cualitativos y cuantitativos que se hayan capturado.

La *relación restaurador-inmueble* es primordial para recolectar toda la información que se necesita durante el proceso del diagnóstico. Por tal motivo, es fundamental lograr una excelente relación entre el edificio y el especialista (restaurador), esto se alcanza cuando el especialista es capaz de entender la naturaleza y los síntomas expuestos por el inmueble.

Es por ello que así como el médico realiza una anamnesis al enfermo, el restaurador debe realizar una anamnesis al inmueble. Por lo regular el médico general revisa al paciente, y al reunir determinados síntomas comienza a inferir en posibles enfermedades. De la misma forma, el restaurador debe tener la capacidad de intuir ciertos síntomas que permitan tener la visión suficiente para buscar apoyo de los especialistas pertinentes. Así como el médico general no realiza una operación a corazón abierto, ya que esta es una rama donde se requiere un especialista apropiado, el arquitecto-restaurador no debería realizar análisis químicos o estructurales, ya que para ello existen profesionales especializados en el ramo. Por lo que se hace necesario trasladar al edificio con los especialistas pertinentes.

### **3.4.2. Diagnóstico estructural en edificios patrimoniales**

La evaluación estructural en este tipo de edificios, puede ser mejorada por estudios preventivos realizados bajo la dirección de arquitectos e ingenieros. Los procedimientos de investigación deben estar orientados de tal modo que los datos

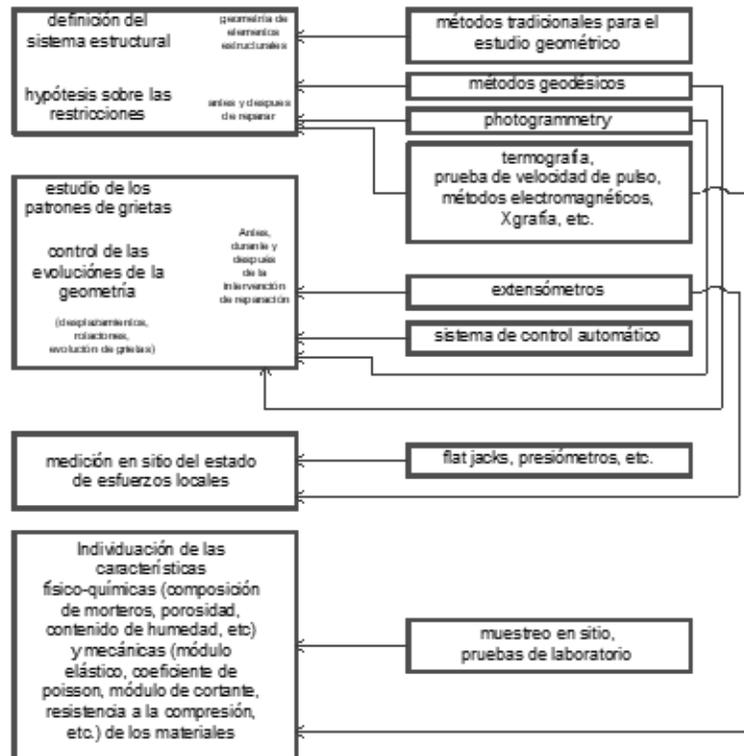
obtenidos puedan ser utilizados en la evaluación de daños y como datos de entrada en modelos de control y análisis estructural. Para obtener un diagnóstico, es importante señalar la necesidad de un diseño de investigación que sea elaborado por personas responsables de la rehabilitación estructural (Binda, Mirabella y Abbaneo, 1994).

En este tipo de edificaciones, cuando no se conoce el estado real del daño ni la eficacia de las reparaciones, la efectividad de cualquier proyecto de investigación es también desconocida. La prevención y la rehabilitación pueden ser logradas exitosamente sólo si el diagnóstico del estado de daño del edificio ha sido cuidadosamente llevado a cabo. En años recientes han sido aplicados muchas técnicas y procedimientos de evaluación, tanto destructivos como no destructivos (Binda et al., 1994).

De acuerdo con Binda et al. (1994), hay seis puntos que deben considerarse para obtener un diagnóstico confiable, y que además deben ser realizados por el responsable del mismo: (1) configurar el proyecto de estudio en laboratorio y en sitio, (2) supervisar constantemente el estudio, (3) entender y verificar los resultados, (4) hacer técnicamente aceptable el uso de los resultados, incluyendo su uso como datos de entrada para el análisis estructural, (5) escoger de manera apropiada los modelos para el análisis estructural, (6) llegar a un diagnóstico hasta el fin del estudio. Estas operaciones pueden lograrse con la ayuda de expertos en el campo.

Un apropiado y racional uso del análisis estructural puede ayudar a definir el eventual estado del daño y prever el futuro comportamiento de la estructura. Para ello se necesita definir las propiedades mecánicas de los materiales, implementar leyes constitutivas de deterioro de materiales y métodos de análisis de estructuras dañadas. Cuando la estructura es compleja, frecuentemente se utilizan modelos elásticos lineales; los modelos no lineales o de diseño de estados límite son difíciles de realizar, debido a que raramente se encuentran disponibles las leyes constitutivas de los materiales (Binda et al., 1994).

Según Binda et al. (1994), el diagrama de flujo mostrado en la figura F16 representa esquemáticamente las necesidades que deben cumplirse en la investigación experimental, junto con las técnicas adecuadas a estas necesidades.



**Figura F16.** Información requerida y técnicas de investigación experimental correspondientes (Binda et al., 1994).

Binda y Saisi (2009), mencionan que las pruebas destructivas y no destructivas son eficientes, sólo si su aplicación es cuidadosamente calibrada durante el estudio del edificio. Sin embargo, la interpretación de los resultados es una tarea complicada, por lo que éstos deberán ser interpretados a través de un enfoque multidisciplinario. Además de que la investigación técnica de los datos estructurales sea adecuada, es necesario contar con el software apropiado para obtener interpretaciones claras.

Esto quiere decir que aunque la lectura técnica de la estructura se lleve a cabo adecuadamente, además de utilizar el software y la técnica de análisis apropiada, es necesario interpretar los resultados con un enfoque multidisciplinario.

Así, de manera análoga a lo descrito por (Córdoba, 2008), los datos que se extraen desde tal interpretación son: objetos, contexto, acciones y resultados, los cuales se obtienen con las diferentes técnicas aportadas por las diversas disciplinas. De tal

forma, en este texto se proponen las siguientes condicionantes en el diagnóstico:

- 1) Evaluador: experiencia, tendencia a la inferencia, asimilación, interpretación, estado motivacional y conocimiento previo.
- 2) Objeto (edificio): edificio patrimonial, deseabilidad social y características físicas y problemática estructural.
- 3) Postura de restauración (ver tablas 1 y 2)

En cuanto a las etapas del proceso de diagnóstico, se consideran las siguientes, mismas que se integran en el sistema propuesto en este libro:

- 1) Identificación de la ubicación del edificio.
- 2) Postura de conservación y problemática estructural.
- 3) Lectura de datos.
- 4) Análisis e interpretación de resultados.
- 5) Informe de resultados: orientaciones y/o tratamientos.

Se proponen los siguientes elementos organizativos del informe:

- 1) Edificio examinado: fecha o periodo de construcción.
- 2) Motivo del diagnóstico e institución o dependencia que lo solicita.
- 3) Anamnesis (antecedentes).
- 4) Exploraciones y trabajos anteriores.
- 5) Exploración actual: técnicas, análisis empleados y resultados obtenidos.
- 6) Resultados del diagnóstico.
- 7) Orientación y/o tratamiento.

Una vez que se ha visualizado que el trabajo que se debe realizar en el ámbito de la conservación y restauración de edificios patrimoniales debe ser interdisciplinario, se procede a obtener la relación sistémica que tiene la ingeniería estructural con otras disciplinas; la cual se describe en el siguiente capítulo.

INGENIERÍA ESTRUCTURAL DE  
LOS EDIFICIOS PATRIMONIALES, SU  
RELACIÓN SISTÉMICA CON OTRAS  
DISCIPLINAS

4

## CAPITULO 4. INGENIERÍA ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS PATRIMONIALES, SU RELACIÓN SISTÉMICA CON OTRAS DISCIPLINAS

### 4.1. Principales disciplinas que interactúan con la ingeniería estructural de edificios patrimoniales

Es importante delinear la estructura de un sistema (estructura desde el punto de vista de la TGS) con el fin de encontrar las disciplinas que desempeñan un papel importante en la satisfacción de objetivos del mismo. Sin embargo, en este texto también es de suma importancia concebir al sistema desde la perspectiva o visión de la ingeniería estructural, tomando en cuenta los objetivos propios de las estructuras de los edificios históricos.

Para poder delimitar de mejor manera dicha estructura, se presentan las frecuencias de las disciplinas atomizadas que comúnmente se encuentran involucradas en el análisis estructural de edificios patrimoniales, ya sea de forma directa o indirecta. Para ello se integraron 22 documentos de 13 diferentes textos internacionales de investigaciones referentes a estructuras en edificios patrimoniales, en los cuales se mencionan de primera instancia las disciplinas listadas en la tabla 10. Es importante aludir que en la mayoría de dichos documentos se hace énfasis en el estudio multi o interdisciplinario en el cual pudieran participar otras áreas científicas; sin embargo son éstas las mencionadas de forma contundente:

**Tabla 10.** Disciplinas mencionadas en documentos e investigaciones internacionales de conservación y restauración de estructuras de edificios patrimoniales.

Disciplinas	Documentos e investigaciones												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Arqueología	•	•	•		•	•			•	•	•	•	•
Arte											•		
Arquitectura	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Historia	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Boroscopía							•						
Conservación o Restauración	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•
Fotogrametría		•											
Física					•					•		•	•
Geotecnia	•	•	•		•	•	•		•	•	•	•	•
Geofísica													•

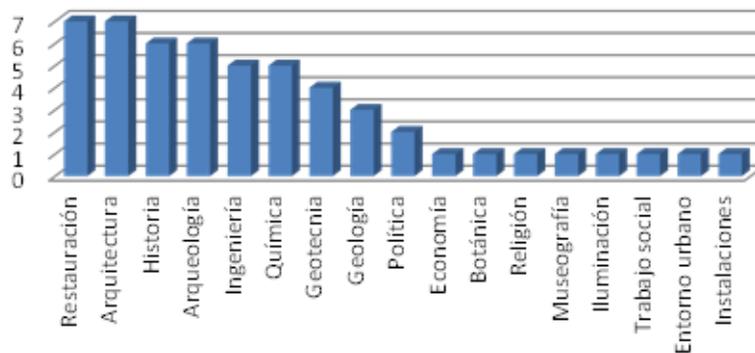


y restauración, tanto del programa de especialidad como del de maestría, debido a las facilidades que se presentan para realizar dichas encuestas en la propia escuela e institución, con el fin de obtener de manera pronta y generalizada una visualización de las áreas con las que se relacionan en el ámbito de la práctica profesional (ver tabla 11).

**Tabla 11.** Disciplinas con las que interactúan los investigadores de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Tecamachalco del Instituto Politécnico Nacional, Estado de México, en las labores de conservación y restauración de edificios patrimoniales (Torres, 2013).

Investigador Encuestado Arquitecto Restaurador (ESIA-TECAMACHALCO, 2012)	Disciplinas						Otra(s)
	a)	b)	c)	d)	e)	f)	
1	•	•	•	•	•	•	Geotecnia, geología, política, economía, botánica, religión
2		•	•				
3	•	•	•	•	•	•	Geotecnia, museógrafos, iluminadores, museólogos, diseñadores
4	•	•	•	•	•	•	Ingeniería civil
5	•	•	•				
6	•	•	•	•	•	•	Geotecnia, geología, trabajo social, política, entorno urbano
7	•	•	•	•	•	•	Geotecnia, geología, especialistas en instalaciones

Nota: a) Historia, b) Conservación/restauración, c) Arquitectura, d) Arqueología, e) Ingeniería, f) Química.



**Figura F18.** Frecuencias obtenidas desde encuestas aplicadas a investigadores de la

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Tecamachalco (Torres, 2013)

. Cabe mencionar que las muestras tanto de los investigadores encuestados como de los documentos e investigaciones considerados, son relativamente pequeñas en comparación con el número de trabajos que se elaboran a nivel mundial, sin embargo, se toman como indicadores aleatorios. Además al comparar las frecuencias entre las figuras 28 y 29, se observa que existe una coincidencia entre las siete primeras disciplinas.

Para elegir las disciplinas a considerar en el estudio interdisciplinar de este documento, se procedió a obtener porcentajes de coincidencias tanto de dichas encuestas, como desde las disciplinas mencionadas en los documentos y trabajos seleccionados de forma aleatoria. Cabe mencionar que sólo se tomaron en cuenta las disciplinas que tienen coincidencias superiores al 50% (ver tablas 12 y 13).

**Tabla 12.** Porcentajes de coincidencia de colaboración con otras disciplinas obtenidas de encuesta (Torres, 2013)

<b>Disciplinas</b>	<b>Disciplinas obtenidas de encuestas (Torres, 2013)</b>	<b>% Coincidencias (Frecuencia relativa)</b>
Conservación/Restauración	7	100
Arquitectura	7	100
Historia	6	85.7
Arqueología	6	85.7
Ingeniería	5	71.4
Química	5	71.4
Geotecnia	4	57.1
Geología	3	42.9
Política	2	28.6
Economía	1	14.3
Botánica	1	14.3
Religión	1	14.3
Museografía	1	14.3
Iluminación	1	14.3
Trabajo social	1	14.3
Entorno urbano	1	14.3
Instalaciones	1	14.3

**Tabla 13.** Frecuencias obtenidas de encuestas aplicadas a investigadores de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Tecamachalco (Torres, 2013).

Disciplinas	Disciplinas obtenidas de documentos e investigaciones aleatorias (estructurales)	%	Coincidencias (Frecuencia relativa)
Arquitectura	13		100
Historia	13		100
Conservación/restauración	12		92.3
Geotecnia	11		84.6
Arqueología	10		76.9
Química	8		61.5
Física	4		30.8
Ingeniería militar, Ingeniería	2		15.4
Arte	1		7.7
Boroscopía	1		7.7
Fotogrametría	1		7.7
Geofísica	1		7.7
Sociología	1		7.7
Mecánica	1		7.7

En las tablas anteriores se puede observar que son seis las principales disciplinas (aunque no definitivas) que se consideran en los trabajos relacionados con la conservación y restauración del patrimonio edificado, y con los trabajos de ingeniería estructural en este tipo de edificaciones: 1) Arquitectura, 2) Historia, 3) Arqueología, 4) Ingeniería 5) Geotecnia, 6) Química.

#### **4.2. Características generales de análisis atomizado (disciplinar) de los edificios históricos**

Después de haber conceptualizado la multidisciplinariedad e interdisciplinariedad, es conveniente definir el término atomizar, que significa dividir en partes pequeñas. Así, por varias décadas se ha intentado restaurar edificios patrimoniales por medio de trabajos multidisciplinarios y atomizados, con lo que muchas de las veces se ha conseguido brindar soluciones desde el punto de vista de una sola disciplina, o en el mejor de los casos con la unión de los resultados de los análisis atomizados paralelos efectuados por un grupo multidisciplinario. Sin embargo, pocas veces se realizan trabajos con métodos interdisciplinarios (donde no sólo se unen las diferentes perspectivas de las disciplinas participantes, sino que se logra la intersección al

superponer el trabajo realizado de manera conjunta).

Es por eso que han surgido diversos procedimientos y metodologías que involucran una serie de pasos generalizados, debido a que cada edificio es único. Como muestra de ello, en la tabla 14 se indican características y datos generales que se han tomado en cuenta en algunos de los trabajos de investigación involucrados en el análisis de este tipo de edificaciones.

**Tabla 14.** Identificación de características y datos generales que se consideran en el análisis arquitectónico de edificios patrimoniales.

Características y datos	Autor					
	1	2	3	4	5	6
Principios y/o posturas teóricas de conservación y restauración	•	•	•	•	•	•
Investigación bibliográfica	•	•	•	•	•	•
Investigación en archivos	•	•	•	•	•	•
Investigación cartográfica	•		•	•	•	•
Investigación oral	•	•	•	•	•	•
Escudriñamiento del propio edificio	•	•	•	•	•	•
Conocer materiales	•	•	•	•	•	•
Pruebas en los materiales		•	•	•	•	•
Conocer sistemas constructivos	•	•	•	•	•	•
Compatibilidad estructural de materiales	•		•		•	•
Investigación como herramienta de estudio	•	•	•	•		•
Identificar deterioros	•	•	•	•	•	•
Estudio histórico	•	•	•	•	•	•
Identificación de corriente o estilo	•	•	•	•	•	•
Funcionamiento del edificio (giro)	•		•	•	•	•
Evolución en el tiempo	•	•	•	•	•	•
Periodo(s) de construcción	•	•	•	•	•	•
Conocer técnicas de construcción	•	•	•	•	•	•
Problemática estructural	•	•	•	•	•	•
Estudios arqueológicos	•	•	•	•	•	
Estudios estéticos	•		•	•	•	•
Daños y/o alteraciones, alteraciones químicas	•	•	•	•	•	•
Composición química de materiales	•		•	•	•	•
Compatibilidad química de materiales	•		•	•	•	•
Reacciones químicas	•	•	•	•	•	•

Estudios biológicos	•	•	•	•	•	•
Estudios físicos	•	•	•	•	•	•
Toma de decisiones	•	•	•	•	•	•
Contexto histórico	•	•	•	•	•	•
Contexto social	•	•	•	•	•	•
Contexto económico	•	•	•	•	•	•
Contexto geográfico	•	•	•	•		•
Contexto ideológico	•	•	•	•		•
Contexto político	•	•	•	•	•	•
Contexto jurídico	•	•	•		•	
Grado(s) de intervención <sup>5</sup>	•		•	•	•	•
Tipo(s) de intervención <sup>6</sup>	•		•	•	•	•
Estudio estratigráfico del edificio		•	•	•		
Trabajo multi o interdisciplinario	•	•	•	•	•	•

Nota: 1) Terán (2004), 2) Paniello (2010), 3) RehibMed (2007), 4) Álvarez et al. (1994), 5) Azcarate (2003), 6) Córdoba (2008).

#### 4.3. Correlación de patrones, fases, características y datos fundamentales en los análisis disciplinares de edificios patrimoniales

En la siguiente tabla se presenta la correlación de patrones, características y datos considerados en las áreas: 1) Arquitectura, 2) Historia, 3) Arqueología, 4) Ingeniería estructural, 5) Ingeniería geotécnica, y 6) Química, los cuales se obtuvieron desde disciplinas que interactúan más frecuentemente con la ingeniería estructural y con las labores de conservación y restauración. (Observar tabla 15)

<sup>5</sup> Terán J. A. (2004) lista cuatro grados de intervención: 1) Preservación, 2) Conservación, 3) Restauración y 4) Mantenimiento. Por otra parte, Bernard F. (1994) enumera en siete a los grados de intervención: 1) Preservación del deterioro (conservación indirecta), 2) Preservación, 3) Consolidación, 4) Restauración, 5) Rehabilitación, 6) Reproducción y 7) Reconstrucción.

<sup>6</sup> Terán J. A. (2004) menciona seis tipos de intervención: 1) Liberación, 2) Consolidación, 3) Reestructuración, 4) Reintegración, 5) Integración y 6) Reconstrucción.

**Tabla 15.** Correlación de datos generales considerados en las diferentes disciplinas analizadas.

Características y datos	Disciplinas						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Proyecto de intervención</i>							
Función	•	•	•	•	•		•
Métodos alternativos	•			•	•		•
Definición de objetivos	•	•	•	•	•	•	•
Condiciones de carga	•	•			•		•
Selección del método adecuado	•	•	•	•	•	•	•
<i>Recopilación de información por medio de archivos y del objeto</i>							
Estudio geométrico y/o volumétrico	•	•	•	•	•		
Cambios en el tiempo	•	•	•	•	•	•	•
Investigación de antecedentes históricos	•	•	•	•	•	•	•
Sistemas y componentes constructivos	•	•	•	•	•	•	•
Hipótesis sobre restricciones en conexiones estructurales (antes y después de reparar)					•		•
Estudio del suelo	•	•	•	•	•		•
Estudio de elementos del edificio	•	•	•	•	•	•	•
Estudio fotográfico	•	•	•	•	•	•	•
Estudio de lesiones	•	•	•	•	•	•	•
Estudio de desplazamientos y grietas	•	•		•	•		•
Análisis estructural	•	•			•	•	•
Investigación no destructiva	•	•	•	•	•	•	•
Pruebas destructivas	•	•	•	•	•	•	•
Posibles causas de daño	•	•		•	•	•	•
Diagnóstico	•	•	•	•	•	•	•
Interpretación cualitativa	•	•	•	•	•	•	•
Secuencia operativa	•	•	•	•	•	•	•
Obra provisional	•	•		•	•		•
Técnicas ejecutivas	•	•		•	•	•	•
Control durante la obra	•	•	•	•	•	•	•
Medición y pruebas durante la obra, control de evolución	•	•		•	•	•	•
Características físico-químicas de materiales	•	•		•	•	•	•
Características mecánicas de materiales	•	•		•	•	•	•

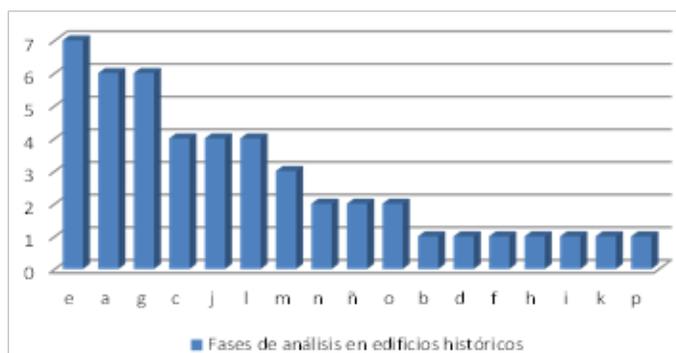
Nota: 1) Conservación y restauración, 2) Arquitectura, 3) Historia, 4) Arqueología, 5) Ingeniería estructural, 6) Química y 7) Geotecnia

En la siguiente tabla 16 se presenta la correlación de fases generales que se consideran en los análisis de edificios patrimoniales.

**Tabla 16.** Correlación de fases generales que se consideran en el análisis de edificios patrimoniales.

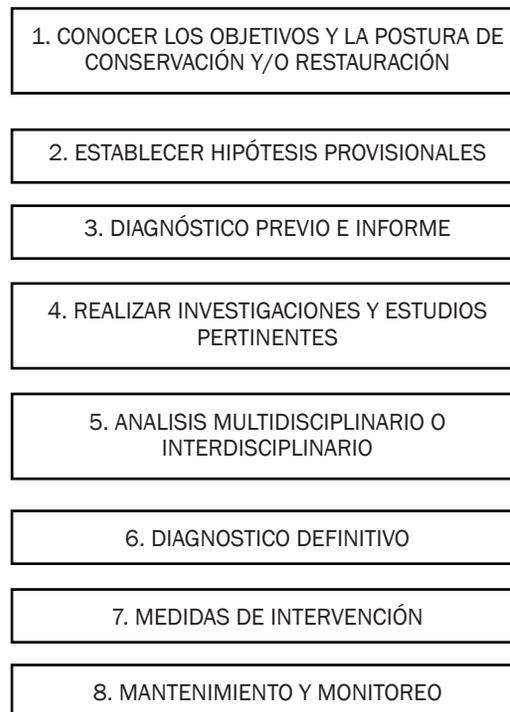
Fases de análisis	Propuesta de análisis							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a) Estudio arquitectónico (levantamientos gráficos, fotográficos y complementarios), conocimiento del monumento, proyecto	•			•	•	•	•	•
b) Establecer hipótesis provisionales	•							
c) Diagnóstico previo (valorativo), informe	•	•					•	•
d) Estudios pluridisciplinarios	•							
e) Investigación histórica	•	•	•	•	•	•	•	•
f) Investigación arqueológica							•	
g) Investigación técnica (constructiva, material, etc.)	•		•		•	•	•	•
h) Investigación geomorfológica y/o geotécnica						•		
i) Investigación de las variaciones en el tiempo						•		
j) Investigación de daños y causas					•	•	•	•
k) Investigación del entorno				•				
l) Análisis / Estudio estructural				•	•		•	•
m) Otros estudios (pinturas murales, madera, artístico, entorno, etc.)				•			•	•
n) Diagnóstico definitivo (síntesis), dictamen	•		•					
ñ) Determinación de soluciones, toma de decisiones, evaluación crítica de los estudios	•		•					
o) Rehabilitación, Intervención	•	•						
p) Mantenimiento	•							

Nota: 1) RehabiMed (2007), 2) Esteban Chapapria, 3) R. di Stefano (1980), 4) P. Sanpaolesi (1977), 5) A. Buti y Galiani (1983), 6) Instituto de la Ciencia y Técnica de la Construcción del Politécnico de Milán (1981), 7) R. Soler, 8) Álvarez de Buergo, et al. (1994).



**Figura F19.** Frecuencias de fases generales que se consideran fundamentales en el análisis de edificios patrimoniales (ver Tabla 16)

De acuerdo con las fases mostradas en la tabla 16, y con las indicadas en la figura F19, se sintetizan y presentan las etapas (ver figura F20) que se consideran, de primera instancia, fundamentales en este trabajo.



**Figura F20.** Síntesis de fases generales en el análisis de edificios patrimoniales.

Con base en estas fases y la Teoría General de Sistemas, se propone, en el siguiente capítulo, un sistema de análisis estructural de edificios patrimoniales por medio del enfoque interdisciplinario.

#### **4.4. Análisis estructural de edificios patrimoniales, un enfoque sistémico-interdisciplinario**

##### **4.4.1. Postura de conservación y restauración de estructuras de edificios históricos**

Una vez analizadas, correlacionadas y sintetizadas las principales posturas de conservación y restauración, los lineamientos y recomendaciones estructurales y las principales disciplinas que interactúan con la ingeniería estructural de edificios patrimoniales, se presenta una POSTURA DE CONSERVACIÓN Y/O RESTAURACIÓN DE ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS HISTÓRICOS con enfoque sistémico-interdisciplinario, esto desde el punto de vista del análisis estructural (ver tabla 17).

**Tabla 17.** Postura de conservación y/o restauración de estructuras de edificios históricos

- 
- El análisis estructural debe partir de un objetivo de conservación y/o restauración.
- 
- Respetar la postura de conservación y o restauración arquitectónica, siempre y cuando no conduzca a un mal comportamiento del sistema, y mutile o degrade el conocimiento y valor patrimonial.
- 
- El análisis previo a la intervención estructural debe tener rigor científico y al menos un enfoque interdisciplinario.
- 
- Realizar un análisis histórico con base en la postura de conservación y/o restauración, y con base también en la problemática estructural.
- 
- Se requiere una interpretación filológica y un estudio documental.
- 
- Tener una visión integral de la obra.
- 
- Se considera al edificio como documento.
- 
- Estudiar el entorno urbano y su posible relación con el sistema estructural.
- 
- El análisis debe realizarse análogamente a la relación médico-paciente.
- 
- Sistematizar los procesos de análisis e intervención.
- 
- Utilizar criterios particulares para cada análisis e intervención.
- 
- Adecuar y revisar la compatibilidad de materiales a utilizar en la intervención estructural. Coherencia entre forma y comportamiento mecánico material.
- 
- En caso de ser necesario, se procederá a realizar un análisis matemático del sistema estructural y de sus diferentes etapas de intervención.
- 
- Tomar en cuenta las posibles consecuencias inmediatas y futuras.
- 
- No intervenir la estructura en caso de no requerirse.
- 
- Es caso de intervención, será necesario analizar la compatibilidad de los sistemas constructivos.
- 
- Se aceptan técnicas constructivas modernas, siempre y cuando sean compatibles con el sistema, y serán reversibles en caso de requerirse.
- 
- Se requiere la elaboración de memoria y proyecto de intervención.
- 
- Reutilizar el edificio con tal que no se degrade tan rápido
- 
- De preferencia, que exista diferencia entre lo antiguo y lo nuevo; sin embargo, si esto altera el comportamiento del sistema estructural o dificulta el proceso de intervención, no importa si no existe tal diferencia, siempre y cuando se deje expresado en un documento escrito de fácil acceso.
- 
- Rechazo a libres interpretaciones, renovaciones y añadidos estructurales que afecten el comportamiento o que degraden o mutilen los valores patrimoniales.
- 
- Se aceptan las liberaciones, sustituciones, integraciones, reintegraciones, consolidaciones, etc., siempre y cuando el resultado final sea conservar o haber obtenido un mayor valor patrimonial en todos los sentidos.
- 
- El destino de uso del edificio debe respetarse; en caso contrario, el sistema estructural puede tener comportamientos no previstos.
- 
- De ser factible, la estructura deberá contar con un sistema de monitoreo constante, con el propósito de consolidarla en caso de requerirse.

#### 4.4.2. Alineación y fusión del lenguaje

Un problema al que nos enfrentamos frecuentemente en el trabajo multidisciplinario e interdisciplinario, es la diferente terminología con la que se comunica cada disciplina, además de los diversos objetivos, tendencias, razonamientos e interpretaciones, debido a la heterogeneidad que presentan éstas y a las singularidades de la formación académica y personal de cada individuo. Por lo tanto, para propiciar un trabajo conjunto y eficaz, es necesario recurrir a un lenguaje unívoco, no sólo que ayude a mejorar la relación entre las diferentes disciplinas involucradas en la compleja labor integral de la conservación del patrimonio edificado, sino uno que se establezca como lenguaje de trabajo interdisciplinario en la conservación y restauración de dicho patrimonio.

Con el propósito de ilustrar algunos ejemplos de lo antes mencionado, en los renglones siguientes se citan términos que se llegan a utilizar, con significados diferentes, en las diversas áreas que intervienen en este tipo de trabajos.

*Restauración:* Este término es complicado de manejar y definir, incluso en el mismo ramo de la conservación y restauración, ya que ha implicado un sinnúmero de discusiones y debates; sin embargo en el ramo de la “historia” se ha utilizado para referirse a revoluciones ocurridas en Europa y Asia. En tanto que en el ramo de la “conservación” hay quienes con esta palabra se refieren a arreglar, reparar, recomponer, restablecer o recuperar el estado que alguna cosa tuvo en algún tiempo anterior.

*Consolidación:* Este término se utiliza en el ramo de la conservación y restauración para referirse al mantenimiento preventivo que se le otorga al objeto con el fin de aminorar su deterioro, también se usa para aludir la introducción de elementos que aseguren la conservación del objeto. También es utilizado en el ramo geotécnico para referirse a la compresibilidad y los efectos en suelo. En este mismo ramo se ha referido también al incremento gradual del esfuerzo efectivo en el estrato (Braja, 1984). Del mismo modo, se ha utilizado como la compactación de la masa del suelo (Santoyo, 1995). Mientras que en algunas otras disciplinas significaría unir algo separado.

*Reacción:* En química se utiliza como proceso termodinámico en el que una o más sustancias cambian su estructura molecular y sus enlaces. En tanto que en la ingeniería estructural y geotécnica, generalmente se refiere a la generación de fuerzas producidas en algún material o elemento para contrarrestar o equilibrar cargas o esfuerzos. En el ramo histórico se llega a referir a los cambios de diversa índole con relación a la humanidad.

*Estratigrafía:* En arqueología de la arquitectura, se refiere a las diferencias de materiales, tejidos, formas, colores, texturas, etc., que se localizan en los diferentes elementos que componen al edificio; sin embargo, en la ingeniería geotécnica se

alude a las diferencias físicas y químicas que caracterizan a cada una de las capas que conforman el suelo.

Además, existen tecnicismos que se aplican con regularidad en ciertas disciplinas, pero que se desconocen en otras (ver tabla 18). Por tal motivo y con el fin de alinear el lenguaje en este trabajo, se procede a fusionar y conceptualizar algunos términos y tecnicismos que se emplean de manera frecuente en la *Conservación y Restauración, Historia, Arquitectura, Ingeniería estructural, Ingeniería Geotécnica y Arqueología*.

**Tabla 18.** Terminología disciplinar.

<b>Ingeniería estructural</b>				
Acciones	Amortiguamiento	Amplitud	Análisis de costes y beneficios	Análisis estructural
Anamnesis	Aplastamiento	Arco	Armadura	Articulación
Bóveda	Carga estática	Carga muerta	Carga viva	Catenaria
Cimentación	Claro (luz)	Comportamiento estructural	Comportamiento estructural lineal	Comportamiento estructural no lineal
Continuidad estructural	Contrafuerte	Contraviento	Control	Cortante
Deformación	Diafragma	Diagnóstico	Daño estructural	Deterioro estructural
Evaluación estructural	Estribo	Modelo estructural	Modelo de deterioro estructural	Holístico
Inspección estructural	Investigación de la estructura	Prueba de carga	Pruebas no destructivas	Mantenimiento
Propiedades de los materiales	Monitoreo estructural	Mortero	Periodo de referencia	Rehabilitación estructural
Periodo de vida estructural	Refuerzo	Reparar una estructura	Escenarios estructurales	Plan de seguridad
Rendimiento estructural				
<b>Arquitectura, conservación y restauración</b>				
Ábside	Abrasión	Ademe	Andamio	Aparejo
Aplanado	Arbotante	Arcada	Argamasa	Atrio
Bajareque	Basamento	Botagua	Botarel	Calicanto
Capitel	Capuchino	Cercha	Cimborrio	Clave
Claustro	Cúspide	Conservación	Consolidación	Corriente arquitectónica
Craqueladura	Desplome	Dintel	Dovela	Eflorecencia
Encofrado	Enlucido	Espiga	Estilo arquitectónico	Estría
Estribo	Extradós	Estuco	Fábricas	Fisura

Frontispicio	Frontón	Fuste	Funcionamiento arquitectónico	Gárgola
Gualdra	Imposta	Integración	Intradós	Jamba
Jarja	Lectura de datos	Lineamiento	Lechada	Logia
Mortero	Nave	Pechina	Pedestal	Pilar
Pilastra	Plinto	Pórtico	Postura de restauración	Programa arquitectónico
Reintegración	Restauración	Revoque	Reconstrucción	Retablo
Sustitución	Sillar	Talud	Tambor	Tímpano
Trasdós	Vara	Zuncho		

**Química**

Absorción	Ácido	Adhesión	Agente oxidante	Agente reductor
Análisis cualitativo	Análisis cuantitativo	Análisis gravimétrico	Análisis gravimétrico	Átomo
Aleación	Barniz	Barómetro	Base	Cambio de estado
Calor	Carga	Catalizador	Cohesión	Condensación
Corrosión	Cristalización	Cualitativo	Cuantitativo	Decantación
Descomposición	Dureza	Elemento	Estado	Filtración
Fase	Fuerzas intermoleculares	Grasas	Heterogéneo	Inerte
Inhibidor	Licuación	Lluvia ácida	Masa	Periodo
Propiedad química	Química	Radiación	Reacción química	Solvente
Tensión superficial	Velocidad de reacción	Viscosidad		

**Geotecnia**

Absorción	Acuífero	Acuífero confinado	Adherencia	Altura capilar
Altura piezométrica	Arcilla	Arena	Bulbo de presión	Cala
Capacidad de carga última	Capacidad de carga admisible	Capilaridad	Coefficiente	Coefficiente de compresibilidad
Cohesión	Consolidación primaria	Consolidación secundaria	Contracción lineal	Contracción volumétrica
Compacidad	Consolidación	Curva de consolidación	Deformación plástica	Depósito aluvial
Deslizamiento	Terraplén	Plasticidad	Granulometría	Estratigrafía
Estructura	Expansión de un suelo	Falla geológica	Fisura	Flujo capilar
Grado de compacidad	Grado de compactación	Grava	Licuación	Limo
Masa homogénea	Masa isotropa	Muestra alterada	Muestra inalterada	Nivel freático
Perfil estratigráfico	Subpresión	Subrasante	Presión	Permeabilidad
Piedra	Plasticidad de los suelos	Presión de contacto	Presión hidrostática	Resistencia a la compresión simple
Sedimentación	Vacío	Velocidad sísmica		

<b>Historia</b>				
Absolutismo	Acueducto	Aculturación	Alegorías	Audiencias
Barroco Novohispano	Capitales	Casta	Cronología	Chinampa
Cimarrón	Congregación	Códice	Encomienda	
Estratificación social	Época	Gremios	Gubias	Hacienda
Hegemonía	Huso	Ideología	Ilmenita	Intervención
Ladino	Latifundio	Leva	Mansedumbre	Manufactura
Mercedes	Misión	Mulato	Negro	Oficialismo
Órdenes mendicantes	Periodo	Perspectiva	Picota	Pirámide
Presidio	Primicia	Rancho	República	Revolución
Secular	Tameme	Temple	Teocracia	Tianquizco
Tributo	Usufructo	Veta	Yunta	Zambo
<b>Arqueología</b>				
Acrópolis	Adobe	Antracología	Arqueología	Artefacto
Astu	Augures	Betilo	Canecillo	Cantería
Cariátide	Ceca	Cobija	Codo	Collarino
Columna	Contario	Craquelado	Emplecton	Emporion
Engobe	Éntasis	Esfinge	Exvoto	Estratigrafía
Grafito	Hipogeo	Mampuesto	Necrópolis	Opus signinum
Paramento	Piedra Seca	Ripio	Tapial	Zafariche
Zaguán	Zampa	Zapata	Zaquizamí	Zarpa
Zócalo	Zulaque	Zuncho		

PROPUESTA DE PRINCIPIOS  
DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL  
CON ENFOQUE SISTÉMICO-  
INTERDISCIPLINARIO 5

## CAPITULO 5. PROPUESTA DE PRINCIPIOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL CON ENFOQUE SISTÉMICO-INTERDISCIPLINARIO

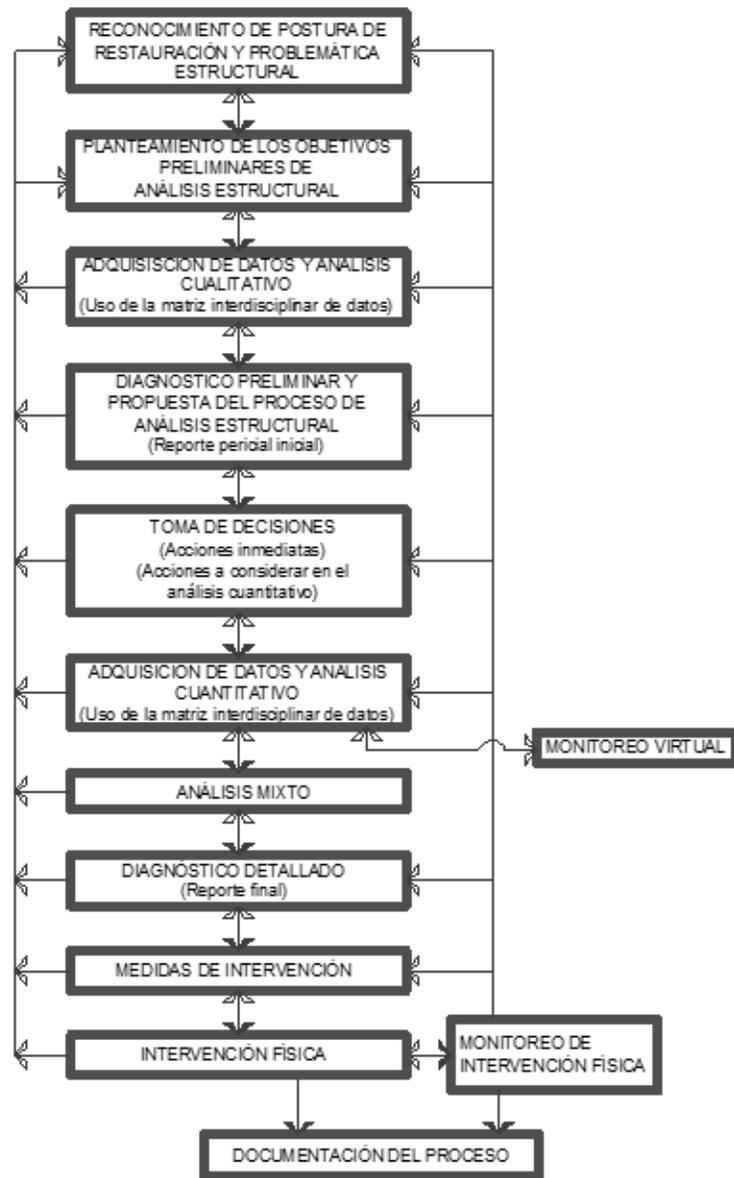
Considerando las particularidades de los métodos y procedimientos de las principales disciplinas que se encuentran involucradas en el análisis de edificios históricos, se propuso un proceso de análisis estructural de edificios históricos con enfoque sistémico-interdisciplinario, en el que se integran características cualitativas y cuantitativas por medio de un análisis estadístico que posteriormente fueron sintetizadas para realizar la propuesta de dicho análisis.

Así, al integrar las características generales, patrones comunes para lectura y análisis procedentes de las diferentes áreas, además de interrelacionarlos y sistematizarlos a través de la TGS, se han obtenido por lo menos ocho fases fundamentales generales para el procedimiento de análisis estructural con enfoque sistémico-interdisciplinario de edificios patrimoniales.

**Tabla 19.** Síntesis de las fases fundamentales de análisis, obtenidas a través del estudio de posturas de conservación y restauración, lineamientos y recomendaciones estructurales, enfoques de investigación científica y práctica disciplinar atomizada.

Análisis de:	Fases de análisis
Posturas de conservación y/o restauración. Lineamientos y recomendaciones estructurales.	Conocer los objetivos y la postura de conservación y/o restauración. Análisis interdisciplinario. Recolección de datos. Diagnóstico. Medidas de intervención.
Enfoques de la investigación científica.	Planteamiento del problema. Revisión de literatura. Recolección de datos Análisis de datos Reporte de resultados
Disciplinas atomizadas.	Finalidad u objetivo. Levantamiento de datos. Investigación histórica. Normatividad. Método(s).

De acuerdo con las fases y pasos que debe contener un sistema (ver inciso 2.1.7.2) y con la síntesis de fases indicadas en la tabla anterior, se procede a proponer, ordenar y sistematizar el proceso de análisis estructural de edificios históricos con un enfoque interdisciplinario. El siguiente diagrama se lee de arriba hacia abajo, donde las flechas rellenas indican la dirección de avance, en tanto que las flechas sin relleno señalan un posible retorno para considerar nuevos datos o complementarlos.



**Figura F21.** Procedimiento general de análisis estructural de edificios históricos con enfoque sistémico-interdisciplinario.

En la siguiente tabla se describen, de forma general, las actividades que implica cada una de las fases propuestas.

**Tabla 20.** Fases del procedimiento de análisis e intervención estructural y su descripción general.

<b>Fases del procedimiento de análisis e intervención estructural con enfoque sistémico-interdisciplinario</b>	<b>Generalidades de las fases</b>
RECONOCIMIENTO DE POSTURA DE CONSERVACIÓN Y POSIBLE PROBLEMÁTICA ESTRUCTURAL	Reconocimiento de problemática estructural y Postura de conservación del inmueble (se puede auxiliar de la tabla 1 de este trabajo).
PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS PRELIMINARES DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL	Plantear los objetivos preliminares de análisis estructural con base en la postura de conservación arquitectónica y/o la problemática estructural.
ADQUISICIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS CUALITATIVO (Uso de la matriz interdisciplinar de datos)	Con base en los objetivos preliminares y con el apoyo en las plantillas presentadas en el apéndice B, se recolectan datos y se analizan de manera cualitativa (para realizar el análisis cualitativo, se recomienda revisar los incisos 2.1.1.1 y 4.4 de este trabajo).
DIAGNÓSTICO CUALITATIVO Y PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL (Reporte pericial inicial)	Aquí se propone el proceso de análisis estructural cuantitativo más conveniente, con juicio ingenieril y tomando en cuenta varios factores: a) Postura de conservación y/o restauración b) Objetivos de conservación y/o restauración c) Posible(s) problemática(s) estructural(es) d) Anamnesis e) Presupuesto
ACCIONES INMEDIATAS	En caso de observar que la estructura o parte de ella se encuentra en peligro inminente se establecen acciones inmediatas con amplio juicio ingenieril con el fin de frenar posibles fallas súbitas estructurales.
ADQUISICIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS CUANTITATIVO (Uso de la matriz interdisciplinar de datos)	Con base en el diagnóstico preliminar y en la propuesta de análisis estructural, se procede a adquirir los datos cuantitativos necesarios y a analizarlos (para realizar el análisis cuantitativo, se recomienda revisar el inciso 4.5 de este trabajo); esto se lleva a cabo con ayuda de la matriz interdisciplinar de datos y con las herramientas pertinentes para realizar mediciones en campo y laboratorio, además de generar un modelo numérico en caso de ser necesario.

<sup>7</sup> Según Sampieri et al. (2010) el reporte de resultados del proceso cuantitativo contiene la mayoría de los elementos: portada, índice, resumen ejecutivo (resultados más relevantes y casi todos presentados se manera gráfica), método, resultados, conclusiones y apéndices.

<p>DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO</p>	<p>Documento escrito, el cual debe contener los siguientes elementos :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Portada</li> <li>b) Índice</li> <li>c) Resumen ejecutivo</li> <li>d) Método utilizado</li> <li>e) Resultados</li> <li>f) Conclusiones<sup>7</sup>.</li> </ul> <p>Documento escrito, el cual debe contener los siguientes elementos :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Portada</li> <li>b) Índice</li> <li>c) Resumen ejecutivo</li> <li>d) Método utilizado</li> <li>e) Resultados</li> <li>f) Conclusiones.</li> <li>g) Apéndices</li> </ul>
<p>ANÁLISIS MIXTO</p>	<p>Una vez elaborados los análisis cualitativos y cuantitativos, se procede a realizar el análisis mixto con el propósito de obtener una integración de ambos, realizando metainferencias y logrando un mayor entendimiento del fenómeno.</p>
<p>DIAGNÓSTICO DEFINITIVO</p>	<p>En esta fase se plasman los puntos importantes de cada etapa previa a ésta y los resultados de los diferentes estudios llevados a cabo, el procedimiento realizado, las inferencias y metainferencias consideradas. Aquí se da a conocer el estado en el que se encuentra la estructura y los posibles comportamientos de acuerdo con la postura de conservación y/o restauración propuesta.</p>
<p>MEDIDAS DE INTERVENCIÓN</p>	<p>Esta etapa depende de los resultados generados en el diagnóstico detallado. En esta fase se mencionan las posibles intervenciones estructurales, además de ser acordadas con las otras disciplinas, principalmente con el restaurador encargado.</p>
<p>INTERVENCIÓN FÍSICA</p>	<p>Una vez acordada y elegida la medida de intervención, se procederá a realizarla físicamente de acuerdo con los parámetros previstos en los análisis cualitativos y cuantitativos, con el fin de que dicha intervención se comporte como lo previsto.</p>
<p>DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO</p>	<p>Este documento es un compendio de todo el proceso realizado en cada una de sus etapas, donde se describe el procedimiento llevado a cabo en los diferentes estudios y el fundamento de las decisiones tomadas, además de documentar la evolución de la intervención.</p>

MONITOREO DE INTERVENCIÓN FÍSICA	En esta fase se da seguimiento al comportamiento de la estructura y se lleva un control de la misma, pudiendo regresar y correlacionarse con cualquiera de las etapas anteriores.
----------------------------------	---

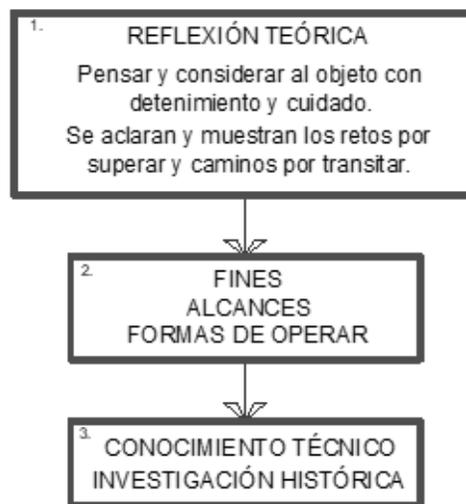
A continuación se describen de manera particular las actividades que implica llevar a cabo cada una de las fases enunciadas en la tabla 34. Con la finalidad de lograr un mayor entendimiento, se sugiere revisar la alineación del lenguaje, contenida en el inciso 4.2 y en el Apéndice A de esta tesis.

1) *Reconocimiento de postura de restauración y problemática estructural.* En esta etapa se reconocen las características de la postura que se asumirá para la conservación y/o restauración de la edificación. Por lo general la postura de restauración se plasma en un proyecto o anteproyecto de conservación y/o restauración arquitectónica, y deberá ser reconocida y comprendida por el ingeniero estructurista, para ayudar a tener la visión acerca del concepto elegido por el restaurador encargado, para ello se podrá apoyar en la tabla 1 contenida en el capítulo 1 de este trabajo y en las plantillas de ayuda del Apéndice B.

Por otra parte, habrá que reconocer si existe alguna problemática estructural y su origen, aunque el reconocimiento de ésta es un poco más complejo de distinguir en esta fase del análisis. Sin embargo, es posible identificar de primera instancia la posible problemática estructural, ya que por medio de una inspección visual del inmueble y con cierta pericia del ingeniero estructurista, se pueden detectar indicadores que, sumados a la ubicación del mismo, permiten establecer de manera cualitativa y preliminar dicha problemática. Cabe mencionar que la problemática se refiere no sólo a las anomalías y riesgo estructural que presenta el edificio en el momento de su estudio, sino que también este concepto involucra los riesgos y deterioros que pudiera sufrir el edificio al ser intervenido por el restaurador. Para ello es muy importante que los objetivos que se fijen como preliminares para dicho análisis, involucren el estudio del comportamiento estructural a corto y largo plazo, así como que tomen en cuenta la postura de conservación y/o restauración propuesta. Para ejemplificar esto, se recomienda revisar el capítulo 5 de este trabajo.

2) *Planteamiento de los objetivos preliminares de análisis estructural.* Esta etapa es básica y de suprema importancia para que el análisis se realice como sistema (ver inciso 2.1.7.1), además de ser vital que los objetivos se aclaren desde un inicio, ya que depende de éstos lograr obtener una visión panorámica de las posibles actividades a realizar durante el análisis e intervención estructural.

Aunque en esta fase el planteamiento de dichos objetivos se propone de manera subjetiva, se debe tener buen juicio ingenieril y guardar una buena relación entre la postura de conservación y la problemática estructural, con el fin de mantener buena correlación con el concepto del restaurador y con el buen comportamiento del sistema estructural. Además, en esta etapa es imprescindible conocer el monto económico disponible para la salvaguarda del edificio, ya que desde este momento se debe prever la gestión estructural. Estas palabras tienen soporte en lo descrito por Escudero (2013), quien menciona que el conocimiento técnico y la investigación histórica son pilares para alcanzar los fines del restauro, sin embargo, es en la reflexión teórica donde se disciernen y fundamentan los fines, alcances y formas operativas de actuar, además que los resultados de estas reflexiones son los que aclaran, muestran avances, retos por superar y caminos a transitar. En la figura F22 se sistematiza lo descrito en estos renglones.



**Figura F22.** Fases del proceso para proponer la investigación histórica y el conocimiento técnico necesario para realizar el análisis.

En la figura F22 es evidente que el conocimiento técnico y la investigación histórica que se necesitan en el análisis de un edificio patrimonial se basan en los fines, alcances y formas de operar, los cuales se fundamentan en la reflexión teórica. Esto quiere decir que el tipo de investigación histórica y los conocimientos técnicos (disciplinas) que se requieren para realizar el análisis, no son los mismos en todos los casos, más bien el tipo de datos requeridos son sugeridos por el objeto a lo largo del tiempo y por medio de su reflexión. Es decir, el análisis estructural no se debería llevar a cabo con un protocolo rígido; sino que es necesario realizar una reflexión teórica previa y determinar de forma precisa los puntos indicados en la fase dos de

la figura F22, con el fin de visualizar una investigación histórica y los conocimientos técnicos necesarios, particulares y adecuados para llevar a cabo dicho análisis.

3) *Adquisición de datos y análisis cualitativo.* De acuerdo con los objetivos, la postura de conservación y/o restauración y la problemática estructural, se procede a observar el objeto y recopilar la información necesaria basada en la anamnesis (con ayuda de las plantillas del Apéndice B) para analizarlo de forma cualitativa, la cual servirá como fundamento para obtener un diagnóstico preliminar y proponer el análisis cuantitativo más conveniente de acuerdo con lo descrito en las dos primeras fases.

En esta etapa se procede a recopilar, ordenar y analizar la información necesaria para posteriormente realizar el diagnóstico preliminar a partir de los objetivos planteados en la etapa anterior. El análisis cualitativo se realiza considerando datos cualitativos de otras disciplinas, con el propósito de que contemple un enfoque interdisciplinario, para ello se puede hacer uso de las plantillas de ayuda para el levantamiento de datos interdisciplinarios (ver Apéndice B).

El análisis cualitativo de la información interdisciplinaria se realiza por medio de un enfoque “epistemológico” (racional, objetivo y lógico) y “tecnológico” (liberaciones, consolidaciones, integraciones, adaptaciones, entre otras), esto se deriva de la teoría restauradora propuesta por Castro (2013), con la que se buscó fundamentar, definir, explicar, guiar e integrar al objeto material (edificio patrimonial), el cual tiene un fin (objetivo) en el que se responde a las preguntas ¿por qué? y ¿para qué?, así mismo se toma en cuenta la normatividad para saber qué hacer y qué no hacer, todo ello apoyado de un método, en los cuales se contemplan a las diferentes posturas de conservación y restauración.

4) *Diagnóstico cualitativo (preliminar) y propuesta del proceso de análisis estructural.* Con base en los resultados de los análisis cualitativos efectuados en la etapa anterior, se procede a realizar el reporte pericial inicial en el que por medio de un análisis cualitativo se diagnostican estados estructurales pasados, presentes y futuros. Cabe aclarar que este diagnóstico deberá ser complementado y/o corroborado por el diagnóstico cuantitativo, ya que el procedimiento de sistema de análisis utilizado se basa en el proceso secuencial.

Esta fase se realiza por medio de un documento escrito donde se propone el proceso de análisis cuantitativo más conveniente, tomando en cuenta lo siguiente: a) Postura de conservación y/o restauración, b) Objetivos de conservación y/o restauración, c) Probable problemática estructural, d) Anamnesis, y e) Presupuesto.

Con la postura de conservación y/o restauración se pueden detectar las particularidades que tendrá el edificio durante y al final de su análisis e intervención. Dichas particularidades pudieran ser: aceptación o rechazo a materiales

contemporáneos, adición y/o conservación de formas y materiales, función, entre otras. (ver tablas 1 y 2), lo cual es importante conocer para comenzar a vislumbrar lo que se puede y no hacer al objeto, además de prever la situación de comportamiento general que tendrá la estructura y sus posibles soluciones, respetando la visión del restaurador. En esta etapa también se pueden detectar posturas de restauración que dificulten y promuevan un mal funcionamiento estructural. En esta fase se recomienda tener una estrecha comunicación interdisciplinar con el propósito de evaluar de manera pericial los costes beneficios.

Por otra parte, es necesario comprender que los objetivos de la restauración son distintos a los que comúnmente se tiene en otras disciplinas. Sin embargo, cabe reconocer que los objetivos particulares y, hoy en día, altamente especializados de las distintas áreas, pueden funcionar de forma exponencial si se conjugan adecuadamente con los de la conservación y/o restauración, en especial los de las llamadas ciencias duras. Esto haría que en la ingeniería estructural se alcanzaran soluciones adecuadas (nótese que no se dijo las mejores soluciones estructurales desde el punto de vista ingenieril y numéricamente hablando), ya que este tipo de trabajos requiere de una visión más completa en la que intervienen aspectos de valores tangibles e intangibles que en muchas de las ocasiones no se pueden representar con símbolos matemáticos.

Por ejemplo, si en la postura del restaurador se pretende liberar ciertos elementos arquitectónicos o reintegrarle al objeto ciertas formas geométricas debido a lo que pudieran representar patrimonialmente hablando, entonces sería lógico y adecuado que el ingeniero estructurista se adecuara a la decisión restauradora, siempre y cuando no se mutile o altere el conocimiento emitido por el objeto, ni se comprometa el comportamiento y seguridad estructural del sistema. En dado caso que la postura de restauración propuesta pretenda alterar la esencia patrimonial del edificio y además ponga en riesgo el buen comportamiento estructural, será imprescindible que el ingeniero estructurista (o cualquiera especialista de otra área) lo haga del conocimiento del restaurador e incluso se redacte en las memorias, todo ello con el fin de obtener mejores soluciones.

Así mismo, si la problemática fuera meramente estructural y el encargado de consolidar la estructura fuera un ingeniero, se pudiera limitar al simple cuidado de la estructura, sin embargo, en caso de requerir intervención física, será siempre necesaria la visión de alguna postura de conservación y/o restauración, de la cual deberá estar encargado el especialista en restauración (comúnmente se requiere la visión del arquitecto-restaurador).

5) *Acciones inmediatas*. En esta etapa y sólo en caso de ser indispensable, se considera pertinente hacer recomendaciones para el inmediato aseguramiento estructural temporal y emergente. Cabe mencionar que debido a los objetivos de

este documento y a las singularidades de las distintas problemáticas estructurales que presentan los edificios, no se profundizará en cuestiones de intervención física, por tal motivo, esta fase (aunque trascendente) sólo se presenta de manera enunciativa, la cual podría tratarse en trabajos posteriores donde se contemplan las acciones técnicas de intervención.

6) *Adquisición de datos y análisis cuantitativo*. Esta fase se apoya en el diagnóstico preliminar, el cual a su vez se fundamenta en un análisis cualitativo, no por ello menos importante, incluso necesario para poder elaborar el análisis cuantitativo. Algunas herramientas que servirán para contar con datos organizados y esenciales para elaborar el análisis son las plantillas de ayuda en el levantamiento de datos (ver Apéndice B). Por otra parte, es indispensable hacer el menor número de suposiciones superficiales en cuanto a la información numérica que describa las propiedades de los materiales y los sistemas constructivos, ya que actualmente se cuenta con herramientas poderosas para obtener resultados con una gran precisión, siempre y cuando los datos utilizados sean certeros, tanto en campo como en laboratorio. Además los modelos numéricos deben realizarse tomando en cuenta la postura de restauración (en caso de existir) con el fin de interactuar con el restaurador y dialogar en cuanto a la efectividad estructural con respecto a su postura. En esta fase deben tomarse en cuenta las operaciones de acciones inmediatas para ser consideradas en el análisis numérico.

7) *Diagnóstico cuantitativo*. Documento escrito donde se menciona la postura de conservación y/o restauración, la problemática estructural detectada, los objetivos de análisis estructural, las recomendaciones del reporte pericial inicial (diagnóstico cualitativo), y las acciones inmediatas que se hayan realizado. También se describe el procedimiento llevado a cabo en los análisis numéricos y su justificación. Cabe mencionar que los diagnósticos cuantitativos suelen apoyarse en modelos numéricos realizados en software estructurales.

8) *Análisis mixto*. Debido a la complejidad y diversidad que involucran los análisis mixtos, además de contar con diferentes procesos de integración de datos, se ha optado por elegir un *análisis secuencial*<sup>10</sup>, debido a que las etapas de éste involucran un ordenamiento y sucesión de pasos (tal como lo hacen los sistemas) con el fin de que en una primera etapa se recolecten y analicen datos cualitativos, y en una segunda fase se recaben y analicen datos del método cuantitativo. En los análisis secuenciales se recolectan y analizan datos para informar al otro método. Este tipo de análisis se aplica a evaluaciones guiadas por la teoría. En este caso se busca

---

<sup>10</sup> Ver capítulo 17 “Los métodos mixtos” en Sampieri. et. al. (2010).

utilizar una aproximación cualitativa para recolectar información del contexto con el propósito de facilitar la interpretación de datos cuantitativos (ver diagrama del proceso en el Apéndice E).

9) *Diagnóstico definitivo*. Documento (valoración, evaluación y dictamen) escrito donde se estipulan las conclusiones y recomendaciones determinantes para el estudio realizado, considerando los estudios cualitativos, cuantitativos y mixtos. Es en éste donde se redacta la postura de conservación, problemática estructural, planteamiento de los objetivos, el proceso llevado a cabo para el levantamiento y lectura, donde se mencionan las características de los análisis realizados de todo tipo de datos, y en el que se menciona la postura de conservación y/o restauración, así como la problemática estructural detectada. Se recomienda que los diagnósticos sean respetados e inalterados, a menos que durante su evaluación y/o aprobación para llevarlo a la intervención física se detecten anomalías y/o posibles errores. Se recomienda que sea firmado por el o los responsables del mismo, tal como un médico se haría responsable de su paciente.

En cuanto a lo respectivo a las medidas de intervención física (con lo que ella involucra), éstas no se encuentran en el alcance de esta tesis, por lo que se deja para trabajos futuros complementarios, ya que ello también requiere de proponer un proceso de intervención física interdisciplinaria.

**Tabla 21.** Generalidades y descripción particular de actividades en las diferentes fases de análisis

FASE DE ANÁLISIS	GENERALIDADES DE LA FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DESDE LA FASE
a) Conocer el objetivo	Comprender la problemática y la postura de conservación y/o restauración, considerando la univocidad del lenguaje	Entender el objetivo perseguido, con la finalidad de adquirir la información apropiada
b) Recopilación y lectura de datos con enfoque interdisciplinario	Se recopila e integra la información por medio de la matriz interdisciplinar*	Se recopilan datos cualitativos y cuantitativos se integran por medio de la matriz y se interpretan* de manera subjetiva
c) Diagnóstico preliminar	De acuerdo con los datos e interpretación de los mismos, se realiza un informe pericial inicial	El informe pericial inicial debe contener: a) Objetivo de la pericia de acuerdo con la postura de conservación, b) Posible problemática estructural y factores que la provocan, c) Indicadores preliminares, d) Conclusiones

\* Si no se tiene el conocimiento y las herramientas suficientes para interpretar los datos interdisciplinarios, necesario consultar a los especialistas convenientes

d) <b>Análisis estructural</b>	De acuerdo con la información contenida en el diagnóstico preliminar, Se realizan las pruebas de laboratorio y el análisis estructural conveniente	El análisis estructural debe realizarse de manera que considere aspectos pasados, presentes y futuros, además de utilizar las herramientas apropiadas para cumplir con el objetivo de conservación y con la gestión de la misma
e) Diagnóstico	De acuerdo con los resultados del análisis estructural se genera un reporte de resultados finales (informe pericial final)	El informe pericial final debe contener: a) Problemática estructural y factores que la provocan, b) Diligencias de análisis e indicadores y c) Conclusiones
f) Medidas de intervención	De acuerdo con la postura de conservación y con los resultados del diagnóstico de comportamiento estructural se hace un reporte con las medidas de intervención	De acuerdo con en el diagnóstico de comportamiento, se sugiere un proceso de intervención física que incluya soluciones durante la intervención física
g) Intervención física	La intervención estructural debe ser compatible con las consideraciones de análisis, esto puede requerir pruebas de laboratorio	Con el fin de aproximarse al comportamiento estudiado, se requiere que las soluciones de obra correspondan con lo demandado por las medidas de intervención
h) Monitoreo de intervención	Inspección del funcionamiento de la estructura	Seguimiento al comportamiento que presenta la estructura, haya habido o no intervención física

Cabe mencionar que estas actividades podrán ser complementadas sólo si la problemática a resolver o postura de conservación así lo demanden, ya que se reitera que estas fases de análisis tienen como base la integración e interrelación de procesos llevados a cabo por las diferentes disciplinas con las que ha interactuado la ingeniería estructural en algunos casos particulares. Entonces, al tener carácter singular este tipo de monumentos, los procedimientos se vuelven únicos; aunque eso no quiere decir que se desarrollen exclusivamente de manera subjetiva y atomizada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Esparta, D. (1978). Teoría, Metodología y Técnicas investigación en Ciencias Sociales. México: Departamento de Sociología y Ciencias Políticas-Administrativas, UIA.
- Acosta Esparta, D. (2013). Método de la investigación social: Diseño de Investigación Guía Técnica. México: Editorial Restauro y Canto.
- Alberti, L. (1485). Architectura (De Re Aedificatoria). En G. Orlandi, & P. Milano.
- Álvarez, M., & González, T. (1994). Restauración de Edificios Monumentales. Madrid: CEDEX, Ministerio de Obras Públicas de Madrid.
- Arias, J. (18 de Marzo de 1989). Se derrumbó la torre cívica de Pavía, Símbolo romántico de la ciudad Italiana. El País. Obtenido de [www.elpais.com/diario/1989/03/18/cultura/606178805\\_850215.html](http://www.elpais.com/diario/1989/03/18/cultura/606178805_850215.html)
- ARQHYS. (2014). Cúpulas del Renacimiento. Obtenido de ARQHYS: <http://www.arqhys.com/cupulas-del-renacimiento.html>
- Arte internacional. (2013). Arte Románico. Obtenido de Arte internacional: [http://arteinternacional.blogspot.mx/2009/09/arte-romanico-caracteristicas-generales\\_02.html](http://arteinternacional.blogspot.mx/2009/09/arte-romanico-caracteristicas-generales_02.html)
- Artigas, J. B., Fernandez, M., Gonzales, M., & et al. (2004). Arquitectura Religiosa de la Ciudad de México siglo XVI al XX. México: Asociación del Patrimonio Artístico Mexicano A.C.
- Asociación de estudios de arqueología Bastetana. (2013). Glosario de Términos Arqueológicos. Recuperado el 2014, de Asociación de estudios de arqueología Bastetana: <http://www.ceab.es/divulgacion/glosario-de-terminos-arqueologicos.html>.
- Auvinet, G., & Rodríguez, J. F. (2005). Análisis del comportamiento de Pilotes de punta en suelo en procesos de consolidación regional. México: Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- Azcárate A., R. d. (2003). El patrimonio arquitectónico. Ponencias Vitoria-Gasteiz. Consejo Vasco de Cultura.
- Baldiri, B. (2013). Monasterios de Lisboa. Obtenido de Monasterios de Portugal: <http://www.monestirs.cat/monst/annex/port/sud/clisfora.htm>
- Bartlett, G. (2001). Systemic thinking. The international conference on thinking BREAKTHROUGHS 2001.
- Beer Ferdinand, P., Johnston, J. E., Dewolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2009). Mecánica de Materiales. McGraw Hill.

Bernard, F. (1987). Entre dos terremotos. Los bienes culturales en zonas sísmicas. (G. P. ICCROM, Ed.) ICCROM, GettyConservationInstitute, PNUD/UNESCO.

Bertalanffy, L. V. (1968). General Systems Theory, Foundations, Development, Applications. Edmonton, Canada: University of Alberta.

\_\_\_\_\_ (1986). Teoría general de sistemas, Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. México: Fondo de Cultura Económica.

Binda, L. (2006). The knowledge of materials and construction techniques: an important step for the evaluation of masonry structures. Memorias del Learning from practice II, Los Angeles. Los Angeles.

Binda, L., & Saisi, A. (2009). Application of NDTs to the diagnosis of Historic Structures. Non-Destructive Testing in Civil Engineering, NDTCE 2009 (pág. 4369). Nantes, Francia: NDTCE 2009.

\_\_\_\_\_ (2009). Knowledge of the building, on site investigation and connected problems. (E. Cosenza, Ed.) Eurocode 8 Perspectives from the Italian Standpoint Workshop, pp.213-224.

Binda, L., Lualdi, M., & Saisi, A. (2007). Non-destructive testing techniques applied for diagnosis investigation: Syracuse Cathedral in Sicily, Italy. International Journal of Architectural Heritage, vol. 1, 380-402.

Binda, L., Mirabella, G., & Abbaneo, S. (February de 1994). The diagnosis Research Project. The professional Journal of the Earthquake Engineering Research Institute, Earthquake Spectra, Design in retrofit and repair, vol. 10(No. 1).

Braja, M. D. (2006). Principios de Ingeniería de cimentaciones (Quinta edición ed.). México: Thomson.

\_\_\_\_\_ (2009). Shallow foundations, Bearing capacity and settlement (Second edition ed.). Portland, Oregón: Taylor and Francis Group.

Brandi, C. (1988). Teoría de la Restauración. Madrid: Alianza Editorial, S.A.

Broto, C. (2005). Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Barcelona: Links International, Gustavo Gili.

Capitel, A. (2009). Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración (2da ed., Vol. Volumen 160 de Alianza Forma). Madrid: Alianza Editorial, S.A.

Casolo, S., & Sanjust, C. (2009). Seismic analysis and strengthening design of a masonry monument by a rigid body spring model: The Maniace Castle of Syracuse. Engineering Structures journal. Obtenido de [www.elsevier.com/locate/engstruct](http://www.elsevier.com/locate/engstruct)

Casolo, S., & Peña, F. (2007). Rigid element model for in-plane dynamics of masonry walls considering hysteretic behaviour and damage: Earthquake engineering

and structural dynamics, *Earthquake Engng Struct. Dyn.* 2007; 36:1029–1048, Published online 8 February 2007 in Wiley InterScience ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)). DOI: 10.1002/eqe.670.

Chanfón Olmos, C. (Problemas Teóricos en la Restauración). 1979. México: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete, Instituto Nacional de Antropología e Historia de México.

Chang, R. (2002). *Química* (7ma ed.), México: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.

Consortio RehabidMed. (2007). *Método RehabidMed para la rehabilitación de la arquitectura tradicional mediterránea*. Barcelona: Euromed Heritage de la Unión Europea. Obtenido de [www.rehabidmed.net](http://www.rehabidmed.net)

Córdoba, M. (2008). El proceso de diagnóstico y sus elementos. *Revista digital innovación y experiencias educativas*. Obtenido de [http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_25/MANUELA\\_CORDOBA\\_URBANO01.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_25/MANUELA_CORDOBA_URBANO01.pdf)

Cortés, M., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre la metodología de la investigación*. Campeche, México.: Universidad del Carmen, Campeche.

Cuzzoni, M. (2013). *Le antiche campane della Torre civica del Duomo di Pavia*. Obtenido de *Campana Logia*: <http://www.campanologia.it/02-SST/S-H09-Campane-Concerti-Lombardia/S-H09-15-PV-Pavia-Torre-Civica.htm>

D’Ayala, D., & Fodde, E. (2008). *Structural Analysis of Historic Construction*. Bath, UK.: Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath.

Das Braja, M. (1994). *Principles of Geotechnical Engineering*. PWS Publishing Company.

De la Torre, O. (1994). *Evaluación y reparación estructural de edificios*. México D.F.: Proyecto estructural S.A.

De Química.com. (2012). *Fuerzas intermoleculares*. Obtenido de *De química.com*: <http://dequimica.com/glosario/260/Fuerzas-intermoleculares>

Delgado de Cantú, G. (2008). *Historia de México, Legado histórico y pasado reciente*. México: Pearson Education.

Díaz, J., Gallego, B., & León, A. (2006). *El diagnóstico médico: bases y procedimientos*. La Habana, Cuba.

Díaz-Berrio, S. (1984). *Terminología general en materia de conservación del patrimonio cultural prehispánico*. En S. Díaz-Berrio, *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*. México: Facultad de Arquitectura, UNAM.

El diario Montañés. (Mayo de 2009). El Parlamento de Cantabria se pone guapo para recibir a los Reyes. Recuperado el 2013, de El diario montañés: <http://www.eldiariomontanes.es/20090523/local/cantabria-general/parlamento-cantabria-pone-guapo-200905231327.html>

EL viajero arquitecto. (2013). Reichstag, el símbolo para un Berlín unificado. Obtenido de El viajero arquitecto: <http://www.elarquitectoviajero.com/2011/05/11/reichstag-el-simbolo-para-un-berlin-unificado/>

Esponda, M. (2004). Evolución de los criterios de intervención con hormigón armado en la restauración de edificios históricos en México y en España. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña, ETSAB, Programa del Departamento de Construcciones Arquitectónicas.

Fazio, J. (2009). Aportes de la Ingeniería Estructural a la Preservación del Patrimonio, criterios de Intervención. Conferencia dictada en el seminario Diagnóstico y Reparación de estructuras, organizado por la Asociación de ingenieros estructurales. Buenos Aires.

Gabrielli, R., & Geminiani, F. (2000). Archeologia dell'architettura e restauro: Una proposta metodológica di intervento. QUALE FUTURO PER IL PASSATO? Bologna: Leonardo Analizi Restauro Manutenzione. Obtenido de <http://www.studioleonardo.it/publicazioni.html>

García, G. (2007). Funcionamiento y seguridad estructural de los templos conventuales del siglo XVI en México. Tesis doctoral. México: UNAM, México.

\_\_\_\_\_. (2007). Funcionamiento y seguridad estructural de los templos conventuales del siglo XVI en México. Tesis Doctoral. México: UNAM.

García, R. (2005). Estudio histórico de la estructura del edificio Real Pontificia Universidad de México. Tesis. México: UNAM, México.

Garza J., Morales B. y González B. (2013). Análisis estadístico multivariante. Un enfoque teórico y práctico. México: McGraw-Hill (Interamericana Editores S.A. de C.V.).

Gazetas, G. (1991a). Foundation vibrations (Second edition). Nueva York: Foundation Engineering Handbook, Van Nostrand Reinhold.

\_\_\_\_\_. (Septiembre de 1991b). Formulas and charts for impedances of surface and embedded foundations. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol. 117( no. 9), págs. pp. 1363-1381.

Gómez, C. (2003). Diagnóstico socioeducativo. Cd. Guzmán, Jalisco.

Hernández Sampieri, R. (2006/2010). Metodología de la investigación. México, D.F.:

Mc Graw Hill.

Internacional Council of Monument And Cities. (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. Victoria Falls, Zambia: ICOMOS. Obtenido de <http://www.icomos.org>

ISCARSAH-ICOMOS. (2004). Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico. Curso de Intervención en el Patrimonio Arquitectónico del Colegio de Arquitectos de Cataluña. Cataluña: ICOMOS.

Jeanneth, P. R. (2005). Análisis arquitectónico y comparativo de los templos coloniales de Baja Verapaz y propuesta de restauración del Templo Santa Cruz, El Chol. Tesis de licenciatura. Guatemala.

Latorre P., C. L. (1995). La importancia del análisis estratigráfico de las construcciones históricas en el debate sobre la restauración monumental (The importance of stratigraphic analysis of historical constructions in there storatoin of monuments).

Laurenço, P. (2005). Assessment, diagnosis and strengthening of Outeiro Church, Portugal (Vol. 19). Construction and Building Materials,

\_\_\_\_\_. (2006). Recommendations for restoration of ancient buildings and the survival of a masonry chimney (Vol. 20). Construction and Building Materials.

\_\_\_\_\_. (2007). Improving the seismic resistance of cultural Heritage buildings: Concepts and recent developments. 3er. Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Asociación Española de Ingeniería Sísmica Girona, 8-11 de mayo.

Libeskind, D. (Enero de 2013). Studio Daniel Libeskind. Obtenido de Daniel Libeskind: <http://daniel-libeskind.com>

Lombillo, I. V. (2009). Estudio sobre la patología, la idoneidad estructural y de materiales de la iglesia de San Mamés (Cantabria-España): Propuestas de Rehabilitación.

López, R. T. (2011). Análisis de los desplazamientos Horizontales observados con GPS en el occidente de la Cuenca de México. Tesis de Licenciatura. México: UNAM. Obtenido de Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/147>

Lubowiecka, I., Armesto J., Arias P., Lorenzo H. (2009). Historic bridge modelling using laser scanning, ground penetrating radar and finite element methods in the context of structural dynamics. Engineering Structures, Elsevier.

Macarrón, A. & González A. (2011). La conservación y restauración en el siglo XX (Tercera ed.). España: Tecnos (Grupo Anaya, S.A. de C.V.)

- Mangino Tazzer, A. (1983/1991). La restauración arquitectónica. Retrospectiva histórica en México (Segunda ed.). México, D.F.: Trillas, S.A. de C.V.
- Marsal, R. (1992). Hundimiento de la Ciudad de México (Primera ed.). México: COLMEX.
- Martínez, G., Rojas, R., & Gaytán, R. (2009). Caracterización dinámica de las torres de la Catedral de Morelia. XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Puebla, México.
- Meadows, D. H. (2009). Thinking in Systems, A Primer. (D. Wright, Ed.) London, Sterling, VA: Sustainability Intitute.
- Megson, T. H. (2005). Structural and Stress Analysis (Segunda ed.). Editorial ELSEVIER.
- Meli, R. (1993). Respuesta estructural a la subexcavación, Catedral Metropolitana: Corrección geométrica. Informe Técnico, Espejo de Obsidiana, México.
- \_\_\_\_\_. Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos. México: Fundación ICA.
- \_\_\_\_\_. (2001). Comportamiento Sísmico de Inmuebles Históricos: Lecciones de Eventos Recientes. Congreso Mexicano de Ingeniería Sísmica, SMIC. . Guadalajara, México.
- \_\_\_\_\_. (2011). Los conventos mexicanos del siglo XVI. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Mézquita, J., B., G., & A., L. (2006). El diagnóstico médico: bases y procedimientos. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Mileto, C., & Vegas, F. (2003). El análisis estratigráfico constructivo como estudio previo al proyecto de restauración arquitectónica: metodología y aplicación. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Miltiadou-Fezans, A. (2008). A multidisciplinary approach for the structural restoration of the Katholikon of Dafni Monastery in Attica Greece. Structural Analysis of Historic Construction, Preserving Safety and Significance. London: D' Ayala & Fodde editors, Taylor & Francis Group.
- Molina, L. E. (Septiembre- Diciembre de 2004). Arqueología y Restauración de Monumentos Históricos. Boletín Antropológico de la Universidad de los Angeles (65), 349-375.
- Monroy, G. (1997). Enfoque sistémico. Memoria de Congreso de Investigación. México: Departamento Producción Económica, División Ciencias Sociales y Humanidades (DCSH), UAM-X.
- Museo Thyssen Bornemisza. (2013). Museo Thyssen Bornemisza. Obtenido de

Educatyssen: <http://www.educatyssen.org/getpictureresources/450/La%20plaza%20de%20San%20Marcos%20en%20Venecia>

Nava, D. (2003). Catálogo de Monumentos en el Centro Histórico de la Ciudad de México, afectados por el hundimiento. Tesis doctoral. México: UNAM.

Novak M., A.-E. F. (1978). Impedance functions of piles in layered media. Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, 104 (EM6, Proc. Paper 13847), pp. 643-661.

Ortega, C., & Rodríguez, J. (2009). Historia de la Arquitectura en México: Época Virreinal. México: Octavio Antonio Colmenares y Vargas, UNAM.

Ovando, E., & Romo, M. (1991). Estimación de la velocidad de ondas S en la arcilla de la ciudad de México con ensayos de cono.

Pallot, E. (1997). L'utilisation du beton dans la restauration des monumnets historiques. Revista Monumental, 51.

Paniello, M. (2010). Estudio metodológico sobre intervenciones de restauración y conservación del patrimonio arquitectónico. España: Universidad Politécnica de Catalunya.

Pavia. (2013). Torre Pavia. Obtenido de Pavia: <http://www.ilmondodipavia.it/pagina.php?b=73HtQz3S6p>

Pavia Calcio 1911. (2002). UN BOATO E L' ANTICA TORRE SI SBRICIOLA. Obtenido de Pavia Calcio 1911: <http://paviacalcio.altervista.org/torre%20civica.htm>

Peck, R. B., Hanson, W. E., & Thornburn, T. H. (2004). Ingeniería de Cimentaciones. México: Limusa.

Peña, F., & García-Córdova, R. (2004). Relación de la ingeniería con la historia en el proceso de restauración de los edificios históricos. Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, (pág. Artículo 55). Acapulco.

Peña, F., & Rangel, M. (2004). Propuesta de cargas gravitacionales unitarias para edificios históricos de la ciudad de México. Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, (pág. Artículo 57). Acapulco.

Peña, F., López Mora, R., Rivera, D., Fonseca Ponce, C., Arce León, C., & Rodríguez Parga, J. (2009). La conservación del patrimonio arquitectónico mediante una visión multidisciplinaria. Marco Teórico. Informe interno, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

Peña, F., Rivera, D., & Arce, C. (2010). La conservación del patrimonio arquitectónico mediante una visión multidisciplinaria: El papel de la ingeniería. León, Guanajuato:

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

Piaget, P., & Lazarsfeld, P. (1973). Tendencias de la investigación en las ciencias sociales. Alianza/Unesco.

Poluméris, A. (1990). Teoría general de sistemas, Holismo. DIICC, UdeC.

Portal académico del colegio de ciencias y humanidades UNAM. (2013). Historia de México. Recuperado el 2013, de Portal académico del colegio de ciencias y humanidades UNAM: <http://portalacademico.cch.unam.mx/glosario/historiademexico>

Quadratín media. (2012). Catedral de Morelia. Recuperado el 2013, de Quadratín media: <http://www.quadratinmedia.com.mx/2012/08/16/la-catedral/>

Revista de Artes. (29 de Septiembre de 2011). El Museo Marítimo de Ámsterdam reabre sus puertas. Recuperado el 2013, de Revista de Artes: <http://www.revistadearte.com/2011/09/29/el-museo-maritimo-de-amsterdam-reabre-sus-puertas/>

Rielg, A. (1987). El culto Moderno de los Monumentos: Caracteres y origen. (A. Pérez López, Trad.) Madrid: Vlsor.

Ritchev F. (2008). Estadística para las ciencias sociales (2da ed.). México: McGraw-Hill (Interamericana Editores S.A. de C.V.).

Rivera, J. (2008). De varia restauratione, Teoría e historia de la restauración arquitectónica. Madrid: ABADA, Editores.

Rocha Martínez, R. (2012). Curso de Rehabilitación. México: ENCRYM.

Román Botero, C. E. (2010). Introducción a la Ingeniería. Obtenido de Carmen Román blog: <http://carmen-roman.blogspot.mx/2010/10/porque-estudiar-ingenieria-de-sistemas.html>

Sánchez, M., & Iglesias, M. (2004). Generalidades sobre la metodología de la investigación. Campeche, México: Universidad del Carmen.

Santoyo, E., & Segovia, J. (1999). Recimentación y renivelación de estructuras y monumentos, TGC Geotecnia, S.A. de C.V., México D.F. 1er. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada, Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio, Buenos Aires.

Schueremans, L., & Verstryngge, E. (2008). Use of reliability methods for evaluating safety of historic structures. Departament of Architecture and Civil Engineering, Civil Engineering Departament, KULeuven, Heverlee, Belgium, Structural Analysis of Historic Construction. Bath, UK.: University of Bath.

Servicio Sismológico Nacional de México. (2012). Regiones Sísmicas en México.

- Obtenido de Servicio Sismológico Nacional de México: [http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/región\\_sismica\\_mx.jsp](http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/región_sismica_mx.jsp)
- Silva, C. (2003). Patrimonio y Conservación México. México: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS).
- Sitios Turísticos. (2013). Edificio Reichstag. Obtenido de Sitios Turísticos: <http://sitiosturisticos.com/edificio-reichstag-berlin/>
- Tamayo, M. (1973). La interdisciplinarietà. Madrid: Alianza/Unesco.
- Tecnologías. (Febrero de 2011). Algunos ejemplos de cúpulas. Obtenido de Tecnologías: <http://tecnologiasenelcole.blogspot.mx/2011/02/algunos-ejemplos-reales-de-cupulas.html>
- Terán, J. A. (2004). Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista del Centro de Conservación y Restauración (CNCR)(8).
- Terrence, F. P., Sigmund, A., Gary R., M. H., & Una, M. (2007). Using traditional and innovative approaches in the seismic evaluation and strengthening of a historic unreinforced masonry synagogue. Ninth Canadian Conference on Earthquake Engineering. 30. Toronto: Engineering Structures. Obtenido de [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Timoshenko, S. (1961). Teoría de la Estabilidad Elástica. Nueva York: McGraw-Hill.
- Torres Montes de Oca, C. A. (2012). Archivo Fotográfico de edificios patrimoniales. México, D. F., México.
- Torres Montes de Oca, C. A. (2013). Apuntes de lecturas sobre restauración. México, D.F., México.
- Türer, A., & Boz, B. (2007). Computer modeling and seismic performance assessment of historic Aspendos theatre in Antalya, Turkey. Engineering Structures. Obtenido de [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- UNDP. (1984). Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkam Region. Repair and Strengthening of Historical Monuments and Buildings in Urban Nuclei, 6.
- UNESCO. (1964). Carta Internacional sobre la conservación y la restauración de Monumentos y Sitios. Carta de Venecia. Venecia: UNESCO.
- Universidad de Granada. (2007). Fallos en estructuras. Obtenido de Universidad de Granada: <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/Tema08.htm>
- Van Gigch, J. (2006). Teoría general de sistemas (Tercera ed.). México: Trillas.
- Venecia City Guide. (2012). Venecia City Guide. Recuperado el 2014, de Venecia City

Guide: <http://www.venice-city-guide.com/es/colpaso-campanario-san-marco.html>

Viajeros. (2012). Campanario San Marcos. Recuperado el 2013, de Viajeros: <http://viajerosblog.com/campanario-san-marcos-venecia.html>

Villagrán García, J. (1986). Teoría de la Arquitectura. México D.F.: INBA, Dirección de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico Nacional.

Winsider. (Septiembre de 2013). Remodelación del ex convento San Francisco. Obtenido de [www.winsidermexico.com](http://www.winsidermexico.com): <http://winsidermexico.com/2012/09/remodelacion-del-ex-convento-de-san-francisco/>

Zárraga, R., Cervantes, J., Álvarez, D., Reyes, V., & S. M. (mayo-agosto de 2006). La investigación científica en la conservación de monumentos de cantera. 16(002), págs. pp. 38-50.

Zavala Toledo, C., Vásquez Chicata, L.-s., Salinas Basualdo, R., Proafio, Ricardo, & Huaco, G. (2003). Experiencias Recientes de Evaluación Estructural de Edificaciones Históricas. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Iquitos. Loreto, Perú.

Zavala, C., Vásquez, L., Salinas, R., Proaño, R., & Huaco, G. (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil IQUITOS 2003. Loreto, Perú: ICOMOS. Obtenido de <http://www.icomos.org>

Zmiri, R. (2014). Arco de piedra en una antigua ciudad del desierto nabateo Israel. Obtenido de 123RF: [http://es.123rf.com/photo\\_2679999\\_arco-de-piedra-en-una-antigua-ciudad-del-desierto-nabateo-israel.html](http://es.123rf.com/photo_2679999_arco-de-piedra-en-una-antigua-ciudad-del-desierto-nabateo-israel.html)

## APÉNDICE A - GLOSARIO DISCIPLINAR

En los siguientes renglones se describe, desde una perspectiva general, un glosario disciplinar, el cual se analizó y fundamentó en lineamientos y bibliografía nacional e internacional utilizados en las distintas áreas consideradas en este trabajo. Los términos y definiciones se han agrupado tomando en cuenta su diversidad en los diferentes ramos atomizados, dando gran importancia y jerarquía al léxico que se utiliza en materia de conservación y restauración de edificios patrimoniales, ya que estas áreas mantienen una liga directa y principal en este trabajo. Con el fin de conocer y alinear el lenguaje de las diferentes disciplinas, se procedió a realizar una descripción de los términos mencionados en la tabla 18, por medio de un vocabulario usado de manera frecuente y lo más simple posible en nuestro lenguaje coloquial, de tal manera que cualquiera que lea dichos conceptos los entienda, teniendo la posibilidad de interpretarlos, transferirlos y adaptarlos en su área de especialización.

### Términos en Ingeniería Estructural

En lo que respecta a la terminología empleada en el ramo de la ingeniería estructural, se parte de algunas definiciones aportadas por Meli (1998), ISCARSAH (2003) y las Bases para diseño de estructuras-Evaluación de estructuras existentes de ISO-13822:2010, así como de los conocimientos técnicos adquiridos en la práctica profesional y educación académica del autor.

*Acciones:* Todos los eventos que le inducen a una estructura fuerzas internas, esfuerzos y/o deformaciones. Muchas veces se les denomina cargas, sin embargo las acciones también incluyen los cambios de temperatura, hundimientos, viento, sismo, etc.

*Amortiguamiento:* Propiedad de un material o una estructura que permite desvanecer la energía. Entre más grande sea el amortiguamiento, menores serán los desplazamientos y los esfuerzos inducidos en la estructura.

*Amplitud:* Valor de cantidades o medidas que varían de manera cíclica, tales como: deformaciones o cargas dinámicas.

*Análisis de costes y beneficios:* Estos términos tienen un sentido general más que económico. Los costes se miden con fines de evaluación de las pérdidas potenciales en las fábricas debido a terapias invasoras, en tanto que los beneficios se determinan con la terapia y/o conocimiento adquirido y útil en el futuro.

*Análisis estructural:* Cálculos, estudio que utiliza modelos matemáticos.

*Anamnesis:* Investigación que se realiza para obtener información fundamental previa al diagnóstico. Ésta contiene la historia clínica del edificio, incluyendo traumas, intervenciones, modificaciones anteriores, etc.

*Aplastamiento:* Desmoronamiento local del material debido a esfuerzos de compresión que exceden la resistencia de un elemento.

*Arco:* Elemento estructural curvo que libra un claro horizontal, que soporta el peso propio y que principalmente trabaja bajo esfuerzos de compresión.

*Armadura:* Conjunto de elementos estructurales que forman una viga de alma abierta, que por lo general tienen una configuración triangular entre sus puntales, cuerdas y tensores.

*Articulación:* Unión entre partes de una estructura que posibilita la rotación libre entre ellos.

*Bóveda:* Elemento arquitectónico-estructural curvo que se utiliza para cubrir espacios.

*Carga estática:* Aquellos pesos y fuerzas que actúan suficientemente lentos para inducir efectos no dinámicos.

*Carga muerta:* Es la carga que se ejerce de manera permanente en la estructura, en la cual se pueden considerar los pesos propios de los diferentes elementos estructurales, acabados, y todos aquellos elementos ornamentales o no que sean inamovibles en la estructura.

*Carga viva:* Es aquella carga que puede tener variaciones de posición en el tiempo, como por ejemplo: mobiliario, equipo, personas, vehículos, etc.

*Catenaria:* Configuración curva que adquiere una cadena o un cable cuando están sostenidos en sus extremos separados horizontalmente. Estructuralmente es la forma inversa de un arco.

*Cimentación:* Parte del sistema estructural que se encuentra en contacto con el suelo; su principal función es transmitir sobre éste las cargas generadas por la estructura.

*Claro o luz:* Distancia horizontal entre los apoyos de algún elemento estructural horizontal.

*Comportamiento estructural:* Es la manera en que una estructura reacciona ante las cargas impuestas, por ejemplo: deformaciones en los elementos estructurales, concentraciones de esfuerzos, agrietamientos, hundimientos, etc.

*Comportamiento estructural lineal:* Es cuando la estructura o sus elementos desarrollan deformaciones proporcionales a las magnitudes de las cargas. Este tipo

de comportamiento indica que no existe daño alguno.

*Comportamiento estructural no lineal:* Es cuando la estructura o sus elementos desarrollan deformaciones no proporcionales a las magnitudes de las cargas. Esto indica que se pierde rigidez y es indicio de algún tipo de daño.

*Continuidad estructural:* Es un estado en el que la conexión entre dos o más elementos estructurales impiden, de alguna manera, los movimientos entre ellos.

*Contrafuerte:* Elemento estructural, ya sea vertical o inclinado, que proporciona estabilidad lateral.

*Contraviento:* Elemento estructural que por lo general se instala de manera inclinada entre los elementos estructurales principales, con el fin de proporcionar rigidez ante las fuerzas laterales.

*Control:* Verificación y regulación de la eficiencia a través de ensayos, monitoreo y exámenes.

*Cortante:* Desfase entre fibras contiguas producida por una fuerza o esfuerzo que cizalla.

*Deformación:* Cambio en la configuración geométrica de la estructura o de sus elementos, debido a esfuerzos que actúan sobre ésta o éstos.

*Diafragma:* Cambio en la configuración geométrica de la estructura o de sus elementos, debido a esfuerzos que actúan sobre ésta o éstos.

*Diagnóstico:* Identificación o determinación de las causas y naturaleza de deterioros y daños, la cual se obtiene mediante la observación, investigación (cualitativa y cuantitativa) y análisis histórico, así como por medio de las opiniones que se derivan de estas actividades.

*Daño estructural:* cambio no favorable en la condición de una estructura, el cual afecta su buen rendimiento.

*Deterioro estructural:* proceso en el tiempo que afecta de manera negativa al rendimiento estructural. Este deterioro puede originarse debido a: a) acciones naturales químicas, físicas o biológicas, b) acciones repetidas que causen fatiga, c) influencias ambientales normales o severas, d) desgaste debido al uso, e) Mantenimiento y operación inapropiadas de la estructura.

*Evaluación estructural:* conjunto de actividades realizadas ordenadamente para verificar la confiabilidad de una estructura existente durante su uso futuro.

*Estribo:* Elemento estructural que sirve para soportar esfuerzos de tracción (tensión). Generalmente los elementos vigas y columnas de concreto reforzado contienen estribos en su interior para proporcionar resistencia ante esfuerzos de tracción.

*Modelo estructural:* Modelo numérico que simula el comportamiento y rendimiento del sistema estructural.

*Modelo de deterioro estructural:* Modelo matemático que describe el comportamiento y rendimiento del sistema estructural tomando en cuenta el deterioro.

*Holístico:* Se refiere a la importancia del conjunto y la interdependencia de sus partes.

*Inspección estructural:* examinación por medios no destructivos en sitio, con el fin de establecer la condición de la estructura.

*Investigación de la estructura:* colección y evaluación de información por medio de la inspección, búsqueda documental, pruebas de cargas y otro tipo de pruebas.

*Prueba de carga (pruebas destructivas):* prueba en la estructura o parte de ella, con el fin de evaluar su comportamiento y/o propiedades, también utilizada para predecir su capacidad de carga. En este tipo de prueba suele tomarse una muestra física del material a analizar, el cual induce una alteración (generalmente pequeña) en la estructura.

*Pruebas no destructivas:* prueba en la estructura o parte de ella, con el fin de evaluar su comportamiento y/o propiedades, también utilizada para predecir su capacidad de carga. En este tipo de prueba suele realizarse a través de nuevas herramientas tecnológicas, las cuales no inducen alteraciones físicas en dicha estructura.

*Mantenimiento:* intervención de prevención rutinaria para preservar un adecuado comportamiento.

*Propiedades de los materiales:* Características físicas, químicas y formales que poseen los materiales.

*Monitoreo estructural:* observación o medición de las acciones y/o condiciones estructurales a lo largo del tiempo.

*Mortero:* Mezcla de uno o varios aglomerantes, agregados y agua. En ocasiones se incluyen aditivos para proporcionar consistencia, trabajabilidad y todo lo necesario para alcanzar propiedades mecánicas, físicas y químicas apropiadas.

*Periodo de referencia:* lapso de tiempo elegido y usado como base para determinar y evaluar acciones, propiedades de los materiales, etc.

*Rehabilitación estructural:* trabajo de reparación que implica mejorar el comportamiento de una estructura existente.

*Periodo de vida estructural:* Tiempo esperado en una estructura para operar adecuadamente.

*Refuerzo:* Conjunto de intervenciones físicas orientadas a aumentar la capacidad

portante de una estructura.

*Reparar una estructura:* mejorar la condición de componentes dañados en una estructura existente.

*Escenarios estructurales:* cambios de acciones y/o condiciones en la estructura.

*Plan de seguridad:* comprende los objetivos de comportamiento, escenarios estructurales, medidas a considerar en el presente y en el futuro (diseño, construcción, operación y monitoreo) para asegurar el buen funcionamiento estructural.

*Rendimiento estructural:* representación cualitativa o cuantitativa del comportamiento de una estructura.

### **Términos Arquitectónicos, Conservación y Restauración**

Por otra parte, para la terminología empleada en el ramo de la arquitectura, conservación y restauración estructural, se parte de algunas definiciones aportadas por Meli (1998), ISCARSAH (2003) y las Bases para diseño de estructuras-Evaluación de estructuras existentes de ISO-13822:2010, Apuntes del especialista en estructuras Héctor Cesar Escudero Castro, Díaz Berrio (1984), Macarrón et al. (2011), Álvarez et al., (1994), así como de los conocimientos técnicos adquiridos en la práctica profesional, y en la educación académica del autor.

*Ábside:* Parte del templo, abovedada y comúnmente semicircular, la cual sobresale de la fachada posterior.

*Abrasión:* Es la apariencia de desgaste, destrucción o uso que puede presentar una superficie, a causa de una acción mecánica o química.

*Ademe:* Madero o puntal con que se apuntalan o refuerzan las obras.

*Andamio:* Armazón junto o debajo de una construcción o cubierta que sirve para soportar al personal que ejecuta la obra.

*Aparejo:* Referido a la talla en madera, consiste en la preparación y lijado de la superficie.

*Aplanado:* Recubrimiento de un mortero sobre algún elemento estructural o arquitectónico (ver definición de revoque y enlucido).

*Arbotante:* Elemento estructural inclinado y/o en forma de arco que se coloca al exterior del inmueble con el fin de soportar empujes horizontales de bóvedas o arcos.

*Arcada:* Conjunto de arcos que se apoyan en columnas.

*Argamasa:* Combinación de agua y cementante(s) (cal, cemento, etc.).

*Atrio*: Patio central delimitado por columnas.

*Bajareque*: Estructura formada por varas entrelazadas recubiertas por barro mezclado con paja.

*Basamento*: Elemento ubicado en la parte inferior de una columna.

*Botagua*: Saliente de fachadas y/o elementos arquitectónicos que sirve para eludir el escurrimiento de agua sobre éstos.

*Botarel*: Contrafuerte, machón para reforzar un muro.

*Calicanto*: Construcción realizada con base en cantos de piedra y mortero de cal.

*Capitel*: Parte superior de una columna.

*Capuchino*: Muro de mampostería de ladrillo acomodado de canto.

*Cercha*: Cimbra o armazón que sostiene a un arco durante su fabricación.

*Cimborrio*: Elemento de forma cilíndrica que forma la base de una cúpula.

*Clave*: Es la dovela que se sitúa en la zona cima de arcos o bóvedas.

*Claustro*: Galería que cerca el patio principal de una iglesia.

*Cúspide*: Parte superior de un elemento que tiende a formar punta.

*Conservación*: Procedimiento que se realiza en el tiempo para mantener las propiedades de una cosa. Ver Capítulo 1, en particular el inciso 1.1.2.

*Consolidación*: Es el proceso de mejoramiento de los soportes (madera, piedra, etc.) y de la capa pictórica de las obras de arte, alterados por causas naturales o artificiales.

*Corriente arquitectónica*: Ideas y formas creadas conscientemente.

*Craqueladura*: Referido a los fondos, capas y revestimientos, este término designa una red de fisuras que se desarrollan a medida que los materiales envejecen o que resulta de la acción del medio (dilatación, contracción del soporte); puede ser consecuencia de estas dos causas.

*Criterio*: Opinión, juicio o decisión que se adopta sobre una cosa.

*Desplome*: Declinación con respecto a la vertical.

*Dintel*: Viga que libra un vano y que trabaja como simplemente apoyada en sus extremos.

*Dovela*: Bloque de piedra con inclinaciones en sus extremos con el fin de poder constituir un arco o bóveda.

*Eflorecencia*: Formación de cristales blancos a consecuencia de la penetración de

la humedad en superficies pintadas; formación de costras polvorientas sobre la superficie de la piedra, cerámica o yeso, a causa de una diferencia de humedad con el medio exterior.

*Encofrado*: Revestimiento que generalmente se realiza en madera y que sirve para contener el vaciado de una moldura.

*Enlucido*: Sinónimo de aplanado y revoque.

*Espiga*: Clavo de madera con que se aseguran las tablas o maderos. Lengüeta o parte saliente de una pieza que se utiliza para ensamblar un marco o una talla compuesta

*Estilo arquitectónico*: Concepto descriptivo que define una tendencia para articular u organizar la arquitectura.

*Estría*: Canal estrecho labrado de forma vertical en el fuste de la columna.

*Estribo*: Es un elemento sólido y firme que sirve de contrafuerte. También funciona como arranque de un puente.

*Extradós*: Cara exterior de forma convexa en una bóveda o arco.

*Estuco*: Mezcla de cola animal, yeso blanco y agua que sirve como base para conseguir un dorado brillante y delicado, o para trabajos de policromado.

*Fábricas*: Partes materiales y de la estructura que conforman al edificio (Pórticos, paredes, forjados, cubiertas, etc.)

*Fisura*: Separación de las capas en una estructura estratificada, a causa de una pérdida de adherencia. Las separaciones presentan diversas formas: hinchamientos, deslizamientos localizados en forma cóncava, fisuras ciegas; (ocultas entre dos capas, detectables solamente mediante horadación del material).

*Frontispicio*: Conjunto de elementos que componen la fachada principal de un edificio.

*Frontón*: Remate superior en una fachada o un pórtico.

*Fuste*: Parte de una columna que se encuentra entre el capitel y la basa.

*Funcionamiento arquitectónico*: Es el desarrollo de actividades que tendrán o tienen los usuarios en los diferentes espacios que componen al edificio.

*Gárgola*: Elemento arquitectónico que sirve para desalojar el agua pluvial hacia los espacios abiertos.

*Gualdra*: Viga de gran tamaño construida en madera.

*Imposta*: Saliente en la parte superior de un pilar en el que se apoya la primer dovela.

*Integración:* Incorporación de algún elemento en un sistema.

*Intradós:* Superficie interior de un arco o bóveda.

*Jamba:* Elementos verticales ubicados en los costados de los vanos de las puertas o ventanas.

*Jarja:* Tramo inferior de un arco o bóveda que se erige sin cimbra.

*Lechada:* Fluido de mezcla cementante que sirve para rellenar huecos y aberturas.

*Lectura de datos:* Observación, recopilación, organización, interrelación e interpretación del conjunto de elementos tangibles e intangibles obtenidos en las diferentes fuentes de información relacionadas con el objeto.

*Lineamiento:* Conjunto de acciones específicas que determinan el modo y la forma para llevar a cabo algo.

*Logia:* Pórtico o galería en volado.

*Mortero:* Mezcla de arena, agua y cementante.

*Nave:* Espacios arquitectónicos ubicados entre muros o filas de columnas, dichas zonas se encuentran por lo general en las iglesias y templos.

*Pechina:* Es el triángulo curvilíneo que en su zona superior forma una parte del anillo en el que se desplanta la cúpula. Dichos triángulos descargan en un punto inferior.

*Pedestal:* Cuerpo sólido en el que se apoya una estatua o columna.

*Pilar:* Elemento tipo pilastra que no tiene proporción fija entre su grueso y su altura, además de encontrarse aislado de otros elementos.

*Pilastra:* Elemento tipo columna que se encuentra adosado con otro elemento, por lo general en muros.

*Plinto:* Elemento de forma cuadrilátera en la que se desplanta una columna.

*Pórtico:* Espacio cubierto situado en la parte principal de los edificios que es sostenido generalmente con columnas.

*Postura de restauración:* Posición o actitud que alguien adopta respecto a los criterios de restauración.

*Programa arquitectónico:* Es la declaración, dimensionamiento y organización de los espacios arquitectónicos que componen a una edificación.

*Reconstrucción:* Volver a construir un objeto destruido o desecho.

*Reintegración:* Reincorporación de algún elemento en un sistema.

*Restauración:* Ver Capítulo 1, en particular el inciso 1.1.2.

*Retablo*: Conjunto o colección de figuras pintadas o de talla, que representan en serie una historia o un suceso.

*Revoque*: Sinónimo de aplanado.

*Sillar*: Piedra labrada de forma cuadrangular.

*Sustitución*: Reemplazar un objeto por otro con el fin de que realice la misma función.

*Talud*: Inclinación de la pared o superficie de un muro o terreno.

*Tambor*: Cada uno de los bloques que conforman el fuste de una columna. Apoyo cilíndrico donde se desplanta una cúpula.

*Tímpano*: Extremo triangular en una cubierta a dos aguas.

*Trasdós*: Sinónimo de extradós.

*Vara*: Unidad de medida longitudinal española equivalente a 83.8 cm.

*Zuncho*: Cinturón, abrazadera, anillo, etc., que tiene la función de contener perimetralmente una pieza.

### **Términos en Química<sup>11</sup>**

La terminología aquí presentada para el ramo de la química, se retomó de Chang (2002) y de dequimica.com (2012)

*Absorción*: Penetración o impregnación de un material sólido por un líquido o un gas. La absorción de la luz consiste en la captura de fotones de energía  $E = hv$ .

*Ácido*: Sustancia que libera iones hidrógeno, cuando se disuelve el agua.

*Adhesión*: Atracción entre moléculas diferentes.

*Agente oxidante*: Sustancia que puede aceptar electrones de otra sustancia o aumentar el número de oxidación de otra sustancia.

*Agente reductor*: Sustancia que puede donar electrones a otra sustancia o disminuir los números de oxidación de la misma.

*Análisis cualitativo*: Determinación de los tipos de iones presentes en una disolución.

*Análisis cuantitativo*: Determinación de las cantidades de sustancias presentes en una muestra.

---

<sup>11</sup>De Quimica.com. (2012) Fuerzas intermoleculares. Obtenido de dequimica.com <http://dequimica.com/glosario/260/Fuerzas-intermoleculares>

*Análisis gravimétrico:* Procedimiento experimental que implica la medición de masas.

*Átomo:* Unidad fundamental de un elemento que puede intervenir en una combinación química.

*Aleación:* Mezcla de metales después de ser fundidos. El latón es una aleación de cobre y zinc, el bronce de cobre y estaño. También se llaman soluciones sólidas.

*Barniz:* Revestimiento que se aplica sobre una superficie, con el fin de protegerla, y realzar su apariencia. Por lo general, los barnices que se utilizan en conservación se componen de una resina natural, disuelta en aceite secativo o en solventes volátiles.

*Balance de presiones:* Situación que se da cuando la suma de las presiones en el interior de un sistema iguala a la suma de las presiones que actúan sobre el sistema desde el exterior.

*Barómetro:* Revestimiento que se aplica sobre una superficie, con el fin de protegerla, y realzar su apariencia. Por lo general, los barnices que se utilizan en conservación se componen de una resina natural, disuelta en aceite secativo o en solventes volátiles.

*Base:* Sustancia que libera iones hidróxido cuando se disuelve en agua.

*Cambio de estado:* Transformación física de la materia en la que una sustancia cambia de estado reorganizando sus partículas pero manteniendo sus propiedades químicas. El cambio se realiza gracias a la absorción de energía térmica.

*Calor:* Forma de transmisión de la energía. Se manifiesta cuando se ponen en contacto dos cuerpos que tienen diferente temperatura y, por tanto, diferente energía térmica. El calor se transmite del cuerpo con más temperatura al de menos temperatura.

*Carga:* Propiedad de las partículas subatómicas que les confiere características eléctricas. Hay dos tipos: positivas y negativas. Las cargas de distintos signos se atraen, mientras que cargas del mismo signo se repelen. La carga se mide en coulombs, C. La carga de los cationes y aniones, positiva y negativa respectivamente, es consecuencia de las cargas de las partículas subatómicas.

*Catalizador:* Sustancia que aumenta la velocidad de una reacción química sin consumirse.

*Cohesión:* Atracción intermolecular entre moléculas semejantes.

*Condensación:* Fenómeno en el que se pasa del estado gaseoso al estado líquido.

*Corrosión:* Deterioro de los metales por un proceso electroquímico.

*Cristalización:* Proceso en el que un soluto disuelto se separa de la disolución y

forma cristales.

*Cualitativo:* Observaciones generales acerca de un sistema.

*Cuantitativo:* Valores numéricos obtenidos por diversas mediciones de un sistema.

*Decantación:* Método de separación de líquidos inmiscibles basado en la diferencia de densidades.

*Descomposición:* Reacción química consistente en la obtención de dos o más sustancias a partir de un compuesto determinado. El proceso requiere absorción de energía calorífica; es decir, las reacciones de descomposición son endotérmicas.

*Dureza:* Resistencia de un material a la fractura. En la escala de Mosh, el material más duro es el diamante, con una dureza de 10.

*Elemento:* Sustancia que no puede separarse en sustancias más sencillas por métodos químicos.

*Estado:* Situación en la que se encuentra un sistema químico determinado. Un estado se caracteriza por el valor de sus propiedades.

*Filtración:* Método de separación de un líquido puro o disolución que contiene una sustancia sólida insoluble mediante un material poroso denominado filtro. La velocidad de filtración depende del tamaño de los poros, de la temperatura de la mezcla y de la presión ejercida sobre la superficie.

*Fase:* Parte homogénea de un sistema físicamente distinta en composición y propiedades a las otras partes del sistema. Está aislada de éstas por superficies claramente definidas y se puede separar por procedimientos físicos.

*Fuerzas intermoleculares:* Fuerza atractivas y repulsivas existentes entre los núcleos de los átomos y los electrones que los rodean. Estas fuerzas dan lugar a grupos polarizados, dipolos, fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrógeno.

*Grasas:* Ésteres de la glicerina en los que predominan como componentes ácidos grasos saturados, como el palmítico, o el esteárico. Son lípidos sólidos a temperatura ambiente.

*Heterogéneo:* Término que se aplica a los sistemas en los que existen varias fases. Un sistema heterogéneo no se considera una solución química.

*Inerte:* Término que se aplica a las sustancias químicas que prácticamente no reaccionan con ninguna otra o sólo lo hacen bajo condiciones extremas. Por ejemplo, los gases nobles.

*Inhibidor:* Sustancia química que retarda la velocidad de una reacción química. Los inhibidores son importantes como antidetonantes o a nivel biológico (enzimas).

*Licuação:* Proceso en el que un gas se convierte en líquido a altas presiones y bajas temperaturas. El gas tiene que encontrarse por debajo de su temperatura crítica para poder licuarse.

*Lluvia ácida:* Fenómeno producido por la precipitación de gases ácidos mezclados con el agua de la lluvia. Los gases causantes de la lluvia ácida son el SO<sub>3</sub> (que en contacto con el agua produce ácido sulfúrico) y los óxidos de nitrógenos, que proporcionan el ácido nítrico. Estos gases se obtienen de las emanaciones de los automóviles y de las industrias.

*Masa:* Medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo. La masa es la misma en cualquier lugar donde se encuentre el cuerpo.

*Oleo:* Un medio pictórico que se compone por pigmentos y aglutinantes.

*Periodo:* Línea horizontal en la tabla periódica.

*Propiedad química:* Cualquier propiedad de una sustancia que no puede estudiarse sin la conversión de dicha sustancia en otra.

*Química:* Estudio de la materia y de sus cambios.

*Radiación:* Emisión y transmisión de energía a través del espacio, en forma de partículas u ondas.

*Reacción química:* Proceso durante el cual una sustancia (o sustancias) cambian para formar una o más sustancias nuevas.

*Solvente:* Material líquido que es capaz de disolver otro material y formar una mezcla homogénea, a la cual se le llama solución.

*Tensión superficial:* Cantidad de energía que se requiere para extender o aumentar la superficie de un líquido por unidad de área.

*Velocidad de reacción:* Cambio en las concentraciones de reactivos o productos respecto del tiempo.

*Viscosidad:* Medida de la resistencia de un líquido a fluir.

## **Términos Geotécnicos**

La terminología aquí presentada para el ramo de la geotecnia se retomó de Chang R. (2002) y de dequimica.com (2012)

*Absorción:* Entrada de un fluido dentro de un sólido en virtud de la porosidad del último.

*Acuífero*: Formación geológica que constituye un depósito de agua.

*Acuífero confinado*: Acuífero en el cual el agua del subsuelo está confinada entre estratos impermeables o semi-impermeables.

*Adherencia*: Parte de la resistencia al esfuerzo cortante entre el suelo y otro material bajo una presión normal nula.

*Altura capilar*: Elevación que alcanza el agua por efecto de la tensión superficial.

*Altura piezométrica*: Elevación de la columna de agua dentro de un tubo piezométrico.

*Arcilla*: Suelo cohesivo de grano fino que presenta plasticidad, en el que las partículas tienen diámetros equivalentes menores que 75  $\mu\text{m}$ .

*Arena*: Suelo granular no cohesivo cuyas partículas tienen diámetros equivalentes entre 4,75 mm y 0,75  $\mu\text{m}$ .

*Bulbo de presión*: Zona teórica del subsuelo, limitada por una isocurva escogida arbitrariamente, que delimita la influencia de un esfuerzo exterior aplicado.

*Cala*: Rompimiento hecho para reconocer el grueso de una pared.

*Capacidad de carga última*: Propiedad de los suelos para soportar cargas sin que se produzca falla por corte.

*Capacidad de carga admisible*: Capacidad de carga afectada por un factor de seguridad, de acuerdo a las características del subsuelo y a las condiciones de carga analizadas, el cual produce un asentamiento del subsuelo, admisible para la obra construida sobre él.

*Capilaridad*: Fenómeno físico que permite la ascensión del agua a través de los vacíos o poros de un material.

*Coficiente*: Persona que acompaña en sus exámenes al aspirante a ingreso en las academias militares.

*Coficiente de compresibilidad*: Disminución en la relación de vacíos para un incremento de la presión efectiva.

*Cohesión*: Acción y efecto de suprimir y efecto de reunirse o adherirse las cosas entre sí o la materia de que están formadas.

*Consolidación primaria*: Efecto principal de la contracción de un suelo, debido a la expulsión del agua de los espacios vacíos de la masa y a la transferencia de carga desde el agua del suelo a los sólidos del mismo.

*Consolidación secundaria*: Efecto remanente de la contracción de un suelo, debido principalmente al ajuste de la estructura interna de la masa del suelo, luego de que la mayor parte de la carga ha sido transferida desde el agua del suelo a los sólidos

del mismo.

*Contracción lineal:* Relación expresada en porcentaje entre la longitud contraída y la longitud original de una probeta de suelo.

*Contracción volumétrica:* Relación expresada en porcentaje entre el volumen contraído y el volumen original de una probeta de suelo.

*Compacidad:* Período de tiempo que se distingue por los hechos históricos en él acaecidos y por sus formas de vida.

*Consolidación:* Es un proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocado por la actuación de sollicitaciones (cargas) sobre su masa y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo. Produce asentamientos, es decir, hundimientos verticales, en las construcciones que pueden llegar a deteriorarse si éstos se producen con gran amplitud.

*Curva de consolidación:* Curva que indica el asentamiento que sufre una muestra de suelo con el incremento de tiempo transcurrido desde la aplicación de una presión.

*Deformación plástica:* Deformación de un material más allá del punto de recuperación, acompañada por una deformación sin necesidad de un incremento en los esfuerzos.

*Depósito aluvial (aluvio):* Depósito sedimentario constituido por materiales sueltos de gravas, arenas y otros, transportados por corrientes de agua.

*Deslizamiento:* Falla de un terraplén o talud, que se manifiesta por el movimiento de la masa a lo largo de una superficie crítica.

*Terraplén:* Macizo de tierra con que se rellena un hueco, o que se levanta para hacer una defensa, un camino u otra obra semejante.

*Plasticidad:* Propiedad que tiene un material para ser moldeado o trabajado para que cambie su forma.

*Granulometría:* Parte de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos.

*Estratigrafía:* Disposición de los sedimentos en capas.

*Estructura:* Conjunto de características de disposición relativa de las formaciones geológicas de una zona dada.

*Expansión de un suelo:* Incremento del volumen de una masa de suelo debido a una disminución del esfuerzo normal efectivo originada por descarga y/o adición de agua.

*Falla geológica:* Fractura de la parte de la corteza terrestre a lo largo de la cual existe

un movimiento diferencial.

*Fisura:* Discontinuidad de una masa de suelo o de roca.

*Flujo capilar:* Movimiento del agua por acción capilar.

*Grado de compactidad:* Cociente entre el volumen ocupado por las partículas de un suelo y el volumen aparente de este.

*Grado de compactación:* Relación expresada en porcentaje, entre la densidad seca del suelo in situ y la máxima densidad determinada en el laboratorio, mediante un ensayo de compactación normalizado.

*Grava:* Material granular no cohesivo, cuyas partículas tienen diámetros equivalentes comprendidos entre 4,75 mm y 75 mm.

*Licuación:* Transformación de un material granular de un estado sólido a un estado líquido, como una consecuencia del incremento de presión del agua de los poros.

*Limo:* Suelo de grano fino de baja plasticidad, en el que las partículas tienen diámetros equivalentes menores que 75  $\mu\text{m}$ .

*Masa homogénea:* Masa que presenta iguales características en todos sus puntos.

*Masa isótropa:* Masa que tiene, en cualquier punto dado, las mismas propiedades en todas las direcciones.

*Muestra alterada:* Muestra de suelo obtenida de tal modo, que se puede considerar, que no mantiene todas las características que se verifiquen in situ.

*Muestra inalterada:* Muestra de suelo obtenida de tal modo, que se puede considerar, que conserva todas las características que se verifiquen in situ.

*Nivel freático:* Lugar geométrico de los puntos en que la presión del agua del subsuelo es la atmosférica. Tomando este valor como cero, abajo del nivel freático, la presión del agua es positiva y el suelo se encuentra saturado, y, arriba del nivel freático, la presión del agua es negativa.

*Perfil stratigráfico:* Representación gráfica de una sección vertical que indica la secuencia y espesores de las varias capas de suelo.

*Subpresión:* Presión que el agua del subsuelo ejerce sobre una estructura de abajo hacia arriba.

*Subrasante:* Superficie preparada del terreno, sobre la cual se construye el pavimento.

*Presión:* Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie.

*Permeabilidad:* Propiedad que tienen los suelos para permitir el flujo del agua.

*Piedra*: Fragmento de roca de diámetro equivalente comprendido entre 75 mm y 200 mm.

*Plasticidad de los suelos*: Propiedad de un suelo que le permite deformarse más allá del punto de recuperación, sin variación apreciable de volumen.

*Presión de contacto (cimentación)*: Esfuerzo vertical que una cimentación transmite al suelo que lo soporta; su magnitud es variable con el tiempo y las condiciones de carga.

*Presión hidrostática*: Presión en un líquido bajo condiciones estáticas; esto es, el producto de la densidad del líquido y la diferencia en elevación entre un determinado punto y el nivel freático.

*Resistencia a la compresión simple*: Máximo esfuerzo vertical que soporta una probeta de suelo en un ensayo no confinado; en suelos arcillosos, saturados y normalmente consolidados, esta resistencia es igual a dos veces la cohesión.

*Sedimentación*: Caída gradual hacia el fondo de las partículas sólidas presentes en un líquido, bajo la influencia de la gravedad.

*Vacío*: Espacio no ocupado por materia mineral sólida en la masa de un suelo, pero que contiene aire, agua u otro gas o materia líquida.

*Velocidad sísmica*: Espacio que recorre una onda de choque a través de las diferentes capas del subsuelo, en la unidad de tiempo.

## **Términos en Historia**

*Absolutismo*: El absolutismo es un sistema de gobierno absoluto, en el cual el poder reside en una única persona que manda sin rendir cuentas a un parlamento o la sociedad en general. El absolutismo fue muy usual desde el siglo XVI hasta la primera mitad del XIX, cuando diversas revoluciones lo derrocaron.

*Acueducto*: Canal artificial o mampostería, con una o dos hileras de arcadas, para transportar agua a través de terrenos de distinto nivel.

*Aculturación*: Recepción y asimilación de elementos culturales de un grupo humano por parte de otro.

*Alegorías*: Representación simbólica de ideas abstractas por medio de figuras, grupos de estas o atributos.

*Audiencias*: eran tribunales regionales para los ramos civil y criminal. Pero

---

<sup>22</sup> Obtenido de Portal académico del colegio de ciencias y humanidades (2013)

las audiencias americanas fueron más que eso; fueron también tribunales administrativos y, además, gobernadoras de sus distritos durante los interrogatorios, es decir, cuando faltando el virrey, el monarca no había designado sustituto suyo.

*Barroco Novohispano:* impuro, abigarrado, extravagante, osado. La arquitectura religiosa es la expresión más clara del barroco novohispano, donde podemos apreciar distintos estilos: mudéjar, plateresco, churrigueresco y neoclásico.

*Capitales:* Factor de producción constituido por inmuebles, maquinaria o instalaciones de cualquier género, que, en colaboración con otros factores, principalmente el trabajo, se destina a la producción de bienes.

*Casta:* Grupo de individuos diferenciados por el grupo étnico al que pertenecen. En la Nueva España esta diferenciación dio lugar a la desigualdad y la discriminación de los individuos por el color de la piel.

*Cronología:* Ciencia que tiene por objeto determinar el orden y fechas de los sucesos históricos.

*Chinampa:* En ocasiones denominadas 'jardines flotantes', eran parcelas rectangulares de sedimentos arrastrados y de abonos colocados sobre balsas de ramas y maleza que flotaban sobre las aguas poco profundas del perímetro del lago de Texcoco, y de los lagos del sur de Chalco y Xochimilco. Un complejo sistema de acequias, acueductos y canales mantenía el agua de las chinampas a un nivel constante.

*Cimarrón:* Término ofensivo que utilizaron los españoles para los negros que huían; los asemejaban a los animales domésticos que se escapaban para convertirse en animales salvajes.

*Congregación:* Hermandad de fieles. En algunas órdenes religiosas, reunión de muchos monasterios de una misma orden bajo la dirección de un superior general.

*Códice:* Libro manuscrito anterior a la invención de la imprenta.

*Encomienda:* En América, institución con la cual los conquistadores obtenían la fuerza de trabajo indígena a cambio de la su evangelización.

*Época:* Período de tiempo que se distingue por los hechos históricos en él acaecidos y por sus formas de vida.

*Estratificación social:* Hace referencia a la jerarquía y a la desigualdad social institucionalizada dentro de un Estado.

*Gremios:* En el campo laboral: organización de personas que tienen el mismo oficio o profesión.

*Gubias:* Herramienta de hoja curva para labrar madera.

*Hacienda*: Una finca, con un núcleo de viviendas, normalmente de alto valor arquitectónico. Sistema de propiedad privada de origen español.

*Hegemonía*: Supremacía o dominio que un Estado ejerce sobre otros.

*Huso*: Instrumento, algo más grueso y más largo que el hilar, que sirve para unir y retorcer dos o más hilos (RAE).

*Ideología*: hace referencia al conjunto de ideas y creencias que explican el mundo en cada sociedad.

*Ilmenita*: Es un mineral débilmente magnético, de color negro o gris, que se encuentra en las rocas metamórficas y en las rocas básicas ígneas.

*Intervención*: Acto mediante el cual un Estado intenta negar o lesionar la soberanía de otro Estado independiente, con el objetivo de obligarlo a adoptar medidas, compromisos o actitudes contrarias a su voluntad.

*Ladino*: Término para describir a los indígenas que hablaban solamente castellano y que imitaban las formas de vestir y de vivir de los españoles y criollos.

*Latifundio*: Finca rústica de gran extensión.

*Leva*: Reclutamiento forzoso y obligatorio de personas para participar en el servicio militar.

*Mancedumbre*: Docilidad, obediencia.

*Manufactura*: Originalmente se llamaba manufactura a lo que era hecho a mano, sin intervención de máquinas.

*Mercedes*: Tierra de labranza; otorgadas por el rey de España a los soldados, como recompensa por los servicios en la conquista y pacificación.

*Misión*: Asentamientos o colonias establecidos por misioneros para evangelizar regiones inhóspitas.

*Mulato*: Término racial que hace referencia a una persona que ha nacido de una negra y un blanco, o al contrario.

*Negro*: El término negro, de acuerdo a historiadores especialistas en el tema, es sinónimo de africano esclavizado trasplantado a América.

*Oficialismo*: Conjunto de tendencias o fuerzas políticas que apoyan al gobierno.

*Órdenes mendicantes*: Son aquellas órdenes religiosas que viven de la caridad.

*Periodo*: Tiempo que algo tarda en volver al estado o posición que tenía al principio.

*Perspectiva*: Enfoque, representación, faceta, circunstancia.

*Picota*: Columna de piedra donde se exponía públicamente las cabezas de los

ajusticiados.

*Pirámide:* Una hoguera o pira —en griego, pirá—suele ser más extensa en la base y estrecharse hasta terminar en algo parecido a una punta, tal como una pirámide. Con base en esta analogía, los griegos llamaron pyramís, pyramídos al poliedro regular cuyas caras convergen hacia un punto común llamado vértice. Recuperado de (<http://www.elcastellano.org/palabra.php?id=1833>)

*Presidio:* Guarnición de soldados que se ponía en las plazas, castillos y fortalezas para su custodia y defensa.

*Primicia:* Prestación de frutos y ganados que además del diezmo se daba a la Iglesia.

*Rancho:* Pequeña y mediana propiedad privada, apareció a principios del siglo XVII, en regiones poco pobladas del norte del territorio, donde el incremento de ganado fue abriendo la posibilidad de asentamiento y aprovisionamiento para los mineros y algunos españoles pobres, quienes venían a las nuevas tierras en busca de mejores condiciones de vida.

*República:* Forma de gobierno representativo en que el poder del jefe del Estado procede del voto de todos o de una parte de los ciudadanos.

*Revolución:* Es una acción violenta que conduce al derrocamiento de un régimen político y social. A diferencia de la guerra, una revolución genera cambios en la estructura económica, jurídico-política e ideológica de la sociedad.

*Secular:* Sinónimo de “laico”, independiente de cualquier organización o confesión religiosa.

*Tameme:* Proveniente del náhuatl Tlameme: cargador indígena.

*Temple:* Procedimiento pictórico en que los colores se diluyen en líquidos glutinosos o calientes.

*Teocracia:* es una forma de gobierno en la que los líderes gubernamentales coinciden con los líderes de la religión dominante, y las políticas de gobierno son idénticas o están muy influidas por los principios de la religión dominante

*Tianquizco:* Lugar de venta, tianguis.

*Tributo:* Carga u obligación que impone el Estado para el uso o disfrute de algo.

*Usufructo:* Frutos o provechos que se sacan de cualquier cosa, en particular de la tierra.

*Veta:* Masa metalífera o pétreo que rellena una antigua quiebra de las rocas de un terreno.

*Yunta:* Par de bueyes, mulas u otros animales que sirven en la labor del campo o en

los acarreos.

*Zambo*: Hijo de negro e india, o al contrario.

### **Términos Arqueológicos<sup>13</sup>**

*Acrópolis*: En las ciudades antiguas, zona fortificada en la parte más alta de la ciudad; frecuentemente se trataba del primer asentamiento humano, que, al crecer la ciudad, se transformaba en una zona con cierto carácter sacro, siendo el centro de los principales palacios y templos de la ciudad.

*Adobe*: Mezcla de barro y elementos vegetales modelado con forma paralelepípeda, secado al sol, utilizado con la misma función que los actuales ladrillos.

*Antracología*: ciencia que determina las especies arbóreas y arbustivas a partir de los restos de carbón.

*Arqueología*: Estudio de las culturas del pasado y de su historia a través de sus vestigios; el término hace referencia al proceso total de ese estudio, desde el momento de la recuperación hasta el de la comunicación de los resultados de la investigación, tanto a nivel especializado como a nivel divulgativo.

*Artefacto*: Elemento físico de expresión cultural alterado voluntariamente por el hombre.

*Astu*: Nombre que reciben, en una polis griega, los barrios donde vive la mayor parte de la población; el término se utiliza por oposición a Acrópolis.

*Augures*: Personajes que en la antigüedad, a través de la observación de ciertos elementos naturales, establecían una comunicación entre las divinidades y los hombres.

*Betilo*: Monolito de piedra; betilo, obelisco y monolito serían, desde cierto punto de vista sinónimos.

*Canecillo*: Cabeza de una viga que carga en el muro y sostiene la corona de una cornisa; modillón.

*Cantería*: Obra ejecutada con piedras labradas.

*Cariátide*: Escultura femenina que ejerce el papel de soporte vertical en lugar de una columna o pilar.

*Ceca*: Del árabe, casa de moneda (en latín, "officina monetalis"). Recibe esta denominación el taller o fábrica donde se acuña la moneda y, por extensión, la

---

<sup>13</sup>Obtenido de Asociación de estudios de arqueología Bastetana (2013)

ciudad emisora.

*Cobija*: Pieza monolítica, generalmente llana, con que se cubre un vano.

*Codo*: Medida lineal, que se tomó de la distancia que media desde el codo a la extremidad de la mano.

*Collarino*: Moldura de sección anular entre el fuste y el capitel.

*Columna*: Soporte vertical de sección circular, cuyas partes esenciales son: el fuste, caria o caña (cuerpo de la columna), el capitel, pieza que remata el fuste y sobre el que reposa el elemento sostenido por la columna. Usualmente, bajo el fuste, se añade una tercera pieza que lo separa de la superficie del suelo, llamada basa.

*Contario*: Decoración a base de cuentas, perlititas, etc. colocadas en una banda o faja.

*Craquelado*: Fractura de la superficie de tratamiento de una pieza.

*Emplecton*: Relleno de cascajo al interior de un muro, entre los dos paramentos externos.

*Emporion*: Este concepto no hace referencia, necesariamente, a una ciudad, sino a un centro especializado en el comercio y/o producción de bienes con el objetivo de ser comercializados.

*Engobe*: Es una palabra no reconocida en el diccionario de la R.A.E., pero muy utilizada en la arqueología; es un tratamiento que se da a algunas piezas de barro en su superficie compuesta de algún material emulgente, como grasa o huevo, unido a partículas arcillosas muy finas, formando una masa pastosa que se aplica a la pieza por inmersión de ésta o mediante un pincel.

*Éntasis*: Término arquitectónico que se refiere al engrosamiento que presenta una columna en la parte central de su desarrollo vertical para evitar el efecto óptico de la perspectiva, el cual provocaría un perfil cóncavo en vez de recto.

*Esfinge*: Animal fantástico alado con cabeza o tronco humanos y cuerpo de león, con valor apotropaico entre los iberos.

*Exvoto*: Objeto frecuentemente de metal o arcilla cocida, utilizado como ofrenda en los rituales sagrados, con formas muy diversas, pero que en el mundo ibérico suele ser zoomorfo o antropomorfo.

*Estratigrafía*: Ciencia que estudia los estratos, su composición natural y cultural, sucesión y clasificación, con el objeto de ordenarlos en una secuencia cronológica.

*Grafito*: Inscripción incisa que aparece sobre las cerámicas después de haber sido cocidas, señalando el contenido de la vasija, el taller de procedencia, o, más frecuentemente, el propietario del vaso.

*Hipogeo*: Es un término arquitectónico utilizado para referirse a las grandes construcciones que servían de sepulcros en la antigüedad y que se caracterizaban por estar bajo tierra.

*Mampuesto*: Tipo de construcción que utiliza piedra que no ha sido desbastada. Se utiliza por oposición a sillar.

*Necrópolis*: Ciudad de los muertos; por extensión, cementerio.

*Opus signinum*: Tipo de argamasa compuesta de cal grasa y fragmentos de cerámica cocida machacados, utilizado principalmente por su carácter hidrófugo en las estructuras hidráulicas, aunque también puede utilizarse en los suelos de las habitaciones de las unidades domésticas; aunque se generaliza en época romana, existen antecedentes griegos y púnicos.

*Paramento*: Pared o paredes de un muro.

*Piedra Seca*: Sistema constructivo en el que los mampuestos se colocan sin argamasa alguna o, a lo sumo, con ligazón de barro.

*Ripio*: Piedras pequeñas que se colocan entre los mampuestos para que asienten bien.

*Tapial*: Molde constituido por dos tableros colocados verticales y paralelos, que se emplean para hacer las tapias, pared de arcilla apisonada y amasada.

*Zafariche*: Estanque poco profundo centrado un patio. También cantarera o sitio dónde se ponen los cántaros.

*Zaguán*: Estancia cubierta que sirve de vestíbulo en la entrada a una casa desde la calle, inmediata a la puerta.

*Zampa*: Cada una de las estacas que se clavan en un terreno para hacer el firme sobre el cual se va a edificar.

*Zapata*: Trozo de madera horizontal sobre un pie derecho para sostener la carrera que va encima. También grosor de los cimientos por ambos lados cuando aquellos son más anchos que la pared que soportan.

*Zaquizamí*: Techo plano, ya sea de lazo o de yeso fraguado sobre cañas o cañahejas, que equivale al entabacado moderno.

*Zarpa*: Parte que en la anchura de un cimiento excede a la del muro que se levanta sobre él.

*Zócalo*: Parte del pedestal bajo el dado o neto. En construcción, se denomina así a la parte inferior de un edificio que se crea para conseguir una superficie uniforme sobre la que colocar todos los basamentos a un mismo nivel. También se llama zócalo a una faja corrida y de poca altura pintada en la parte baja de una pared.

*Zulaque*: Betún en pasta hecho con estopa, cal, aceite, y escorias o vidrios molidos, a propósito para tapar las juntas de los arcaduces en las cañerías y otras obras hidráulicas.

*Zuncho*: Refuerzo metálico, o de otras materia resistente, que sirve para atar y juntar elementos constructivos que tienden a separarse.

### **Términos adicionales propuestos**

*Enfoque sistémico-interdisciplinar*: Delimitación de un conjunto de disciplinas que se ordenan e interrelacionan con el fin de obtener mayor entendimiento de algún problema, para por ende solucionarlo de manera más objetiva.

*Lectura de datos*: Observación, recopilación, organización, interrelación e interpretación del conjunto de elementos tangibles y/o intangibles obtenidos en las diferentes fuentes de información relacionadas con el objeto.

## APÉNDICE B - PLANTILLAS DE AYUDA EN EL LEVANTAMIENTO DE DATOS INTERDISCIPLINARES

**Tabla B1.** Plantillas para identificar la postura de conservación y/o restauración arquitectónica.

POSTURA	SI	NO	¿Cómo? Descripción
Reconstrucción de formas, respetar formas, restaurar en estilo, reintegrar la unidad del elemento.			
Consolidar el edificio.			
Respetar añadidos de cualquier época, respetar todas las etapas constructivas e históricas.			
Respeto a elementos pintorescos, artísticos o de interés.			
Reutilizar el edificio.			
Análisis histórico, Valor histórico.			
Diferencia entre lo antiguo y lo nuevo.			
Rescatar la imagen primitiva.			
Acepta técnicas constructivas modernas.			
Análisis de materiales.			
Interpretación filológica, estudio documental.			
Acepta liberaciones.			
Antes consolidar que restaurar.			
Aplicación de materiales contemporáneos.			
Mínima acción restauradora.			
No dejar morir al edificio.			
Rechazo a las libres interpretaciones, renovaciones y añadidos.			
Usar el mismo material o reutilizar materiales.			
Apuntalar y/o soportar con materiales contemporáneos.			
Conocimiento arqueológico, salvar lo arqueológico.			
Diferencia de materiales desde sus fábricas.			
Limitarse al cuidado del edificio.			
No intervención.			
Se permite reconstruir o rehacer.			
Reforzar estructuras.			
Utilizar elementos ópticamente similares a los originales.			
Entorno urbano.			
Autenticidad en sus fábricas o superficies.			
Establece una visión integral de la obra.			
Evitar excavaciones circundantes.			
Evitar reconstrucciones.			
Rechazo a la arquitectura contemporánea.			

Reparar los vacíos mediante copias o trabajos escritos.			
Utilizar criterios unitarios para cada restauración.			
Otro(s)			
Otro(s)			
Otro(s)			

**Tabla B2.** Plantilla para identificar y/o levantar datos arquitectónicos.

<b>DATOS ARQUITECTONICOS</b>			
<b>DATOS</b>	<b>APLICA</b>		<b>¿Cómo?, DESCRIPCIÓN</b>
	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
Investigación técnica (análisis cognoscitivo).			
Identificación de daños y causas productoras.			
Levantamientos gráficos, fotográficos y complementarios.			
Estudios analíticos (problemas históricos, artísticos, estructurales y de inserción en el entorno).			
Levantamiento Arquitectónico.			
Levantamiento Tecnológico.			
Cuadro fisurativo.			
Levantamiento geométrico y representación gráfica.			
Representación del cuadro fisurativo de la degradación de los materiales.			
Levantamiento planimétrico complementario.			
Levantamiento fotográfico.			
Estudio constructivo y estructural.			
Levantamiento de patologías y diagnosis previa.			
Estudios sectoriales (pinturas murales, madera).			
Análisis y conocimiento del monumento.			
Análisis artístico y arquitectónico.			
Análisis constructivo-estructural.			
Inspección y análisis de los materiales.			
Procesos de deterioro de los materiales.			
Elaboración de objetivos, conclusiones y recomendaciones a tomar.			

**Tabla B3.** Plantilla para identificar y/o levantar datos históricos.

**DATOS ARQUITECTONICOS**

DATOS	APLICA		¿Cómo?, DESCRIPCIÓN
	SI	NO	
Estudio documental.			
Dualidad (valoración histórica del monumento).			
Paradoja (conservación de restos).			
Estudios históricos previos.			
Vacíos (lagunas).			
Restauraciones anteriores.			
Formas.			
Construcción.			
Funciones.			
Materiales.			
Sucesos/Acontecimientos.			
Fechas.			
Contexto Urbano.			
Arquitectura del periodo.			
Investigación histórica sobre métodos y técnicas constructivas de la época de construcción			

**Tabla B4.** Plantilla para identificar y/o levantar datos químicos.

**DATOS QUIMICOS**

DATOS	APLICA		¿Cómo?, DESCRIPCIÓN
	SI	NO	
Estudio documental.			
Composición y propiedades de materiales.			
Tratamientos.			
Naturaleza de los materiales.			
Estudio de los materiales.			
Eflorescencias.			
Oxidaciones y corrosiones.			
Organismos.			
Sales.			
Humedad.			

**Tabla B5.** Plantilla para identificar y/o levantar datos estructurales.

<b>DATOS QUIMICOS</b>			
<b>Datos</b>	<b>APLICA</b>		<b>¿Cómo? Descripción</b>
	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
Estudio y documentación.			
Materiales estructurales.			
Deterioro estructural.			
Diagnóstico y dictamen.			
Propuesta de una o varias técnicas de intervención.			
Proyecto constructivo de restauración.			
Revisión estructural del proyecto de restauración.			
Proyecto estructural definitivo.			
Resultado de la evaluación.			
Elementos estructurales (volumetría).			
Sistemas constructivos.			
Función.			
Propiedades mecánicas de los materiales.			
Esfuerzo deformación.			
Flujo plástico.			
Esfuerzo admisible.			
Comportamiento estructural.			
Geometría de la estructura.			
Levantamiento de grietas.			
Cargas muertas y accidentales.			
Análisis límite.			
Análisis Paramétricos.			
Métodos y modelos de análisis estructural.			
Análisis estructurales pasados.			
Intervenciones estructurales pasados.			

**Tabla B6.** Plantilla para identificar y/o levantar datos arqueológicos.

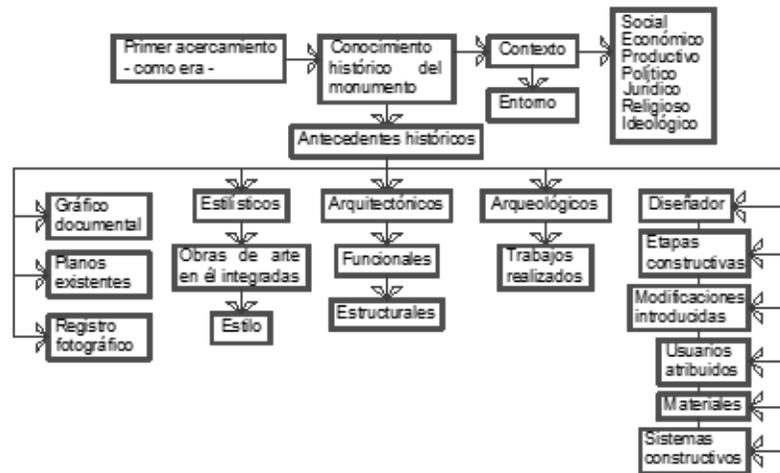
<b>DATOS ARQUEOLÓGICOS</b>			
<b>Datos</b>	<b>APLICA</b>		<b>¿Cómo? Descripción</b>
	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
Estudio y documentación.			
Análisis estratigráfico.			
Acercamiento inicial al edificio.			
Análisis de Parámetros.			

Estudio del subsuelo.			
Control de obras.			
Levantamiento y representación de las variaciones geométricas en el tiempo (estratigrafía arqueológica).			
Informe arqueológico.			

**Tabla B7.** Plantilla para identificar las disciplinas a intervenir.

<b>DATOS ARQUEOLÓGICOS</b>			
<b>Datos</b>	<b>APLICA</b>		<b>¿Cómo? Descripción</b>
	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
Arqueología.			
Arte.			
Arquitectura.			
Historia.			
Conservación o Restauración.			
Fotogrametría.			
Física.			
Geotecnia.			
Geofísica.			
Ingeniería militar.			
Química.			
Sociología.			
Mecánica.			
Monitoreo.			
Geología.			
Política económica.			
Botánica.			
Museografía.			
Ingeniería Civil.			
Instalaciones.			
Diseño.			
Economía.			
Religión.			
Iluminación.			
Trabajo social.			
Entorno urbano.			

**APÉNDICE C - ESQUEMAS, MATRICES Y DIAGRAMAS OBTENIDOS DE TRABAJOS E INVESTIGACIONES DE DISCIPLINAS ATOMIZADAS**

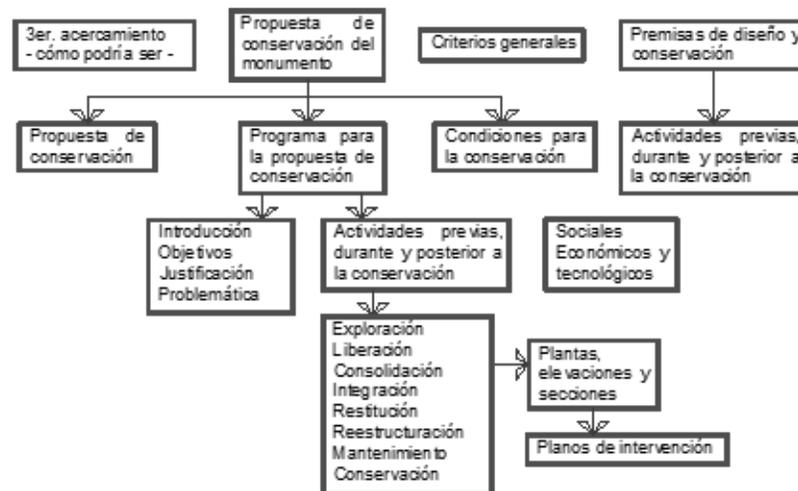


**Figura C 1.** Proceso metodológico en cuanto a conservación (1er. acercamiento), (Jeanneth et al., 2005).

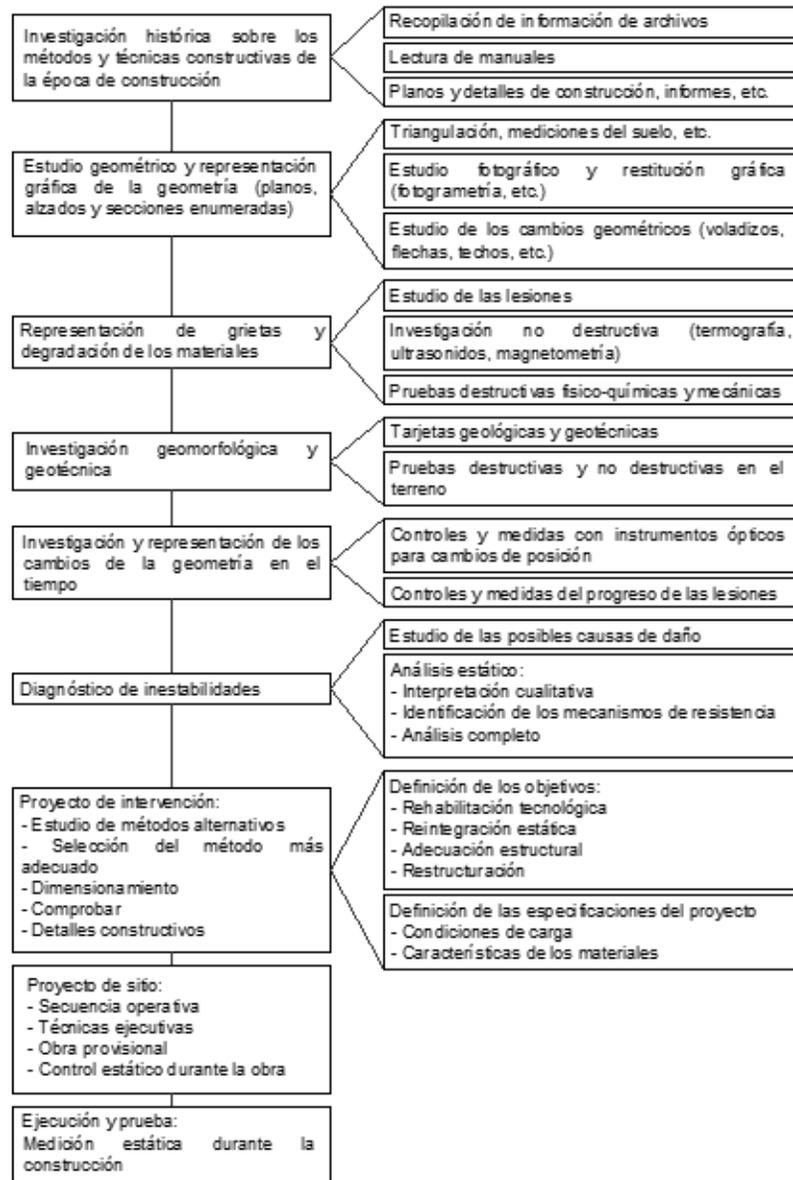


et al., 2005).

**Figura C 2.** Proceso metodológico en cuanto a conservación (2do. acercamiento), (Jeanneth



**Figura C 3.** Proceso metodológico en cuanto a conservación (3er. acercamiento), (Jeanneth et al., 2005).



**Figura C 4.** Evaluación de la eficiencia estática de las estructuras de mampostería (Binda, 1980). Traducido del italiano al español por Torres, (2013)

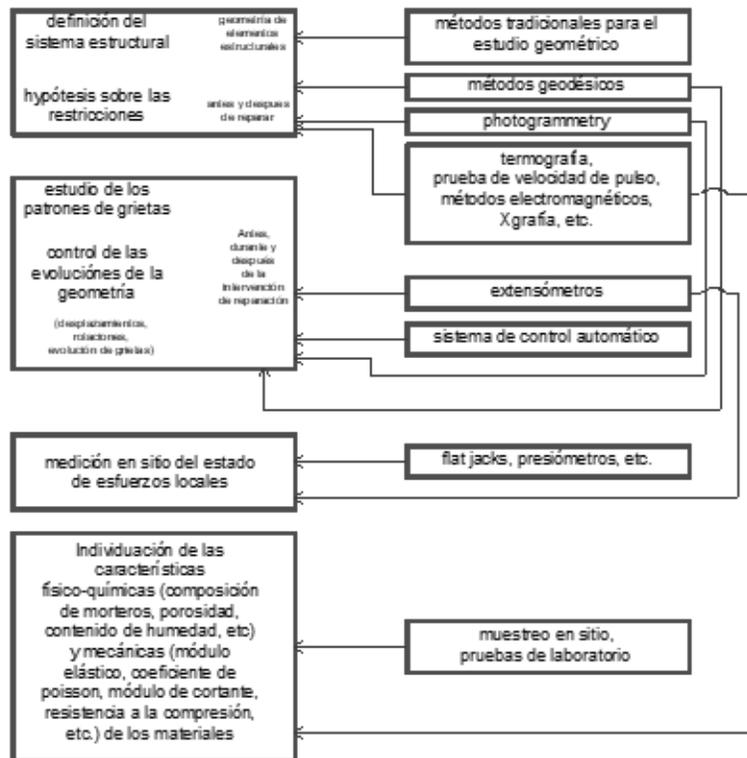


Figura C 5. Esquema de la investigación para la evaluación de la eficiencia estática de una estructura de mampostería (Binda, 1988, p.89)

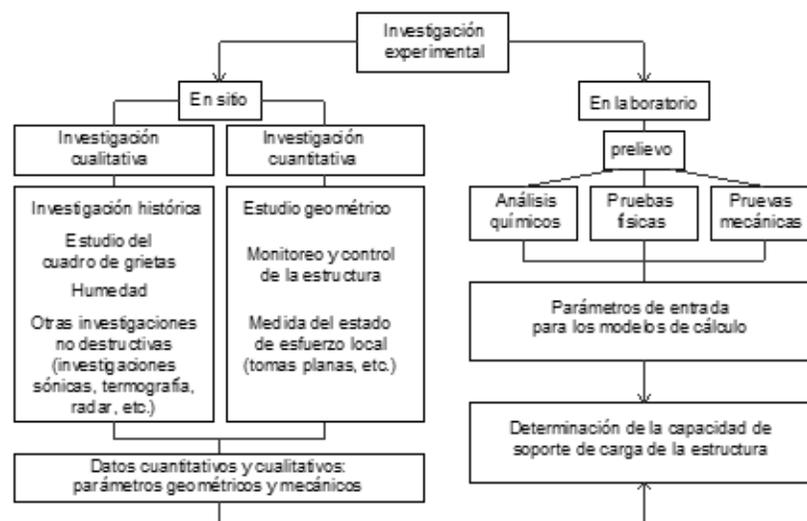


Figura C 6. Finalidad de la investigación en los análisis estructurales (Binda, 1994, p.270)

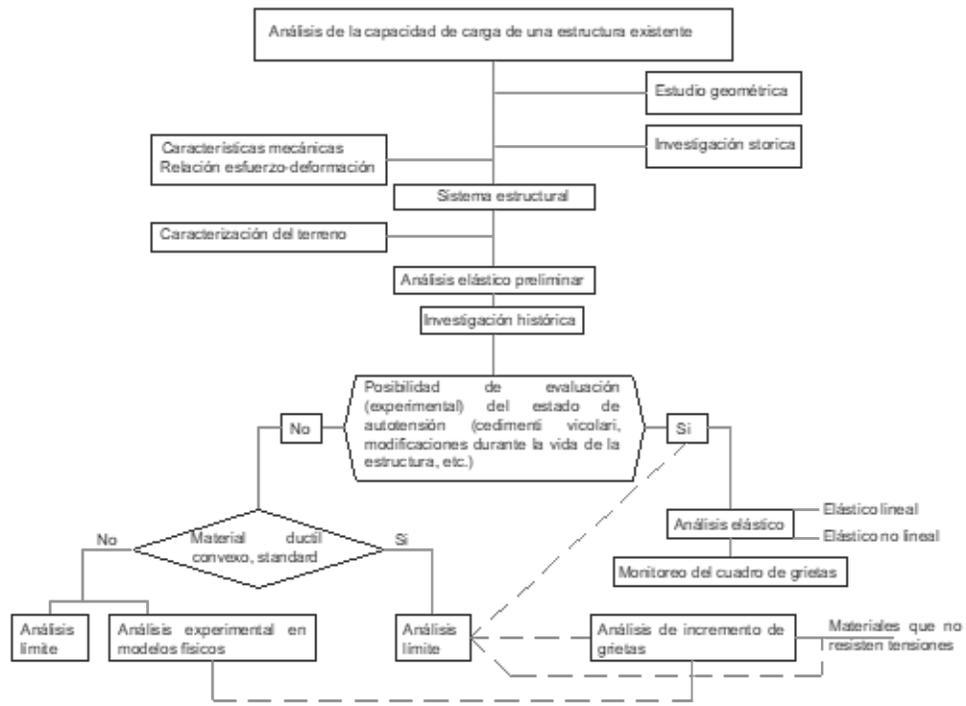


Figura C 7. Fases y alternativas de análisis numérico de una estructura existente (Binda, 1994, p. 271)

	Sistema monumento	Sistema de contexto		Estructura (subsistema o sistema menor)	Análisis estructural		
		Circunstancia general	Circunstancia específica		estático	sísmico	viento
Diseño estructural (utilizar síntesis sistémico)				-Estructura y función -Estructura y volumetría -Estructura y espacialidad -Estructura y componentes constructivos	X	X	X
Deterioro estructural (utilizar documentos de consulta)				-Cuadro figurativo -Desplomes -Hundimientos	X	X	X
Dictamen: diagnóstico y pronóstico (utilizar matriz o guía de interacción)				Actividades de restauración: -Preliminares -Liberaciones -Consolidaciones de emergencia (apuntamientos) -Consolidaciones por reintegración -Consolidaciones por integración -Normas de mantenimiento			
Proyecto constructivo de la restauración							
Revisión estructural del proyecto de restauración (utilizar matriz o guía de interacción y documentos técnicos)				Actividades de restauración: -Preliminares -Liberaciones -Consolidaciones por reintegración -Consolidaciones por integración -Normas de mantenimiento	X	X	X
Proyecto estructural definitivo: Planos con detalles constructivos y especificaciones, Memoria de cálculo Documentos complementarios (aplicar expresión gráfica y literal en proyectos de restauración)					X	X	X

Figura C 8. Esquema sistémico (Rocha, 2012)

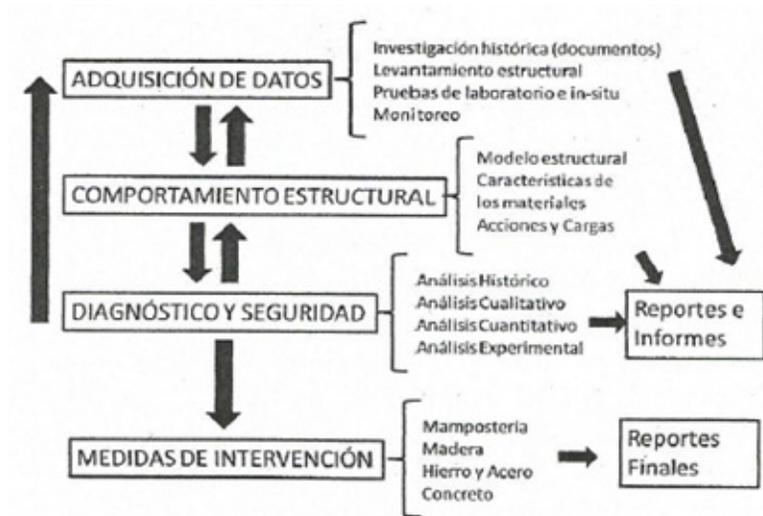
COMPONENTE ESTRUCTURAL	FABRICAS	MATERIALES	DETERIOROS			ACTIVIDADES DE REHABILITACION				
			TIPOS	FACTORES	AGENTES	PRELIMINARES	LIBERACIONES	CONSOLIDACION		
								RESTITUCIÓN	INTEGRACIÓN	NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL
SUELO										
CIMENTACION										
APOYOS										
ENTREPISOS										
CUBIERTAS										

Figura C 9. Matriz de interacción (Rocha, 2012)

### Síntesis del concepto del subsistema estructural de un edificio histórico



Figura C 10. (Rocha, 2012)



**Figura C 11.** Diagrama de flujo de la metodología propuesta por ICOMOS para las intervenciones estructurales de edificios históricos (Laurenço, 2006).

Formulario de evaluación de daños

## Bienes culturales inmuebles

---

**Inventario de daños**

1. Nombre del Monumento \_\_\_\_\_  
 Número de referencia \_\_\_\_\_

Datación (siglo)

	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
<input type="checkbox"/> Yacimiento arqueológico	<input type="checkbox"/>								
<input type="checkbox"/> Conjunto urbano	<input type="checkbox"/>								
<input type="checkbox"/> Área urbana fortificada	<input type="checkbox"/>								
<input type="checkbox"/> Monasterio	<input type="checkbox"/>								
<input type="checkbox"/> Grupo de construcciones rurales	<input type="checkbox"/>								
<input type="checkbox"/> Monumento aislado	<input type="checkbox"/>								
Monumento religioso	<input type="checkbox"/>								
Vivienda	<input type="checkbox"/>								
Edificio público	<input type="checkbox"/>								
Edificio que tiene una finalidad económica	<input type="checkbox"/>								
Arquitectura militar (fortificada)	<input type="checkbox"/>								
Estructura etnológica	<input type="checkbox"/>								
Edificio que tiene una finalidad técnica	<input type="checkbox"/>								
Monumento significativo en la lucha por la liberación nacional	<input type="checkbox"/>								

3. Ubicación \_\_\_\_\_  
 Comunidad \_\_\_\_\_  
 Pueblo/Ciudad \_\_\_\_\_  
 Lugar \_\_\_\_\_  
 Dirección \_\_\_\_\_  
 Registro de propiedad nº \_\_\_\_\_  
 Propietario \_\_\_\_\_

Superficie total de planta (m<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_  
 Sótano \_\_\_\_\_  
 Primer piso \_\_\_\_\_  
 1 \_\_\_\_\_  
 2 \_\_\_\_\_  
 3 \_\_\_\_\_  
 4 \_\_\_\_\_  
 Total \_\_\_\_\_

Condición antes del sismo  
 Buena  
 Regular  
 Mala

Categoría del monumento \_\_\_\_\_  
 Agencia de Protección \_\_\_\_\_

4. Daños ocasionados por el sismo

Destruido	Fuertes daños	Dañado	Daños Leves	Intacto	
<input type="checkbox"/>	Chimenea (s)				
<input type="checkbox"/>	Tejado/Cubierta				
<input type="checkbox"/>	Estructura				
<input type="checkbox"/>	Cúpula				
<input type="checkbox"/>	Bóveda				
<input type="checkbox"/>	Cielomaso				
<input type="checkbox"/>	Entrepisos de madera				
<input type="checkbox"/>	Otros pisos				
<input type="checkbox"/>	Muros portantes				
<input type="checkbox"/>	Muros no portantes				
<input type="checkbox"/>	Arcos				
<input type="checkbox"/>	Columnas				
<input type="checkbox"/>	Escaleras				
<input type="checkbox"/>	Cimientos				
<input type="checkbox"/>	Campanario (s)				
<input type="checkbox"/>	Minarete (s)				
<input type="checkbox"/>	Decoración				
<input type="checkbox"/>	Arquitectónica				
<input type="checkbox"/>	Iconostasi				
<input type="checkbox"/>	Pintura mural				
<input type="checkbox"/>					

5. Grado de daño  
 Susceptible de reparación  
 Reparación imposible  
 Estado del monumento  
 Invariado  
 Variado  
 Perdido

MEDIDAS DE EMERGENCIA

6. Plano de planta (a nivel de piso) del edificio y medidas principales Fotos e indicación de daños (Adjuntar planos)

Figura C12. Formulario de evaluación de datos de bienes culturales inmuebles.

<p><b>7. Características estructurales</b> Tipos y calidad de los materiales de construcción y materias adhesivas</p>	<p><b>8. Descripción de la deformación y del daño estructural</b></p>		
<p><b>9. Medidas de emergencia propuestas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Demolición total</li> <li><input type="checkbox"/> Demolición parcial</li> <li><input type="checkbox"/> Cubrir temporalmente</li> <li><input type="checkbox"/> Apuntalar</li> <li><input type="checkbox"/> Andamios exteriores</li> <li><input type="checkbox"/> Andamios interiores</li> <li><input type="checkbox"/> Proteger la pintura mural</li> <li><input type="checkbox"/> Proteger la decoración arquitectónica</li> <li><input type="checkbox"/> _____</li> </ul>	<p><b>10. Programa de reparación propuesto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Demolición</li> <li><input type="checkbox"/> Chimeneas</li> <li><input type="checkbox"/> Tejado/Cubierta</li> <li><input type="checkbox"/> Vigas de la estructura</li> <li><input type="checkbox"/> Cúpula</li> <li><input type="checkbox"/> Bóvedas</li> <li><input type="checkbox"/> Cieloraso</li> <li><input type="checkbox"/> Pisos de madera</li> <li><input type="checkbox"/> Otros pisos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Muros portantes</li> <li><input type="checkbox"/> Muros no portantes</li> <li><input type="checkbox"/> Arcos</li> <li><input type="checkbox"/> Columnas</li> <li><input type="checkbox"/> Machones</li> <li><input type="checkbox"/> Vigas</li> <li><input type="checkbox"/> Escaleras</li> <li><input type="checkbox"/> Exploración geomecánica</li> <li><input type="checkbox"/> Cimientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Campanario/minarete (s)</li> <li><input type="checkbox"/> Enlucido exterior</li> <li><input type="checkbox"/> Enlucido interior</li> <li><input type="checkbox"/> Conservación</li> <li><input type="checkbox"/> Restauración</li> <li><input type="checkbox"/> _____</li> <li><input type="checkbox"/> _____</li> <li><input type="checkbox"/> _____</li> <li><input type="checkbox"/> _____</li> </ul>
<p><b>11. Clasificación de daños y estado de servicio del edificio</b> Definido por la Comisión Técnica para la Evaluación de los daños en la República Socialista de Montenegro</p> <p><b>I. En servicio (verde)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> IA - grado 1 - intacto excepto daño superficial</li> <li><input type="checkbox"/> IB - grado 2 - no hay daños estructurales</li> <li><input type="checkbox"/> IC - grado 3 - daños estructurales leves</li> </ul> <p><b>II. Temporalmente fuera de servicio (amarillo)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> IIA - grado 1 - daño estructural</li> <li><input type="checkbox"/> IIB - grado 2 - daño estructural severo</li> </ul> <p><b>III. Fuera de servicio (rojo)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> IIIA - grado 1 - daño estructural muy severo</li> <li><input type="checkbox"/> IIIB - grado 2 - destrucción parcial</li> <li><input type="checkbox"/> IIIC - grado 3 - colapso total</li> </ul>	<p><b>12. Costo estimado de la reparación</b></p> <p>1. Valor del edificio antes del sismo _____ m<sup>2</sup> x _____ (costo) = _____ costo total</p> <p>2. Costo de restauración del edificio a su condición anterior al sismo (reparación estructural) _____ m<sup>2</sup> x _____ (costo) = _____ costo total</p> <p>1. Valor del edificio antes del sismo (Consolidación) _____ m<sup>2</sup> x _____ (costo) = _____ costo total</p>		
<p><b>13. Notas</b></p>			
<p>Miembros de la Comisión _____</p> <p>Cobertura fotográfica</p> <p>Número de negativos _____</p> <p>Fotógrafo _____</p> <p>Copyright - Derechos del Autor _____</p> <p>Lugar _____</p> <p>Fecha _____</p>			

Figura C12bis. Formulario de evaluación de datos de bienes culturales inmuebles.

## APÉNDICE D - FIGURAS Y TABLAS DE ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS CIENTÍFICOS

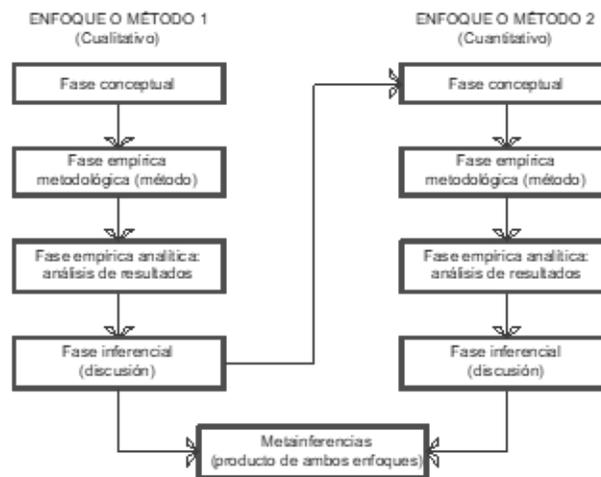


Figura D 1. Proceso de ejecución mixto secuencial (Sampieri et. al, 2010).

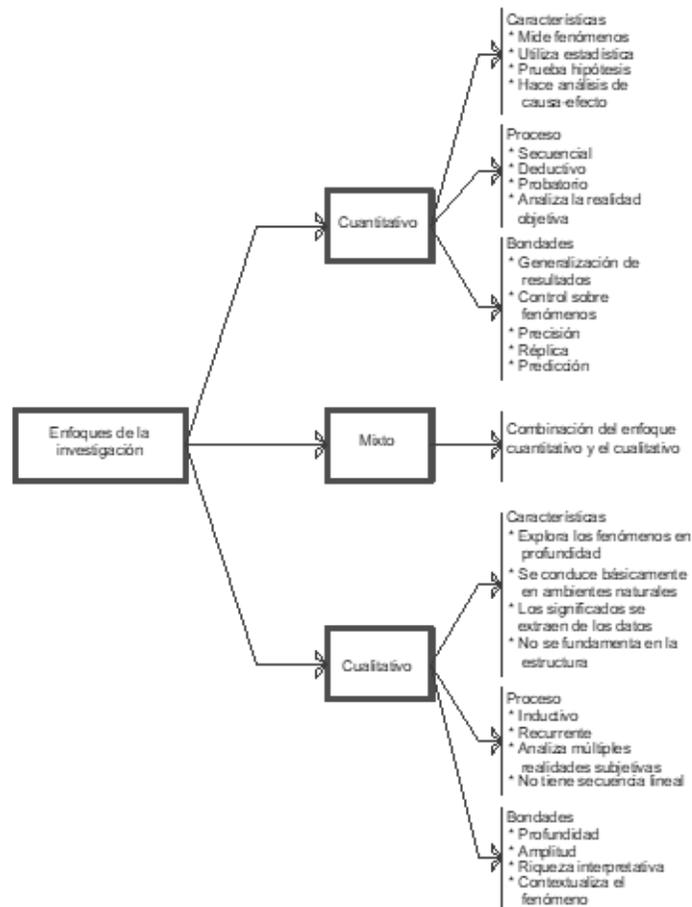
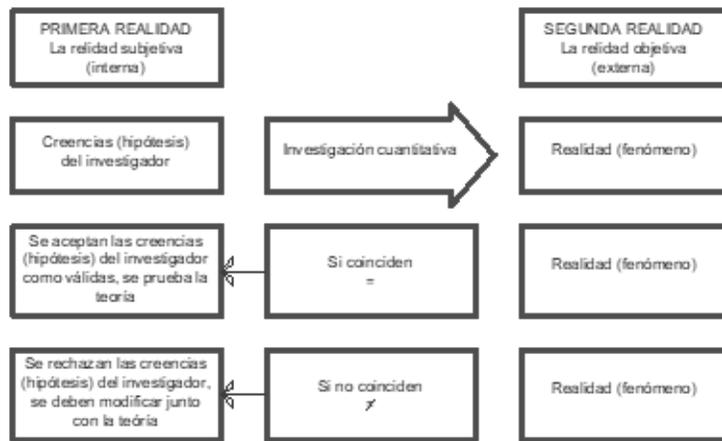
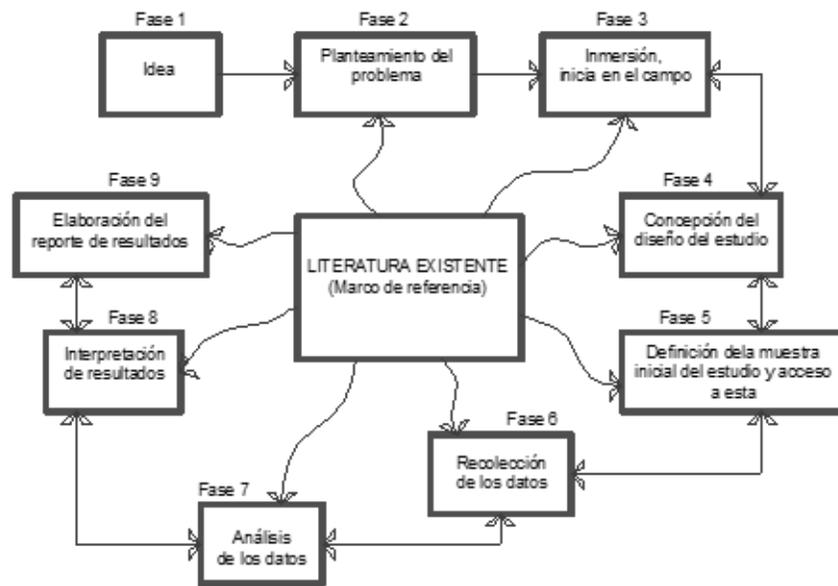


Figura D 2. Enfoques de la investigación (Hernández et al., 2010).



**Figura D 3.** Relación entre la teoría, la investigación y la realidad en el enfoque cuantitativo (Hernández et al., 2010).



**Figura D 4.** Proceso cualitativo (Hernández et al., 2010).

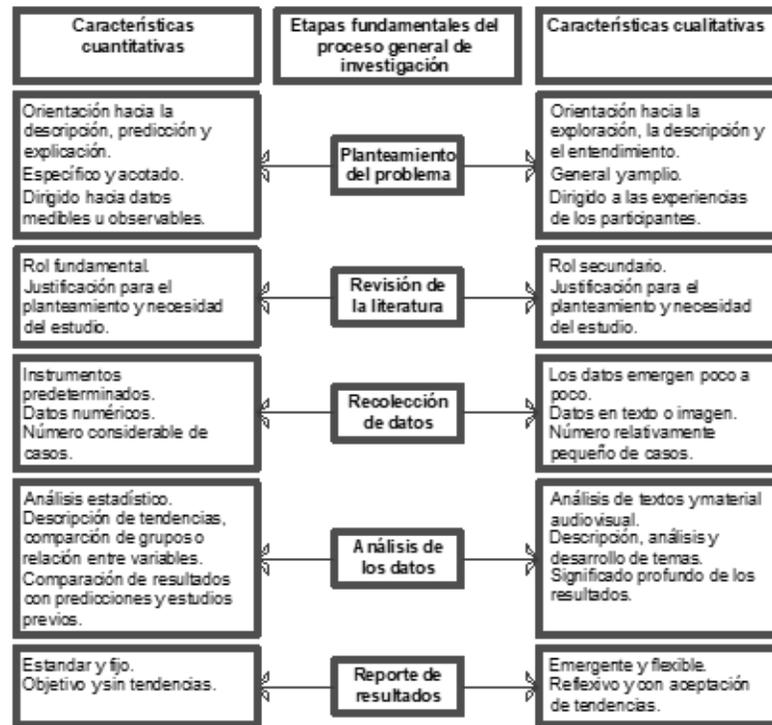


Figura D 5. Comparación de las etapas de investigación de los procesos cuantitativo y cualitativo (Hernández et al., 2010).

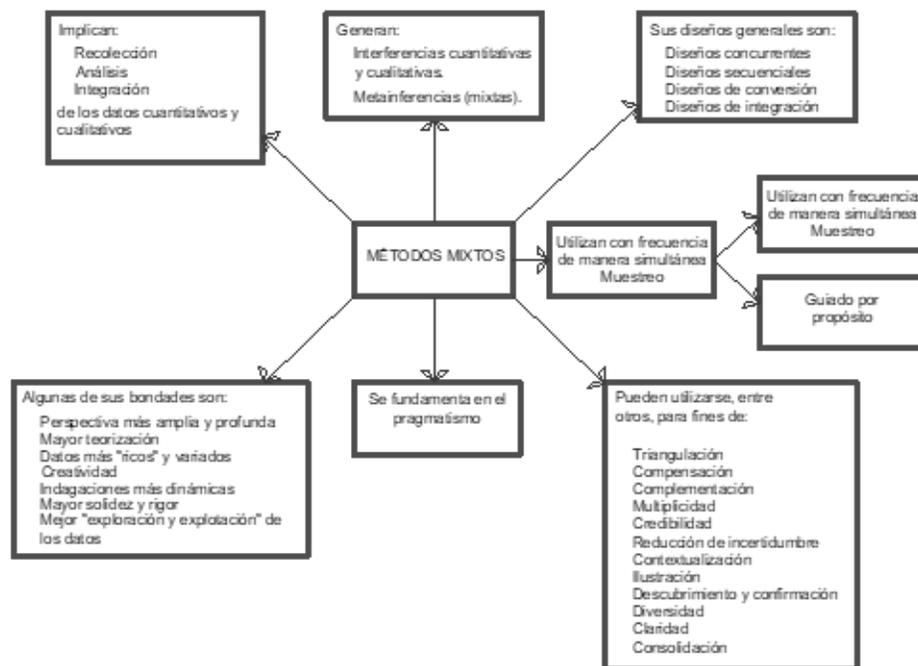


Figura D 6. Método mixto (Hernández et al., 2010).



**Figura D 7.** Estructura de la investigación e interdisciplinariedad, Tamayo (1973).

**Tabla D 1.** Justificaciones/razonamientos para el uso de los métodos mixtos (Hernández R., et al., 2010).

Justificación	Se refiere a...
1. Triangulación o incremento de la validez	Contrastar datos cuantitativos y cualitativos para corroborar/confirmar o no los resultados y descubrimientos en aras de una mayor validez interna y externa del estudio
2. Compensación	Usar datos cuantitativos y cualitativos para contrarrestar las debilidades potenciales de alguno de los dos métodos y robustecer las fortalezas de cada uno
3. Complementación	Obtener una visión más comprensiva sobre el planteamiento si se emplean ambos métodos
4. Amplitud (proceso más integral)	Examinar los procesos más holísticamente (conteo de su ocurrencia, descripción de su estructura y sentido de entendimiento)
5. Multiplicidad (diferentes preguntas de indagación)	Responder a diferentes preguntas de investigación (a un mayor número de ellas y más profundamente)
6. Explicación	Mayor capacidad de explicación mediante la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Los resultados de un método ayudan a entender los resultados del otro.
7. Reducción de insertidumbre ante resultados inesperados	Un método (cuantitativo o cualitativo) puede ayudar a explicar los resultados inesperados del otro método
8. Desarrollo de instrumentos	Generar un instrumento para recolectar datos bajo un método, basado en los resultados del otro método, logrando así un instrumento más enriquecedor y comprehensivo
9. Muestreo	Facilitar el muestreo de casos de un método, apoyándose en el otro
10. Credibilidad	Al utilizar ambos métodos se refuerza la credibilidad general de los resultados y procedimientos
11. Contextualización	Proveer al estudio de un contexto más completo, profundo, y amplio, pero al mismo tiempo generalizable y con validez externa
12. Ilustración	Ejemplificar de otra manera los resultados obtenidos por un método
13. Utilidad	Mayor potencial de uso y aplicación de un estudio (puede ser útil para un mayor número de usuarios o practicantes)
13. Utilidad	Mayor potencial de uso y aplicación de un estudio (puede ser útil para un mayor número de usuarios o practicantes)
14. Descubrimiento y confirmación	Usar los resultados de un método para generar hipótesis que serán sometidas a prueba a través del otro método
15. Diversidad	Lograr una mayor variedad de perspectivas para analizar los datos obtenidos en la investigación (relacionar variables y encontrarles significado)
16. Claridad	Visualizar relaciones "encubiertas", las cuales no habían sido detectadas por el uso de un sólo método
17. Mejora	Consolidar las argumentaciones provenientes de la recolección y análisis de los datos por ambos métodos

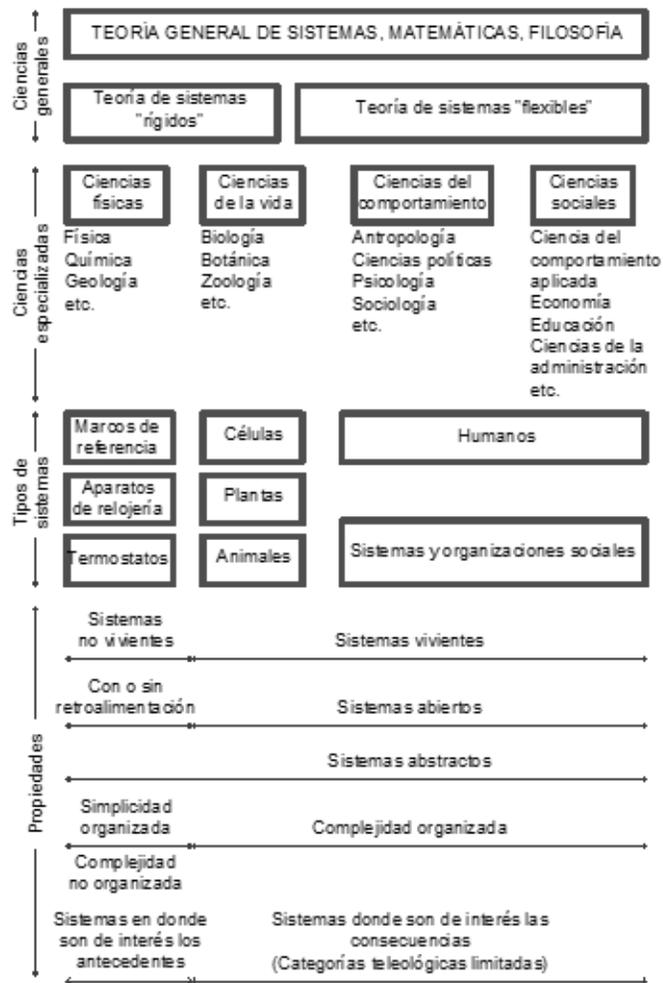


Figura D 8. Taxonomía de ciencias y sistemas (Van Gigh, 2006).

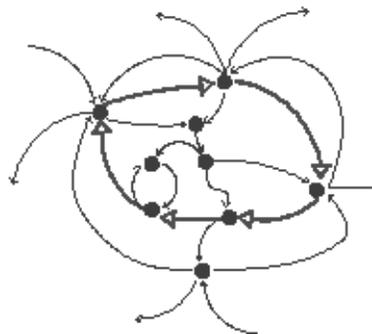


Figura D 9. Todo es sistémico (Bartlett, 2001).

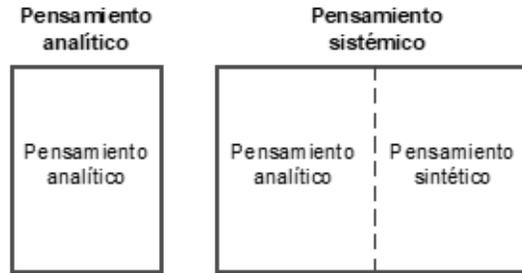


Figura D 10. Pensamiento analítico contra pensamiento sistémico (Bartlett, 2001)..

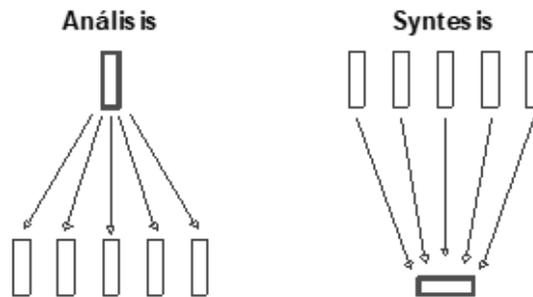


Figura D 11. Análisis y síntesis

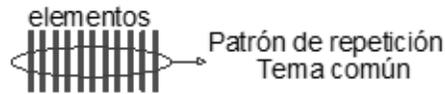


Figura D 12. El concepto de pensamiento sistémico.

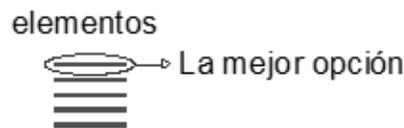


Figura D 13. El concepto de pensamiento analítico.

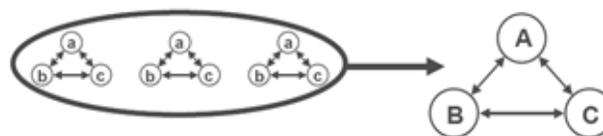
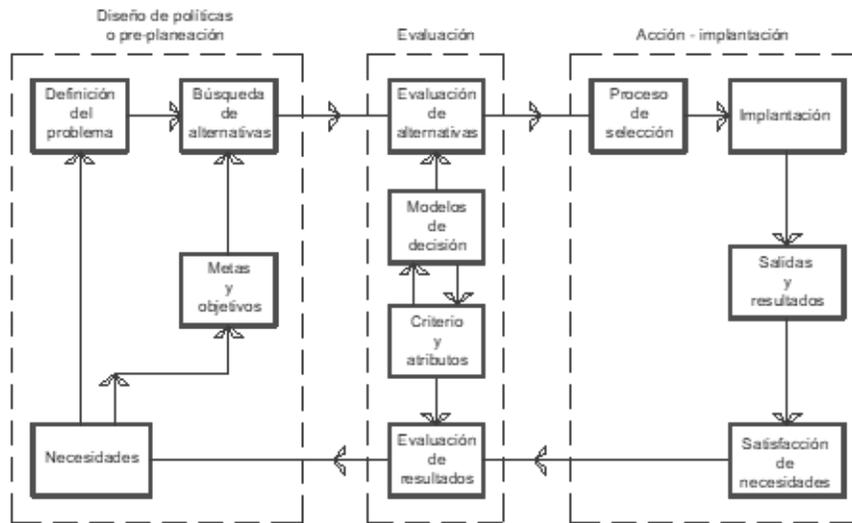


Figura D 14. El concepto de modelo sistemático (Bartlett, 2001).



**Figura D 15.** El ciclo de toma de decisiones desintegrado en las tres fases del diseño de sistemas (Van Gigh, 2006).

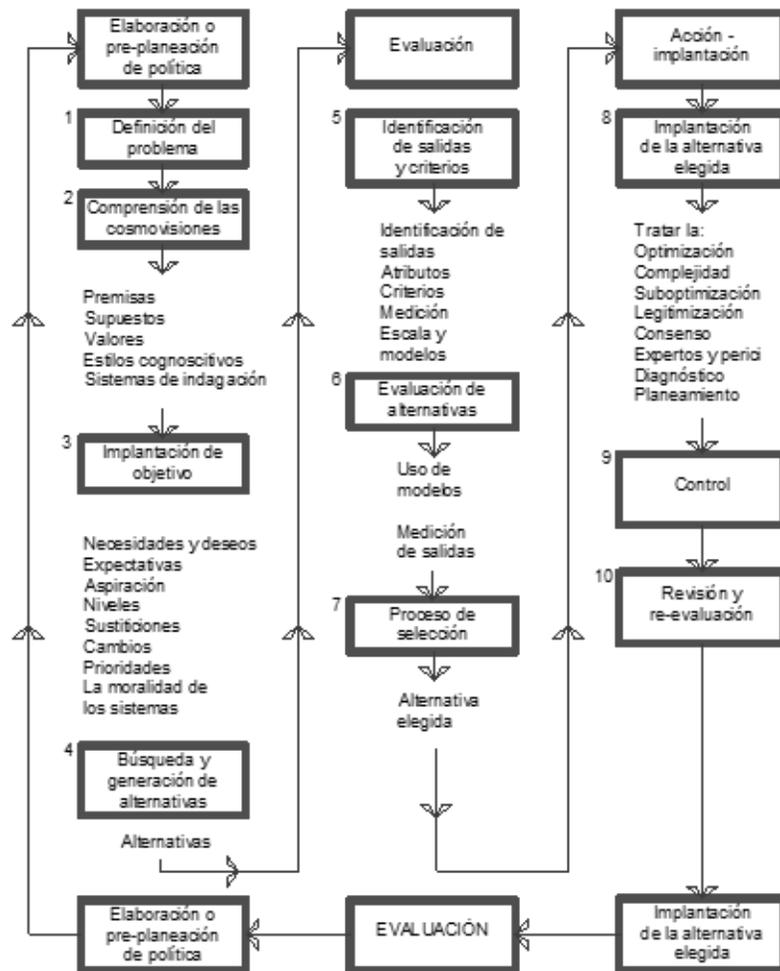


Figura D 16. El paradigma de sistemas (Van Gigh, 2006).



EDITORIAL RESTAUERO COMPÁS Y CANTO S.A. DE C.V.