



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
TECNOLOGÍA**

REHABILITACIÓN DE INMUEBLES CON BASE EN UNA INSPECCIÓN PATOLÓGICA

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRÍA EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

LIC. EN ARQ. SUSANA M. ESTRADA ESPINOSA

DIRECTOR DE TESIS UNAM:

DR. EN ING. ALEJANDRO SOLANO VEGA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

CODIRECTOR EXTERNO CINVESTAV:

DR. EN ING. PEDRO CASTRO BORGES

INVESTIGADOR TITULAR CINVESTAV (TITULAR 3-D), SIN III

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.

SINODALES:

DR. EN ARQ. RICARDO PRADO NÚÑEZ

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

MTRO. EN ARQ. JORGE RANGEL DÁVALOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

DRA. EN ARQ. MARIBEL JAIMES TORRES

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

ASESORES:

MTRA. MÓNICA AGUILERA PORTILLO

ING. MERCEDES BALANCÁN ZAPATA

MTRA. ALEXIA ZOZAYA ORTÍZ

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Mayo 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS



FES Aragón



**REHABILITACIÓN DE INMUEBLES CON BASE EN UNA INSPECCIÓN
PATOLÓGICA**

**TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRÍA EN ARQUITECTURA**

PRESENTA:

LIC. EN ARQ. SUSANA M. ESTRADA ESPINOSA

DIRECTOR DE TESIS UNAM:

DR. EN ING. ALEJANDRO SOLANO VEGA

**FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**

CODIRECTOR EXTERNO CINVESTAV:

**DR. EN ING. PEDRO CASTRO BORGES
INVESTIGADOR TITULAR CINVESTAV (TITULAR 3-D), SIN III**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Mayo 2018

Agradecimientos:

A CONACyT.

A la Universidad Nacional Autónoma de México a través de su programa de Posgrado en Arquitectura.

A mi Director de Tesis: Dr. Alejandro Sola Vega, por su entusiasmo, entrega, conocimiento y paciencia en el desarrollo de esta investigación. Por no haber sólo fungido como tutor, si no como un guía en el tortuoso camino de la academia y haberme alentado a emprender esta investigación.

Al Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados CINVESTAV, en especial al Departamento de Física Aplicada, Unidad Mérida. Yucatán, México.

Al Dr. Pedro Castro Borges, la Ing. Mercedes Balancán Zapata y a la Mtra. Alexia Zozaya Ortiz por su experiencia, tiempo y apoyo. Al equipo del Laboratorio de Corrosión, por sus conocimientos, aportaciones y por demostrar que un equipo de trabajo no solo puede ser un grupo de amigos, si no una familia.

Al Dr. Ricardo Prado Núñez por enseñarme que la mejor forma de preservar algo es conocerlo desde todos sus ángulos y a través de su historia.

Al Mtro. Jorge Rangel Dávalos por su alegría, interés y orientación en esta etapa de mi vida.

A mis sinodales y asesores, por su orientación y apoyo en la consolidación de la línea de investigación de *Patologías de la Construcción*.

A quienes ante su negativa me han motivado a demostrar que es posible integrar otras disciplinas al quehacer de la rehabilitación y producción arquitectónica.

A mi hermano José Ricardo Estrada Espinosa, quien me orilló a llevar mis capacidades más allá de lo ordinario, poniendo a prueba mis verdaderas ganas de lograr algo diferente para mi vida a través de lo que me apasiona.

A todos aquellos que me han apoyado y han seguido conmigo hasta el final.

ÍNDICE

Resumen:	1
Introducción.	2
Problemática.	5
Antecedentes	6
Un Poco de Historia Referente a la Conservación.....	9
Preservación del Patrimonio Construido.....	11
Conclusiones del Principio de Conservación y la Patología como Línea de Investigación en la Construcción.	15
Ventajas de un estudio patológico sustentado en una ruta de inspección.	16
Justificación de la Tesis.	17
Objetivos.	19
Capítulo I.	20
Análisis de una edificación desde el punto de vista constructivo.	20
El ejercicio de la restauración.	20
Rehabilitación Constructiva.....	23
Capítulo 2.	27
Patología.	27
Patología.	27
Reconocimiento.	29
Diagnos.	33
Capítulo 3.	36
Estado del Arte.	36
Análisis Patológico.	36
Métodos y Modelos Existentes.....	36
Métodos Propuestos a Nivel Nacional.	37
Métodos Propuestos a Nivel Internacional.	40
Modelos Desarrollados.	51
Modelos en Desarrollo.	58
Manuales y Normas.	62

Normas.	69
Materiales y Sistemas.	72
Capítulo 4.	83
Una Nueva Herramienta de Análisis.	83
Metodología y Métodos.....	83
Prototipo de Matriz Metodológica.	85
Alcances de la matriz metodológica.	87
Pautas para una inspección y análisis.....	93
Alcances y Utilidad.....	108
Capítulo 5	109
Evaluación Patológico-Constructiva	109
Caso 1, Edificación Reciente. Palafito Experimental, San Crisanto. Yucatán, México.	110
Caso 2. Muelle Fiscal del Puerto de Progreso, Yucatán.	117
Prospección:	131
Conclusiones:	133
Comprobación de la Hipótesis:	136
Glosario de Términos:	138
Índice de Figuras:	140
Índice de Tablas:	141
Referencias:	143

Resumen:

El ejercicio de la rehabilitación ha tomado un lugar importante en el campo de la construcción, sin importar el tipo de materiales ni sistemas que conformen una edificación, es necesario su mantenimiento y conservación ante los embates naturales y artificiales asegurando su durabilidad. Una adecuación, ampliación o reconfiguración del espacio se da a partir de los requerimientos humanos y los avances tecnológicos que se presenten a lo largo del tiempo. Sin embargo para ejercer ese tipo de trabajos se requiere tener un conocimiento certero de la composición del edificio, así como el contexto que le rodea. Al estudiar las causas y efectos de las anomalías que presenta un inmueble, se pueden generar las herramientas necesarias para saber el estado actual del mismo y las acciones a tomar para su correcta rehabilitación, ahora bien, desarrollando un método de inspección patológica, no solamente se tendrá el diagnóstico de una edificación, se conocerán patrones de comportamiento conformando un mapeo de lesiones, causas y efectos, generando así una base de datos que nos ayude no solo a transformar el espacio de manera certera, si no a prevenir daños procurando la conservación del patrimonio construido.

Introducción.

El ser humano a lo largo de la historia ha tenido la necesidad de resguardarse de los embates de la naturaleza, ésta necesidad ha sido resuelta a través de la alteración del medio, en donde ya teniendo cubiertas sus necesidades transformará el espacio de acuerdo a los requerimientos que el paso del tiempo va demandando. A partir de esto el hombre ha descubierto y desarrollado diversos materiales convirtiéndolos en sistemas constructivos para el desarrollo de otros tipos de edificaciones y por lo tanto la transformación de contexto.

Antes de la inserción del concreto, se apostaba por sistemas constructivos constituidos por materiales pétreos y madera, en ese entonces éstos cumplían con las demandas de habitabilidad, el motivo por el cual éstos sistemas fueron desplazados, fue debido a los tiempos de construcción, los costos de extracción, implementación, así como mantenimiento y cuidado.

Debido a conflictos sociales de carácter mundial y al colapso de muchas ciudades como consecuencia de esto, surge la necesidad de reconstruir y producir vivienda de manera acelerada, ésta primicia es la que hace que se desarrollen nuevos materiales. Es en ese momento que la concreta toma fuerza como respuesta al problema de edificación en masa, otorgando flexibilidad y rigidez a las estructuras contribuyendo así a la reconstrucción de las ciudades. Sin embargo, éste sistema como los antes mencionados, no son inmunes al medio ambiente, ya que pueden fallar; surge entonces la necesidad de mantenimiento y preservación, y, por lo tanto estas inquietudes hacen que se originen nuevas disciplinas e investigaciones que otorguen un mayor tiempo de vida a las estructuras ante los embates ambientales y artificiales.

Es importante que tengamos en cuenta que la durabilidad de una construcción reside no solo en la calidad de su ejecución, sus materiales y sistemas; sino en su atención y detección de lesiones en caso de presentarse. Con esto último se procede a aplicar técnicas de restauración o mantenimiento.

El concepto de restauración se aplica a la conservación de ciudades históricas y de carácter emblemático, para construcciones contemporáneas se aplican los conceptos de mantenimiento y reparación; aunque las metas son las mismas el significado económico es distinto, esto debido a los costos que representa un mantenimiento en comparación al de la restauración de un inmueble catalogado como patrimonio. En cualquiera de los casos, los espacios ya construidos (históricos o contemporáneos) necesitan ser renovados debido a las demandas que dictan los avances tecnológicos, las nuevas tareas laborales y sus dinámicas sociales.

La insuficiencia de espacio para la construcción de nuevas ciudades y las cuestiones ambientales que aquejan al planeta recientemente se han convertido en las principales variables al momento de

ejecutar cualquier alteración espacial, sobretodo en cuanto a carácter constructivo se refiere, además con lo anteriormente mencionado hay una clara necesidad de renovación de espacios y recuperación de nuestro medio natural. No es posible explotar las reservas naturales para la construcción de nuevas ciudades, la respuesta es la reutilización y revitalización de los espacios ya construidos como medio de contención de la mancha urbana que aqueja a los ecosistemas y ataca al medio ambiente.

Aplicando el concepto de durabilidad como forma de conservación sustentable, se evitará el deterioro prematuro de las construcciones y por lo tanto la presencia de fallas, por medio de éstas acciones se fomenta la reutilización de espacios construidos, prolongando el tiempo de vida de un inmueble y manteniéndolo en condiciones óptimas de habitabilidad. La sustentabilidad a través de la correcta conservación será el modo y el medio por el cual hay que reconfigurar nuestro contexto artificial y conservar el natural.

La relación entre conservación y deterioro del contexto es directa, ya que las características medioambientales influyen en el detrimento de una edificación, así como el contexto construido contribuyen la alteración del contexto natural, donde algunos organismos se adaptan al cambio apropiándose del objeto construido, alterándolo de manera negativa hasta destruirlo; a grandes rasgos se puede decir que la conservación con miras a la extensión del tiempo de vida de una edificación, es el medio para la preservación (natural-artificial).

Este problema se propone atacarlo por medio de la patología, la cual estudia el comportamiento de los materiales, sistemas estructurales y constructivos en relación al medio ambiente; analizando las lesiones, daños y deterioros que presenten con el paso del tiempo, explicando las causas y los efectos que lleguen a tener. Por medio de un análisis patológico-constructivo se podrá dar un diagnóstico certero de las anomalías que impiden el correcto funcionamiento de un inmueble y marcará las pautas necesarias para solucionarlas.

Diversos especialistas han desarrollado modelos de análisis buscando asentar las bases para el correcto desarrollo constructivo de un proyecto, basándose en las condiciones externas (ambiente) e internas (materiales). Desde los modelos de durabilidad relacionados a la corrosión (una patología) como es el de Tuutti, hasta aquellos que proponen de manera general el modelo dividiéndolos por etapas de vida; todos ellos persiguiendo el mismo objetivo de durabilidad. Sin embargo, aún queda pendiente cubrir la población de edificaciones de mayor edad o que tienen más tiempo de construidos, los cuales requieren un grado más profundo de análisis y debido a sus características se hace más complicado evaluarlos, ya que es poco el acervo referente a los procesos constructivos que se llevaron a cabo en ellos. Esto no quiere decir que se les estudie de manera independiente, al

contrario, éstos representan una parte de la población general de las edificaciones existentes del mundo.

Al observar la problemática se propone la patología como el medio de prevención y conservación, planteando las bases del desarrollo proyectual de intervención y producción de un edificio basándose en las características del medio ambiente, el contexto artificial inmediato, sus materiales y las características del subsuelo; garantizando obras de mejor calidad constructiva cuyo mantenimiento sea mínimo y, a través de técnicas menos agresivas se pueda monitorear su comportamiento.

Por tanto es necesario establecer metodologías más adecuadas y entendibles para los campos relacionados con la construcción, en este caso en particular concentrándose en inmuebles ya construidos que superen los cincuenta años de vida, cuyas características estén asentadas en una matriz evaluativa sustentada en estudios patológicos. A través de esto se propone desarrollar una herramienta de análisis mediante la implementación de un método que determine los parámetros que se requieren para llevar a cabo una inspección, estructurado por etapas y fases que dictaminen el tipo de intervención que requiere un inmueble identificando las tecnologías y métodos utilizados en la actualidad para el análisis patológico de una edificación.

Logrando esto se introducirá a los profesionales del campo de la construcción al ejercicio de la inspección e interpretación de datos para la correcta identificación de anomalías y la determinación de parámetros de solución en cuanto al ejercicio proyectual de rehabilitación y conservación se refiere.

Problemática.

A groso modo al hablar de estudio y análisis de las patologías en arquitectura, nos referimos a las anomalías que se presentan en un sistema constructivo o elemento estructural que impide el buen funcionamiento y uso del inmueble. En las ciudades es necesario aplicar las técnicas necesarias para la conservación del patrimonio construido y de la herencia arquitectónica que es parte de la identidad de una sociedad y nación. El ejercicio de la restauración es uno de los campos de acción en donde puede introducirse ésta la línea de investigación, ya que el análisis patológico es necesario para describir e interpretar el estado actual de un edificio e incluso poder calcular su tiempo de vida.

Parte de la función práctica de la Patología es intervenir intencionalmente en el área de mantenimiento y restauración para resolver sus problemas con base en fundamentos constructivos y estructurales. Ambas áreas se complementan, sin embargo falta relacionarlas de manera estrecha para poder llegar a un diagnóstico certero que nos conduzca en la correcta rehabilitación, intervención o mantenimiento. Parte importante de esto es el concepto de causa-efecto: sin él, es muy difícil enfocar correctamente el diagnóstico, especialmente en los casos más complejos.

Es necesario aplicar una clasificación y definición de causas en varios niveles, relativos a los sistemas, elementos y materiales, así como a las decisiones que intervienen en la solución de problemas patológicos, a partir de eso hay que proponer el método correcto de análisis para llegar a un determinado diagnóstico.

Una de las propuestas es observar el problema a partir de la región en donde se encuentra cada organismo, es decir analizar las ciudades por sectores urbanos, tipología de ambiente, contexto y tipología de edificios (época y estilo); así cada una de estas características analizadas serán parte importante en los resultados del estudio de patologías para posteriormente proponer una solución que busque salvaguardar nuestro patrimonio y herencia arquitectónica.

A través de este trabajo se demostrará lo necesario d un estudio patológico para la recuperación de nuestra herencia patrimonial, ya que como se ha visto parte del deterioro acelerado o el colapso de nuestros edificios históricos es ocasionado por malas decisiones de intervención y el desconocimiento de los sistemas constructivos originales aplicados, así como las características de los materiales que los componen. Si se elabora un estudio de análisis patológico como parte de la etapa de investigación de un edificio se determinarán los mejores parámetros de rehabilitación, mantenimiento y rescate de nuestros edificios.

Antecedentes.

Actualmente se ha ido incrementando el interés en rehabilitar, restaurar, reconstruir y conservar nuestro patrimonio cultural, la cual es reflejo de la identidad cultural que caracteriza nuestra sociedad ante otras culturas del mundo.

La manera de concebir la rehabilitación o rescate de nuestra herencia arquitectónica ha cambiado en el mundo, la visión de reconstruir está siendo cambiada por la consciencia de la prevención ante desastres de toda índole. Organizaciones a nivel mundial como la UNESCO a través de sus manuales de referencia recomiendan la salvaguarda de nuestras ciudades a través del monitoreo y la mitigación de daños causados por la mano del hombre o por la naturaleza y así reducir riesgos¹. Es bien sabido que en las estadísticas mundiales no suele incluirse al patrimonio construido como algo propenso a un riesgo de desastre, sin embargo éste se ha visto crecientemente afectado. *Figura 1*



Figura 1. Recomendaciones de los manuales de referencia UNESCO.

¹ Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2014). *Gestión del Riesgo de Desastres para el Patrimonio Mundial*. Patrimonio Mundial, Manual de Referencia. París, Francia.

A lo largo de la historia se han modificado inmuebles de carácter emblemático a como demandan las necesidades de la época, sin embargo, el modificar no significa superar ni menospreciar las alteraciones en la función de cada objeto construido ya que no modificarán su esencia. Uno de los antecedentes que sirvieron para sustentar la restauración como disciplina fueron las teorías centradas en el arte y la arquitectura propuestas por Viollet Le-Duc y John Ruskind durante el siglo XIX.

Viollet Le-Duc es el primero en compilar de modo sistemático, amplio y coherente los principios de una teoría de restauración arquitectónica que ejemplificó de modo práctico en las intervenciones de los edificios medievales que estuvieron bajo su dirección. Todas sus restauraciones estuvieron acompañadas de un estudio atento del monumento sobre el que intervenía, a través de sus trabajos, afirmaba que la restauración era una disciplina dotada de estatuto científico, si la restauración tenía como objetivo “recuperar el estado completo” de un edificio, la arquitectura se convierte en un objeto de estudio científico, ya que al igual que los objetos de otras ciencias; los elementos perdidos o deteriorados se podía recuperar y deducir por medio de un razonamiento científico. La restauración no debe contenerse en la apariencia del monumento, si no extenderse hasta su estructura constructiva: “el arquitecto encargado de una restauración debe ser un constructor hábil y experimentado”, demostrando la atención hacia los procedimientos constructivos y estáticos de las distintas épocas.² Además, hay que agregar que fue partidario de las renovaciones aplicando técnicas modernas, cualquier estructura debía ser regenerada a partir de materiales y medios más eficaces para asegurar su duración y alargar su tiempo de vida.

Contrario a lo que proponía Viollet Le-Duc y su visión restauradora, en esa misma época en Inglaterra se quiso impedir cualquier tipo de restauración, la figura clave fue John Ruskind, teórico de la restauración, que aunque no era arquitecto y no practicaba la restauración, sí era artista. En su obra *Las siete lámparas de la Arquitectura* concreta su postura respecto a la restauración. Su máxima era la conservación, pues creía que todas las obras de arte tenían un ciclo biológico. Según él todo arquitecto debía elegir bien los materiales y la forma de su obra, todo esto para que llegara a perdurar.³ Su aportación fue el concepto de conservación como único instrumento legítimo para el cuidado de los monumentos, fomentando la realización de intervenciones menores como medio de conservación y consolidación del patrimonio.

² I. González Varas Ibáñez. “Aproximación a la teoría de la restauración”. *La catedral de León. El sueño de la razón*. Caja España. España. (2001). (pp. 63-66).

³ Ma. Victoria García Morales, Victoria Soto Caba. (2013). *Patrimonio histórico-artístico y gestión de bienes culturales*. Recuperado de: <https://gradohistoriaarte.files.wordpress.com/2013/02/patrimonio-histc3b3rico-artc3adstico.pdf>

Es importante destacar que aunque estos dos personajes presentaban postulados opuestos en cuanto a la intervención directa o indirecta sobre la arquitectura, ambos mostraban preocupación por la restauración del patrimonio arquitectónico. Esto servirá de base para la redacción de las cartas de restauración, las normas y los manuales de referencia publicados por los organismos internacionales que actualmente conocemos.

Los pioneros en proponer un trayecto de actuación en la intervención en pro de la recuperación de objetos construidos fueron Camilo Boito, Max Dvorák y Gustavo Giovannoni.

Camilo Boito propone una guía a seguir para la correcta ejecución de una restauración, manifestando el principio de honradez y respeto al momento de intervenir un monumento, a través de esto dejó asentados los criterios procedentes y científicos que estructuran la intervención en el patrimonio histórico.

Max Dvorák es de los primeros en publicar una guía de conservación de monumentos, en su *Katechismus der Denkmalpflege* (Catecismo para la conservación de monumentos, 1916)⁴ en ella deja ver algunos puntos muy importantes que contribuyen a la destrucción de un inmueble, como son: la ignorancia, la indolencia o la corrupción, razones directamente relacionadas con el hombre.

Gustavo Giovannoni por su parte defiende que un buen mantenimiento y una correcta conservación esté basada en aspectos constructivos antes de proceder a una restauración; además plantean la restauración como una actividad científica donde sea aplicada la tecnología.⁵ Considera importante tener un registro de los procesos de trabajo y producción de cualquier objeto construido, en el caso de edificaciones antiguas, registrar los añadidos y las transformaciones para un análisis técnico y científico que pueda sustentar una restauración más certera, basada en el análisis de entorno, es decir ambiente natural y urbano, así como los agentes endógenos y exógeno, pasivos y activos que contribuyen a un detrimento de una edificación determinada.

Giovannoni clasifica los edificios en dos tipos: edificios vivos, son aquellos que están en funcionamiento y los edificios muertos, aquellos que han colapsado o pertenecen a culturas desaparecidas.

⁴ González-Varas, I. *Conservación de Bienes Culturales. Teoría, historia, principios y normas*. Ediciones Catedral 4^{ta} edición. Madrid, España. 2005. (p. 41)

⁵ Pere Roca Fabregat. "Estructuras y Patrimonio Cultural. Análisis, conservación y restauración". *Restauración de Obra Pública*. It. Ingeniería y Territorio. N° 92. 2011. (pp. 20-29)

Tomando en cuenta esa clasificación, y que, actualmente existen edificios deteriorados por el paso del tiempo, las inclemencias ambientales o catástrofes naturales, es preciso proponer el término: edificio enfermo, es decir, aquellos que se encuentran desocupados o en uso parcial, pero que han soportado las inclemencias ambientales y cuya función puede ser reactivada o transformada. *Figura 2*

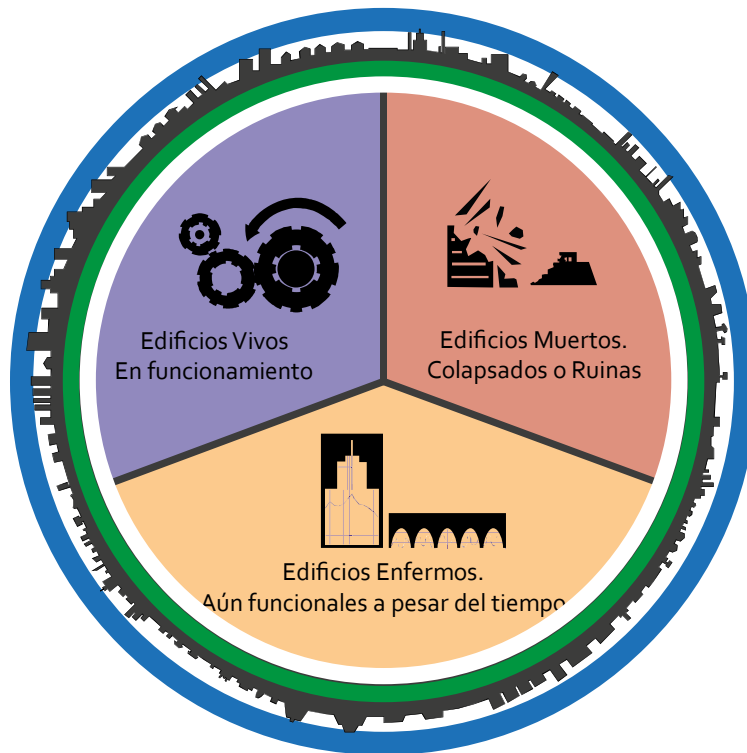


Figura 2. Clasificación de edificios: edificios vivos (aún con función), edificios muertos (colapsados de culturas pasadas ya desaparecidas) y edificios enfermos (edificios aún funcionales a pesar del tiempo y las inclemencias ambientales).

Un Poco de Historia Referente a la Conservación.

Debido a los postulados e ideas expuestos por Camilo Boito, Max Dvorák y Giovannoni, se lleva a cabo el primer Congreso Internacional de Restauración de Monumentos; a través de este en 1931 se redacta la Carta de Atenas y la Carta Italiana de Restauo, como primeras intenciones de la comunidad profesional y científica por conservar el patrimonio.

Debido a los conflictos armados acontecidos a principios y mediados del siglo XX surgen instituciones dedicadas a la conservación de objetos construidos con base en estudios científicos, la recuperación de éstas no se puede dar de manera empírica, es a partir de ese planteamiento que surge el concepto de Patología⁶, la cual se plantea como una ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en un edificio después de su ejecución y propone las soluciones a los mismos.

⁶ Félix Lasheras Merino. *Sobre el Concepto de Causa, en Patología de la Construcción*. Ponencia sobre: Técnicas de diagnóstico. 4to Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Santiago de Compostela, España. 2012

En 1964 se redacta y publica la carta de Venecia, en su décimo artículo dictamina: *cuando las técnicas tradicionales se manifiestan inadecuadas, la consolidación de un inmueble puede ser asegurada mediante el auxilio de todos los medios más modernos de construcción cuya eficacia haya sido demostrada por datos científicos y demostrada por la experiencia*⁷. (ICOMOS, 1964). En 1970 la patología de la construcción se establece como línea de investigación científica cuyo estudio se enfoca al análisis de comportamientos de materiales, técnicas, métodos y sistemas constructivos. Se proponen dos ramas de estudio dentro de esta disciplina: *la patología preventiva y la patología curativa*, cada una de estas nos proporcionará un diagnóstico que conlleve datos de origen, evolución, síntomas y remedio.⁸

Los estudios de comportamiento patológico a partir de los principios de causa y efecto dan paso a planteamientos de modelos de ciclo de vida de edificaciones, basados en el análisis de sistemas constructivos y su reacción al medio ambiente. *Figura 3*



Figura 3. Análisis ambiente y contexto construido.

⁷ ICOMOS, II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, Venecia 1984.

⁸ Juan Monjo Carrio. *Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos*. Editorial Munilla-Lería, 2da Edición. Madrid, España. 1997. (pp. 19-23)

Kyosti Tuutti es el primero en proponer un modelo de ciclo de vida útil de estructuras de acero basado en los efectos de la corrosión como problema patológico⁹, posterior a él surgen planteamientos de causa y efecto debido a los agentes agresivos de un medio y es a finales de este siglo que se plantea el modelo de vida útil de las estructuras basado en el modelo de Tuutti, enfocado a estructuras de concreto, su comportamiento ante los embates naturales y artificiales, así como su correcta ejecución, mantenimiento y prevención de daños asegurando su correcto funcionamiento y durabilidad.

Preservación del Patrimonio Construido.

La percepción que se tiene con respecto a los desastres que pueden aquejar a nuestro patrimonio va cambiando, antes se pensaba que los desastres son fenómenos ajenos a la voluntad y control de los seres humanos, sin embargo la vulnerabilidad que presenta es latente a cualquier evento y no hay por qué esperar a una catástrofe, todo esto se puede anticipar y así reducir riesgos potenciales. La prevención de daños podrían traer beneficios económicos, es conveniente invertir en un plan de mitigación y anticipación de siniestros a gastar grandes sumas (que suponen fondos públicos y de inversión privada) en reconstrucción y recuperación después de presentarse un desastre.

Es preciso hacer hincapié que: *cuando se interviene un edificio de carácter histórico no es solo porque ha habido un siniestro causado por la naturaleza (humedades, desplazamientos, sismos, hundimientos, etc.) o por causas artificiales, también se efectúa cuando hay una mala ejecución de procesos de restauración* (Collado, 1976), esto se origina por la carencia de un análisis previo del objeto arquitectónico en cuanto a sus características constructivas, estructurales, materiales, ambientales etc.¹⁰

Instituciones alrededor del mundo (UNESCO, ICOMOS, ICCROM, etc.) han sido creadas con el objetivo de preservar el patrimonio natural, tangible e intangible que nos representa como población y da muestra de nuestra identidad cultural. A través de estas instituciones, convenciones y las cartas internacionales (con la intención de preservar el patrimonio), en nuestro país ha permeado esta intención de vigilar, conservar y restaurar monumentos. Las instituciones gubernamentales (INAH e INBA) basándose en las propuestas de la UNESCO¹¹, a través de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos en resumen proponen:

⁹ Tuutti, K. *Corrosión on steel in concrete*. CBI Forskning Research, Swedish Cement and Concrete Research. Stockholm, Sweden. 1982

¹⁰ G. López Collado. *Las Ruinas en Construcciones Antiguas. Causas, Consolidaciones y Traslados*. Editorial Rivadeneyra. Madrid, España. 1976

¹¹ UNESCO. *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural*. II Protección Nacional e Internacional del Patrimonio Cultural y Natural. Art 4 y 5 París, Francia. 1972.

Promover y organizar la participación de la población y equipos interdisciplinarios con el objetivo de difundir y mejorar los métodos y sistemas desarrollados en la protección del patrimonio. Involucrar en los procesos de identificación, catalogación, actualización, delimitación y protección de la información de los monumentos y zonas de monumentos históricos, principalmente, a las instituciones académicas, asociaciones civiles organizadas, a los profesionistas especializados y a la sociedad en su conjunto, en la conservación de este patrimonio. Definir parámetros en el ejercicio del restauro y mantenimiento, integrar a los habitantes en la etapa de sondeo de información ya que éstos son los principales actores a quien va dirigido cada uno de estos proyectos.¹²

Actualmente la población es más consciente de su patrimonio y por lo tanto lo adopta como parte de su identidad, a partir de eso tiene derecho a una planeación estratégica de conservación del patrimonio, no solo en términos de edificaciones históricas o áreas protegidas, esto contribuirá a la mejora social y por lo tanto a la calidad de vida.

Ahora bien, si se llegaran a aplicar estos principios de conservación a nuestras ciudades contemporáneas, transformándolas a los nuevos requerimientos sociales, tecnológicos y de habitabilidad enfocándolos a la durabilidad a través de la calidad, disminuirían los riesgos de colapso en caso de presentarse un siniestro.

- ISCARSAH

Comité Científico Internacional para el Análisis y Restauración de Estructuras del Patrimonio Arquitectónico. (International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage)

Con la finalidad de contribuir a la preservación de los valores ligados a la autenticidad de las estructuras históricas, las Recomendaciones de ISCARSAH (2005), inspiradas en la Carta de Venecia (1964), establecen algunos principios que deben considerarse en cualquier estudio o intervención orientados a su conservación.

Se reconoce, en particular, que el valor de un edificio histórico no reside sólo en la apariencia de los elementos individuales, sino también en la integridad de todos sus componentes, como producto

¹² Coordinación Nacional de Monumentos Históricos. Subdirección de Catálogos y Zonas. Objetivos y Funciones. Recuperado de: <http://www.monumentoshistoricos.inah.gob.mx/index.php>

único de una tecnología de la construcción específica de su tiempo y lugar.¹³ Por ejemplo, la eliminación de las estructuras internas, conservando sólo la fachada, no satisface los criterios de conservación. Esta institución recomienda que para determinar un diagnóstico sobre cualquier estructura patrimonial se deben seguir las siguientes recomendaciones:

El estudio de una construcción constituye una tarea multidisciplinaria que requiere la colaboración de una variedad de profesionales (incluyendo a historiadores, arquitectos, ingenieros, físicos, químicos, entre otros expertos). Entre las principales actividades que pueden contribuir al estudio y a la caracterización de una estructura emblemática están: la investigación histórica, el reconocimiento estructural en su estado actual, la instrumentación, el análisis integral, la diagnosis, la verificación de la capacidad y el diseño de intervención. Estas actividades deben desarrollarse de manera complementaria a lo largo de las distintas fases de todo estudio orientado a la conservación del patrimonio arquitectónico.

El diagnóstico tiene como finalidad identificar las causas de los daños y caracterizar el estado de conservación de la estructura. La verificación tiene por objeto determinar qué tan fiable es el edificio en cuanto a seguridad estructural se refiere. La intervención se orienta a restituir o mantener los niveles de integridad y de fiabilidad requeridos a través de posibles intervenciones de estabilización, mantenimiento, reparación o refuerzo.

ISCARSAH recomienda elaborar un informe explicativo, a propósito del estudio de toda construcción histórica, en que se realice un análisis crítico y una discusión detallada de los resultados. Este informe debe incluir: *un análisis minucioso de la fiabilidad de la estructura y de sus posibles carencias, a fin de justificar la intervención. Éste, asimismo debe explicar e informar las fuentes de posible incertidumbre e incluir un análisis de la fiabilidad de los datos y de las hipótesis consideradas. (ISCARSAH/ICOMOS, 2005)*¹⁴

- CIB.

Los estudios de identificación de patologías que ha llevado a cabo el C.I.B. (Conseil International du Batiment) el Consejo Internacional de Construcción encargado de evaluar las patologías encontradas en los edificios sin importar la época de construcción ofrece una solución a partir del aprendizaje de las técnicas ocupada en el pasado.

¹³ ISCARSAH. *Recomendaciones para el Análisis, conservación y Restauración Estructural del Patrimonio Arquitectónico*. ICOMOS. 2005. Recuperado de: <https://iscarsah.files.wordpress.com/2014/11/iscarsah-guidelines.pdf>

¹⁴ *Ídem*.

La implementación de estos estudios nos exponen las razones por las que una construcción llega a dañarse. Una alternativa que se propone es el análisis de una edificación a través de sus procesos y tiempo de vida (desde la concepción de diseño-ejecución) o bien mediante el monitoreo controlado del comportamiento a través del tiempo en caso de tratarse de un edificio patrimonial.⁴⁵

El CIB analiza las patologías por las áreas y etapas de un proyecto construido. Primero se enfoca a investigar cómo interviene la ciencia en este ejercicio y cómo es que ayuda a la detección de anomalías a través del conocimiento de tendencias y patrones; analiza cuales son las consecuencias del análisis patológico y a partir de estas enseñanzas, aplicar mejoras en el proceso de concepción de un proyecto y evitar futuras fallas desarrollando mejores diseños proponiendo en ellos materiales y especificaciones adecuadas.

Hace un análisis costo-beneficio a través de la comparación de gastos de rehabilitación y coste relacionado al estudio de patologías, en él profundiza en los costos de operación y mantenimiento.

Proponen una metodología de investigación en donde se empieza por estudiar patrones de comportamiento singulares generados por el contexto natural, considerar métodos de observación, levantamientos, técnicas de inspección tradicionales e innovadoras, pruebas no invasivas e invasivas y evaluación de comportamiento estructural. A esto se sugiere integrar el tema de control de calidad a través de encuestas a profesionales, la aplicación de nuevas técnicas que sean capaces de rastrear fallas y anomalías aplicando tecnologías que busquen ser lo menos destructivas.

Hace énfasis que la clave de la salvaguarda de un inmueble está en el control de la estructura, no tenemos por qué esperar a un desastre, ni que un edificio presente inseguridad para sus habitantes, ni mucho menos llegue al colapso para identificar patologías y aprender de esas experiencias. Al contrario, este ejercicio previene comportamientos dañinos y arroja datos exactos que nos pueden determinar qué tipo de intervenciones son adecuadas, propone soluciones a esas patologías, tratamientos que puedan revertir los daños y no suponga alterar la estructura.

⁴⁵ Mariella De Fino, Giambaptista de Tommasi. *Técnicas innovadoras y tradicionales de investigación y monitoreo de edificios históricos*. CIB. Conseil International du Batiment. N° 393. 2013. (pp.58-64)

Conclusiones del Principio de Conservación y la Patología como Línea de Investigación en la Construcción.

Las instituciones y organismos internacionales, así como los expertos han creado modelos, manuales y desarrollado métodos de evaluación constructiva a través de la identificación de patologías, y, éstas han servido de guía a los profesionales de la construcción para reparar edificaciones, reciclar espacios y reconfigurar inmuebles cuya función es obsoleta para dar cabida a nuevas actividades. Sin embargo en algunos casos se prescinde de la utilización de estas bases para dar celeridad a los proyectos de diseño de dichas intervenciones y es cuando se cae en el error de la mala planeación de reparaciones que al final logran mermar la funcionalidad de la edificación acortando su tiempo de vida.

Ahora bien en nuestro país queda mucho por hacer en términos de recuperación espacial desde el punto de vista constructivo, es bien sabido que en muchos de los casos no se realizan estudios de comportamiento de materiales y sistemas constructivos que puedan diagnosticar el estado actual de una edificación. No existen las herramientas de análisis a aplicar para rastrear y mapear comportamientos constructivos para tener un marco de referencia en cuanto a los daños y deterioros que se pueden presentar a través del tiempo dependiendo el ambiente que le rodea, información que puede no solo ocuparse para proponer respuestas constructivas y de diseño, si no para prevenir riesgos en caso de encontrarse en una zona geográfica vulnerable (sismos, huracanes, inundaciones, deslaves, etc.).

En el campo de la arquitectura se hace cada vez más necesario la implementación de una línea de investigación referente a la patología para hacernos más conscientes de la composición de nuestras edificaciones y a través de ellas conozcamos las posibilidades que tiene un sistema ante un tipo de ambiente, así como los riesgos que se pueden presentar. Sin afán de querer tomar a la Patología de la Construcción de una forma superficial y mucho menos las investigaciones realizadas alrededor de ella, se hace imperativo acercar a la comunidad de arquitectos a este tipo de conocimiento. Es así que de primera instancia se hace necesaria la creación de una metodología de estudio patológico que dé como resultado una ruta de inspección y análisis constructivo aplicable al campo de los profesionales de la construcción, el mantenimiento y el restauro.

Ventajas de un estudio patológico sustentado en una ruta de inspección.

Al hablar de la necesidad de una herramienta de análisis para la evaluación constructiva de un inmueble en su composición constructiva, su estado actual y las anomalías o daños que presente, nos referimos a la creación de una herramienta de estudio que evalúe uno o un grupo de edificaciones para intervenirlos alargando su tiempo de vida y restableciendo su función o bien, integrándole nuevas características que cumplan con las necesidades de quienes lo habitan.

Para los problemas que enfrentan la comunidad de ingenieros y arquitectos, en cuanto a lesiones y deterioros en una edificación, es necesario crear métodos y herramientas de este tipo de estudios para formular diagnósticos certeros del problema que determinen los parámetros de reparación.

Los modelos de análisis con base en el estudio de una patología recurrente o el análisis patológico en general, han proporcionado datos importantes en cuanto al mantenimiento de un tipo de sistemas constructivos y a la implementación de otros que en conjunto con el sistema original dan un mayor tiempo de servicio y consolidan de manera efectiva las construcciones. Éstos han integrado técnicas, herramientas y artefactos de medición como parte fundamental de un análisis constructivo. Así mismo el integrara las áreas de conservación, rehabilitación y restaura esta línea de investigación puede derivar en mejores intervenciones con una calidad proyectual y ejecutiva mejor a las que se tienen actualmente.

El análisis del comportamiento patológico puede ser un proceso tardado ya que requiere de análisis cualitativos y se sustenta de los cuantitativos, debido a que requiere de un rastreo de información y análisis de laboratorio, cuestiones que se contraponen a los tiempos de proyecto de diseño de restauración o trabajos de rehabilitación; por esos motivos puede impulsarse este tipo de estudios e investigaciones que nos puedan dotar de la información necesaria de un conjunto de inmuebles localizados en algún punto vulnerable de nuestro país o crear mapas de características constructivas y posibles afectaciones dependiendo el ambiente, así como el paso del tiempo.

Justificación de la Tesis.

La conservación y la rehabilitación es un área que ha tomado fuerza desde fines de la segunda guerra mundial, la necesidad de preservar la identidad cultural a través de la arquitectura como aquellos testigos de una nación, hicieron que surgiera un interés de recuperación espacial no solo desde el enfoque histórico y del momento, si no desde el constructivo; el análisis de los sistemas y la concepción constructiva de inmuebles emblemáticos dio paso a la comprensión de técnicas y a su vez a la evolución de los materiales y la mejora de sus capacidades en los sistemas constructivos.

Alrededor del mundo éstas actividades han tomado importancia, ya que abarcan dos puntos importantes en cuanto a la producción de espacios se refiere, primero cumple con el objetivo de preservar la imagen arquitectónica de una región y en segundo lugar, se fomenta el reciclaje de objetos construidos a través de la reconfiguración espacial, evitando crezca la mancha urbana. El análisis técnico-constructivo de las anomalías presentadas debido al comportamiento ambiental y al paso del tiempo, han permitido conocer de manera integral de la construcción a intervenir y eso ha servido de base para la implementación de respuestas que alarguen el tiempo de vida de las construcciones y se ofrezcan nuevas alternativas de habitabilidad.

El reciclaje de espacios construidos, que estaban destinados a un uso en el tiempo en el que fueron concebidos y que debido a los cambios tecnológicos y a las nuevas dinámicas sociales demandan un cambio y una nueva funcionalidad se basan en cálculos, estudios y modelos de análisis, éstos al dar un diagnóstico certero prolongan el tiempo de servicio y vuelven más flexible a la edificación a otros cambios posteriores, sin embargo no en todas las partes del planeta se da este fenómeno.

En comparación con países que han adoptado este tipo de acciones (Italia, Holanda, UK, España, etc.) nuestro país en el tema de la evaluación constructiva y el análisis de los problemas patológicos que se pueden presentar en una edificación cualquiera, ya sea de producción reciente o de carácter histórico o estilístico, deja cabos sueltos y aún hacen falta métodos y técnicas de análisis. El campo de actuación de manera inmediata es el de la restauración, sin embargo hay que sembrar este tipo de investigaciones desde la raíz de la producción constructiva y arquitectónica, además de promover la mejora de la calidad desde el enfoque de la seguridad estructural y la prevención de riesgos a la hora de un fenómeno meteorológico o geológico como los últimos sucesos que han sacudido nuestro país.

Si se han desarrollado manuales, modelos, métodos y técnicas de inspección, evaluación y diagnóstico alrededor del mundo, es importante organizar y clasificar esta información para proponer una metodología referente a los comportamientos constructivos y sus anomalías (patologías). A partir de la compilación de toda esta información existente se buscará sentar las bases de análisis para

generar un diagnóstico certero a la hora de querer intervenir o recuperar la funcionalidad de una edificación.

Esta tesis pretende conformar el hilo conductor del conocimiento patológico constructivo en el campo de la arquitectura a través de una metodología, la cual genere la ruta de inspección general que sirva de base para el análisis de uno o varios organismos construidos que nos permitan rastrear o mapear los comportamientos constructivos que tienen. Esto permitirá un mejor entendimiento de los problemas patológicos y la importancia que tiene el ambiente sobre los sistemas constructivos marcando la importante relación entre diseño-geometría-material-ambiente para prevenir anomalías, desarrollar mejores sistemas y determinar parámetros de intervención.

Objetivos.

Objetivo General:

Crear la herramienta de análisis patológico-constructivo mediante la formulación de una metodología que determine los parámetros requeridos en un estudio patológico. A partir de la investigación de la génesis del inmueble pasando por el estudio de las anomalías encontradas se analizarán los posibles efectos en caso de que un inmueble sea o no intervenido.

Objetivos Particulares:

Identificar las tecnologías, herramientas y métodos de análisis utilizados en la actualidad para el análisis patológico de un inmueble con base en el sistema constructivo que lo compone.

Estudiar los tipos de procesos de inspección existente aplicados en los últimos años. Analizando lo anterior se buscará integrar la identificación de problemas patológicos al actual método de rehabilitación utilizado en nuestro país.

Complementar los métodos de análisis aplicados en el ejercicio de intervención o mantenimiento de un inmueble conformando y estructurando la serie de fases de estudio para la obtención de un diagnóstico a partir de una inspección patológica.

Estudiar el comportamiento de una edificación, desde su concepción original hasta la actualidad, analizar su contexto y la influencia que este ejerce; obteniendo esa información se clasificará las patologías y las herramientas apropiadas para el análisis de cada una.

Introducir al Arquitecto al ejercicio de la interpretación de datos, el ejercicio de análisis y comprensión de los sistemas constructivos para la identificación de una anomalía y posteriormente la determinación de parámetros para su solución.

Hipótesis:

Si se crea la matriz metodológica del estudio patológico-constructivo, se desarrollará la herramienta de análisis integral de una edificación, la cual permitirá identificar las causas y los efectos de las anomalías encontradas que afecten su funcionamiento, sentando las bases de un diagnóstico certero que marque las pautas de intervención para su mejoramiento.

Capítulo I.

Análisis de una edificación desde el punto de vista constructivo.

El ejercicio de la restauración.

Actualmente en nuestro país se recurre a Arquitectos restauradores para el rescate y restauración de nuestros inmuebles, sin embargo es bueno cuestionarnos si los métodos que aplican en sus procesos tanto de evaluación, propuesta, diseño y ejecución son los correctos.

En el quehacer del ejercicio proyectual y constructivo del rescate patrimonial, tan valiosa es una fórmula química para la limpieza o consolidación de la cantera tomada de un tratado extranjero o prescrita por un investigador, como el análisis de laboratorio, el consejo de especialistas en historia del arte o el oficio de un buen tallador de piedra o un herrero experto en hierro de forja. La restauración ha dejado de ser la actividad de unos cuantos "superdotados culturalmente" para convertirse en una actividad eminentemente interdisciplinaria.¹⁶

En nuestro país, la coordinación nacional de sitios y monumentos expone que entre los apartados que compone una ficha de catálogo de un inmueble deben destacar:

- Localización del inmueble.
- Identificación: contiene en su estructura la clasificación de cada uno de los inmuebles y su jerarquización por medio de un *Tesaurus (lista controlada y estructurada de términos para el análisis temático y la búsqueda de documentos y publicaciones en los campos de la educación, cultura, ciencias naturales, ciencias sociales y humanas, comunicación e información.) Arquitectónico y Urbano*, el cual define que cada una de las categorías arquitectónicas, géneros y tipologías de los conjuntos arquitectónicos inmuebles y espacios públicos catalogados conforme a su uso y destino original.
- Aspectos legales.
- Referencias Religiosas.
- Datos históricos.
- Preexistencias: incorpora datos sobre aquellos vestigios prehispánicos y/o históricos que se encuentran en el inmueble.

¹⁶ Ricardo Prado Núñez. "Ponencia México-Italia". Ponente Restaurador Especialista en Construcción, Experiencias de la Restauración del Escudo de la UNAM campus C.U. (vivencias del ejercicio profesional), 2015

- Características formales y materiales: información que de fe de los materiales de construcción empleados y del estado de conservación del inmueble al momento de ser visitado.
- Descripción arquitectónica: obtenida de la situación contextual como de las características formales y materiales de los inmuebles y sistemas constructivos empleados, descripción de espacios y distribución.
- Observaciones: donde se consignan todos aquellos datos que manifiestan el estado de deterioro o peligros potenciales sobre un inmueble, o bien, donde se consignan trabajos de conservación para su salvaguarda.
- Bienes Muebles: se describen como los objetos que se encuentran al interior de los inmuebles, en muchos casos conocidos como inmuebles por destino en caso de retablos.¹⁷ (INAH Coordinación nacional de monumentos históricos, 2011)

Con lo anterior se concluye que los institutos de bellas artes y de antropología e historia no hacen hincapié en el análisis de un inmueble en cuanto al comportamiento de los sistemas que lo componen, el paso del tiempo, el tipo de suelo, el ambiente y los diversos cambios de contexto. Solo se concentra en la descripción de sus características superficiales, esto nos indica que existe un enfoque de análisis incompleto; hasta que no haya un cambio de mentalidad en cuanto al rescate de un inmueble no habrá una preocupación real por la salvaguarda del patrimonio.

A lo anterior cabe agregar que los tiempos de proyecto y ejecución sea el caso de un inmueble de características históricas y artísticas son cortos y no hay un periodo previo de análisis que permita conocer las causas y los efectos del deterioro de una edificación, la experiencia ha demostrado que restauraciones, reestructuraciones, etc. se resuelven sobre la marcha de la obra y en ocasiones presentan problemas posteriores a la intervención que significan un riesgo mayor para la población y el entorno urbano.

Sin embargo, algunos sectores de la arquitectura consideran la restauración puramente concebida dentro de la línea de la historia de la arquitectura o la filosofía, interpretaciones que cada quien acomoda a sus intereses.

Es digno de atención el fenómeno tan arraigado en los profesionales de la construcción que consideran que la actividad del restaurador puede ser ejecutada por cualquiera que tenga nociones

¹⁷ INAH. Coordinación nacional de sitios y monumentos históricos. *Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles y Estudios para las Declaratorias de Zonas de Monumentos Históricos y de Monumento Histórico*. México. 2011. Recuperado de: <http://www.catalogonacionalmhi.inah.gob.mx/monumentos/index.jsp>

estéticas y capacidades en reconfiguración espacial al interior. *Parece increíble que en cuanto a la salvaguarda y mantenimiento de nuestro patrimonio cualquiera que no esté versado en la materia tenga el atrevimiento de intervenir un inmueble ignorando la función de sus sistemas constructivos, las técnicas empleadas, las características del ambiente y cómo han afectado los cambios en el contexto en su funcionamiento. Todo esto concluye en resultados fatales que pueden hasta poner en riesgo vidas humanas.* (Prado, 2006)

Ahora bien hay que entender que nuestro patrimonio no se refiere sólo a nuestra herencia arquitectónica, si no al espacio construido habitable en el que desempeñamos nuestras tareas y vivimos nuestra vida diaria, independientemente de si se trata o no de un monumento histórico o de valor estético. El ejercicio de restauración se debe dar de manera integral en todos los sectores de nuestra ciudad y en favor a toda la población.

Es necesario que la restauración amplíe su campo de acción, que se entregue a todos los sectores de la población y no solo se reconozca en el estético y el histórico; esta actitud sólo refuerza intereses monetarios traducidos en inversiones y contratos (en especial en materia de turismo) y el resultado lo obtenemos como edificaciones que pretenden representar parte de nuestra identidad de manera absurda y para evitar su desaparición en la memoria colectiva, se demuelen y/o alteran poniendo en riesgo su estabilidad y por lo tanto son vulnerables ante cualquier tipo de desastres.

¹⁸

Sin un análisis profundo de ambiente-objeto construido, ¿cómo poder contrastar sus comportamientos con otros similares y llegar a un análisis sistémico y constructivo que nos arroje datos a considerar al momento de proponer medidas de rescate y preservación? Una intervención errónea carente de soluciones constructivas que aseguren la habitabilidad y la durabilidad del inmueble significan un peligro latente, que llega a traducirse en riesgo e inseguridad tanto en su conformación constructiva como en la integridad de quienes lo ocupan.

Promover la participación de la población y equipos interdisciplinarios con el objetivo de difundir y mejorar los métodos y sistemas desarrollados en la protección del patrimonio. Integrar a los habitantes en la etapa de sondeo de información ya que éstos son los principales actores a quien va dirigido cada uno de estos proyectos, al final las personas que habitan un lugar son los que mejor conocen la situación y los que mejor pueden describirlo exponiendo inquietudes y dudas.

¹⁸ Jorge Antonio Rojas Ramírez. *Procedimientos y Tecnologías en la Restauración. Arquitectura, conjuntos y naturaleza*. Tesis Postdoctoral: Capítulo Tecnología y Restauración. UNAM, México. 2013

Rehabilitación Constructiva.

Profesionales de diversas disciplinas han ido contribuyendo enormemente a estos planes de mantenimiento del patrimonio mediante la implementación de nuevas tecnologías no invasivas, técnicas de monitoreo, inspección, desarrollo de métodos de investigación de comportamiento y naturaleza de materiales, etc. Cada uno de éstos ha demostrado con el paso del tiempo que la manera correcta de prevenir amenazas de riesgo es mediante el estudio de comportamiento patológico de los edificios, aunque no es común ese término en el rubro de la arquitectura es muy justo integrarlo ya que el comportamiento de un volumen arquitectónico es dinámico, hay muchos factores que contribuyen a su deterioro además del estructural y constructivo, es decir es un organismo que compone a uno de mayor escala llamado ciudad.

No es posible concebir a la restauración como un proceso tradicional de reparación de un inmueble, el restauro implica una actuación de consecuencias más agresivas que haya sufrido la acción deletérea de un proceso patológico.¹⁹ Es por eso que se le puede considerar a la restauración como una vertiente del campo de acción de la tecnología, la cual tiene como tarea reparar o solucionar problemas presentados de manera formal-estructural en una edificación, además devolverle su valor histórico y estético ensalzando la identidad de una sociedad no solo al edificio en sí, si no al contexto urbano que compone.

Para ejecutar una restauración o bien, un proceso de rehabilitación es necesario plantear una serie de procesos en donde sepamos cuales son las anomalías presentadas en un inmueble o zona en cuestión, es decir tener un diagnóstico.

En medicina para llegar a un diagnóstico se tiene que hacer un minucioso y exacto análisis del cuerpo humano, por lo tanto se usa ese método de inspección como base para desarrollar uno que analice a un cuerpo arquitectónico. En primer lugar se estudia al individuo de lo general a lo particular, se localiza el o los malestares presentados, posteriormente se ubica el sistema en el que la anomalía se presenta y por último se ubica el punto en donde se concentra el problema mayor. En una segunda etapa se analizan los patrones de comportamiento y se consulta a la patología para llegar a lo que originó esta situación, todo esto es ayudado de análisis, exámenes de laboratorio, etc. Habiendo recopilado toda esta información se elabora un diagnóstico, en el que hay una base para poder actuar sobre la lesión o la anomalía encontrada.

¹⁹ Zanni Enrique. *Patología de la Construcción y Restauro de Obras de Arquitectura*. Brujas. Argentina. 2008. (p. 26).

Teniendo claro de manera general este proceso podemos aplicarlo a una escala mayor donde el objetivo es saber cuáles son las razones que hacen que nuestro cuerpo arquitectónico (u organismo de ciudad) esté enfermo para posteriormente intervenirlo. Si se pretende llegar a hacer un estudio exacto para tener el correcto diagnóstico y posteriormente hacer las recomendaciones pertinentes, es necesario que se determine un proceso de acción. Para tener este conocimiento hay que saber cuáles son las pruebas, herramientas, técnicas y ensayos a aplicar; hacer registro de todo lo descubierto, sus causas-efectos, así como la asociación del comportamiento con el contexto. Elaborando un resumen de todo lo registrado es preciso ir a la patología y reconocer los problemas, contrastarlos y compararlos, a partir de esa información se dará un diagnóstico verás.

Para entender la patología desde el punto de vista constructivo se debe tener claro su significado o definición para estudiarla y proponerla como área de estudio en la arquitectura. Juan Monjo define la patología de la construcción como: *"la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en un edificio (o en alguna de sus unidades) después de su ejecución"*²⁰, el Manual de Patología y Rehabilitación de edificios de Fiol la define como: *"el conjunto de lesiones que afectan a las edificaciones de toda época"*²¹; éstos (como muchos otros) se basan en la composición del edificio, sus materiales, técnicas de construcción, su contexto y su temporalidad para determinar el significado de patología constructiva.

Diversos grupos interdisciplinarios a nivel internacional han mostrado gran interés en esta línea de investigación de la patología han hecho aportaciones a nivel metodológico y práctico.

Evaluando toda esta información, se plantea aplicarla a través de un método o ruta de estudio a una edificación, o como en este caso le llamaremos nuestro organismo arquitectónico a través de estos pasos:

- 1 . Investigación de los catálogos de patologías existentes.
- 2 . Rastrear equipos de investigación dedicados a la patología y sus respectivos informes.
- 3 . Investigación de patologías encontradas y documentadas con sus respectivos ejemplos.
- 4 . Investigación de causas y efectos clasificándolo por sistemas constructivos, elementos y materiales; en caso de presentar su solución exponer el resultado.

²⁰ *Op. cit.*⁸

²¹ Francisco Fiol Olivan. *Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios*. Universidad de Burgos. España. 2014.

- 5 . Recopilación de información y contraste con la encontrada en el edificio muestra para su interpretación.
- 6 . Diagnóstico general y en caso de que exista, diagnóstico por áreas particulares en caso de presentar riesgo o características distintas a las encontradas en la literatura.
- 7 . Propuesta de tratamiento de daños. Control o monitoreo de la rehabilitación propuesta.
- 8 . Intervención. Analizados los tratamientos a seguir para la reparación de las lesiones encontradas, se contemplarán los equipos, herramientas y técnicas adecuadas para la intervención.

Todos estos pasos nos acercarán a una mejor manera de intervenir y de mantener nuestro contexto urbano-arquitectónico. Esta serie de etapas pueden llevarnos además a la investigación de soluciones de construcción y quizá al mejoramiento de sistemas y elementos arquitectónicos.

Es importante resaltar los estudios de monitoreo y análisis de comportamiento de edificios, en ellos se expone cómo han ayudado a la prevención de daños y detección de patologías, a través de esta herramienta se pueden prevenir daños de carácter natural, en especial a los referidos a cuestiones sísmicas (como es el caso de la CdMx). Proponen el método de sondeo de comportamiento dinámico, no referido a la estructura en sí, más bien toman como dinámica al comportamiento del contexto artificial (perfil urbano, espacio público, nueva infraestructura integrada, intervenciones nuevas, etc.) que rodean al inmueble, es decir las dinámicas que se desarrollan alrededor y en él, el análisis consta de dos cuestiones, la dinámica y la estática.

Los sensores con microchips como herramienta de monitoreo podrían ayudar a estudios de comportamiento constructivo y detección de patologías, éstos al ser ultrasensibles a cualquier tipo de excitación del edificio en respuesta a agentes externos e internos conducirán la información a una computadora la cual registra el comportamiento estructural de un edificio. Estas tecnologías representarán un análisis continuo y prevención de lesiones y deterioros, el monitoreo de salud estructural (SHM) ²² se está constituyendo como la alternativa de técnicas no destructivas de análisis estructural y constructivo. Cabe mencionar que en un principio estos sensores se presentaban a través de cápsulas de medición periféricas a través de instalación de cableado, éstas permitían que un equipo de inspección hiciera las mediciones pertinentes de la edificación cada determinado tiempo.

²² D. Balageas, et al. *Structural Health Monitoring*. Balageas, Fritzen, Guemes. London, UK. 2006

Sin embargo la evolución de las tecnologías de la información y la comunicación, unida a los avances de la microelectrónica, ha propiciado un nuevo contexto científico-técnico muy adecuado para abordar las inspecciones técnicas en la obra civil de una forma diferente. Dentro de este nuevo contexto, destacamos en primer lugar la progresiva miniaturización de los dispositivos embebidos con capacidad de procesamiento, almacenamiento y comunicaciones. La tendencia seguida por estos dispositivos se caracteriza por la disminución progresiva de su tamaño y su consumo energético, en contraste con el aumento de su potencia de proceso, capacidad de almacenamiento y facilidad para las comunicaciones.²³

El sumergimiento de sensores de monitoreo en las estructuras y edificaciones pueden facilitar la vigilancia de edificios situados en zonas de riesgo natural (sean zonas sísmicas, propensas a inundaciones, deslaves, tsunamis, etc.) y la detección de anomalías, así como la prevención de riesgos para quienes lo habita.

A través de estas tecnologías los especialistas de la construcción se pueden ayudar para la formulación de un diagnóstico, facilitando los procesos de inspección, sin necesidad de métodos invasivos y con la obtención de datos en tiempo real.

Estas tecnologías contra las técnicas tradicionales de estudio se complementan, no se debe de desairar a la observación y al análisis de un especialista. Toda aportación ya sea teórica o práctica sólo complementa la información y ayudarán a un diagnóstico exacto. Se sabe que estas nuevas tecnologías de rastreo de daños y monitoreo estructural son herramientas útiles, sin embargo la comprensión del comportamiento natural de los materiales y la razón de las formas geométricas es un arma igual de poderosa.

Cada una de las técnicas desarrolladas y los resultados que han arrojado por medio de la experimentación, así como las teorías de estudio patológico, exponen que, para desarrollar un buen método de ataque, en primer lugar, hagamos uso de los métodos tradicionales y el análisis de los materiales desde sus comportamientos naturales, su geometría y el trabajo que cumplen en un sistema constructivo, con base en los anterior se podrán identificar y clasificar los daños a través del monitoreo estructural (por medio de herramientas modernas) para generar diagnósticos en lapsos de tiempo más cortos.

²³ Alfonso Capella Dálton, et al. *Detección proactiva de patologías en la construcción mediante redes de sensores inteligentes*. Departamento de Tecnología Informática y Computación. Universidad de Alicante. España. 2014. (pp. 25-37)

Capítulo 2.

Patología.

Patología.

Conceptos.

La medicina define patología como la rama de la ciencia médica que se dedica a investigar el desarrollo de las enfermedades que afectan al ser humano a nivel estructural, bioquímico y funcional. Del griego pathos (pathos) enfermedad y logos (logos) estudio. La patología determinará qué es lo que causó esa enfermedad o el fallo fisiológico o anatómico.

En arquitectura e Ingeniería la patología persigue el mismo objetivo, estudiar las afectaciones o lesiones de un inmueble ya sean de origen natural o artificial, de carácter interno o externo y cómo estas influye en el deterioro de sus sistemas y por lo tanto en la funcionalidad del mismo.²⁴

Arquitectos alrededor del mundo han seguido esta línea de investigación con el objetivo de la rehabilitación y preservación mediante el monitoreo y rastreo de comportamientos (anómalos, o con indicativos de futuros comportamientos patológicos) como fórmula preventiva de salvaguarda y mejoramiento sin tener que llegar al rescate o peor aún a esperar una catástrofe.

Patología en Arquitectura.

La patología arquitectónica es el estudio de una o varias enfermedades que se presenta en el conjunto constructivo, estructural, funcional y ornamental de una edificación. Son las anomalías o lesiones de origen natural o artificial ya sean físicas, químicas o mecánicas que afectan al elemento arquitectónico. A manera coloquial será el estudio de las enfermedades que presente un organismo construido.

Es importante no confundir esta línea de investigación con tecnología de materiales, ya que ésta estudia las propiedades de los mismos, su composición química y física así como los cambios que presenta al ponerlo a prueba ante estímulos y embates de la naturaleza y la mano del hombre. Cabe hacer la aclaración, ya que en ocasiones se dice que la patología estudia el comportamiento de los materiales por sí solos y no cuando forman parte de las estructuras ni sus sistemas constructivos.

La Patología no es el estudio de un material como elemento aislado, ya que para la concepción de una estructura se inicia por preconcebir un sistema constructivo. En algunas investigaciones nos

²⁴ *Curso de Patología, Conservación y Restauración de Edificios.* Tomo I, capítulo 1°. COAM. Colegio Oficial de Arquitectos. Madrid, España. 1992

encontramos con el término de patología constructiva, en donde se enfoca a las patologías encontradas en los procesos constructivos que integran los sistemas y elementos de una edificación.

La finalidad de esta tesis es analizar las patologías desde el punto de vista integral de una edificación, es por eso que se propone el término de patología arquitectónica. Observar aquello que puede originar o causar una afectación examinando los procesos que rodean a la concepción de un edificio, su diseño, ejecución, uso, mantenimiento o la falta de, ampliaciones y su desempeño ante los embates de la naturaleza y la mano del hombre a través del tiempo.

Estudiando las causas y los efectos de las patologías surgidas en un organismo arquitectónico se puede dar un diagnóstico más certero de su estado actual, se pronosticarán comportamientos, se sugerirán soluciones que garantizarán un mayor tiempo de vida, a través de la correcta ejecución.

En nuestro país, los procesos de intervención, rehabilitación y restauro son con base en estudios constructivos someros, en los que en singulares ocasiones se toma en cuenta el factor ambiente en cuanto a las afectaciones futuras que pueda tener en los sistemas que constituyen un inmueble. Recientemente se ha visto que la falta de este análisis constructivo en relación al ambiente, al contexto y al tiempo, se ha visto traducido en catástrofes que son posibles de evitar si se hace un estudio a conciencia de las características que rodean a la edificación, el cómo alteran a sus sistemas constructivos a través de sus materiales y a su comportamiento estructural.

Son varios los factores que intervienen en el comportamiento positivo o negativo de una edificación, sin embargo, al analizar cada uno de estos con respecto al tiempo transcurrido podremos prevenir daños, plantear soluciones adecuadas al inmueble y por lo tanto prolongar el tiempo de vida del mismo. Esto no solo se ve desde el punto de vista particular de una edificación; si se ve de manera grupal, la mejora continua se podrá dar en sectores, y posteriormente por poblados o ciudades, éste tipo de análisis dotarán a los profesionales del conocimiento necesario para conservar y proponer alternativas benéficas tanto a los pobladores como al contexto que les rodea.

Para tener el conocimiento de las características de una zona, un poblado, su ambiente, etc. es necesario estudiar qué los compone y los efectos sobre materiales y sistemas constructivos para conocer las patologías que lleguen a surgir, todo esto se llega a comprender a través de la inspección, el monitoreo y el análisis.

Reconocimiento.

Inspección.

Alrededor del mundo se han propuesto métodos y técnicas de estudio de materiales, sistemas o comportamientos estructurales y constructivos en uno o varios inmuebles, esto ha generado resultados que sirven de base al momento de proponer soluciones en el ejercicio proyectual.

La finalidad de una inspección es dotar de información profunda de los sistemas constructivos, materiales, el ambiente en el que se desenvuelven, las repercusiones de agregados o eliminaciones, el uso y la función para la cual fueron proyectados, esto construirá el acervo técnico de las causas y efectos de deterioro o durabilidad de los materiales y sistemas constructivos en cada zona y región.²⁵

Los métodos de análisis aún dejan cabos sueltos y por lo tanto un vacío de información que hace falta para llegar a la obtención de datos contundentes que nos puedan determinar el estado actual de un inmueble. Este vacío de conocimiento no es más que la falta de comprensión de datos técnicos y constructivos de una edificación, este puede resolverse mediante una inspección la cual ayudará a comprender e identificar las fallas o las lesiones que tenga una edificación, puede plantearse como una serie de pasos lógicos y secuenciales en cual no solo analicemos un inmueble por sus características históricas, sino que además podamos dar el historial de sus sistemas y elementos registrando comportamientos que pueden presentar inmuebles con características similares, todo esto para conducirnos a un conocimiento certero de algún inmueble o zona de estudio.

Intervención

Una intervención ya sea con fines de rehabilitación, transformación o mantenimiento, debe considerar los métodos de ejecución aplicados, los materiales empleados y los sistemas constructivos que conforman el inmueble para tener un conocimiento técnico al momento de hacer una propuesta de diseño y función. Habiendo recabada esa información, intervienen especialistas en arquitectura e ingeniería para examinar la estructura del edificio y proponer soluciones de reestructuración, en caso de que se presenten zonas de riesgo o colapsos.

El ejercicio proyectual de intervención integra cuatro etapas básicas en las que el principal objetivo es el de preservar la estructura, memoria histórica (en caso de haberla) y mantener la funcionalidad

²⁵ Paulo Helene, Fernanda Pereira. *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto*. Sika. Universidad de Sao Paulo, Brasil. 2007. (pp. 101-107)

del edificio adaptándolo a las necesidades de quienes lo habitan sin alterar de manera negativa el contexto que le rodea.

Habiendo adecuado la estructura para su reconfiguración espacial o su rehabilitación, sea cual fuere el caso, se da inicio a los trabajos, los cuales consisten en lo siguiente: *Figura 4.*

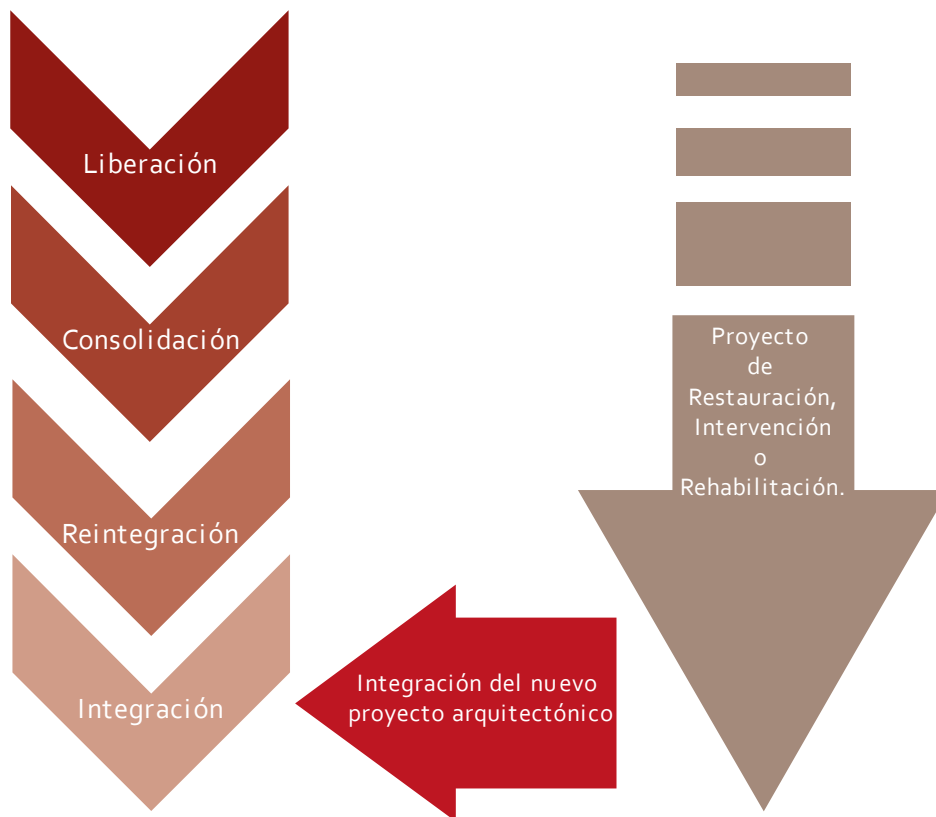


Figura 4. Método de restauración actual.

- 1 . Liberación: Esta etapa consiste en liberar al edificio de todos los agregados que no tienen que ver con el periodo histórico y su concepción original sin poner en riesgo su estabilidad.
- 2 . Consolidación: En esta etapa mediante la intervención de la ingeniería (entre otras muchas otras disciplinas) se le da solidez y seguridad a la edificación para ser alterada su función e intervenirlo.
 - 2.1 Reestructuración: En caso de representar peligro de derrumbe implementar las técnicas y tecnologías necesarias para garantizar su habitabilidad

- 3 . Reintegración: Se reintegran las partes reconstruidas, sea el caso de elementos ornamentales y acabados originales en caso de que hayan sido deteriorados o destruidos (pintura mural, tableros, etc.)
- 4 . Integración: Posterior a esto la etapa de adecuación consiste en la integración de la nueva propuesta de proyecto al edificio existente, reformulación de funciones e integración de un nuevo programa arquitectónico de acuerdo a las necesidades expuestas en la etapa de análisis de proyecto.²⁶

Las etapas antes mencionadas están sustentadas en la investigación de archivo (planos), materiales (observación) y procesos aplicados (acervo fotográfico). Ahora bien, una investigación somera no determina las causas de una lesión o una falla, el análisis histórico y técnico puede darnos pistas de la situación del edificio con respecto a su tiempo de vida, sin embargo no nos determina el porqué de una patología, ya que muchas variables influyen en el surgimiento de una.

El estudio causa efecto lleva mucho tiempo de investigación y en la mayoría de los casos se prefiere abreviar y acelerar el proceso de intervención, aunque en algunos casos conlleve a la toma de decisiones poco efectivas que lleven a un mayor detrimento y colapso del organismo construido.

Si hacemos un análisis de tiempos basándonos en ejemplos de restauro, una intervención se divide de la siguiente forma: *Figura 5*.



Figura 5. Proceso Práctico de Restauración.

El tiempo de investigación técnica-constructiva es corto, sin mencionar que no abarca lo necesario para llevar a cabo estudios profundos con respecto a la causa y efecto de lesiones, es entonces que antes de la investigación existe un área de oportunidad en el que puede intervenir la patología.

Sabemos que este método forma parte del proceso de solución de la problemática de un edificio que sufre una o varias afectaciones. Como lo hemos mencionado necesitamos dar un paso atrás y analizar los procesos constructivos del pasado y su comportamiento a través del tiempo para dar respuesta a esas lesiones, sin embargo necesitamos comenzar con el análisis descriptivo del edificio en cuestión,

²⁶ *Op. cit.* ¹²

determinar un pre diagnóstico que nos llevará a valorar las afectaciones a través de pruebas no invasivas, analizar la gravedad de la situación y si es necesario proseguir a las pruebas invasivas para estar seguros de la afectación e investigarla, es decir antes de diagnosticar tienen que existir una inspección detallada, teniendo los datos ya interpretados pasar a la etapa de diagnóstico que será la que nos determine de manera global su estado para así marcar pautas de intervención no solo constructiva sino proyectual y formal.

Inspección Patológica

Para que la Patología intervenga y dote de las bases constructivas a todo análisis para la intervención de una edificación, es necesario exista una inspección profunda que sea capaz de explicar las razones del por qué una lesión, falla o en caso extremo colapsos en una edificación.

La inspección nos proporcionará la información necesaria con respecto a un organismo construido y el contexto en el que se encuentre (tanto natural como artificial). A través de ella se identificará las características ambientales y los efectos sobre el objeto de estudio, se reconocerán las fallas y lesiones encontradas para clasificarlas y caracterizarlas; la inspección sentará las bases técnico constructivo de las causas y efectos de comportamientos patológicos.²⁷

El reconocimiento visual y científico es necesario para dictaminar un diagnóstico, además puede conformar la base de datos constructivos de un conjunto de organismos, puede contribuir a la evolución de los materiales a través de sistemas constructivos, sin mencionar que pueden abrir las puertas a la inserción de materiales alternativos que lleven a los mismo o mejores resultados en cuanto a durabilidad se refiere.

²⁷ Oladis Troncónis de Rincón, et al. Red DURAR. *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*. CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XV Corrosión/Impacto Ambiental sobre Materiales, CYTED. 3ra Edición. 2000. (pp.68 y 69)

Así como la ciencia médica recomienda hacer un cuadro clínico de un organismo viviente, se propone hacer lo mismo con un organismo construido a través de la inspección, se describirá el tiempo transcurrido, el ambiente que le rodea y finalmente las afectaciones que éste pueda tener en sus sistemas y elementos. Por medio de la inspección se construirá el mapa de conocimiento de patologías constructivas que servirá para la formulación de un diagnóstico y con base en ese prevenir futuras lesiones y solucionar fallas. *Figura 6.*



Figura 6. Gráfico de evaluación de daños y riesgos con base en un diagnóstico ambiental y constructivo.

Diagnosis.

Diagnóstico.

El diccionario lo define de la siguiente manera: tiene origen en la etimología griega y está formado por tres vocablos de dicha lengua. Se forma por el prefijo *diag.* "a través de" *gnosis* "conocimiento" y *tico* "relativo a". Es la recopilación de datos para analizarlos e interpretarlos permitiendo evaluar

una cierta condición, busca revelar la manifestación de una enfermedad a partir de observar y analizar síntomas.²⁸

Este término lo podemos aplicar a casi todas las ciencias, en arquitectura para la elaboración de cualquier proyecto se hace un estudio del contexto y del terreno en donde se determinan las características existentes, es decir se elabora un diagnóstico.

Ahora bien el diagnóstico para un edificio existente no debe ser superficial, deben de seguirse ciertos pasos para su elaboración comenzando por la descripción morfológica del organismo construido, observar mediante un recorrido general las regiones afectadas, recabar datos obtenidos de análisis y pruebas, conocer las causas y efectos de dichas lesiones. Analizando los datos, hacer un historial del estado actual de los sistemas y elementos que los componen, los cambios en el contexto en cuanto a integración de nuevos inmuebles e infraestructura y las afectaciones (en caso de que existan) que tiene del mismo sobre él, contrastando estos datos contra el uso y función original.

Esta información servirá como base para proponer soluciones y formas de intervención, estará dirigido para que el arquitecto interprete el estado actual y determine las medidas a tomar. No se trata de las soluciones, es la parte que (a través del análisis patológico) nos determina cuál es el diseño o intervención más apropiado, los efectos ya sea benéficos o perjudiciales que tendrá a futuro y cómo monitorear comportamientos posteriores.

La diagnosis puede aplicarse a diferentes escalas, desde el área particular de un volumen arquitectónico hasta el espacio urbano. Estas líneas de investigación en el que se acoplan métodos y metodologías de evaluación e interpretación de daños han dado origen a diversas tecnologías de identificación de lesiones, técnicas de rehabilitación, tecnologías de monitoreo, mejoramiento de materiales e incluso se ha retomado métodos de diseño formal-geométrico basados en lecciones aprendidas para la optimización y aplicación de los mismos en la arquitectura contemporánea.

Sin embargo, aunque ha habido una extensa actividad en el campo de la investigación patológico-constructiva en los últimos cuarenta años, donde se han desarrollado modelos, estudios de comportamiento de materiales con base en el contexto natural, herramientas de identificación y técnicas de monitoreo de conducta constructiva, aún queda por establecer una red de información e investigación que clasifique cada una de las actividades antes mencionadas y formen la metodología general de análisis patológico de los organismos construidos.

²⁸ *Op. cit.*²⁴

La consolidación de la línea de patologías de la construcción originará líneas de estudio que tengan por objetivo recopilar las soluciones a las lesiones y anomalías encontradas basadas en la interpretación de los resultados, asegurando tiempos de vida más prolongados y la salvaguarda de nuestro patrimonio entendiéndolo como el cuidado del organismo que habitamos.

Así mismo, la creación de la metodología general para el diagnóstico de un inmueble mediante la identificación y análisis patológico, servirá de herramienta para la obtención de datos específicos del estado del organismo construido con respecto a su uso, función y contexto. Esta información será la base del dictamen de estado actual, la cual generará propuestas de respuesta y mitigación, para proceder a una respuesta de diseño que sustente la conservación, salvaguarda y durabilidad de un organismo ya construido o de producción nueva. *Figura 7.*



Figura 7. Collage de una auscultación de un inmueble dañado.

Capítulo 3.

Estado del Arte.

Análisis Patológico.

Métodos y Modelos Existentes.

En cuanto al ejercicio del mantenimiento y resguardo en nuestro país, comparado con las técnicas propuestas por la comunidad internacional, podemos darnos cuenta que de los métodos que actualmente se siguen, aún se dejan cabos sueltos en materia de comportamiento constructivo; por lo tanto se carece de la información necesaria para llegar a la comprensión del estado de deterioro de una edificación en relación a su ambiente, suelo, uso y función.

Esta insuficiencia de conocimiento puede resolverse mediante la propuesta de un método el cual debe llevarnos a través de pasos que nos ayuden a comprender e identificar las fallas o las lesiones que tenga una edificación, puede plantearse como una serie de pasos lógicos y secuenciales en cual no solo lo reconozcamos por su época, sino que además podamos dar el historial de sus sistemas y elementos registrando comportamientos que pueden presentar inmuebles con características similares, todo esto para conducirnos a un conocimiento certero de un inmueble o zona de estudio.

Actualmente existen herramientas de las cuales nos podemos ayudar para el análisis formal-geométrico de un edificio en donde con ayuda de animaciones o construcciones virtuales podemos ir analizando su comportamiento estructural, claro está que si no contamos con un conocimiento sólido de las estructuras de nada sirve hacer este tipo de ejercicios, este análisis tiene que ser uno de los pasos del método para la comprensión constructiva de una edificación. Estos conocimientos nos pueden determinar la función original y la determinación de la misma al momento de hacer una intervención.

A través del conocimiento de las patologías se puede determinar un nivel de afectación más exacto que a su vez contribuya al análisis constructivo y formal de un inmueble (cualquiera que sea su año de construcción).²⁹

Los modelos desarrollados se han entendido a partir de que un organismo construido no tiene comportamientos aislados y mucho menos que no reaccionan de manera diferente dependiendo el contexto natural y artificial en el que se encuentre. El estudio patológico de los materiales, sistemas, etc. hay que observarlos como un conjunto de estudios para conocer las propiedades constructivas de un inmueble.

²⁹ *Op. cit.*²¹

Métodos Propuestos a Nivel Nacional.

De las nuevas propuestas de investigación o proceso de restauro y rehabilitación en nuestro país encontramos las siguientes:

El Dr. Enrique Santoyo propone un método basado en terminología médica para el análisis de un edificio histórico, sugiere que los estudios que se hagan para la identificación de lesiones se organicen en fases sucesivas y bien definidas:

- *Fase de Anamnesis (información recabada o proporcionada por el paciente para conformar una historia clínica): Información aportada por el paciente y otros testimonios para confeccionar el historial médico del organismo.*
- *Fase de Diagnosis: Descripción característica y diferencial abreviada de una especie, género, etc. para la determinación de la enfermedad.*
- *Fase de Terapia: tratamiento de la enfermedad o la disfunción.*
- *Fase de Control: Comprobación, inspección, fiscalización, intervención, etc. Regulación manual o automática de un sistema.³⁰*

El propone que el diagnóstico de un inmueble histórico o cualquiera debe apoyarse en métodos de carácter cualitativo y cuantitativo para llegar a recabar la información más exacta que se pueda y con base en eso determinar una adecuada intervención.

- El método cualitativo se basará en la observación de daños estructurales, la degradación de sus materiales y los efectos que ha causado el contexto natural y artificial en él.
- El método cuantitativo constará de las pruebas a su estructura y sus materiales la supervisión continua de los datos arrojados, a la interpretación de los mismos que concluyan en un análisis general del volumen arquitectónico y su contexto.

En el método cuantitativo se investigarán cuáles son las técnicas tradicionales e innovadoras existentes para la localización de lesiones, dando preferencia a las que produzcan un efecto invasivo menor y resulten compatibles con los valores de patrimonio cultural, sin olvidar cumplir con las exigencias impuestas por la seguridad y la perdurabilidad.³¹

³⁰ Enrique Santoyo Villa. *Cimentaciones de Templos y Conventos de los Siglos XVI al XVIII*. Tesis de Doctorado. UNAM, México. 2010. (p. 2)

³¹ *Ídem*.

En su tesis hace una reflexión acerca de la conservación del patrimonio nacional, menciona que el trabajo de rehabilitación es un asunto complejo, ya que nuestro país ocupa el sexto lugar en el mundo en poseer patrimonios de la humanidad, con estos datos nos explica que empezando por el número hablamos de una situación compleja, ahora bien si a eso le añadimos que cada uno tiene características particulares en su terreno, materiales y técnicas de construcción, cada uno de ellos en diferentes topografías, climas y alturas. Con este discurso él sostiene que el patrimonio merece ser estudiado por partes, cada sistema que integra un volumen arquitectónico, en su caso al ser especialista en tipos de suelos él se enfoca a las cimentaciones, sin embargo hace el llamado a seguir esa línea de investigación, justifica el tema argumentando que debido a sus particularidades cada inmueble debe presentar diferentes fallas y todas estas tienen que ser atendidas apropiadamente, es decir con base en un estudio previo. *Figura 8.*

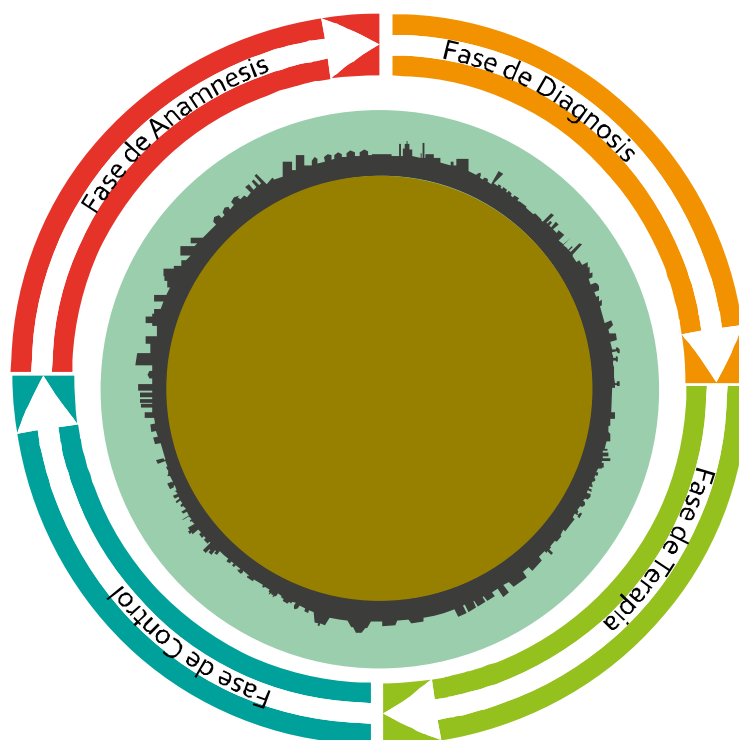


Figura 8. Modelo de Enrique Santoyo. Interpretación Gráfica

En el sureste del país también se han desarrollado investigaciones referente al estudio patológico, en particular, sobre la corrosión como patología recurrente en estructuras localizadas en áreas costeras del país, por otro lado, estos estudios han introducido el concepto de patología en el campo de la construcción como área de estudio de lesiones y deterioro de las estructuras.

Investigadores como el Dr. Pedro Castro Borges y su grupo de especialistas (CINVESTAV) han tenido el interés de introducir la inspección patológica en el área de la ingeniería y la arquitectura como parte fundamental del entendimiento de un inmueble para su mantenimiento, todo esto dependiendo del

ambiente natural y artificial que rodean al edificio, buscando una rehabilitación que sea preventiva, que no solo cumpla con ser una reparación a corto plazo.³² Además de eso buscar soluciones sustentables, para la salvaguarda de nuestras ciudades, proponiendo a la tecnología y la técnica como medio para dicho ideal.

A través de estos especialistas se he demostrado que es fundamental una inspección detallada basada en la naturaleza del contexto en el que está ubicado la edificación, para alargar su tiempo de vida y asegurar la integridad de sus habitantes.

Como resultado de las investigaciones relacionadas a la patología y la durabilidad de los edificios, el Dr. Castro Borges se encuentra desarrollando un modelo de tiempo de vida contra grado de afectación, éste modelo marca cada una de las pautas necesarias para la identificación de daños y la implementación de trabajos preventivos hacia la durabilidad. Cabe mencionar que uno de los objetivos particulares de este modelo es que se inicie la investigación patológica con miras de prevención y durabilidad aplicado a cualquier tipo de proyectos estructurales y arquitectónicos.

**No es posible hacer una rehabilitación sin pensar en los agentes contaminantes y el nivel de afectación ambiental que puede tener un material dependiendo el ambiente en donde se encuentre, toda la reparación debe de ser lógica e impactar lo menos posible al contexto... (Paulo Helene, 2007)*

³² Paulo Helene, Fernanda Pereira. *Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación, Refuerzo y Protección*. Proyecto de Difusión Tecnológica. Rehabilitar. CyTED. 2003 (p.85)

Métodos Propuestos a Nivel Internacional.

CIB. *Fabio Fatigusso y Albina Sciotti.*

Si se hace un análisis general de los pasos a seguir podemos reconocer que hace falta un paso importante que no se está tomando en cuenta y éste es el proceso de diagnóstico que consiste en el reconocimiento de comportamientos patológicos.

Estos expertos hacen hincapié en la importancia del diagnóstico de estado actual que se genere al momento de analizar una edificación de carácter patrimonial. La complejidad de un diagnóstico, requiere un ejercicio multidisciplinario para la creación de herramientas de diagnóstico a partir de dos puntos de vista: la sistematización del conocimiento desarrollado y la creación de fases estructuradas para llegar a dicho objetivo.³³

Ésta propuesta sugiere integrar el tema de control de calidad a través de encuestas a profesionales, propone la aplicación de nuevas tecnologías que pueden rastrear fallas, anomalías y plantear tecnologías que busquen ser lo menos destructivas.

Evaluando los problemas particulares que puede tener una edificación se debe desarrollar una metodología de investigación para generar un diagnóstico. Basándose en un sistema de herramientas y métodos de inspección o investigación patológica generarán una evaluación constructiva que derivará en un diagnóstico. *Figura 9.*

En términos de procedimientos, herramientas, aplicaciones y rutas de interpretación, el proceso de diagnóstico lo dividen en tres fases generales:

- Conocimiento Pre-eliminar: Características técnicas y anomalías constructivas (visibles) de los elementos que componen un edificio.
- Pre diagnóstico: A partir de la investigación previa y la inspección superficial del edificio se formulará un diagnóstico, en esa etapa se establecen las pruebas y estudios (programados) para llegar al diagnóstico
- Diagnóstico: Donde los modelos fenomenológicos y pruebas experimentales para validar la hipótesis del pre-diagnóstico.

³³ Fabio Fatigusso y Albina Sciotti. *Diagnostic Methodological Approach: Innovative Aspects For Masonry Structures.* CIB. N° 393. 2013. (pp. 50-54)



Figura 9. Diagrama conceptual Fabio Fatiguso y Albina Sciotti

Hay que resaltar que la investigación preliminar se refiere al previo conocimiento de:

1. *Geometría.*
2. *Materiales.*
3. *Técnicas de construcción.*
4. *Documentación fotográfica.*
5. *Mapeo de Patrones de Patología y Decaimiento de Superficie.*
6. *Parámetros de confort y habitabilidad.*
7. *Historia.*
8. *Investigación en archivos, bibliotecas, patrimonio, instituciones, registros y testimonios relacionados al caso de estudio.*³⁴

En caso de edificaciones de un tiempo mayor a 50 años de vida requerirán en la fase del diagnóstico una sub fase que proponga los métodos, técnicas y herramientas de reparación más adecuados para alargar el tiempo de vida de la edificación.

Los autores proponen seccionar la columna vertebral de la investigación y diagnóstico de los problemas patológicos que puede presentar una edificación, de manera general analizan la problemática de inmuebles históricos, las tres vertientes abordan el tema de materiales y técnicas constructivas, desde la etapa de investigación hasta la de propuesta constructiva, con este breve método plantean que el análisis debe ser integral, sin discriminar ninguna de las características que componen la muestra en cuestión. *Figura 10.*

³⁴ *Ídem.*

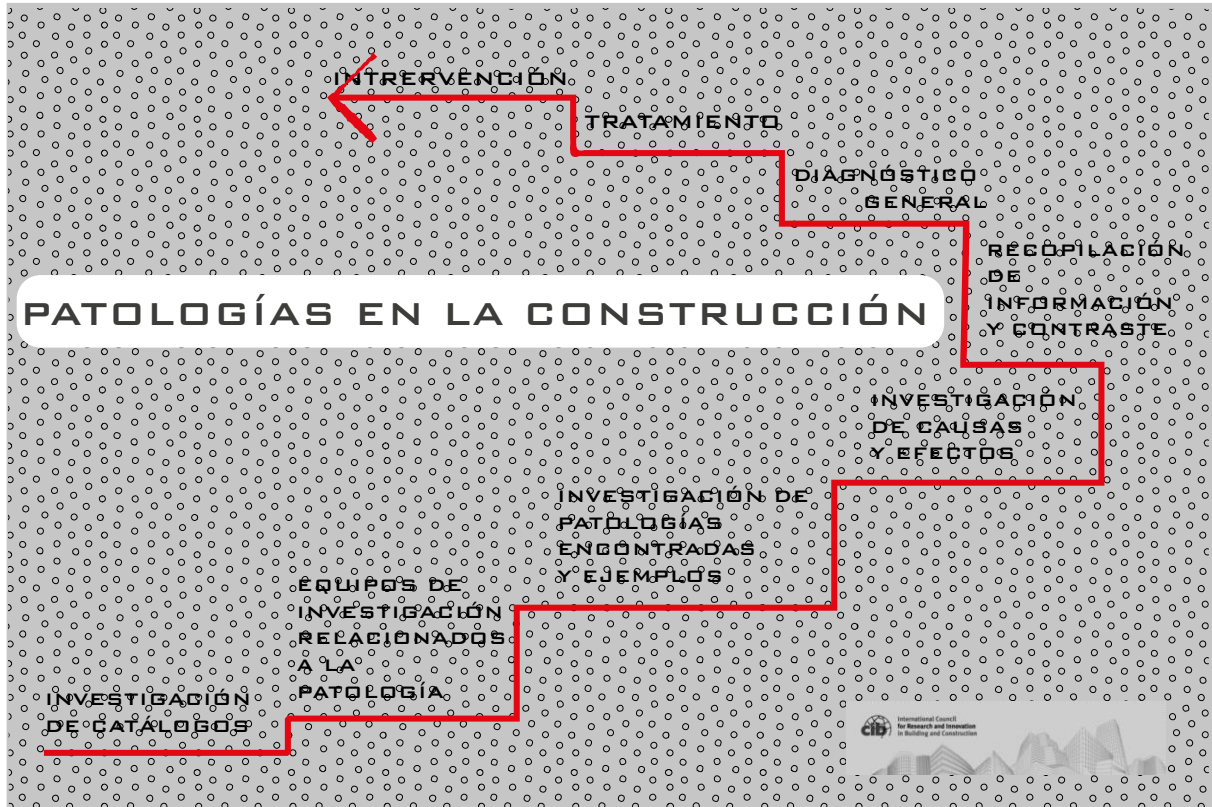


Figura 10. Gráfico de propuesta de análisis C.I.B.

España.

Juan Bergós Massó.

En su libro *Materiales y elementos de construcción* él afirma que: *es necesaria una metodología con fundamentos teóricos y pragmáticos, apoyados por las ciencias, artes, tecnologías y procedimientos constructivos, al combinar éstas disciplinas emanará una investigación basado en el análisis de la arquitectura histórica y de sus monumentos en conjunto, con un levantamiento y análisis de las afectaciones que dicten un diagnóstico que nos dé a conocer el problema de origen y darle respuesta aplicable que no deteriore o altere su configuración.*³⁵

El considera importante comprender que la restauración debe integrar alternativas tradicionales, mixtas y de vanguardia, que garanticen la permanencia, conservación y futuro del patrimonio fundamentado en los tratados de edificación y la comprensión de los sistemas y elementos estructurales desde el enfoque geométrico y de diseño, retroalimentando la teoría o más bien los métodos de restauración, que aplicaremos como métodos de intervención para rehabilitación.

³⁵ Juan Bergós Massó. *Materiales y Elementos de Construcción. Estudio Experimental*. Bosch. Barcelona, España. 1952. (p. 408)

El autor cree que la áreas de conocimiento que deben intervenir en el estudio completo para el diagnóstico de una edificación son: la historia, la ingeniería, la física, la geometría, la estabilidad, la construcción, la geología, la geografía, la química, el urbanismo y la mecánica. Conociendo el problema de origen se propondrá una solución con fundamentos científicos, en la que pueda ser participe el diseño arquitectónico, siempre y cuando siga las pautas propuestas por las disciplinas antes mencionadas. *Figura 11.*



Figura 11. Patología como línea de investigación Multidisciplinario

L. Villegas e I. Lombillo.

Por otra parte, se han desarrollado trabajos en los que se propone hacer una evaluación profunda de un inmueble a restaurar a través de la implementación de tecnologías de monitoreo, localización y prevención de daños para buscar soluciones adecuadas.

Uno de los ejemplos es la investigación desarrollada por L. Villegas e I. Lombillo del departamento de Ingeniería Estructural y Mecánica de la Universidad de Cantabria.

En su artículo *Patología de la Construcción o una "obra en tres actos"*. Los autores tratan de mostrar las pautas seguidas y las experiencias habidas en el estudio de defectos en construcciones (o Patología) en que han intervenido; para ello se divide la exposición en tres partes, o una "obra – Teatral- en tres actos", tal como es habitual en la realidad: Existencia de un problema, investigación del mismo y, si es factible, propuesta de una rehabilitación. *Figura 12*

- En el "primer acto" el Técnico se encuentra ante unas anomalías, o signos visibles de algo que no es correcto, que manifiestan la existencia de un defecto en la construcción: El artículo presenta una panorámica de unas y otros, y algunos ejemplos concretos.
- En el "segundo acto" el Profesional despliega una metodología de estudio que, normalmente, sigue los siguientes pasos: Reconocimiento, pre diagnóstico, investigación detallada y diagnóstico. Como se expondrá, en esta importante fase son fundamentales los conocimientos y experiencia (o "profesionalidad") del Técnico responsable, si bien en esta etapa puede contar con una serie de equipos y ayudas que facilitan su labor.
- En "el tercer acto" se propone la terapéutica, reparación o refuerzo, que proceda.³⁶

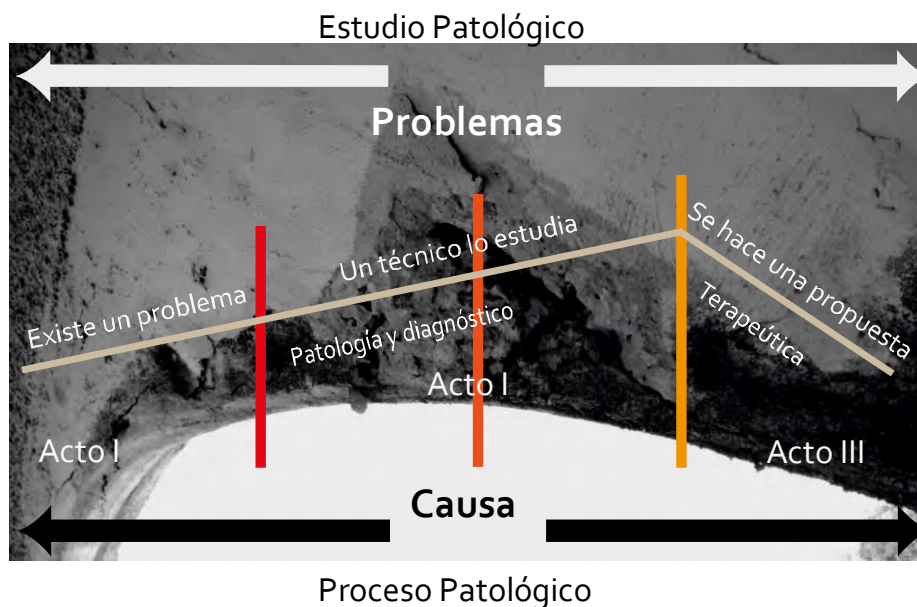


Figura 12. Gráfico resumen de análisis en tres actos.

Apoyándose en el trabajo de Gabriel López Collado, el cual propone saber las causas de lesión del caso de estudio, apoyarnos en catálogos e informes de casos similares, para posteriormente marcar los puntos clave de recuperación y su correcta intervención. Para evaluar un cualquier caso de estudio ya sea que represente un riesgo o no, es necesario armar un método, sus matrices de nivel de daño, registrar todos los trabajos ejecutados para su estudio integral y por ultimo diagnosticarlo, sin embargo en opinión personal hay que integrar una etapa antes de dar un

³⁶ L. Lombillo, I. Lombillo V. *Patología de la Construcción o una Obra en Tres Actos, Problema, Investigación y Rehabilitación*. UNICAN. España. 2012

diagnóstico y sería la etapa de interpretación, en la que los especialistas dan su opinión y recomendación para después dictaminar un diagnóstico.

Juan Monjo.

Este investigador ha sido más específico en cuanto a saber diferenciar las ramas que pueden devenir de la patología, afirma que en esta línea de investigación se puede estudiar desde dos enfoques, el curativo y el preventivo. El primero dirigido a edificaciones ya construidas que presenten problemas, el segundo va dirigido a como su nombre lo dice, evitar problemas y fallas en edificaciones nuevas o recientes que no asegurando una mayor y mejor durabilidad, todo esto a través del análisis de procesos y calidad de ejecución.³⁷ Cada una tendrá un proceso similar de identificación en donde se especificará la naturaleza de los problemas, ya sean físicos, químicos o mecánicos. Todos ellos derivados del tipo de contexto en el que se encuentre la edificación y posteriormente el uso.

En sus investigaciones recomienda clasificar el tipo de lesiones todo en función del comportamiento que tenga la edificación y lo que le rodea, ya que en algunos casos la lesión patológica puede ser la causa y en otras puede ser la consecuencia de algún otro agente que intervenga. En el caso de las causas asevera que hay que ser específicos si se dieron de manera directa o indirecta.

Es así como ejemplifica el proceso de diagnosis como el de un médico, es bien sabido que en medicina es preciso saber las condiciones del paciente así como lo que le rodea y el lugar donde se encuentre para así reforzar sus debilidades. Al tener el conocimiento de lo que sucede es donde se procede a la aplicación de exámenes y estudios con respecto a los malestares y las zonas donde se presentan para posteriormente hacer el cuadro clínico de la enfermedad basado en estudios y en la interpretación de los mismos.

³⁷ *Op. cit.*⁸

En el caso de la patología constructiva se debe clasificar las anomalías que lleguen a presentarse en el organismo construido. En primer lugar él propone clasificar por el tipo de proceso y teniendo ese conocimiento dividir por categorías el origen posible de la lesión, ya sea físico, químico o mecánico. Teniendo esta clasificación es donde se relacionarán la variable ambiental con el tipo de causas, químicas, físicas o mecánicas caracterizando cada una y los posibles efectos que deriven de esa relación.³⁸ En la siguiente tabla se observa la clasificación propuesta. *Tabla 1.*

Cuadro General de Lesiones. <i>Juan Monjo</i>			
Tipo	Lesiones	Primaria	Secundaria
Físicas	Humedades		
	por obra (procesos)	X	
	capilaridad	X	X
	filtración	X	X
	condensación	X	X
	accidental		X
	Suciedad		
	por depósito	X	
	por lavado diferencial	X	
	Erosión		
atmosférica	X	X	
Mecánicas	Grietas		
	por carga	X	X
	por dilatación	X	X
	por contracción	X	X
	Fisuras		
	por soporte	X	X
	por acabado	X	X
	Desprendimientos		
	acabado continuo	X	X
	acabado por elementos	X	X
Erosión			
mecánica	X		
Químicas	Eflorescencias		X
	Oxidación	X	X
	Corrosión		X
	corrosión		X
	por oxidación previa		X
	por inmersión		X
	aeración diferencial	X	X
	por par galvánico	X	
	intergranular	X	
	Organismos		
animales	X		
vegetales		X	
Erosión			
química		X	

Tabla 1. Tabla propuesta por Juan Monjo.

En la anterior tabla se muestra de manera generalizada el método para categorizar cada una de las lesiones, dictaminando si son una lesión primaria o secundaria, es decir si hay una causa previa y esa lesión es el resultante de otros factores o bien si ese es el comienzo del daño.

³⁸ Juan Monjo Carrió. "Curso de Patología, Conservación y Restauración de Edificios". Tomo I. Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. España. 1991

Estableciendo este cuadro tipológico de las distintas lesiones que pueden aparecer en un edificio y los síntomas en sus unidades constructivas como las causas de origen de una patología, se constituirán las bases de análisis a partir de una afectación general para el comienzo de una inspección. *Figura 13.*

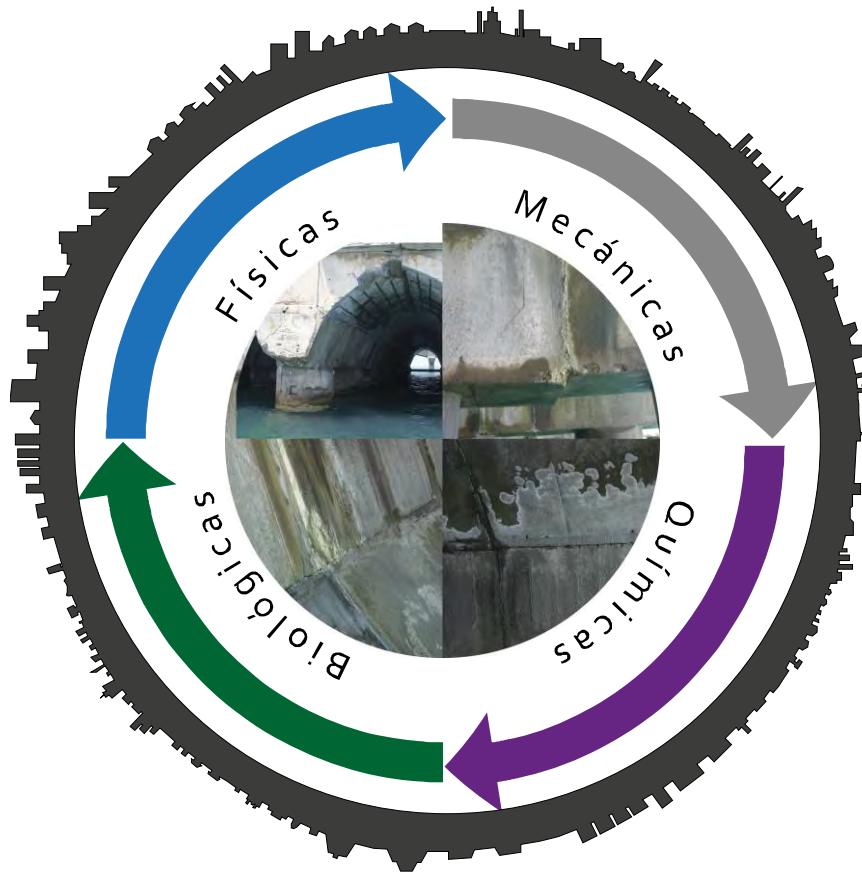


Figura 13. Del tipo de lesiones que puede presentar un inmueble, se le agrega la afectación por microorganismos, es decir Biológica.

Figura 14. Del tipo de lesiones que puede presentar un inmueble, se le agrega la afectación por microorganismos, es decir Biológica.

Paraguay.

María Mercedes Florentín Saldaña y Rubén Granada Rojas

Por otro lado, la preocupación de la comprensión de las patologías se extiende al ámbito docente, en donde los expertos presentan una mayor preocupación por construir material didáctico para las próximas generaciones de arquitectos, con el objetivo de prepararlos en la línea de investigación de la patología en construcción; es claro que aún hay una tendencia de "demoler y construir", sin

embargo estos estudiosos del tema pretenden cambiar esa manera de concebir la arquitectura y nuestras ciudades, ya que consideran mejor el ejercicio de "*conservar y mantener*",³⁹ un ejemplo lo dan estos catedráticos de la Universidad Nacional de Asunción.

Ellos consideran a la Arquitectura como un legado, es un compromiso que nos lleva a entender la responsabilidad que tenemos como constructores, el compromiso de formar y preservar una identidad. Es ahí donde se tiene que tomar conciencia de que no vale solo diseñar y construir, sino saber conjugar el buen diseño, los procesos constructivos adecuados, la utilización de materiales y aditivos de calidad, la mano de obra capacitada conjuntamente con nuestros conocimientos y controles exhaustivos. Solo así podremos mejorar la calidad y durabilidad de nuestras construcciones, prevenir patologías, mejorar la calidad de vida del usuario, y contribuir al patrimonio arquitectónico.

Por eso entendemos la importancia que tienen las patologías constructivas, sus causas y efectos, la forma de evitarlas, prevenirlas y solucionarlas.

En su estudio recalcan la idea de analizar las patologías más comunes que se suelen presentar en los edificios. El propósito crear un catálogo de cada patología encontrada describiendo sus características, causas y efectos. Toman muy en cuenta la ubicación natural en la que se encuentran ya que si no se toma en cuenta se seguirán presentando patologías y no se habrá aprendido ninguna lección del estudio de ellas.

Tanto en investigaciones como en sus cátedras exponen que las patologías se ven originadas especialmente por la acción del clima muy caluroso y húmedo de Paraguay, por mal diseño, por fallas estructurales, por fallas en el cálculo, por imprevisiones de tiempo, por falta de organización de obra, por mala calidad de la mano de obra, por desconocimiento de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar, por técnicas constructivas inadecuadas con materiales de mala calidad, por un concepto erróneo de economía al no contemplar rubros para una buena impermeabilización, o simplemente por no ser conscientes de que un edificio tiene su vida útil, y necesita de mantenimientos periódicos que lo conserven.⁴⁰

³⁹ Ma. Mercedes Florentín Saldaña, Rubén Granada Rojas. *Patologías Constructivas en los Edificios. Prevenciones y Soluciones*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte. Universidad Nacional de Asunción, Ricardo Meyer. Paraguay. 2009

⁴⁰ *Ídem*.

No obstante, enfocaremos una problemática muy común y conocida, siendo una cuestión cotidiana ver como las construcciones se deterioran, escuchar que las reparaciones no tienen durabilidad, o lo que es peor, no se soluciona el problema. *Figura 14*

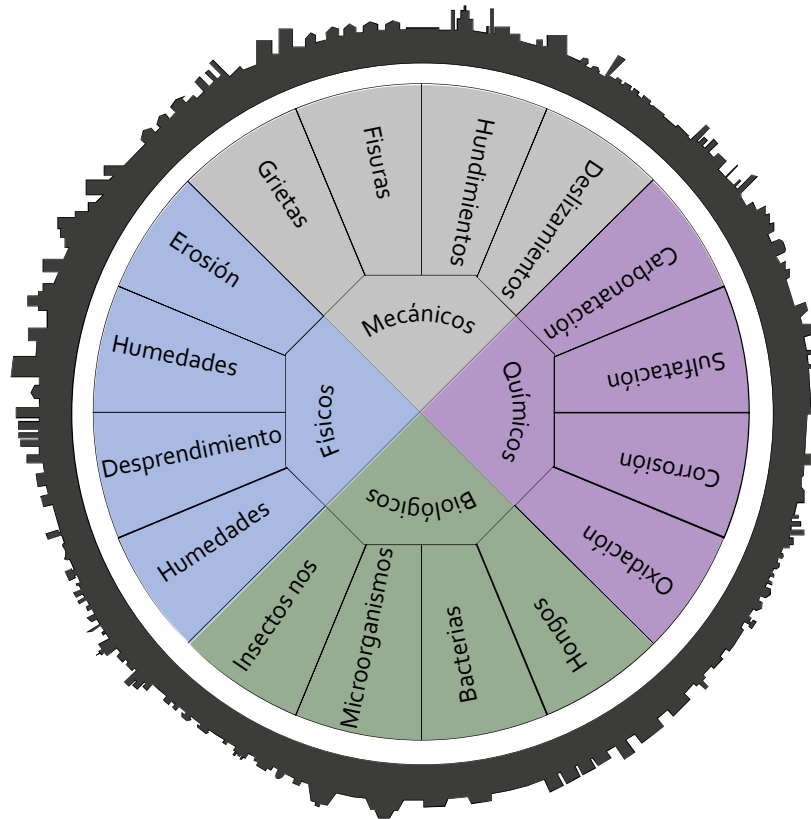


Figura 15. Clasificación de las afectaciones para la enseñanza patológica

Figura 16. Clasificación de las afectaciones para la enseñanza patológica

Hablar de patologías supone problemas en una obra, nueva o antigua, incluso a veces sin concluir, que requiere un diagnóstico certero y una solución adecuada, la cual podría no ser definitiva, sino temporal. Estas patologías no solo afectan a la obra sino también a la calidad de vida del usuario y afectará a la economía, pues siempre será más onerosa su reparación que haber construido dicha obra, tomando los recaudos debidos y considerando los parámetros de calidad dentro del presupuesto inicial.

El objetivo que persiguen con este material didáctico basado en las anteriores aseveraciones va dirigido a evitar patologías en un futuro, en sus estudios ellos desarrollan un compendio de patologías encontradas en las edificaciones de su país, sin embargo para evitar patologías ellos sugieren un método de análisis contextual, de diseño, de forma y geometría de los elementos así como de los materiales que integrarán un proyecto, en muchas investigaciones encontramos la

misma conclusión y es que se evitaría la producción de patologías si el ejercicio proyectual fuera el adecuado y tomara en cuenta las variables particulares que cada proyecto presenta.

Portugal.

Recientemente Portugal ha desarrollado diversos estudios de salvaguarda patrimonial basándose en estudios patológicos, esta línea de investigación la han manejado a diversas escalas, desde el punto de vista urbano hasta el arquitectónico, sirviendo como base para reconfigurar la información constructiva que tiene cada población de edificios y las zonas en donde se encuentran, no sólo para rehabilitar y conservar, si no para diseñar espacios nuevos y durables. En la actualidad se proyectan espacios cuya edad es menor a la proyectada, llegando a caer en un pensamiento desechable de los espacios, se debe proyectar en aras a la durabilidad y a la adaptabilidad que el tiempo y las necesidades vayan demandando.

Vicente Romeu.

Propone la inspección patológica como base para el conocimiento de la situación que sufren algunas zonas patrimoniales en Portugal, su propuesta se basa en la inspección evaluativa de un área catalogada como patrimonio por la UNESCO en donde propone subdividirla por zonas de estudio. Plantea como base el construir una serie de etapas en donde se evalúe cada zona por el tipo de suelo en el que se encuentra, el tipo de uso, zona, tecnologías constructivas aplicadas de la época (subdividiéndolas por materiales).

Cada una de estas etapas determina el estado de cada zona para después categorizarla y así tener los conocimientos necesarios para su renovación. En este caso se propone como área experimental el centro de Combría (Portugal).

Su propuesta se centra en cuatro etapas:

1. *Análisis General (primera imagen y proyecto)*
2. *Marco de actuación (análisis, sistemas, estructura y zonificación)*
3. *Información, interpretación, planeación e intervención.*
4. *Implementación y desarrollo de proyecto (calidad urbana, evaluación y sistema cíclico de aprendizaje)⁴¹*

⁴¹ Romeu Vicente, et. al. *Supporting urban regeneration and building refurbishment. strategies for building appraisal and inspection of old building stock in city centres.* Journal of Cultural Heritage. N° 16. 2015. (pp. 1-14)

Esta investigación nos va conduciendo de manera similar a la propuesta en España en donde se concluye que es imperativo contar con una serie de fases de investigación para tener el pleno conocimiento de la problemática que pueda presentar una zona edificada o bien un edificio, con base en ello saber las estrategias a tomar a la hora de ejecutar un proyecto de rehabilitación. Es importante mencionar que en su ejercicio de investigación se sustenta en los lineamientos legales de la Sociedad de Rehabilitación Urbana de Portugal, las normas internacionales y los lineamientos de las instituciones.

Modelos Desarrollados.

Modelo de Tuutti

Desde que fue instaurada la patología como campo de estudio en la construcción se han desarrollado modelos para calcular el tiempo de vida de una edificación, su estado actual y el nivel de riesgo que representan para sus habitantes.

El primero de ellos fue propuesto por Kyösti Tuutti el cual desarrollo específicamente el análisis de tiempo de vida de una estructura para el caso de la corrosión, creando u modelo de análisis aplicado al problema de corrosión en estructuras de concreto o que en su sistema estén conformados por acero, teniendo el tiempo de vida de un inmueble contra la propagación del problema (corrosión) es posible calcular el tiempo residual antes de reparar. *Figura 15.*

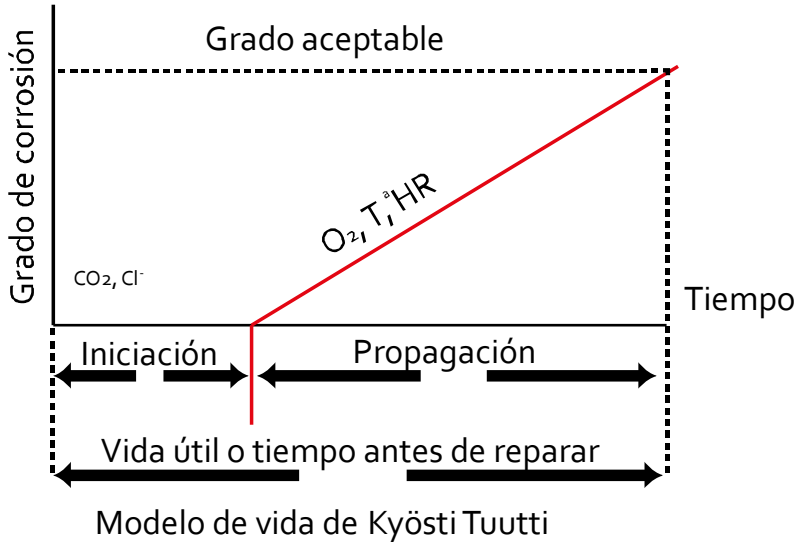


Figura 17. Modelo de vida Tuutti

Figura 18. Modelo de vida Tuutti

En él modelo se identifican dos periodos que llevan a la corrosión de una estructura y afectan el tiempo de vida útil una estructura.

a) *Período de iniciación de la corrosión (t_i), que es el tiempo que tardan los cloruros o la carbonatación en llegar hasta la armadura y despasivarla.*

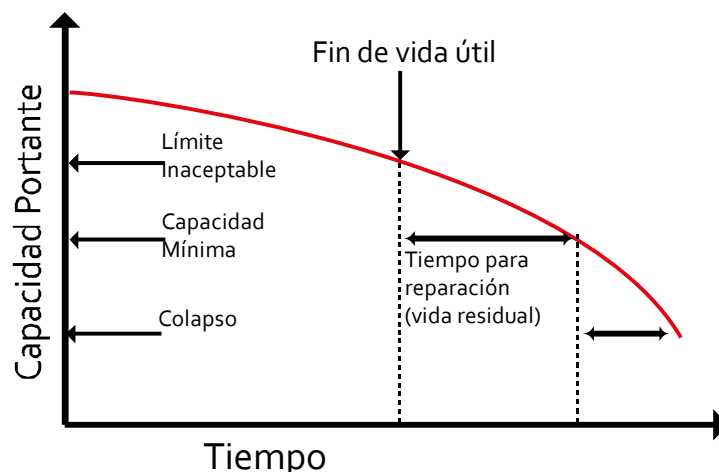
b) *Período de propagación (t_p), en el que la armadura se corroe libremente, hasta que llega a un grado de deterioro inaceptable desde el punto de vista de la seguridad y funcionalidad o estética.*

Se considera pues, que la estructura mantiene las características definidas en el proyecto, mientras el deterioro no alcance un cierto valor límite que dependerá de muchos factores: tipo de elemento estructural (viga, pilar, etc.), consideraciones estéticas, riesgo de desprendimiento de trozos de hormigón que puedan dañar a las personas, etc. Este valor límite puede ser diferente para cada elemento estructural.⁴²

La vida residual en la que nos enfocaremos será el tiempo en el que la edificación alcanza el límite de sus capacidades y empieza a decaer su capacidad de servicio.

Durante este período residual se suele acometer la reparación de la estructura o se interviene en ella para restituir unas condiciones de seguridad, funcionalidad o estética lo más similares, o incluso superiores a las del proyecto. Así pues, el término de residual se aplica mientras la estructura no sea intervenida, e implica por tanto la idea de que la estructura se degrada progresivamente. *Figura*

16



Modelo de vida residual de Kyösti Tuutti

⁴² Tuutti, K. *Service life of structures with regard to corrosion of embedded steel performance of concrete in marine environment*. SP-65. ACI Detroit. 1980. (pp.223-236)

Una vez que la estructura ha sido reparada se establecerán los requisitos mecánicos, estructurales y ambientales que se han considerado para realizar esta reparación y se informará del cálculo de la vida útil o ampliación de esperanza de vida que se espera después de la reparación.

Modelo de Vida Útil. Paulo Helene.

Con la creación de los modelos de cálculo de vida, se inicia una línea de investigación dedicada al análisis de vida útil de cada edificación. Estos estudios se enfocan en saber las condiciones ambientales en las que se encontrará una estructura de concreto y las previsiones que

Figura 19. Modelo de Tuutti vida residual

Figura 20. Modelo de Tuutti vida residual

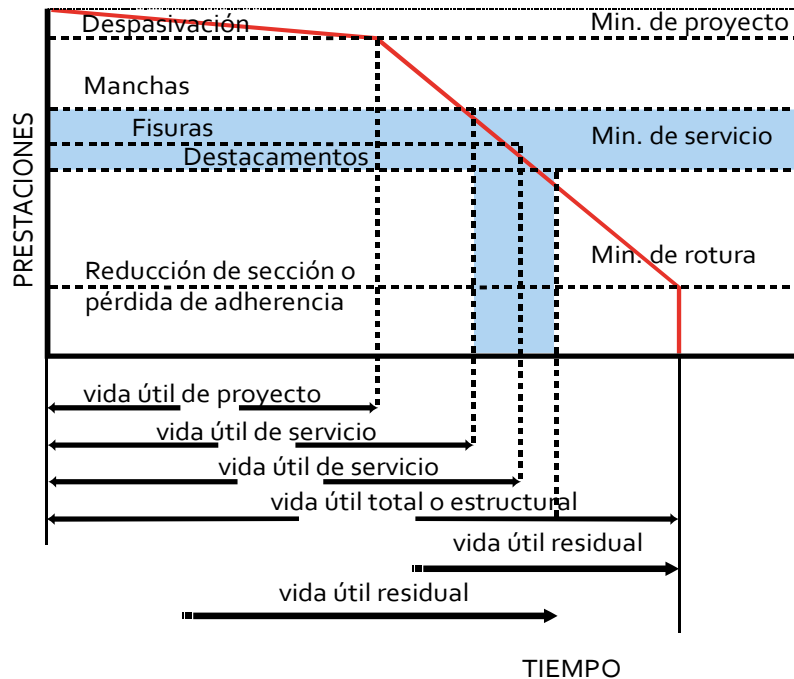
se deben tomar para su correcto funcionamiento.

Paulo Helene propone que el conocimiento ambiental debe ser determinante en el diseño, proyecto y construcción de una estructura de concreto. Propone la gestión de procesos y alude a la calidad en la ejecución de un proyecto, ya que la conformación de un objeto construido requiere de cooperación y esfuerzos coordinados por expertos responsables.

En esa información se basa el periodo de vida útil, en el cual las estructuras son capaces de desempeñar las funciones para la cual fue proyectado, sin necesidad de adecuaciones e intervenciones no previstas, propone que antes de analizar las causas y los efectos de riesgo que pueda causar una patología (en este caso la corrosión) se debe establecer un tiempo de vida óptimo, en donde la edificación cumpla al ciento por ciento sus capacidades funcionales, de habitabilidad e imagen.⁴³

Basándose en el modelo de Tutti, Helene propone un modelo en el que pueden ser distinguidas tres situaciones correspondientes a la vida útil de un inmueble. En primer lugar propone una vida útil de proyecto, en segundo una vida útil de servicio y en tercero una vida útil total. *Figura 17*

⁴³ Paulo Helene. *Manual para la Reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto*. Havana, IMCYC. 1998. (p. 148)



Modelo de vida útil. Paulo Helene

Figura 21. Modelo de vida útil.

Figura 22. Modelo de vida útil.

En el gráfico podemos observar las etapas principales:

- La primera etapa que es la de iniciación o despasivación, este tiempo es el que corresponde al periodo en el que la estructura tarda en vulnerarse por agentes agresivos.
- La segunda etapa es la de tiempo de vida calculado, tiempo en el que por efectos internos o externos aparecerán como manchas, fisuras, grietas, etc.
- La tercera etapa es en la que se presentan rupturas o colapsos en la edificación, representa el periodo de tiempo que sin mantenimiento y atención a la solución de

*lesiones presentadas durante su vida útil, pueden significar riesgo en la integridad del inmueble.*⁴⁴

El modelo de vida útil, aunque ha sido diseñado para monitorear y evaluar el nivel de calidad y seguridad que representa una edificación de concreto, sirve como base para la creación de nuevos modelos de análisis de vida con base en patologías típicas y recurrentes como lo es la corrosión, todos estos propuestos con base en el análisis de las reacciones de los sistemas constructivos con el contexto natural y artificial.

Modelo de Predicción de Vida Útil de Edificación Patrimonial a Partir de la Lógica Difusa.

El modelo de predicción propuesta por Macías-Bernal, Calama –Rodríguez y Chávez-de Diego se enfoca a la conservación y mantenimiento de inmuebles, sin embargo, aunque se basa en métodos propuestos en el área de la conservación y modelos de comportamiento del campo de los procesos constructivos, ya que aún es complicado determinar las variables y los factores que intervienen en el deterioro de una edificación para poderlos usar como cifra determinante a la hora de calcular el tiempo de vida al que se expone una edificación sin mantenimiento, o se llegue a predecir su comportamiento.⁴⁵ El cálculo predictivo o prospectivo se encuentra en el umbral de la incertidumbre, por esos motivos es que proponen trabajar un modelo con la teoría de los conjuntos difusos para la creación de una herramienta adecuada para la prevención de daños y desastres.

Los autores generan un modelo con bases matemáticas denominado Fuzzy Building Service Life, el cual ofrece resultados positivos a la hora de predecir la vida útil de una construcción. Este modelo matemático está sustentado sobre la teoría de conjuntos difusos o lógica difusa planteada por Lofti Zadeh en 1965, ésta es capaz de relacionar matemáticamente un gran número de variables con alto grado de incertidumbre.

La lógica Difusa permite representar de manera matemática la incertidumbre y la vaguedad, proporcionando herramientas formales para su tratamiento, propone resolver un problema

⁴⁴ Helene, Paulo. Contribución al Estudio de Corrosión en Armaduras de Concreto Armado. Sao Paulo, Universidad de Sao Paulo, Departamento de Ingeniería Civil y Construcción de la Escuela Politécnica de Sao Paulo, fev. 1993

⁴⁵ J.M. Macias-Bernal, et al. *Modelo de Predicción de la Vida Útil de la Edificación Patrimonial a Partir de la Lógica Difusa*. Informes de la Construcción, Vol. 66. No. 533. 2014

cualquiera determinando un conjunto de variables de entrada obteniendo un valor de variables de salida, todo esto estableciendo un mapeo (en el caso de análisis de edificaciones, sería mapeo de zona) atendiendo a criterios de significado representando similitudes con un evento respecto a otro, las propiedades de cada uno no están definidas de forma precisa.⁴⁶

En el caso de la investigación propuesta, se trabaja con una serie de edificaciones localizadas en regiones de características diferentes, pero, de tipología constructiva similar (eventos), cada muestra pertenece a la Arquidiócesis de Sevilla, correspondientes a un periodo cronológico de actuaciones profesionales (intervenciones), se analizará el nivel de vida útil a medio y largo plazo.

La propuesta se sustenta en una valoración, estudio de riesgos y vulnerabilidades características de cada región y por supuesto de la opinión de los expertos con base en la experiencia constructiva aplicada y la respuesta positiva y negativa que se haya tenido, cualquiera que sea el caso. La información recabada es la base para la creación del modelo matemático en la que se discriminen los factores primarios, de los secundarios y terciarios (de acuerdo a la probabilidad y la estadística); así se determinará la evolución de la edificación.

Este modelo establece factores, funciones y reglas, además de un orden prelación entre el conjunto de edificios en cuanto a la vida útil que se le estimará, se trata de un modelo que ordene un conjunto según los criterios de durabilidad como base de su vulnerabilidad.

El modelo matemático que aplica, tiene como principios:

- Una metodología matemática que representa el conocimiento impreciso donde la incertidumbre esté presente.
- Permite aplicar la experiencia de los expertos para imitar el razonamiento humano.

⁴⁶ Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. Information and Control, 8(3): 338-353, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

De esta manera propone el siguiente esquema que proporcione datos veraces con respecto a edificaciones en las que se desconoce el proyecto original (planos, bitácoras, etc.) en donde no se puede determinar el tiempo de vida. *Figura 18*

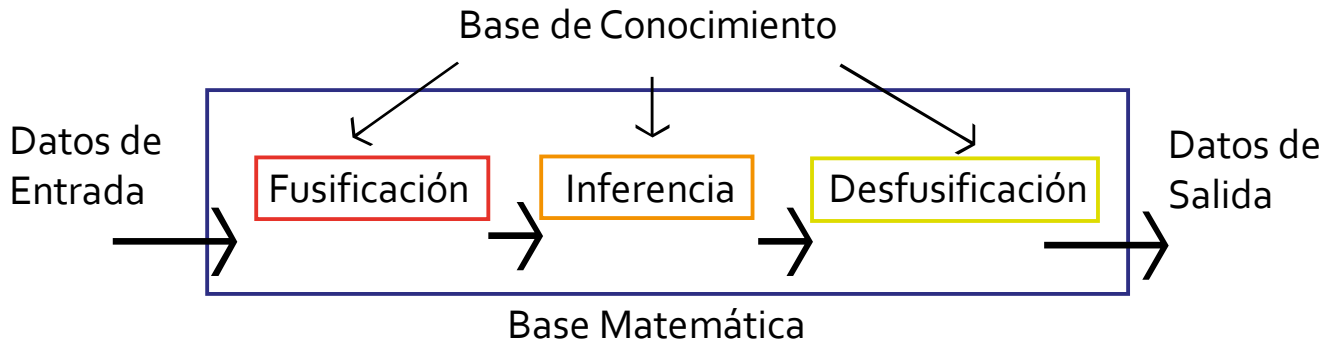


Figura 23. Gráfica de modelo de lógica difusa Zahde.

Figura 24. Gráfica de modelo de lógica difusa Zahde.

En esta gráfica se explica la manera en la que *la teoría de lógica difusa* propone ordenar de mayor a menor importancia los factores que influyen en una situación, en este caso la vulnerabilidad de un inmueble en la que influyen muchos factores se determinará de la siguiente manera:

1. Datos de entrada: Variables lingüísticas, es decir la valoración personal.
2. Fase de Fusificación: Transforma las variables lingüísticas en funciones matemáticas o funciones de pertenencia: en este caso son 17 factores que la normativa española, las normas ISO y manuales determinan ser los más importantes. De cada factor determinar funciones de pertenencia, es decir el nivel de incidencia que tienen sobre el caso de estudio.
3. Estructura jerárquica: una función explica el grado de funcionalidad de un factor.
4. Reglas Fuzzy: una base lógica garantiza el buen funcionamiento del sistema, en este caso del modelo, es decir determinar reglas lógicas: *si, solo sí, por lo tanto*.
5. Fase de Desfusificación: aporta el valor medio del conjunto que se convierte en la variable de salida que nos arroja el dato que estamos buscando, en este caso la vida útil de una edificación.

Posteriormente toda esta información se ordena por niveles de importancia o incidencia en el inmueble que permitan calcular el tiempo de vida, posteriormente se introduce esta información a

un programa XFUZZY 3.0 en la cual se crea la herramienta para obtener el valor de vida útil en años (Fuzzy Building Service Life). *Figura 19.*

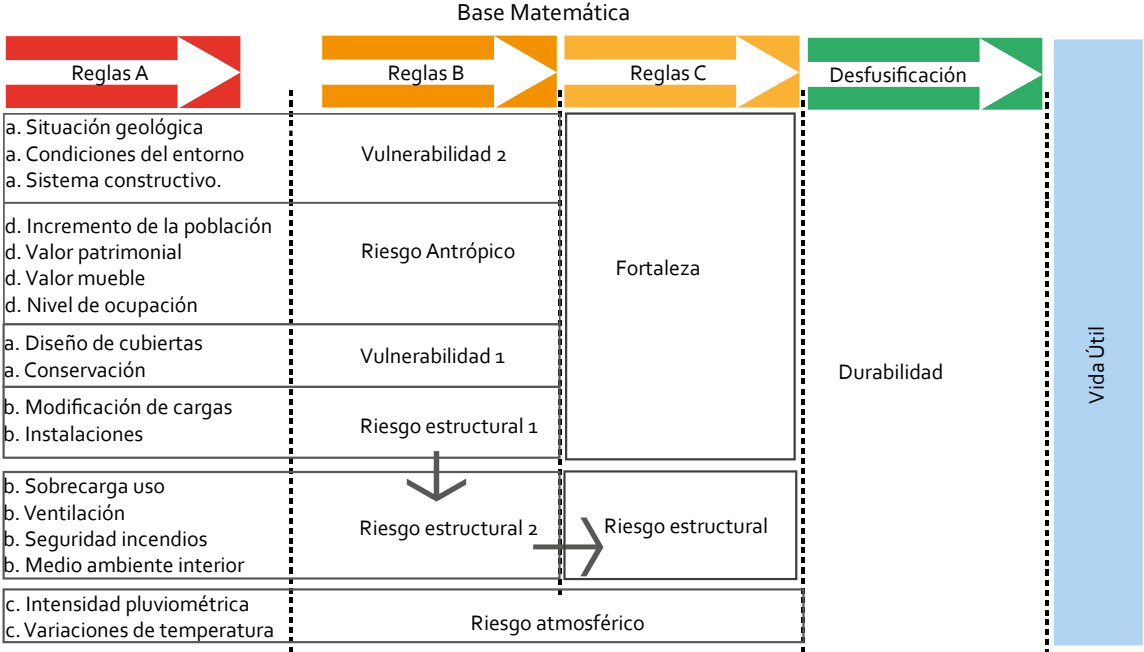


Figura 25. Gráfico explicativo de la lógica difusa

Figura 26. Gráfico explicativo de la lógica difusa

Gracias a este modelo se pueden proponer otros a futuro indicando los factores que infieren en la evolución de daños o bien, la baja vulnerabilidad que presenta un inmueble.

La propuesta de modelos, persigue el mismo objetivo que los anteriores y es la conservación con base en el concepto de durabilidad y prevención de daños al patrimonio construido.

Modelos en Desarrollo.

Analizando los modelos de Tuutti y Helene se llega a la conclusión de que estos fueron creados con base en una patología recurrente y particular de las estructuras de concreto, sin embargo han servido de base para la creación de modelos más específicos en donde cada una de las fases va determinando las acciones y los momentos idóneos para intervenir, reparar, mantener o monitorear. Uno de esos modelos, es el de siete etapas, desarrollado por la comunidad de expertos en patología ALCONPAT.

En colaboración con ONNCCE el Dr. Castro Borges propone el modelo de análisis tomando en cuenta las etapas de diseño y proyecto, así como la importancia de éstas en el comportamiento de la edificación en relación a su contexto y su tiempo de vida.

En este modelo no sólo se habla de tiempo contra grado de afectación, éste modelo marca cada una de las pautas necesarias para la identificación de daños y la implementación de trabajos preventivos hacia la durabilidad. Cabe mencionar que uno de los propósitos particulares es que se inicie la investigación patológica con miras de prevención aplicado a cualquier tipo de estructuras y tipología de edificios alargando su tiempo de vida.

El modelo busca analizar cada una de las etapas que se deben de seguir para obtener como resultado una edificación que cumpla con las condiciones de uso y servicio, así como con el rango mínimo de vida de una estructura de concreto que son aproximadamente 50 años. A través de este modelo se incorporará al gremio de la construcción la aplicación de normas referentes al tema de la durabilidad, convirtiéndose en una guía en cuanto a la prevención, inspección, diagnóstico, reparación, rehabilitación y refuerzo de obras que pudiesen estar afectadas. *Figura 20*

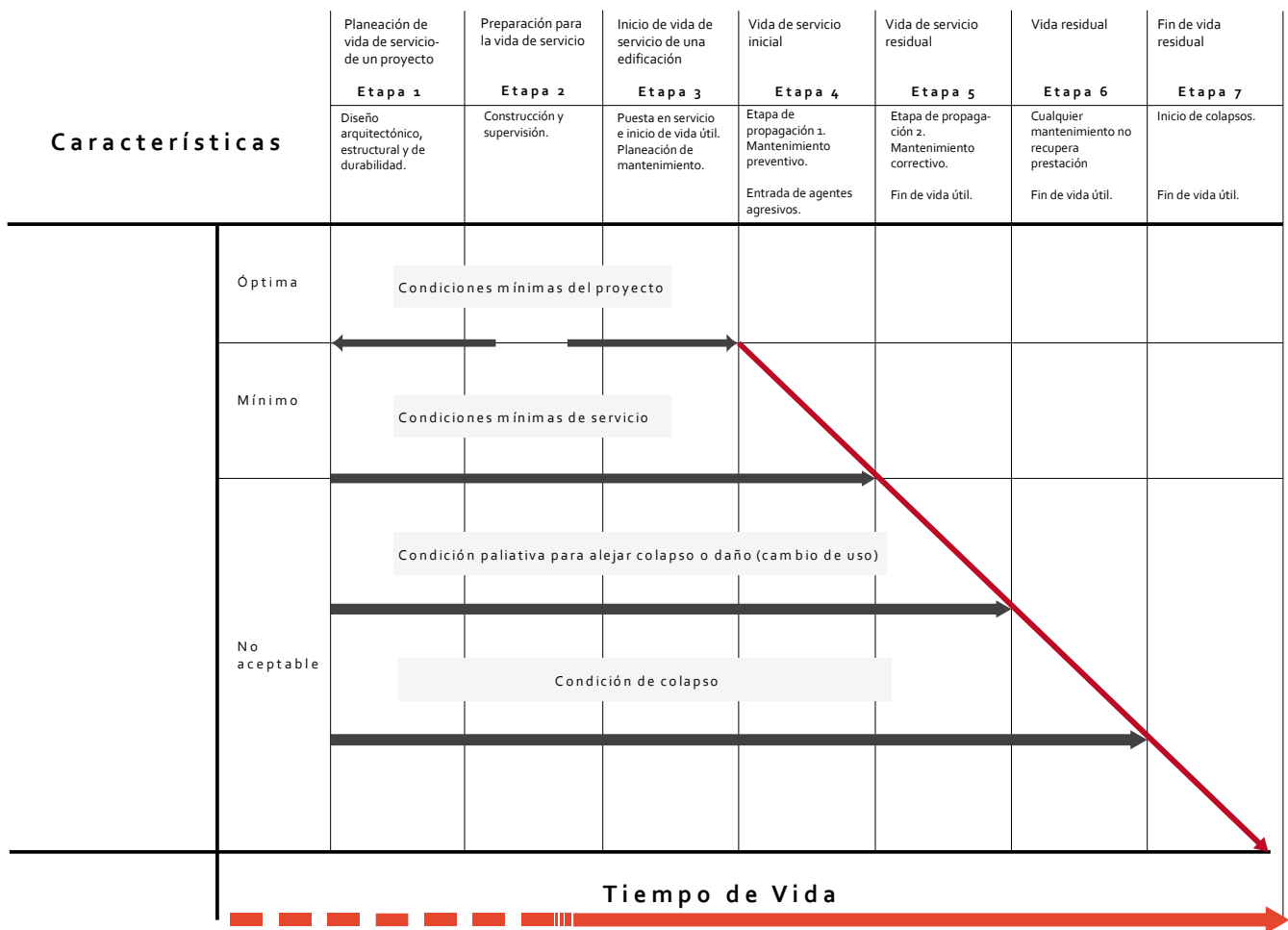


Figura 27. Gráfico de modelo de siete etapas

Figura 28. Gráfico de modelo de siete etapas

Este modelo, como se ve reflejado, se concentra en el estudio a conciencia del entorno, el uso y las propuestas de diseño más adecuadas que aseguren un tiempo de vida mayor, sin métodos de mantenimiento complicados o que atenten contra la integridad del inmueble en caso de una intervención. En este caso en cada una de las etapas alude a la calidad, los procesos y los materiales más adecuados de acuerdo a su contexto y el uso para el cual esté diseñado el objeto.

Explica cómo debe de ser el desarrollo, el comportamiento y en algunos casos la evolución de una edificación, recordemos que actualmente hay muchos casos en los que las construcciones no alcanzan un tiempo de servicio óptimo debido a los malos procesos o la falta de análisis y trabajos de calidad. Las siete etapas explican la vida de un inmueble, es decir: así como en biología se nos explica que nacemos, crecemos, nos desarrollamos, nos reproducimos, envejecemos y morimos, en este caso las

siete etapas son la explicación del organismo llamado edificación, y en algún futuro se podría explicar al organismo urbano que conocemos como ciudad.

Las siete etapas son el tiempo de vida, desde la concepción de un proyecto hasta su muerte, y se enuncian de la siguiente forma:

1. La etapa 1 es la de diseño arquitectónico, estructural y de durabilidad: es la explicación de la planificación de un proyecto, las bases de diseño, análisis de contexto, propuesta de sistemas y materiales que compondrán los espacios de un nuevo elemento construido.
2. La etapa 2 es la de construcción y supervisión: en ella se explican los procesos, técnicas y monitoreo de la concepción de la nueva edificación.
3. La etapa 3 es la de puesta en servicio e inicio de vida útil. Planeación de mantenimiento: en esta se explica el nacimiento o la culminación de la etapa de construcción y se da inicio a la utilización del inmueble, es el momento en el que ya se considera habitable, en esta etapa se hacen propuestas de mantenimiento, ya que en los primeros años se observará el comportamiento de la edificación tanto al interior como al exterior.
4. La etapa 4 es la de propagación 1. Mantenimiento preventivo: en esta etapa se explica cómo el uso y agentes externos pueden mermar la funcionalidad de la edificación alterando su durabilidad, es por eso que se trazan planes de contingencia ante los agentes agresivos. Se identifican las primeras patologías en los sistemas.
5. La etapa 5 es la de propagación 2. Mantenimiento correctivo: esta etapa es la que nos explica que podemos encontrarnos con patologías que representan gravedad a la edificación y atentan contra la integridad de quienes lo habitan, en él se proponen planes de acción correctiva para alargar el tiempo de vida.
6. La etapa 6 es en la que se enuncia que cualquier mantenimiento no recupera prestación: en esta etapa se explica que cualquier respuesta inmediata sin análisis o inspección patológica detallada no recuperará la integridad constructiva de la edificación y no da respuesta segura a las lesiones presentadas, es decir, sin la intervención de expertos hay peligro de colapso.

7. La etapa 7 es la de inicio de colapsos: en esta etapa se enuncia la muerte de un inmueble, en el que su uso ya no es posible y su habitabilidad es nula, sin acciones de recuperación profunda no es posible salvar una construcción.

En conclusión los métodos y modelos desarrollados al evolucionar e incluir variables, factores o etapas construyen la línea a seguir al momento de proponer una respuesta tanto de tiempo de vida como de solución ante los daños que puede causar la propagación de patologías, sin embargo al tener en cuenta que las variables de deterioro son muchas, cada uno de los expertos demuestra que es necesario ordenar y procesar de manera objetiva y clara los factores que vulneran un organismo construido, al desarrollar esa información será más fácil identificar, comparar y contrastar datos obtenidos con respecto a la identificación patológica y cálculo de tiempo de vida de una edificación.

Manuales y Normas.

Además de las investigaciones con respecto a métodos y modelos de análisis y durabilidad, también han sido publicados manuales de inspección o identificación patológica, todos ellos basados también en normas relacionadas a la durabilidad, procesos, calidad y cálculo estructural en pro de la conservación y mantenimiento de estructuras.

Para la construcción de una metodología no sólo es necesario el estudio de las investigaciones recientes, si no profundizar en los manuales y las normas en las que están sustentadas, aunque es bien sabido que en nuestro país aún falta recorrer un largo camino en cuanto a la exigencia de modelos y métodos de inspección al momento de concebir un proyecto, también es necesaria la creación de otras normas que sustenten la exigencia de los anteriores, a continuación se mencionarán algunos manuales de identificación y solución patológica, así como las normas publicadas en cuanto a evaluación y seguridad constructiva y estructural se refieren.

Para fines de esta investigación y la comprensión de lo que es una patología constructiva hay que tener en cuenta las condiciones que rodean un organismo construido, las bases sobre la cual se sustenta su diseño no solo espacial, si no constructivo y formal (materiales y geometría), la utilidad que ha tenido y los cambios de contexto a los que ha sido sometido.

Manual Durar.

Editado por Oladis Tronconis del Rincón, Aleida Romero, Carmen Andrade, Paulo Helene e Isabel Díaz. Este manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de concreto armado, nos adentra a la problemática del mantenimiento y rehabilitación de edificaciones de concreto, sus lesiones y anomalías causadas por la corrosión, todas estas sustentadas en una correcta evaluación y un acertado diagnóstico del problema.

En primer lugar se explican cuáles son las causas que pueden contribuir al deterioro de las estructuras de concreto, haciendo hincapié que la corrosión es la consecuencia de anomalías causadas por reacciones químicas, fenómenos físicos, geológicos, etc., y este efecto es la principal causa de colapso de una construcción de estas características.

Aunque se piense que el concreto requiere de menos mantenimiento que otros materiales, es cierto que la mala calidad y análisis puede provocar también un deterioro acelerado, en ocasiones un mal uso de materiales de mantenimiento incorporado a este tipo de construcciones aceleran el deterioro.

Se introduce a los profesionales de la construcción a los fundamentos teóricos de la identificación de lesiones, se presentan métodos de inspección e identificación, ensayos, evaluación y diagnóstico, además se dan criterios de valoración y formatos guía para la recolección de información. Posterior a eso, se proporcionan las herramientas básicas para evaluar la vida útil y vida residual de la estructura, basándose en Tuutti, así como la propuesta de reparación y rehabilitación de la misma.⁴⁷

El manual presenta el método de inspección e identificación de daños que pueden acarrear la corrosión a una estructura de concreto, y que esto represente un daño o peligro. Explica que el efecto ambiental y el uso, es una de las principales causas de deterioro y que antes de emitir un diagnóstico es necesario saber ante qué condiciones (naturales y artificiales) nos enfrentamos.

⁴⁷ *Op. cit.*²⁷

A manera de diagrama de flujo expone en lo que consiste el método de inspección. *Figura 21*

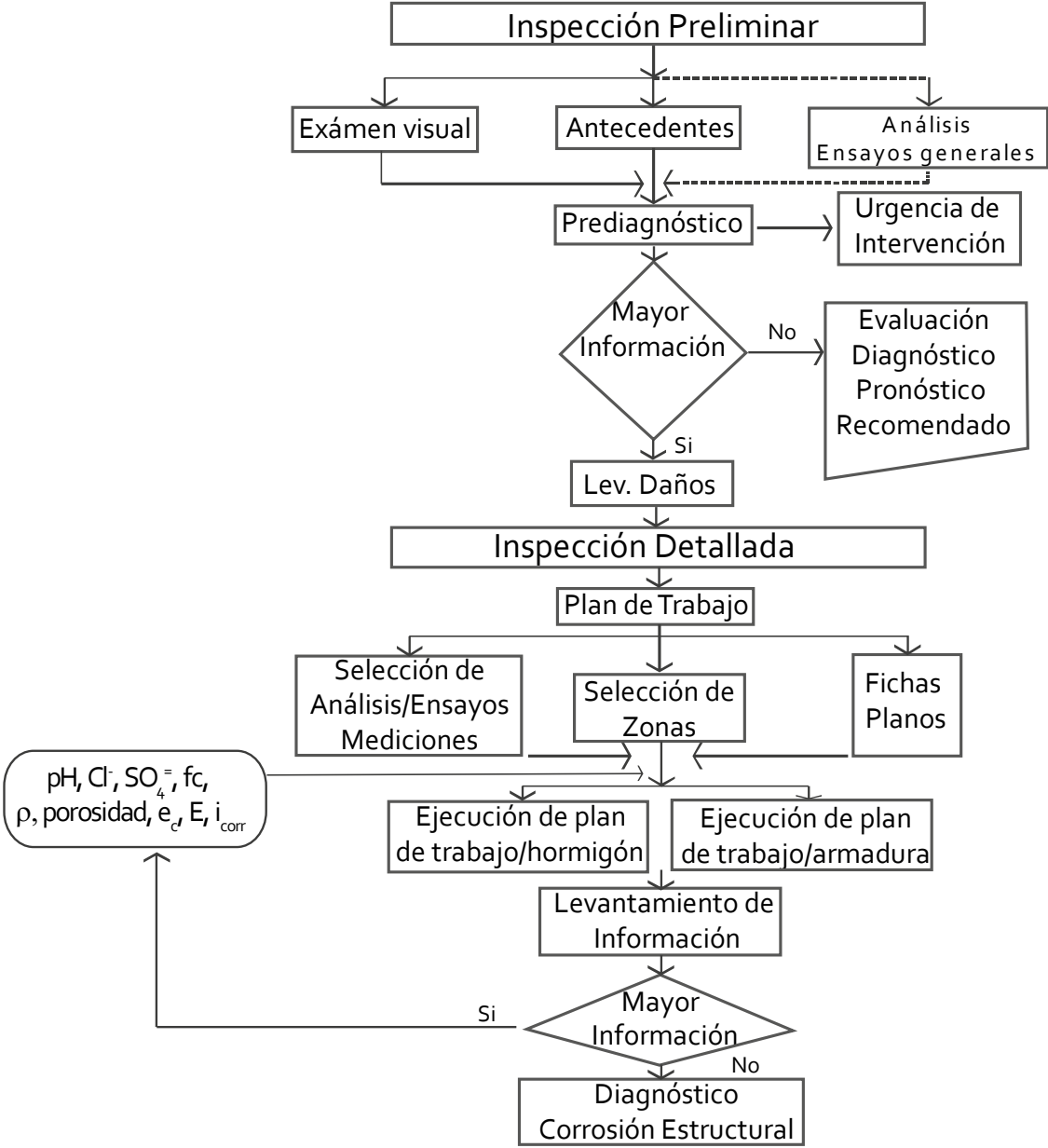


Figura 29. Diagrama de flujo

El manual explica que no todas las actividades descritas deben de ser llevadas a cabo, esto es en función del nivel de deterioro de la muestra o la cantidad de información detallada que se necesite será que se elabore una inspección preliminar o una detallada. Sin embargo en toda inspección debe de realizarse una inspección preliminar, la cual es la base de información para reconocer la problemática general de un inmueble. Una aportación importante de este manual es la propuesta de abreviaturas y simbologías al momento de identificar daños, así como la conformación de fichas de información que puedan conformar un compendio referente a comportamientos constructivos.

Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón.

Editado por Paulo Helene y Fernanda Pereira a través del CyTED. Este manual explica cada uno de los pasos a seguir para el análisis de riesgos, prevención y corrección de daños con base en el diseño, el ambiente que le rodea, los sistemas constructivos, sus materiales, los estándares de calidad aplicados, y los agentes externos e internos a los que se presenta una edificación nueva o existente.

Menciona que actualmente no hay normativa suficiente que exija una ejecución constructiva de calidad que pueda evitar daños prematuros y que asegure la funcionalidad de una edificación en un tiempo mínimo de vida. Expone que la aplicación de acciones preventivas en el patrimonio construido, así como la destinación de recursos a su salvaguarda en países en vías de desarrollo son escasos y que la falta de interés en la rehabilitación y renovación de espacios se ve traducido en lesiones que empeoren con el paso del tiempo, o bien se vean expuestos a eventos ambientales, geológicos o climáticos que se traduzcan en siniestros que atenten no solo contra la funcionalidad y habitabilidad de una construcción, si no contra la integridad de quienes lo habitan.

Una de las principales aportaciones de este manual es que de manera general sugiere acciones de reparación a través de la selección de materiales adecuados que alarguen el tiempo de vida de una edificación de concreto, además propone un catálogo de conceptos y precios unitarios (relativos) del costo de una rehabilitación, para así contribuir a la valorización de este tipo de trabajos. Todo esto

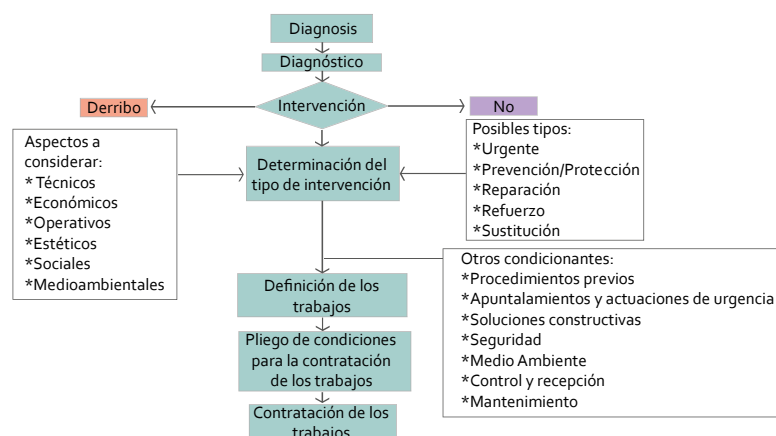


Figura 30. Diagrama de árbol de decisiones.

Figura 31. Diagrama de árbol de decisiones.

con base en la construcción de un árbol de decisiones y factores a tener en cuenta durante el tiempo de vida de una edificación y las intervenciones a realizar, en caso de que se requiera. *Figura 22.*

El manual consta de 12 capítulos o etapas que van desde el análisis del contexto que rodea a la edificación, pasando por el análisis de las patologías recurrentes en el concreto armado como sistema constructivo, indicando alternativas de solución, además marca las pautas para analizar la mejor opción de respuesta y contención. En el cuarto apartado, describe la naturaleza de los materiales y sistemas utilizados en la reparación de edificaciones de concreto, describe las características y usos recomendados.⁴⁸

Menciona los procedimientos de reparación y limpieza, un paso de gran importancia en la rehabilitación de este tipo de sistemas que en ocasiones los profesionales lo ignoran y la normativa no recalca; se presentan los procesos de reparación de acuerdo a la experiencia de los profesionales y se presentan alternativas de intervención en el caso de estructuras dañadas por la corrosión exponiendo las ventajas y desventajas, posteriormente presenta fichas de solución por elemento estructural.

En los últimos cuatro capítulos describe los mecanismos de degradación del concreto y las características de los productos utilizados para su mantenimiento preventivo y correctivo, así como la planeación de la corrección y prevención de patologías. Teniendo comprendido el porqué y el cómo solucionar los problemas patológicos del concreto armado, sugiere al profesional de la construcción una lista de precios unitarios o catálogo de los procedimientos de rehabilitación. Basados en la norma ISO 9000 plantea conceptos de gestión de calidad en trabajos en la rehabilitación de este tipo de inmuebles, por último propone un glosario especial para el área del diagnóstico y la rehabilitación para englobar la terminología en el área de la intervención, rehabilitación y restauro.

El documento concluye que la correcta planeación de inspección dotará a los especialistas del conocimiento necesario para formular diagnósticos certeros, que dictaminen de manera detallada soluciones que alarguen el tiempo de vida. Sin embargo el manual está construido con base en el conocimiento científico y empírico de quienes han hecho reparaciones en todo el mundo, por esos motivos las alternativas de reparación pueden variar dependiendo de muchos factores.

⁴⁸ *Op. cit.* ³²

Manual de Patología de la Edificación.

Editado por Fernando López Rodríguez, Ventura Rodríguez Rodríguez, Jaime Santa Cruz Astorqui, Ildefonso Torreño Gómez y Pascual Ubeda de Mingo. Este manual se enfoca al origen de las patologías con base en la falta de calidad constructiva, propone un método basado en los procesos y la supervisión minuciosa a la hora de gestar un proyecto. Se basa en normas emitidas por el gobierno español, en donde se exige la correcta selección de materiales y sistemas adecuados al medio ambiente en donde quedará sembrada la edificación.

Sustenta que el surgimiento de patologías es debido a la falta de cuidado o mantenimiento de un objeto construido y que estos problemas ante un desastre natural pueden traducirse en situaciones de riesgo o colapso tanto para el edificio como para sus habitantes.

El manual se enfoca en el ámbito etiólogo, es decir saber las causas o el origen de un problema patológico para poder emitir un diagnóstico y a partir de eso proponer medios de actuación.⁴⁹

La principal aportación de este manual son sus tablas de fuentes y causas de patologías de la edificación o *etiología de la patología*, en donde registra el posible momento cronológico de su surgimiento, la causa de la anomalía y su forma de manifestarse; todo esto dividido por fases de gestación y de vida. En esa etiología cita tres causas básicas en el surgimiento de patologías:

1. Presencia de Agua en todas sus manifestaciones.
2. Movimientos de los materiales o los sistemas.
3. Acciones físicas, químicas y/o biológicas.

Como diagrama de flujo propone cuatro fases importantes durante el tiempo de vida de un edificio, en ellas enuncia las que pueden surgir durante el proceso de construcción, los agentes causantes

⁴⁹ Fernando López Rodríguez, et al. *Manual de Patología de la Edificación*. Departamento de Tecnología de la Edificación de la (E.U.A.T.M.). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 2004. (pp. 21-27)

durante el tiempo de uso o funcionalidad, posteriormente la afectación de elementos en sus materiales y sistemas mostrándose como síntomas y lesiones.

Esta información la plantea como base para diagnóstico y propuesta de reparación, planeación de la terapéutica, preventiva o curativa. *Figura 23.*

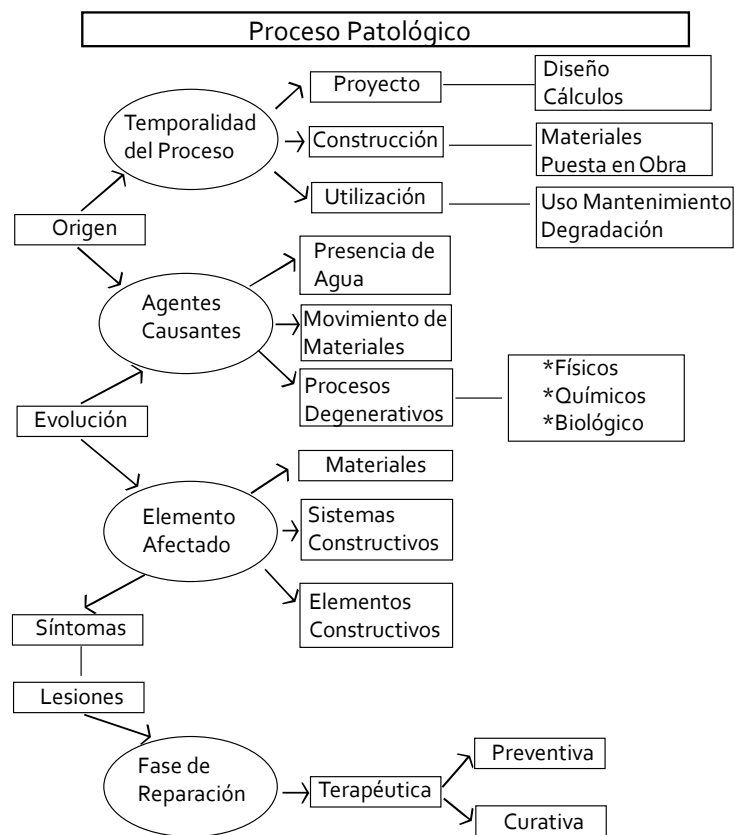


Figura 32. Diagrama de flujo de inspección

Figura 33. Diagrama de flujo de inspección

El manual se muestra más optimista con respecto a la ruta que propone a seguir, la cual tiene como objetivo recuperar las condiciones óptimas de funcionalidad y habitabilidad planeadas.

Establece una serie de fases que van de la sintomatología al seguimiento de la solución del problema de la siguiente manera:

1. Fase de Estudio: Síntomas, problemática e identificación de lesiones.
2. Fase de Dictamen: Diagnóstico, niveles de riesgo y actuaciones de emergencia.

3. Fase de Decisión: Terapéutica preventiva o curativa.
4. Fase de Ejecución: Niveles de seguridad y actuación.
5. Fase de Seguimiento: Comprobación de la Terapéutica.

Al finalizar esta ruta de estudio patológico propone un monitoreo de la edificación para saber qué tan efectiva es la respuesta y en caso de presentarse otra anomalía volver a aplicar el método.

El manual nos da un recorrido por las patologías causadas por las causas básicas en los materiales más recurrentes, sin embargo, cada uno de estos comportamientos varía de acuerdo al tipo de edificio, ambiente, materiales, calidad de procesos y sistemas; el número de variables es muy amplio y los factores son diversos a la hora de analizarlos con base en el tiempo de vida sin mantenimientos ni reparaciones, los procesos de rehabilitación deben ser sustentados por expertos con base en las normas de calidad.

Analizando los métodos, manuales y guías de identificación patológica publicadas, se hace hincapié en la importancia de la calidad en todos los procesos que conlleva un organismo construido, o bien la importancia de la ejecución de las intervenciones o reconfiguraciones de edificaciones antiguas.

La falta de estudios con respecto al origen, causas y efectos de una patología es la que limitan la creación de un modelo general, o por lo menos uno que tome en cuenta la naturaleza de los materiales en un determinado ambiente y contexto artificial. La creación de normas de calidad, evaluación y seguridad estructural aún no mitiga la presencia de lesiones o anomalías que deriven en cuestiones de riesgos o desastres, sin embargo marcan el primer paso en la prevención de patologías a través de estudios minuciosos y diseños adecuados.

Normas.

La creación de normas que aseguren el buen funcionamiento y la habitabilidad de un inmueble dan señas de la inquietud por los profesionales de la construcción en reducir los fallos, alargar el tiempo de vida de las construcciones y que además reduzcan los gastos de mantenimiento, reparación y refuerzo.

Éstas intervienen en el campo de la patología para sustentar cada una de sus propuestas de estudio de sistemas y materiales. En otras latitudes han abordado la problemática tropical izando las normas internacionales, complementándolas con la experiencia de los expertos y diversas publicaciones, es así como han dado origen a otras normas basadas además en las características de su región.

Los métodos y manuales mencionados han recurrido a las normas publicadas, a continuación se presentan algunas que son la base teórica y en ocasiones.

Normas ISO

En cuanto a la normatividad a nivel internacional hemos encontrado como columna vertebral las normas ISO, las cuales dictaminan el nivel de fiabilidad y calidad que deben de tener ciertos procesos, en cuanto al análisis de inmuebles o estructuras arquitectónicas tenemos las siguientes:

ISO 9000. Norma en cuanto al concepto de calidad de los procesos se refiere. La norma específica que debe de existir un sistema de gestión de calidad relativos al sistema de producción. En este caso hablamos de los procesos de ejecución en cuanto a un proyecto y en este caso particular un proyecto de restauración.⁵⁰

No olvidemos que parte del surgimiento de patologías se da debido a la falta de una planeación basada en la calidad de los procesos no sólo a nivel ejecución y utilización de materiales, si no a nivel proyecto y en este caso en especial (campo de la rehabilitación, mantenimiento y restauro) a la falta de bases con respecto al conocimiento de sistemas constructivos aplicados en el edificio original.

ISO 13822. Creada en el año dos mil diez, nos dictamina los requerimientos generales para la evaluación de estructuras existentes, así como análisis de fiabilidad estructural (edificios, puentes, estructuras industriales).

Esta norma establece los principios fundamentales a la hora de evaluar una estructura nueva o existente y son los siguientes:

- Anticipando el cambio de uso o de la extensión de vida útil del trabajo del mismo.
- La realización de controles de fiabilidad utilizando como variables, terremotos, el aumento de las acciones de tráfico, ambiente, etc. Todo esto es requerido por las autoridades, las compañías de seguro, etc.
- La evaluación estructural de deterioro a partir de las acciones dependientes del tiempo (corrosión, fatiga).

⁵⁰ ISO 9000. Fundamentos de sistemas de Gestión de Calidad en un Sistema de Producción, 2015.

- Comprobación de los daños estructurales de las acciones accidentales (incendios, inundaciones, sismos etc.). Son las lecciones aprendidas a partir de los acontecimientos.⁵¹

A su vez ésta se fundamenta en la ISO 2394 y en la ISO 13824.

ISO 2394 (2015). Determina los parámetros de evaluación de riesgo y confiabilidad concerniente al diseño y evaluación de las estructuras (de cualquier tipo).⁵²

Las estructuras de las construcciones históricas plantean retos específicos al analista debido a la necesidad de conjugar las exigencias de naturaleza resistente con la preservación de sus caracteres históricos y culturales además de considerar aspectos socioeconómicos.

Actualmente, se reconoce que el fin último de la conservación de todo tipo de patrimonio cultural estriba en la preservación de su autenticidad en términos tanto materiales como intangibles. La estructura que sustenta una construcción histórica constituye así mismo una parte importante del patrimonio y debe ser tratada desde esta misma óptica. Ello conlleva que toda intervención de mantenimiento, reparación o refuerzo deba respetar y hasta potenciar los distintos valores culturales ligados a la propia estructura. En la práctica, estos conceptos llevan a preferir intervenciones muy respetuosas y de carácter mínimo.

No obstante, y con el fin de reducir a límites aceptables los riesgos para las personas y para el posible contenido cultural inamovible del edificio, es necesario conciliar el carácter mínimo de la intervención con la satisfacción de un nivel adecuado de fiabilidad estructural. (Roca, 2011)

ISO 13824. Bases para el diseño de estructuras; al momento de rehabilitar o intervenir un inmueble se debe contar con un diseño de estructura acorde a la naturaleza del objeto arquitectónico.

Esta norma nos habla acerca de la evaluación de riesgos, la identificación de peligros y la estimación de consecuencias como un procedimiento primordial en una estructura.

La evaluación debe de ser integral, es decir todo lo que rodea a la estructura además de la estructura en sí, ya que alguna falla originada en una estructura afecta a todos los sistemas y los elementos que los acompañan.

⁵¹ ISO 13822 Bases for Design of Structures-Assesment of Existing Structures. 2010

⁵² ISO 2394 General Principles on Reability for Structures, 2015 4th edition

Además nos da los códigos básicos para los niveles de confiabilidad asentados en resultados de consideraciones de riesgo; enfocados a una estrategia operacional de diseño, evaluación, mantenimiento y desmantelamiento de una estructura.⁵³

ISO 31000. Dirección grupos de trabajo en la administración del riesgo.

Esta norma describe de manera lógica y detallada el proceso de la evaluación del riesgo. Identifica, analiza y evalúa la naturaleza del riesgo y cómo ésta debe de ser tratada de manera lógica y ordenada.⁵⁴

Al tratarse de una norma que trata de la gestión del riesgo se puede concluir que complementa a las demás en cuanto a los procesos que se deben seguir para evitar el surgimiento de anomalías.

ISO 15686. Requisitos y directrices para realizar un análisis de costo de ciclo de vida (LCC) de edificios y activos construidos sean nuevos o existentes. Es importante recalcar que el costo de rehabilitación a veces representa un porcentaje mayor al establecido por las empresas aseguradoras. Se propone un análisis de costo durante un periodo de tiempo, en donde se identifique si es para una parte o todo el activo construido.⁵⁵ A grandes rasgos determina si un proyecto cumple con los requisitos de rendimiento de un cliente, es decir, si el costo es conveniente para lo solicitado y que pueda garantizar un nivel óptimo de funcionalidad y habitabilidad, en ello se analizan datos económicos de la industria de la construcción y del cliente.

Para esta investigación aplica esta norma para tener el conocimiento del costo beneficio que trae una buena rehabilitación basada en una inspección patológica contra una que sea prematura, sin fundamentos constructivos y que en lugar de perdurar, vulnere una edificación determinada.

Materiales y Sistemas.

La Naturaleza de los Materiales y sus Patrones de Comportamiento en el Ambiente.

Antes de iniciar un estudio referente a patologías hay que considerar la naturaleza de los materiales en su composición física, química, mecánica y quizás en los efectos biológicos que tendrá dependiendo el tipo de ambiente en el que se encuentren, desde su estado base pasando por los procesos de industrialización hasta que es introducido a la industria de la construcción.

Cuando se ha identificado una patología hay que hacer un análisis desde cada una de las partes que conforman un sistema constructivo, es decir los materiales de los que se compone y la región de donde

⁵³ ISO 13824 Bases for Design Structures, General Principles on Risk Assessment of Systems Involving Structures, 2009

⁵⁴ ISO 31000 Risk Management – Principles and Guidelines, 2009

⁵⁵ ISO 15686 Cost of Cycle Life. Planificación de vida útil y otros requisitos de rendimiento, 2017

fueron extraídos para saber cuál era su naturaleza primaria o estado basal ante condiciones ambientales de todo tipo, analizar los cambios en sus características físicas y químicas para tener un uso constructivo o estructural y observar el comportamiento que tiene en combinación con otros materiales para conformar un sistema.⁵⁶

Si se hace un estudio aislado de cada uno de estos procesos aplicados a los materiales no se tendrá el comportamiento real ante los embates ambientales y las características regionales, sin contar con las transformaciones derivadas del tipo de uso de cada edificación y por lo tanto el tipo de mantenimiento.

Con lo anteriormente descrito no se está asegurando que la patología surja desde el material en sí, ya que sin la interacción de otros en la integración de un sistema, ni las condiciones regionales, ambientales y dinámicas marcadas por el contexto, no podría haber ningún tipo de reacción positiva o negativa, sólo se tendría una conducta aislada del material. Hay que tener en cuenta el todo analizando cada parte y relacionándolas entre sí.

Volviendo a tomar como base la ciencia médica, sabemos que así como el ser humano nuestro organismo arquitectónico cuenta con sistemas y éstos con elementos conformados por materiales, es así que si nos encontramos con un sistema de entresijos, debemos identificar cuál es, los elementos que lo integran y por lo tanto los materiales que lo conforman.

Se ha hablado de catalogar las lesiones por cada rubro del organismo arquitectónico, sin embargo hace falta determinar las propiedades de los materiales que componen cada parte de la estructura y la interacción de uno con otro, así como la reacción dependiendo el elemento y la respuesta que tendrá ante el medio en el que se desempeña.

El análisis de los materiales que componen una construcción va en función de las características ambientales en la que se encuentran formando parte de la estructura y elementos edificados.

Se ha determinado que en el surgimiento de lesiones y anomalías el ambiente y la región en la que se ubica un inmueble son la variable que actúa en la causa y efecto del detrimento de los materiales y por lo tanto de los sistemas construidos, sin embargo ese análisis es paralelo. Al considerar las características del material, las alteraciones que sufre al combinarlos con otros y con base en esto seguir al análisis de la zona afectada, identificando las posibles causas que puede causar el medio

⁵⁶ Pedro Castro Borges, et al. *Corrosión en estructuras de concreto armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones*. IMCyC. México. 1998

(natural y artificial) a la naturaleza del material basándose en las características regionales de donde son origen.

Se recomendaría entonces hacer una clasificación general del material ante la exposición de un tipo de ambiente mencionando las características del lugar de origen del mismo, para saber las reacciones que tiene y que tendrá dependiendo el paso del tiempo, o mejor dicho haciendo un cálculo del tiempo transcurrido y el tiempo restante de vida ya que se trata de edificaciones históricas y emblemáticas.

Es en esta parte donde se hará la comparación de comportamientos entre el material en una construcción nueva y las agresiones sufridas por el material en el sitio en cuestión en su parte constitutiva de un sistema constructivo.

Cabe mencionar que para tener puntos de referencia se han elaborado probetas de prueba y referencias, en puntos clave de determinadas regiones para saber cómo los embates del medio y las condiciones de la región agreden un elemento, centros de investigación no solo analizan los materiales en ambientes controlados, si no que por medio de proyectos han decidido paralelamente analizar estas cuestiones exponiendo probetas por años a un medio natural, medir las reacciones y compararlas con los resultados de una muestra en ambientes controlados y contra una formando parte de una edificación real. En estos casos se elaboran a escala de los componentes de una estructura, sean vigas, columnas, muros, etc.⁵⁷

En la elaboración de esas comparaciones de conductas se pueden prevenir anomalías futuras, adelantándose a soluciones con mejores resultados y más duraderas. Es decir en una edificación no se pueden hacer registros cada seis meses, ni mucho menos extraer alguna de las partes para llevarlas a estudiar a un laboratorio. Sin embargo esta clase de proyectos puede ayudar a comprender la importancia del proceso de producción mismo hasta las reacciones medioambientales, todo con el propósito de que al generar un contraste se obtengan resultados más rápidos, certeros y que éstos contribuyan al registro de información patológica. Ahora bien se sabe que existen este tipo de registros regionales – medioambientales como parte de un acervo de reacciones de los materiales, sin embargo la intensión de esta investigación es reunir esta información y en un punto de la ruta de investigación o bien el método de análisis en la punto de consulta de información recabada o existente se pueda ya sea verificar un resultado similar o bien complementar esa información y que la matriz evaluativa se vaya alimentando.

⁵⁷ Ídem.

De esta manera se clasificarán las lesiones de un sistema constructivo por medio de las agresiones sufridas por su material (o materiales) en un sistema constructivo ante las agresiones medioambientales. En primer lugar se describirá el ambiente, posteriormente se hablará del sitio en donde está asentada la edificación, los procesos de producción, haciendo un paréntesis en el caso de inmuebles patrimoniales, se hará un apartado en donde se recabe información histórica de las técnicas de producción de la época del inmueble en caso de que exista, si no se buscarán procesos análogos; se clasificará el tipo de daño por su origen y se describirán las condiciones.

Conductas en los Sistemas Constructivos.

A lo largo de esta investigación hemos encontrado que las patologías se presentan en diversas partes de una edificación y por lo tanto se dividen por tipo de elemento o sistemas, y como lo explicamos en un principio es el estudio de todo nuestro organismo arquitectónico y eso conlleva algo más allá de los materiales empleados en la conformación del mismo.

Hay que tener en cuenta que para estudiar las patologías no es posible determinar sólo un tipo para posteriormente dar un dictamen; así como en el área médica, una patología se puede presentar desde una población hasta en un conjunto de células que forman un órgano que es parte de un sistema y que por lo tanto afecta un organismo; de la misma manera se presenta en el campo de la arquitectura, ya que éste también se comporta como un organismo en el cual habitamos.

Tratándose del análisis de una edificación hay que tomar en cuenta las partes de las que está compuesto éste, clasificar el tipo de sistemas, las áreas y funciones con las que cuenta y a partir de eso identificar y caracterizar las patologías. Además si el propósito es el correcto análisis y diagnóstico para el conocimiento del estado actual y el del tiempo de vida de una construcción, es necesario identificar cada una de sus partes para así relacionarlas con el medio ambiente, factor primordial en el surgimiento de una afectación.⁵⁸

Como primer acercamiento se enlistarán los elementos que forman parte en un edificio, ya que si el objetivo es identificar patologías y a partir de eso generar una propuesta de análisis y un diagnóstico se necesita identificar las partes básicas para a partir de eso saber clasificar los daños por elementos y áreas del inmueble. Así que de lo general a lo particular identificaremos a grosso modo los sistemas dentro de una edificación:

- Cimentación

⁵⁸ J. Monjo Carriò. *Durabilidad vs Vulnerabilidad*. Informes de la construcción. Vol. 59, 507. 2007. (pp. 43-58)

- Columnas
- Arcos
- Muros de carga
- Muros divisorios
- Losas
- Bóvedas
- Vanos
- Cerramientos
- Pavimentos
- Instalaciones
- Estructuras adicionales
- Terrazas

A su vez cada una de éstas contienen sus sub categorías y cada una se comporta de manera diferente dependiendo de las técnicas constructivas y materiales aplicados. Todos estos sistemas tienen una forma y diseño específico en respuesta a su función: fachadas, patios, terrazas y azoteas en cuanto a áreas relacionadas al exterior se refiere; interiores públicos, privados, de servicio y de transición en cuanto a áreas relacionadas al interior se refiere. En un inmueble cada una de éstas puede presentar comportamientos perjudiciales en un determinado tiempo.

Si el objetivo de la investigación es estudiar las patologías que presentan un inmueble para diagnosticarlo, hacer un pronóstico de la situación y posteriormente hacer una propuesta de solución no es conveniente generalizarlo si hacer una examinación profunda, lo correcto es proponer una herramienta adecuada de diagnosis para localizar la disfunción o agente que ataca a nuestro organismo arquitectónico. Todo este estudio debe de estar organizado en fases bien definidas y lógicas que nos conduzcan a un resultado y por lo tanto al diagnóstico.

La literatura menciona que para hacer ese diagnóstico es necesario aplicar en primer lugar la observación y la comprensión del diseño de los elementos, es decir un método cualitativo y posteriormente pasar a la aplicación de tecnologías de reconocimiento más profundo del cuerpo arquitectónico, mediciones y pruebas, es decir todo lo referente a lo cuantitativo; eso nos dotará de información importante para comenzar el análisis.

Con esto se demostrará que es necesario el estudio de un sistema constructivo y los fenómenos que lo alteran (sus factores naturales y artificiales), ya que no se puede generalizar un tipo de

construcción en un tipo de zona y de suelo, por lo tanto las afectaciones que presenta un inmueble no son las mismas, el diagnóstico será diferente y el pronóstico a futuro puede variar.

En primer lugar mencionaremos las fases de carácter cualitativo en la que se identificarán las lesiones más comunes y recurrentes, éstas son las siguientes:

- Localización del inmueble
- Observación del edificio.
- Análisis de su uso y función.
- Análisis ocular de la problemática.
- Observación del contexto inmediato.
- Observación específica (elementos que componen el sistema).
- Análisis de imagen.
- Análisis de estructura.
- Fotografía aérea.
- Datos históricos técnicos y constructivos (en caso de existir)
- Levantamiento. (Arquitectónico y fotográfico)
- Análisis de diseño geométrico.
- Análisis del edificio ante el tiempo y los embates ambientales.

De manera cuantitativa se entiende que para hacer estos análisis requerimos de las siguientes técnicas y herramientas.

- Ensayos no destructivos: metrología, macrografía, micrografía, radiografía, gama radiográfica, fotogrametría, pacómetro, etc.
- Técnicas de análisis composicional: microscopía, fluorescencia, difracción RX, micro sonda electrónica, microanálisis dispersivo, análisis por activación neutrónica, espectroscopía de absorción, espectroscopía de emisión, etc.

Observación micro estructural: metalografía, ceramografía, etc.⁵⁹

- Estudios mecánicos: dureza, resistencia, compacidad, elasticidad, etc.
- Estudios de laboratorio (físicos, químicos y mecánicos)
- Fechados.
- Pruebas de envejecimiento.

Si se hace el análisis de un edificio de manera integral, de lo general a lo particular cuyo diagnóstico determinará la intervención más adecuada se iniciará una etapa de registro y será la etapa previa al diagnóstico que es la interpretación. Al diagnosticar un edificio a partir de la evaluación por medios cualitativos y cuantitativos evaluaremos y calcularemos su tiempo de vida y determinaremos el uso que se le puede dar, o bien si el uso que se le ha dado es el correcto o si está al límite de servicio.

De manera empírica y por medio de la observación podemos intuir el tipo de lesiones que nos encontramos e identificar el tipo de causas relacionadas. Ahora bien al tratarse de edificaciones emblemáticas que tienen más de 50 años de construidas es imperativo que haya ciertas fallas, ya sea que representen un mayor o menor grado de riesgo en el inmueble, eso nos llevará a buscar la historia del mismo, así como el medio que le rodea y los diversos cambios sufridos por el paso del tiempo.

Si hacemos un listado de lo que podría causar una anomalía en una edificación, sin tener amplios conocimientos, podríamos mencionar algunas causas o agentes:

- Causas Naturales: aquellos sucesos relacionados que afecten el contexto natural del edificio: movimientos telúricos, fenómenos meteorológicos, fuego, humedades, etc.⁶⁰
- Mal diseño (un mal proyecto puede derivar en diversas fallas): El mal diseño de una edificación puede afectar en gran medida un edificio, un error en el proceso proyectual puede llegar a sus últimas y más grandes consecuencias si no es detectado a tiempo, además puede representar costos innecesarios de mantenimiento con el paso del tiempo y en ocasiones puede ser la causa del origen de algunas otras patologías.⁶¹
- Fallas estructurales: Por lo regular son ocasionadas por una mala concepción de diseño estructural y la falta de análisis del terreno en el cual se asentara el edificio, así como del contexto que lo rodea, en caso de reestructuración el no tener en cuenta los cambios naturales y artificiales que ha habido, incluyendo la inserción de nuevos tipos de

⁵⁹ *Op. cit.* ¹⁹

⁶⁰ *Op. cit.* ³⁹

⁶¹ *Op. cit.* ⁵⁸

infraestructura (metro, torres de redes, actualización de instalaciones eléctricas y fibra óptica).⁶²

Imprevisiones de tiempo: los retrasos de obra vuelven apresurados los tiempos de ejecución y hace que no se le dé el cuidado necesario a los procesos de construcción y por consecuencia la calidad de los trabajos sea deficiente, esto puede acarrear afectaciones en un edificio a futuro.

- Falta de organización del proyecto: relacionado con el motivo anterior la falta de organización en los periodos de ejecución proyectual y constructiva provocan anomalías en los procesos, el no hacer un estudio minucioso de partidas de trabajo con su respectiva supervisión puede arrastrar problemas, en ocasiones se tratan de solucionar sobre la marcha, pero el hacerlo nos acarrea otro problema que generará patologías posteriores y son el tiempo invertido a los imprevistos.
- Mala calidad de mano de obra: la mano de obra poco especializada contribuye en gran manera a la generación de patologías, sin embargo esto no solo tiene que ver con los trabajadores poco capacitados, si no con la supervisión que haya en la etapa de ejecución de la obra, al no supervisar de manera calificada hace deficiente un proyecto; recordemos que un proyecto no solo es lo plasmado en planos y láminas, el entendimiento de la ejecución así como la mano de obra capacitada y calificada son los que vuelven realidad un proyecto funcional y contundente, al haber poca capacidad de criterio y supervisión originan anomalías que terminan en lesiones o en ocasiones en desastres.⁶³
- Desconocimiento de los sistemas constructivos: Esta razón tiene mucho que ver con la comprensión de los elementos arquitectónicos, es decir con el diseño y la concepción de la forma, el arquitecto proyectista tiene que ser capaz de proponer la mejor solución para la intervención de un edificio o bien la concepción de un edificio, tiene que saber las razones y el porqué de utilizar cierto sistema estructural y tipos de materiales.⁶⁴ El ignorar esa información puede llevar de nuevo a fallas estructurales que pueden derivar en afectaciones que pongan en riesgo al inmueble pero sobre todo a la vida de sus habitantes y una catástrofe a su contexto.
- Desconocimiento de especificaciones técnicas de materiales. Es importante tener dominio de los procesos de los materiales, conocer sus ventajas y desventajas, los métodos de

⁶² *Op. cit.* ²⁵

⁶³ Manuel Fernández Cánovas. *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. 3ra Edición. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 1994

⁶⁴ *Ídem*.

empleo y cómo este material contribuye al funcionamiento de un sistema constructivo a través de su comportamiento. Además de la conveniencia en cada proyecto en cuanto a su geometría, sus características físicas, químicas y mecánicas. La aplicación incorrecta de los materiales desconociendo sus características es otra razón para acelerar el proceso de deterioro de una edificación.

- Implementación de materiales incorrectos para la rehabilitación de una estructura o sistema constructivo: La restauración, rehabilitación o reestructuración mal empleada puede empeorar el funcionamiento de cualquier sistema constructivo, para esto debemos ser conscientes de los componentes de una estructura, del funcionamiento de sus sistemas y de sus materiales.⁶⁵ Tener estos conocimientos nos ayudarán a comprender que es lo más conveniente para ampliar el tiempo de vida de un edificio o resolver las lesiones del mismo, por el contrario si implementamos un sistema que no es compatible puede llevar a efectos perjudiciales a todo el inmueble, puede afectar al contexto (edificios colindantes), pueden presentarse nuevos hundimientos o bien en caso de sismo acarrear un problema mayúsculo.⁶⁶
- Técnicas inadecuadas: estas se presentan sobretodo en áreas de acabados o de instalaciones, emplear materiales que no son compatibles con los originales acarrear provocan la presencia de síntomas de patologías, por citar un ejemplo, en la introducción de infraestructura eléctrica en los exteriores se colocó tubería conduit en las balaustradas de cantera, en unos años la cantera presentó un deterioro mayor al tenido en años anteriores al colocar la instalación eléctrica, eso llevó a la conclusión que lo que el tipo de instalación así como los procedimientos no fueron los adecuados y solo aceleraron el deterioro de esos elementos, como conclusión esto se tradujo en mayores gastos de mantenimiento y obviamente gastos de reinstalación. (Prado, 2006)⁶⁷
- Falta de mantenimientos periódicos de conservación: ***Al construir un edificio sabemos que seremos responsables de su mantenimiento, la tarea arquitectónica no ha terminado. Cada edificación se comporta dependiendo las características de su suelo, sus materiales, sus propiedades constructivas y estructurales, todas ellas deben de ser atendidas y monitoreadas con el paso del tiempo, el descuido de éstas conducirá***

⁶⁵ Plantel de Especialistas. *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Structure. Barcelona, España. 2006

⁶⁶ Geoff Hunt. *Learning from the past*. Building Surveying Journal. UK. 2015 (pp.6-7)

⁶⁷ Prado (2006), explica que en ocasiones hay una falta de conocimiento de los materiales y a causa de eso se integran materiales inadecuados que aceleran el deterioro del material original.

al edificio en un estado de deterioro mayor y el no atenderlo a tiempo puede causar consecuencias graves o por lo menos lograr enfermarlo y necesitar una rehabilitación mayor, más complicada y por lo tanto más costosa.

Al analizar de manera general los componentes de una edificación y por lo tanto las áreas donde se puede presentar un síntoma o trastorno, la literatura clasifica las patologías de la siguiente forma:

- *Patologías causadas por el terreno sobre el cual se asienta un edificio.*
- *Patologías que afectan a un sistema estructural.*
- *Patologías que afectan a un elemento arquitectónico.*
- *Patologías que afectan a un sistema constructivo.*
- *Patologías que afectan a un material.*
- *Patologías causadas por el proceso de extracción e industrialización de un material.*
- Patologías relacionadas a la calidad de mano de obra.
- Patologías causadas por mala planeación de diseño de proyecto. Aquellas que se van reflejando de manera más clara en todas las etapas de proyección. Diseño-Proyecto-Proyecto Ejecutivo-Ejecución de obra.
- Patologías conocidas como "*síndrome del edificio inteligente*". Estas se relacionan con la presencia en el interior de sustancias químicas o agentes patógenos que afectan la salud de sus habitantes. ⁶⁸

De acuerdo al Dr. Enrique Zanni dentro de esta clasificación hay que tener en cuenta que hay agentes agresores que pueden ser los causantes de esta situación. Estos agresores se dividen en dos grupos:

- Agentes internos o endógenos: tendencia de cualquier material a auto degradarse. Se analiza la naturaleza del material y los diversos cambios o evoluciones ante el transcurso del tiempo, el ambiente o la combinación con otro material para la creación de uno nuevo y las características físicas, químicas y mecánicas que presenten.
- Agentes externos o exógenos: lluvia, fuego, sismos, terremotos, viento, saltos térmicos e incluso la mano del hombre. Este tipo de agresor se consideraría

⁶⁸ *Op. cit.*¹⁹

el principal responsable en el comportamiento del material en el sistema, ya que si nos encontramos ante un ambiente húmedo cuya región es sísmica entonces ya tenemos dos agentes que marcarán las transformaciones del material en el sistema constructivo al que pertenezca.⁶⁹

Al detectar el tipo de agentes agresivos, se encuentra como constante de medio agresivo al ambiente y el contexto, esto toma parte importante en la evolución de una o varias patologías. Así como un ser humano al encontrarse en condiciones de frío extremo en donde su sistema respiratorio es débil, éste presentará enfermedades respiratorias y debilitará a su cuerpo en sus sistemas.

De la misma manera anteriormente descrita se debe abordar un problema patológico, siguiendo esta analogía es que se identifica el medio en el que se encuentra el organismo arquitectónico para saber de qué manera se vio afectado en sus sistemas y cómo éste se desempeña en el contexto en donde está desplantado.

⁶⁹ *Ídem.*

Capítulo 4.

Una Nueva Herramienta de Análisis.

Tomando en cuenta la literatura encontrada y las investigaciones desarrolladas surge la inquietud de la existencia de un acervo que englobe todo este conocimiento. Es sabido que el estudio de comportamientos, causas y efectos existen; sin embargo aún no se ha conformado y clasificado toda la información y resultados existentes que puedan ser de utilidad a la hora de caracterizar las lesiones y anomalías que presente un caso de estudio para finalmente identificar patrones, encontrar las causas y prevenir los efectos.

Es por estas razones que se propone construir una matriz metodológica, la cual de manera ordenada marque la ruta de investigación por fases y cada una de éstas se dividida por ramas y pueda hacer más fácil la utilización de la información. Con base en lo anterior se irá construyendo la matriz metodológica de patologías constructivas y se conformará la información existente, ya que a partir de esto se puede ajustar la ruta de inspección patológica (general) a la hora de analizar el estado de una edificación para prevenir y solucionar las patologías de los materiales y sistemas que lo conforman en un determinado contexto.

Metodología y Métodos.

- *Metodología: Ciencia que trata del método. Estudio de los métodos de enseñanza.*
- *Método: del griego *methodos*, de *meta* y *odos*, vía. Modo razonado de obrar.*

De acuerdo al significado de estas palabras, la metodología es aquello que conjunta técnicas y procedimientos cuyo propósito es la implementación de procesos, experiencias, clasificación y validación de datos, a partir de los cuales pueda construirse el conocimiento científico.⁷⁰ El método es la materia de estudio de la metodología y se encarga de analizar no solo su pertinencia, si no la calidad de sus atributos en afán de producir el conocimiento científico.

⁷⁰ La metodología (término compuesto de los vocablos griegos *methodos*, procedimientos, y *logos*, tratado) se transforma en una disciplina que estudia, analiza, promueve y depura el método, mismo que se va multiplicando y particularizando de conformidad con las ramas de las disciplinas científicas existentes. (Gutiérrez, 2009: p. 160).

Los métodos son la serie de pasos en el cual definen axiomas, leyes, modelos y reglas de cálculo; la metodología se encarga de analizar qué tan confiables resultan ser los anteriores como herramientas aplicadas a la interpretación y comprensión de un objeto de estudio.

La Patología es la línea de estudio que nos compete, en años recientes se han desarrollado métodos, modelos, guías de identificación y análisis, sin embargo la metodología conformará toda esta información creada y orientará en qué momento hacer uso de las herramientas propuestas para explicar y argumentar el origen, causas y efectos patológicos. A través de la construcción de una matriz metodológica de la línea de investigación de patología, se pretende conformar de manera coherente la investigación referente al tema, en la que los expertos puedan tener a la mano la información, clasificación, datos, etc. provenientes de casos de estudio reales.

En nuestro país carecemos de un soporte conceptual en la línea de investigación de las patologías constructivas, analizando los métodos de producción, mantenimiento, rehabilitación y restauración que se utilizan, se decide dar un paso atrás para analizar su efectividad y aplicabilidad. Nos encontramos que éstos se enfocan al diseño, estética, estructura y función sin tener en cuenta las características del sitio, las propiedades de los materiales, los sistemas constructivos, así como las vulnerabilidades que se lleguen a presentar y que puedan mermar el tiempo de vida de la edificación alterando la función de la misma y el desempeño de aquellos que lo habitan.

Haciendo evidente lo anterior encontramos un área de oportunidad en cuanto a investigación patológica se refiere, previo a una investigación es preciso tener datos clasificados del sitio, el contexto construido, las propiedades de los materiales utilizados, peculiaridades de los materiales alternativos y patrones de comportamiento constructivo para poder producir mejores edificaciones y



Figura 34. Gráfico de área de oportunidad de la patología.

Figura 35. Gráfico de área de oportunidad de la patología.

así, no solo prevenir siniestros, si no desarrollar nuevas propuestas constructivas y de diseño sustentables, transformando los procesos de producción arquitectónica impulsando el uso de nuevos materiales, técnicas y tecnologías. *Figura 24*

La creación de una matriz metodológica servirá como repertorio prescriptivo de las diferentes etapas y pasos formales que el investigador del área técnico-constructivo debe cumplir para procesar los datos, hallazgos y la información referente al estudio patológico en nuestro país. Se propondrá a manera de ciclo (como la mayoría de las cosas en nuestra naturaleza) en la que partiremos de un problema real hacia las bases teóricas y de las propuestas teóricas a la ejecución real, todos ellos sometidos a pruebas de comportamiento de acuerdo al contexto en el que nos encontremos.

Prototipo de Matriz Metodológica.

Para analizar el patrón de comportamiento de una población se debe definir el tipo de organismo, ahora bien, al tratarse de un campo de conocimiento como lo es el de la construcción se debe esclarecer cómo un objeto construido puede llegar a ser un organismo.

Así como nuestro cuerpo sufre por los embates ambientales y éste lo refleja de manera interna o superficial, el patrimonio construido puede tener comportamientos similares ante un ambiente determinado, ahora bien, se le interpreta como organismo, debido a que su construcción tiene como objetivo el resguardo y el desempeño de actividades, lo cual lo convierte en un organismo (de mayor escala) habitable de nuestro entorno social. Es por eso que éste organismo artificial puede verse afectado por lo que le rodea, reflejando sus afectaciones en sus sistemas y componentes.

La ciencia médica recomienda hacer un cuadro clínico a un organismo vivo, sin embargo para efectos de esta investigación se propone como primer acercamiento hacer un resumen de manera gráfica de los planteamientos de análisis enfocándolos de manera general a las patologías constructivas que lleguen a surgir en un organismo construido con el paso del tiempo. *Figura 25.*

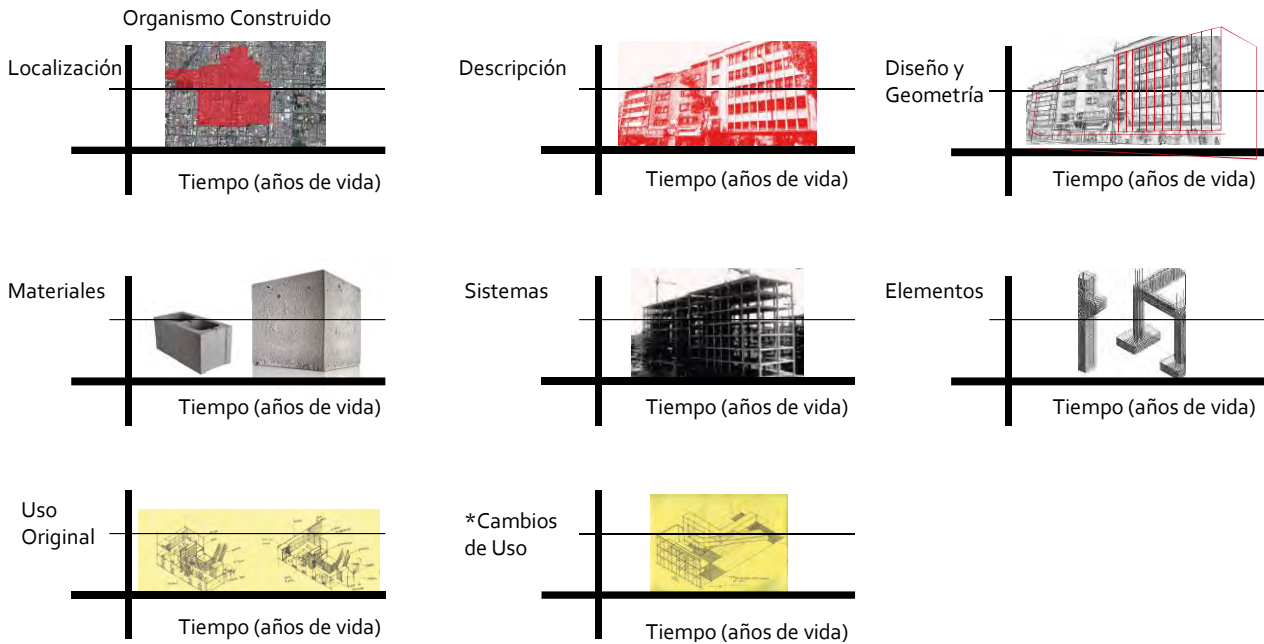


Figura 36. Modelos de análisis

Figura 37. Modelos de análisis

Estudiando la información existente acerca de inspección patológica en edificaciones, causas, efectos y solución de las mismas en materiales y sistemas, se irá construyendo el mapa de conocimiento de las patologías constructivas y se hará un esquema de las fases y etapas necesarias para la conformación de la información e investigación patológica en la producción y mantenimiento de un organismo arquitectónico.

La estrategia es construir una matriz cíclica y general que estudie la problemática constructiva, desde la concepción de un proyecto en un determinado sitio, la idea proyectual de intervención y/o restauración hasta el mantenimiento de la reparación realizada; y en caso de presentarse fallas o lesiones, volver a comenzar con la descripción de la misma alcanzando su solución y monitoreando su comportamiento para finalmente registrar las acciones tomadas para ir complementando este acervo referente a las causas, efectos, respuestas, prevenciones y soluciones de patologías constructivas, para futuros problemas que lleguen a presentar otras construcciones con características similares a las ya reportadas. *Figura 26.*

Cada una de las etapas esquematizadas en la tabla anterior estará compuestas por subdivisiones en las cuales se irá clasificando la información existente y recabada en investigaciones referentes a patología de la construcción, herramientas, técnicas y modelos de prevención y corrección con miras a la durabilidad.

Figura 38. Diagrama sistémico de conocimiento patológico. Diseño Arq. Susana Estrada

Figura 39. Diagrama sistémico de conocimiento patológico. Diseño Arq. Susana Estrada

Alcances de la matriz metodológica.

Planteando la matriz y las secciones que lo integran, se subdividirán cada una de ellas para poder tener una clasificación de la información más detallada, en donde cada estudio de entorno, materiales, etc., pueda clasificarse y construir de manera ordenada y específica el conocimiento generado y por generar en el campo de las patologías constructivas, recordemos que existen una infinidad de factores endógenos y exógenos que merecen la pena de catalogar para una mejor comprensión por parte de los profesionales de la construcción.

La propuesta metodológica es conformar de manera general las etapas y subdivisiones generales de estudio que se precisan registrar al momento de analizar un objeto construido. Estará integrada por doce niveles de conocimiento constituidos por criterios especiales que definan la tarea de cada una. Se propondrán las subdivisiones de la siguiente manera. *Tabla 2*

<i>Descripción {Tiempo, Contexto, Uso, Diseño, Geometría, Técnicas y Elementos}</i>
<i>Información {Observación, Acervo y Procesos}</i>
<i>Pre diagnóstico {Causas, Efectos y Posibles Soluciones}</i>
<i>Inspección Detallada {Planeación, Estudios y Análisis, Muestreos, Aplicación de Procedimientos, Síntesis, Resultados y Conclusiones}</i>
<i>Valoración {Localización, Caracterización, Resistencia, Criterios y Comportamientos}</i>
<i>Interpretación {Primaria, Secundaria, Patrones Internos, Patrones Externo y Contraste de datos}</i>
<i>Diagnóstico {Resumen, Descripción General, Recomendaciones y Medios de Actuación}</i>
<i>Solución {Parámetros, Documentación, Normatividad, Tratamientos}</i>
<i>Intervención {Diseño, Proyecto, Liberaciones, Reestructuraciones, Consolidaciones}</i>
<i>Reintegración {Reconfiguración, Introducción, Integración}</i>
<i>Monitoreo {Supervisión a corto plazo, Reportes de anomalías y Supervisión a largo plazo}</i>
<i>Mantenimiento {Correctivo, Preventivo y Predictivo}</i>

Tabla 3. Metodológica de 12 etapas. Diseño Arq. Susana Estrada

A su vez cada una de esta se subdividirá conformando la metodología propuesta al inicio, de esta manera es como se construye la matriz. Es importante que en cada nicho de información destaquemos si la lesión es por causas físicas, químicas o mecánicas, ya que al momento de caracterizar una causa, se sepa cuál fue la variable principal, generando conexiones y descubriendo patrones.

Teniendo establecida la ruta y clasificando las etapas principales y de los conceptos que los componen haremos un acercamiento de lo que puede competir a cada nicho creando la línea de información para futuros registros, estudios e investigaciones. Con esto se quiere decir que marcando estos parámetros, la matriz seguirá incrementando su nivel de información hasta transformarse en una base de datos creciente. *Tabla 3.*

CRITERIOS GENERALES								
CRITERIOS	SIGNIFICADO	COMPONENTES	CALIFICADORES					
DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE AFECTADO	ESTUDIO INICIAL	CRITERIOS BÁSICOS	TIEMPO de vida	ÉPOCA (REGISTRO HISTÓRICO), ETAPAS. E INTERVENCIONES Y/O REPARACIONES. FECHADOS	SONDEO DE INFORMACIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, MANUAL DURAR CYTED, IMCYC, TORROJA ESP, ZANNI ARG, MONJO ESP, ISCARSAH, AIPA, JCSS		
			CONTEXTO AMBIENTAL	LESIONES REGISTRADAS Y REPARADAS, RE-INCIDENCIA DE LESIONES Y DETERIOROS.	SONDEO EN INFORMACIÓN DE REPARACIONES Y NUEVAS AFECTACIONES.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, MANUAL DURAR CYTED, IMCYC, TORROJA ESP, ZANNI ARG, MONJO ESP, ISCARSAH, AIPA, JCSS		
				LESIONES REGISTRADAS VS REPARADAS.	CONTRASTE DE INFORMACIÓN DE REPARACIONES Y NUEVAS AFECTACIONES.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, MANUAL DURAR CYTED, IMCYC, TORROJA ESP, ZANNI ARG, MONJO ESP, ISCARSAH, AIPA, JCSS		
		CONTEXTO ARTIFICIAL	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NATURALES.	CONTAMINACIÓN, SUELO, SISMOS, ASOLEAMIENTO, LLUVIA, FLORA Y FAUNA NOCIVA	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, MANUAL DURAR CYTED, IMCYC, TORROJA ESP, ZANNI ARG, MONJO ESP, ISCARSAH, AIPA, JCSS			
		USO	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ARTIFICIALES.	DISEÑO, USO, INFRAESTRUCTURA, PERFIL URBANO Y TRANSFORMACIONES.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, MANUAL DURAR CYTED, IMCYC, TORROJA ESP, ZANNI ARG, MONJO ESP, ISCARSAH, AIPA, JCSS			
		DISEÑO	DESCRIPCIÓN DEL USO PARA EL QUE ESTABA DESTINADO EL INMUEBLE Y LOS DIVERSOS CAMBIOS HECHOS A TRAVÉS DEL TIEMPO.	ANÁLISIS DEL USO CON RESPECTO A LA FUNCIÓN Y DE LOS CAMBIOS POSTERIORES Y SUS TRANSFORMACIONES PARA UN CUMPLIMIENTO DE PROGRAMA, MEDIDAS MÍNIMAS ISO, JCS, UNESCO, ICOMOS, CIB, ACI. IMCYC, ISO Y REGLAMENTOS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP., ZANNI ARG, LÓPEZ COLLADO ESP, MONJO ESP, MANUAL DURAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS			
		GEOMETRÍA	DESCRIPCIÓN FÍSICA.	FECHA-GEOMETRÍA-FUNCIÓN-SISTEMA CONSTRUCTIVO, TÉCNICAS Y MATERIALES.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP., ZANNI ARG, LÓPEZ COLLADO ESP, MONJO ESP, MANUAL DURAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS			
	OBSERVACIÓN SUPERFICIAL	RECONOCIMIENTO O ANAMNESIS	OBSERVACIÓN DETALLADA (ARCHIVO Y ACERVO)	ANOMALÍAS O LESIONES ENCONTRADAS	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA.	OBSERVACIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP., ZANNI ARG, LÓPEZ COLLADO ESP, MONJO ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS	
				UBICACIÓN	UBICACIÓN DE LAS LESIONES EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL.	RECONOCIMIENTO.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP., ZANNI ARG, LÓPEZ COLLADO ESP, MONJO ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS	
				MAGNITUD	INTENSIDAD DE LA AFECTACIÓN.	ALTA, MEDIA, BAJA.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO	
		PROCESO DE ANÁLISIS	ANAMNESIS	HERRAMIENTAS	DATOS CUALITATIVOS	ENTREVISTAS	DESCRIPCIÓN DE FUNCIÓN Y FORMA, AFECTACIONES FÍSICAS, ENTREVISTAS (USUARIOS).	MONJO ESP, LÓPEZ COLLADO ESP, ZANNI ARG, FLORENTÍN SALDAÑA Y GRANADA ROJAS PRY, HELENE BRA.
					ARCHIVOS Y ACERVO	RECOPIACIÓN DE DATOS ANALÓGOS O SIMILARES AL PROBLEMA.	FALLAS, LESIONES Y ANOMALÍAS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP., ZANNI ARG, LÓPEZ COLLADO ESP, MONJO ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS
					INCIDENCIA	BASE DE DATOS.	LITERATURA ENCONTRADA Y ASOCIADA AL PROBLEMA.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, ZANNI ARG, MONJO ESP, HELENE BRA, MANUA DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH
		HERRAMIENTAS	ANAMNESIS	HERRAMIENTAS	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	CAUSAS DE LA ANOMALÍA	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, ZANNI ARG, MONJO ESP, HELENE BRA, MANUA DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH
MECANISMOS	MANIFESTACIONES TÍPICAS.				COMPARACIÓN DE PROBLEMÁTICAS ANALÓGAS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, ZANNI ARG, MONJO ESP, HELENE BRA, MANUA DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH		
HERRAMIENTAS	TIPOS DE DETERIORO.				PROPIEDADES, TIPOS DE ADECUACIÓN, INFLUENCIA DEL AMBIENTE (NATURA Y ARTIFICIAL), COMPORTAMIENTO DINÁMICO ENERGÉTICO (PLACAS TECTÓNICOS TIPOS DE SUELO, HUNDIMIENTOS PROVOCADOS).	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, ZANNI ARG, MONJO ESP, HELENE BRA, MANUA DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH		
HERRAMIENTAS	ANAMNESIS	HERRAMIENTAS	CAUSAS Y EFECTOS CONTEMPLADOS.	CAUSA-PROBLEMA, EVOLUCIÓN DEL PROBLEMA, POSIBLES EFECTOS, POSIBLES REPARACIONES DOCUMENTADAS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, ZANNI ARG, MONJO ESP, HELENE BRA, MANUA DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH			
			ALTERNATIVAS DE ENSAYOS	LESIONES OBSERVADAS.	INSPECCIÓN VISUAL.	EDUARDO TORROJA, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, JOHN HICKS, PAULO HELENE, GEOFF COOK, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN TOMOS 1,2, Y 3 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.		
			PRUEBAS DE LABORATORIO EXISTENTES	ÁREAS VULNERABLES.	PRELIMINARES DE INSPECCIÓN VISUAL.	EDUARDO TORROJA, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, JOHN HICKS, PAULO HELENE, GEOFF COOK, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN TOMOS 1,2, Y 3 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.		
HERRAMIENTAS	ANAMNESIS	HERRAMIENTAS	ÁREAS SIN AFECTACIONES.	ÁREAS SIN AFECTACIONES.	DISCRIMINACIÓN DE ZONAS (SANAS-ENFERMAS).	EDUARDO TORROJA, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, JOHN HICKS, PAULO HELENE, GEOFF COOK, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN TOMOS 1,2, Y 3 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.		
			MODELOS DE TIEMPO DE VIDA	DURABILIDAD CON RESPECTO A LA AFECTACIÓN (HIPÓTESIS).	MODELOS EXISTENTES Y EN DESARROLLO EN RELACIÓN A LA DURABILIDAD DE UNA EDIFICACIÓN QUE PUEDAN SER APLICABLES.	MODELOS EXISTENTES Y EN DESARROLLO EN RELACIÓN A LA DURABILIDAD DE UNA EDIFICACIÓN QUE PUEDAN SER APLICABLES.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO	
CONFORMACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN UNA BASE DE DATOS								

CRITERIOS GENERALES				
	CRITERIOS	SIGNIFICADO	COMPONENTES	CALIFICADORES
PRE DIAGNÓSTICO	POSIBLES CAUSAS	DETERIOROS Y LESIONES.	SOLUCIÓN PROVISIONAL QUE DISMINUYA LA AFECTACIÓN.	GIOVANNONI, JOHNSON, ELDRIGE, ADLESSON, TORROJA, LÓPEZ COLLADO, PRADO NÚÑEZ, SANTOYO, ZANNI.
	POSIBLES EFECTOS	FUTURAS AFECTACIONES.	PRE-DICTAMEN DE UN ESTADO FUTURO EN CASO DE NO HABER REPARACIONES.	GIOVANNONI, JOHNSON, ELDRIGE, ADLESSON, TORROJA, LÓPEZ COLLADO, PRADO NÚÑEZ, SANTOYO, ZANNI.
	ALTERNATIVAS	PARÁMETROS DE INSPECCIÓN Y SOLUCIÓN .	OPCIONES PALIATIVAS ALTERNAS AL PROCESO DE INSPECCIÓN DETALLADA.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO
INSPECCIÓN DETALLADA	PLANEACIÓN	PLANIFICACIÓN DE PLANES DE INSPECCIÓN APROPIADOS.	PROCESOS DE INSPECCIÓN ADECUADA AL INMUEBLE EN CUESTIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO
	TÉCNICAS	MUESTREOS, ESTUDIOS, ANÁLISIS Y HERRAMIENTAS EXISTENTES.	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS APROPIADOS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO
	ZONIFICACIÓN	UBICACIÓN DE VULNERABILIDADES.	EVALUACIÓN DE ZONAS DE MAYOR A MENOR RIESGO.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ZANNI ARG, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO
	ESTUDIOS Y ANÁLISIS	EVALUACIÓN DE ZONAS Y MUESTRAS DEPENDIENDO LAS TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PROPUESTAS	TOMA DE MUESTRAS, EVALUACIONES IN SITU, COMPARACIÓN CON CASOS O ESTUDIOS ANÁLOGOS A LOS SISTEMAS APLICADOS A LA EDIFICACIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ZANNI ARG, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO
	SÍNTESIS	RESUMEN DE ESTUDIOS Y RESULTADOS.	ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE LAS ZONAS QUE REPRESENTEN UN RIESGO Y DETERIORO PARA SUSTENTAR UN DIAGNÓSTICO	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, TORROJA ESP, MONJO ESP, ZANNI ARG, ENCICLOPEDIA BROTO, MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN ESP, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, ISCARSAH, AIPA, JCSS, ISO
	RESULTADOS	DATOS OBTENIDOS DE LOS ESTUDIOS.	INTERPRETACIÓN DE LOS ESTUDIOS.	FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, PAULO HELENE, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS
CONCLUSIONES	CONCLUSIONES DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.	CONCLUSIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS	FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, PAULO HELENE, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS	
CONTRASTE CONCLUSIONES DEL PRE DIAGNÓSTICO Y LA INSPECCIÓN DETALLADA				
VALORACIÓN	LOCALIZACIÓN	UBICACIÓN DE DAÑOS.	OBSERVACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE DAÑOS (DEL MAYOR AL MENOR).	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, PAULO HELENE, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS
	TIPO DE DAÑO	ESPECIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LESIONES.	CRITERIOS, CARACTERIZACIÓN Y CALIFICACIÓN DE DAÑOS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, PAULO HELENE, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS
	NIVEL DE RESISTENCIA	DEGRADACIÓN Y AFECTACIÓN SOBRE EL INMUEBLE.	CALIFICACIÓN DE NIVELES DE RIESGO Y DETERIORO (DEL MAYOR AL MENOR).	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, PAULO HELENE, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS
	CRITERIOS	NIVEL DE GRAVEDAD DE LAS PATOLOGÍAS ENCONTRADAS.	EXPOSICIÓN DE LAS PATOLOGÍAS, SUS CAUSAS Y EFECTOS EN CASO DE NO ATENDERSE	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS
INTERPRETACIÓN	COMPORTAMIENTO	DESARROLLO DE LAS AFECTACIONES.	CONDUCTAS DE FUNCIONAMIENTO ENDÓGENO Y EXÓGENO	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS
	VULNERABILIDAD PATOLÓGICA	UBICACIÓN POR NIVEL DE GRAVEDAD.	PLANOS GENERALES CON LOCALIZACIÓN DE DAÑOS, CATÁLOGO DE LESIONES Y NIVELES.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO
	ANÁLISIS PATOLÓGICOS PRIMARIOS	ANÁLISIS ENFOCADOS AL PRINCIPAL PROBLEMA.	CATÁLOGO DE LESIONES, DAÑOS Y AFECTACIONES QUE PONEN EN RIESGO EL INMUEBLE.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO
	ANÁLISIS PATOLÓGICOS SECUNDARIOS	ANÁLISIS CUYOS RESULTADOS PUEDEN SER DEBIDO A OTRO PROBLEMA DIFERENTE AL PRINCIPAL.	CATÁLOGO DE LESIONES Y AFECTACIONES QUE ALTERAN LA IMAGEN Y LA FUNCIÓN DEL INMUEBLE.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO
	COMPORTAMIENTO DE LA ANOMALÍA	PATOLOGÍAS PRINCIPALES Y MÁS RECURRENTES.	LISTADO DE ANOMALÍAS, LESIONES, DAÑOS Y AFECTACIONES MÁS RECURRENTES.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO
	PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN EL INMUEBLE	CARACTERIZACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS, UBICACIÓN Y REACCIONES DEL INMUEBLE EN RELACIÓN A SU FUNCIONAMIENTO.	CATÁLOGO DE PATOLOGÍAS, LOCALIZACIÓN, NIVELES Y DESCRIPCIÓN DE LA AFECTACIÓN, CON O SIN TRATAMIENTO.	EDUARDO TORROJA, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, JOHN HICKS, BONAZZA, PAULO HELENE, GEOFF COOK, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN TOMOS 1, 2, Y 3 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS.
PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN CONTEXTO INMEDIATO CONSTRUÍDO	PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN EL CONTEXTO, AFECTACIONES EXÓGENAS.	DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE AFECTACIONES, LESIONES Y DAÑOS EN COLINDANCIAS Y EDIFICACIONES ALEDAÑAS.	EDUARDO TORROJA, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, JOHN HICKS, BONAZZA, PAULO HELENE, GEOFF COOK, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, . MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN TOMOS 1, 2, Y 3 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS.	

CRITERIOS GENERALES				
CRITERIOS	SIGNIFICADO	COMPONENTES	CALIFICADORES	
DIAGNÓSTICO	RESUMEN GENERAL DE LA INFORMACIÓN	SÍNTESIS DE LOS ESTUDIOS, NIVELES DE AFECTACIONES Y CONCLUSIONES.	PLANOS, FICHAS, TABLAS DE NIVELES DE AFECTACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR.	EDUARDO TORROJA, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, JOHN HICKS, BONAZZA, PAULO HELENE, GEOFF COOK, JUAN MONJO, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA	DICTAMEN GENERAL DE LAS AFECTACIONES CONFORME A LAS PATOLOGÍAS ENCONTRADAS	RESUMEN DE LO ENCONTRADO EN EL INMUEBLE ESTUDIADO, DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES AFECTACIONES Y DICTAMEN CON SUS NIVELES DE RIESGO.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
	RECOMENDACIONES	CON BASE EN EL DICTAMEN GENERADO SE DARÁN LAS RECOMENDACIONES PERTINENTES Y ACCIONES NECESARIAS.	LISTADO DE ANOMALÍAS, LESIONES, DAÑOS Y AFECTACIONES, RESPUESTAS DE MITIGACIÓN PARA EVITAR QUE AVANCE EL DETERIORO.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
	MEDIOS DE ACTUACIÓN	LISTADO DE ALTERNATIVAS DE RESPUESTA CON BASE EN EL DICTAMEN DE LA PROBLEMÁTICA.	SOLUCIONES ANÁLOGAS Y PROPUESTAS PARTICULARES A APLICAR AL INMUEBLE EN CUESTIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
PAUTAS PARA PROYECTO DE DISEÑO DE REPARACIÓN, REHABILITACIÓN O RESTAURACIÓN				
SOLUCIÓN, Reparación, Restauración, Rehabilitación (términos distintos)	PARÁMETROS	PROPUESTA DE SOLUCIÓN DE LAS ANOMALÍAS ENCONTRADAS QUE GARANTICEN LA DURABILIDAD DEL INMUEBLE	CATÁLOGO DE PATOLOGÍAS ENCONTRADAS DEPENDIENDO SU NIVEL DE AFECTACIÓN CON SU PROPUESTA DE SOLUCIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
	SOLUCIONES DOCUMENTADAS	RESPUESTAS Y SOLUCIONES DOCUMENTADAS ANÁLOGAS, CON AFECTACIONES SIMILARES Y EFECTIVIDAD DE LAS MISMAS.	SOLUCIONES ANÁLOGAS QUE SUSTENTEN LOS PARÁMETROS DE SOLUCIÓN PROPUESTOS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
	NORMATIVIDAD	NORMATIVIDAD QUE SUSTENTE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y QUE GARANTICE EL MAYOR TIEMPO DE VIDA AL INMUEBLE.	LISTADO DE NORMAS INTERNACIONALES Y NACIONALES ENCONTRADAS QUE SUSTENTEN DE MANERA TÉCNICA Y CIENTÍFICA LAS SOLUCIONES PROPUESTAS.	MANUAL DE PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN TOMOS 1,2, Y 3 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
	TRATAMIENTO	DICTAMEN DE SOLUCIÓN Y RESPUESTA A LAS PATOLOGÍAS ENCONTRADAS, CON BASE EN LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN, NORMAS Y FICHAS TÉCNICAS.	DOSSIER DE DAÑOS CON LOCALIZACIÓN, NIVELES DE DAÑOS Y RESPUESTAS DE SOLUCIÓN TÉCNICA Y CONSTRUCTIVA SUSTENTADO EN LAS NORMAS, ESTUDIOS Y CASOS ANÁLOGOS DE REPARACIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN
	DISEÑO	PROPUESTA DE DISEÑO CON BASE EN LAS SOLUCIONES PATOLÓGICAS PROPUESTAS.	PROCESO DE DISEÑO, DIBUJOS, PLANOS, ETC.	UNESCO, ICOMOS, ISO, JCSS, ISCARSAH, INBA, INAH
	PLANEACIÓN	PLANEACIÓN DEL PROCESO DE EJECUCIÓN DE PROYECTO.	PROCESOS DE EJECUCIÓN, GESTIÓN DE TRABAJOS Y ÁREAS A INTERVENIR.	UNESCO, ICOMOS, ISO, JCSS, ISCARSAH, INBA, INAH
INTERVENCIÓN	LIBERACIÓN	LIBERACIÓN DE ELEMENTOS QUE ALTEREN EL BIENESTAR DEL INMUEBLE.	TRABAJOS DE ELIMINACIÓN DE ELEMENTOS DAÑINOS Y PERJUDICIALES QUE CONTRIBUYAN AL DETERIORO DEL INMUEBLE	UNESCO, ICOMOS, ISO, JCSS, ISCARSAH, INBA, INAH
	CONSOLIDACIÓN	PROPUESTA TÉCNICA EN LA QUE SE LE DA SOLIDEZ A LA EDIFICACIÓN Y PERMITE INTERVENIRSE.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS DE FORTALECIMIENTO Y AFIANZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN QUE PERMITA EL DESARROLLO DE TRABAJOS DE INTERVENCIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN, UNESCO, ICOMOS, ISCARSAH
REINTEGRACIÓN	REESTRUCTURACIÓN	REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL QUE PROLONGUE EL TIEMPO DE VIDA DE LA EDIFICACIÓN.	EN CASO DE REQUERIR UN REFORZAMIENTO O REESTRUCTURACIÓN DEL INMUEBLE, INCLUIR: CÁLCULOS, PLANOS, ÁREAS A REFORZAR, FICHAS TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL, ETC.	UNESCO, ICOMOS, ISO, JCSS, ISCARSAH, CYTED (DURAR, REHABILITAR), IMCYC, ACI, INBA, INAH
	USO *ACOPLAMIENTO	INTRODUCCIÓN DE NUEVA INFRAESTRUCTURA.	PLANOS GENERALES DEL NUEVO DISEÑO, DESCRIPCIÓN DE USO, INFRAESTRUCTURA, ETC. MEMORIA DESCRIPTIVA DE INTERVENCIÓN.	UNESCO, ICOMOS, ISO, JCSS, ISCARSAH, CYTED (DURAR, REHABILITAR), IMCYC, ACI, INBA, INAH
	CORRESPONDENCIA *CONTEXTO	INTEGRACIÓN A ESCALA URBANA.	PERFILES URBANOS, DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA Y FUNCIONAL A NIVEL URBANO.	UNESCO, ICOMOS, ISO, JCSS, ISCARSAH, CYTED (DURAR, REHABILITAR), IMCYC, ACI, INBA, INAH
REGISTRO DE COMPORTAMIENTOS IRREGULARES. INTRUSIÓN DE AGENTES AGRESIVOS POR MEDIOS ENDÓGENOS O EXÓGENOS.				
MONITOREO	SUPERVISIÓN A CORTO PLAZO	REPORTE A CORTO PLAZO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ACCIONES DE SOLUCIÓN.	COMPORTAMIENTOS DE SERVICIO INICIAL, POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN Y REPARACIÓN DEL INMUEBLE, ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO A UN AÑO Y A CINCO AÑOS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN, UNESCO, ICOMOS, ISCARSAH
	SINIESTROS	REPORTE DE SINIESTROS EN LOS PRIMEROS CINCO AÑOS.	DESCRIPCIÓN DEL ORIGEN Y CAUSAS DE DAÑOS O NUEVAS LESIONES. EN CASO DE PRESENTARSE, REPORTE DE SINIESTROS CAUSADOS POR EL HOMBRE O LA NATURALEZA.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN, UNESCO, ICOMOS, ISCARSAH
MANTENIMIENTO	SUPERVISIÓN A LARGO PLAZO	REPORTE A LARGO PLAZO DEL COMPORTAMIENTO Y FUNCIONALIDAD DEL INMUEBLE POSTERIOR A CINCO AÑOS.	COMPORTAMIENTO DE SERVICIO Y FUNCIONALIDAD POSTERIOR A CINCO AÑOS DE SERVICIO, REPORTE DE ADECUACIONES Y FALLAS EN EL INMUEBLE, EN CASO DE PRESENTAR NUEVAS LESIONES Y ANOMALÍAS.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN, UNESCO, ICOMOS, ISCARSAH
	PREVENTIVO	CON BASE EN EL REPORTE DE COMPORTAMIENTOS A CORTO PLAZO, PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y REGUARDO DEL INMUEBLE.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES NECESARIAS PARA EL RESGUARDO Y PROLONGAMIENTO DEL TIEMPO DE VIDA DEL INMUEBLE.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN, UNESCO, ICOMOS, ISCARSAH
	CORRECTIVO	ACCIONES CORRECTIVAS, CON BASE EN LOS REPORTES A CORTO Y LARGO PLAZO SEGÚN SEA EL CASO.	DESCRIPCIÓN TÉCNICO Y CONSTRUCTIVO DE LOS TRABAJOS A EJECUTAR PARA CORREGIR ANOMALÍAS ENCONTRADAS POSTERIOR A LA INTERVENCIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN, UNESCO, ICOMOS, ISCARSAH
	PREDICTIVO	ACCIONES DE PREVENCIÓN DE DAÑOS Y ANOMALÍAS CON BASE EN LOS REPORTES A CORTO Y LARGO PLAZO SEGÚN SEA EL CASO.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS ACCIONES A TOMAR PARA PREVENIR DAÑOS POSTERIORES Y CONTROLAR POSIBLES ANOMALÍAS POSTERIORES A LA INTERVENCIÓN.	C.I.B. VASCO PEIXOTTO, FERNÁNDEZ CÁNOVAS, ZANNI, FLORENTÍN SALDAÑA, GRANADA ROJAS, LÓPEZ COLLADO, TUUTTI, HELENE, MONJO, GÁLVEZ RUIZ, BONAZZA, CASTRO BORGES, MANUAL DURAR Y REHABILITAR CYTED, IMCYC, JCSS, ISO, DIN, UNESCO, ICOMOS, ISCARSAH

Arq. Susana Estrada Espinosa

Tabla 5. Criterios desarrollados de la metodología. Diseño y estructura Arq. Susana Estrada.

Tabla 6. Criterios desarrollados de la metodología. Diseño y estructura Arq. Susana Estrada.

Esta directriz marcará los lineamientos necesarios a la hora de estudiar cualquier inmueble, ya que clasificando la información por ambiente, materiales, uso, sistemas, sabremos cuál será el medio de actuación e incluso los posibles problemas a encontrar, y en el mejor de los casos prevenirlos.

En un modelo general de registro de información (basado en los modelos propuestos) debemos registrar los datos base, así como sus mantenimientos, reconfiguraciones, vulnerabilidades, colapsos parciales y totales. *Tabla 4.*

Análisis de un Organismo Construido

Componentes	Info. Original	Mantenimientos o Cambios	Reconfiguraciones		Vulnerabilidades	Colapsos	Colapso Total
			Agregados	Eliminaciones			
Localización (ambiente)	Todo lo referente al proyecto desde su diseño hasta su ejecución.						
Descripción							
Diseño y Geometría							
Materiales							
Sistemas							
Elementos							
Uso Original							
Usos Posteriores							

Nivel de afectación
 1
2
3
4
5

Tabla 7. Registro de datos descriptivos a través del tiempo y calificación de cada uno de ellos. Diseño de tabla de información Arq. Susana Estrada

En cada una de las secciones del registro de eventos relacionados a una construcción se asentará todo lo que le ha beneficiado o resultado nocivo en su desempeño con respecto al tiempo de vida que tiene construido o que tenga proyectado.

Para hacer más comprensible este modelo se explicará que es lo que se tiene que registrar en cada una de las características base para el estudio y análisis de una edificación:

1. Localización: Características ambientales. ¿Dónde está?
2. Descripción: Tipo de proyecto. ¿Qué es?
3. Diseño y Geometría: Diseño y Forma. ¿Cómo es?

4. Materiales: Tipología y características de los materiales. ¿De qué está hecho?
5. Sistemas: Sistemas constructivos, combinación de materiales para formar una estructura. ¿Cómo está conformado?
6. Elementos: Elementos estructurales y no estructurales. ¿Qué lo conforma?
7. Uso Original: Función y Uso. ¿Para qué es?
8. Usos Posteriores: Cambios de uso (en caso de que hayan). ¿Por qué se modificó?

En una escala del 1 al 5 donde 1 significa que no afecta y 5 afecta demasiado se calificará cada una de éstas, por ejemplo:

La primera característica que es la ambiental (localización) se registrará si ha beneficiado a la edificación, si las reconfiguraciones con respecto a lo ambiental ha mermado, si las vulnerabilidades están directamente relacionadas al ambiente y si los colapsos tienen que ver con las cuestiones de contexto.⁷¹

A cada una de ellas se le dará una calificación y los resultados serán los primeros datos cualitativos obtenidos de un organismo construido.

Por medio de este modelo se construirá una línea de tiempo que represente el record de mantenimientos, reconfiguraciones, vulnerabilidades y colapsos para comprender el estado actual del mismo y hacer un cálculo de tiempo de vida. En el caso de edificación nueva, se puede hacer una simulación temporal con las características del contexto construido que rodea al próximo inmueble por concebir.

Pautas para una inspección y análisis.

Al conformar la matriz metodológica de un estudio de patologías constructivas, se tienen una clara orientación de cómo debe de ser una inspección patológica en cualquier edificación. Aunque los expertos de la construcción se han enfrentado a la tarea de la reparación y mantenimiento del patrimonio construido, se sabe que la gran parte de esta tarea se basa en el conocimiento empírico, el cual no suele ser cien por ciento certero, sin embargo, si ocupamos los lineamientos de la metodología como una herramienta tendremos el método de inspección de un inmueble o proyecto de construcción.

Desglosando cada sector, se tendrá información más detallada del sitio en relación con la edificación, se identificarán los daños, se clasificarán las patologías y se sabrá el tipo de pruebas a realizar en las zonas críticas de la edificación o los puntos vulnerables, en caso de que se trate de una edificación de

⁷¹ FOPAE. AIS. *Guía de Patologías Constructivas, Estructurales y No Estructurales. Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo.* 3ra Edición. Bogotá, Colombia. 2011. (pp.47-48)

producción nueva. Esto nos proporcionará un pre-diagnóstico el cual nos lleve a planear la auscultación (inspección detallada) de nuestro organismo construido para valorarlo, interpretando los datos obtenidos, y así finalmente diagnosticar si es posible repararlo o su vida de servicio (en caso de ser producción nueva) será prolongada y eficaz.

La matriz metodológica se ha representado como una ruta de investigación y a su vez ésta puede servir como directriz de inspección y análisis, la cual explicaremos a manera de periodos e intervalos de conocimiento, los periodos serán cinco:

- Observación.
- Exploración.
- Diagnósis.
- Praxis.
- Seguimiento.

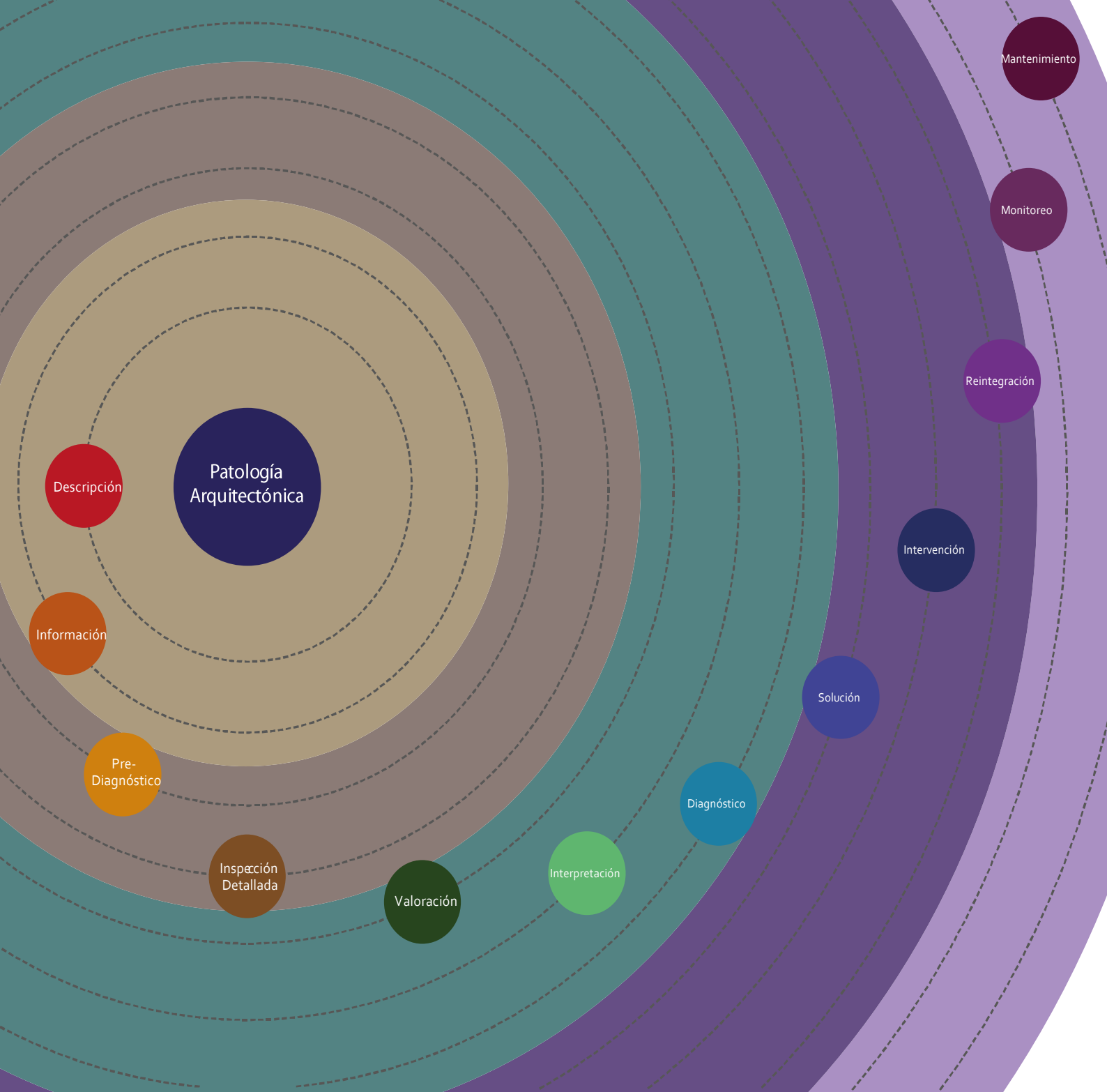
Los intervalos serán los que dividan los periodos de estudio del organismo construido, éstos serán cuatro:

1. Intervalo de Información Base.
2. Intervalo de Contraste de Información.
3. Intervalo de Pautas de Reparación, Rehabilitación y Restauero.
4. Intervalo de Comportamientos.

En el gráfico veremos los periodos representados por colores:

Figura 27.

- Gris= Observación.
- Café= Exploración.
- Verde= Diagnósis.
- Azul= Praxis.
- Morado= Seguimiento.



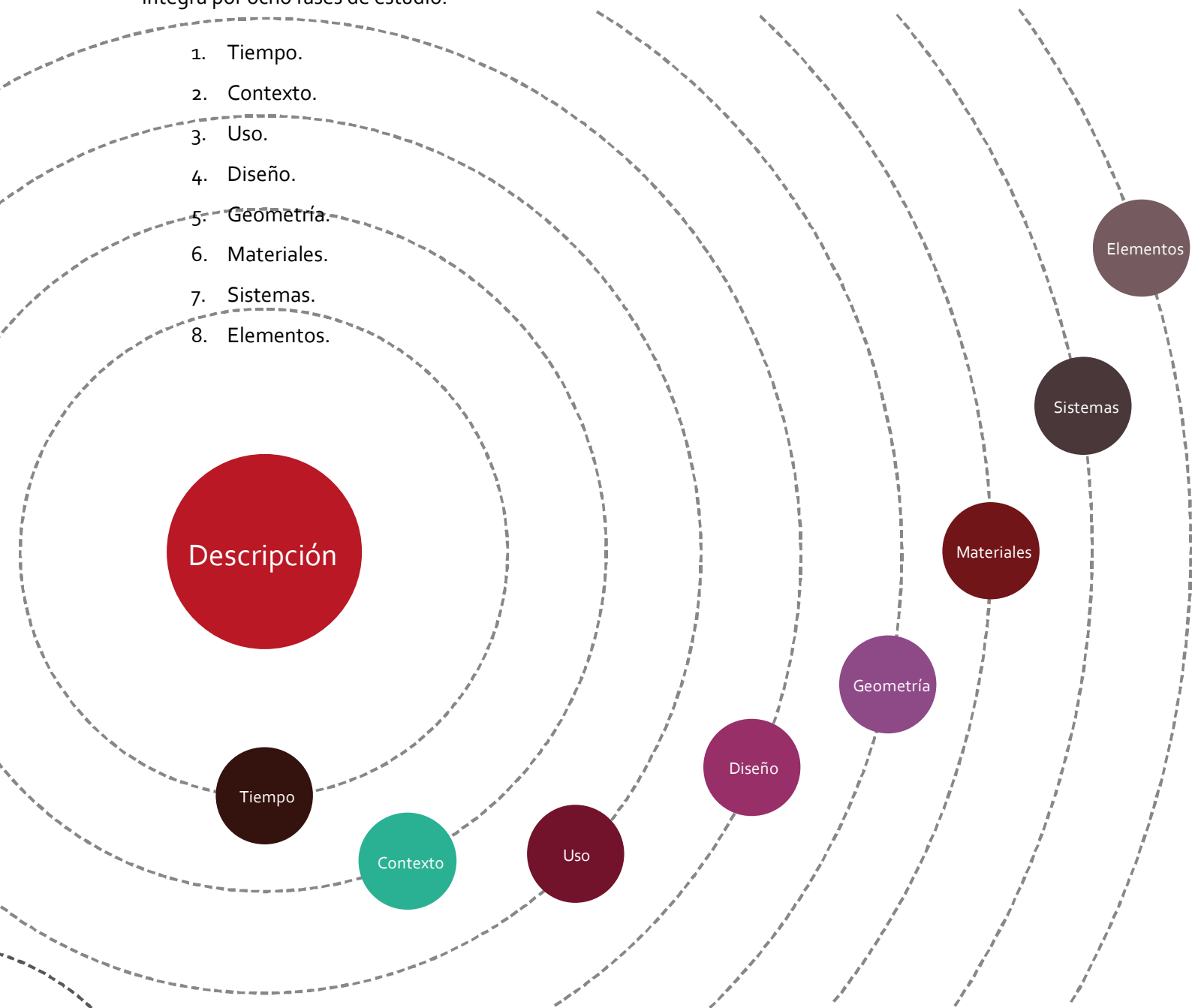
Metodología del estudio patológico.

A continuación se explicará cada uno de los periodos con sus etapas y características.

Periodo de Observación. Consta de dos etapas: la descriptiva y la de información. Es todo lo referente al inmueble que se nos puede dar a través de la descripción de lo que le rodea, sus propiedades y funciones, son los datos registrados durante la gestación de un proyecto, su construcción y comportamientos.

Etapa de Descripción: Se dotará de la información base del inmueble o proyecto en cuestión, se integra por ocho fases de estudio:

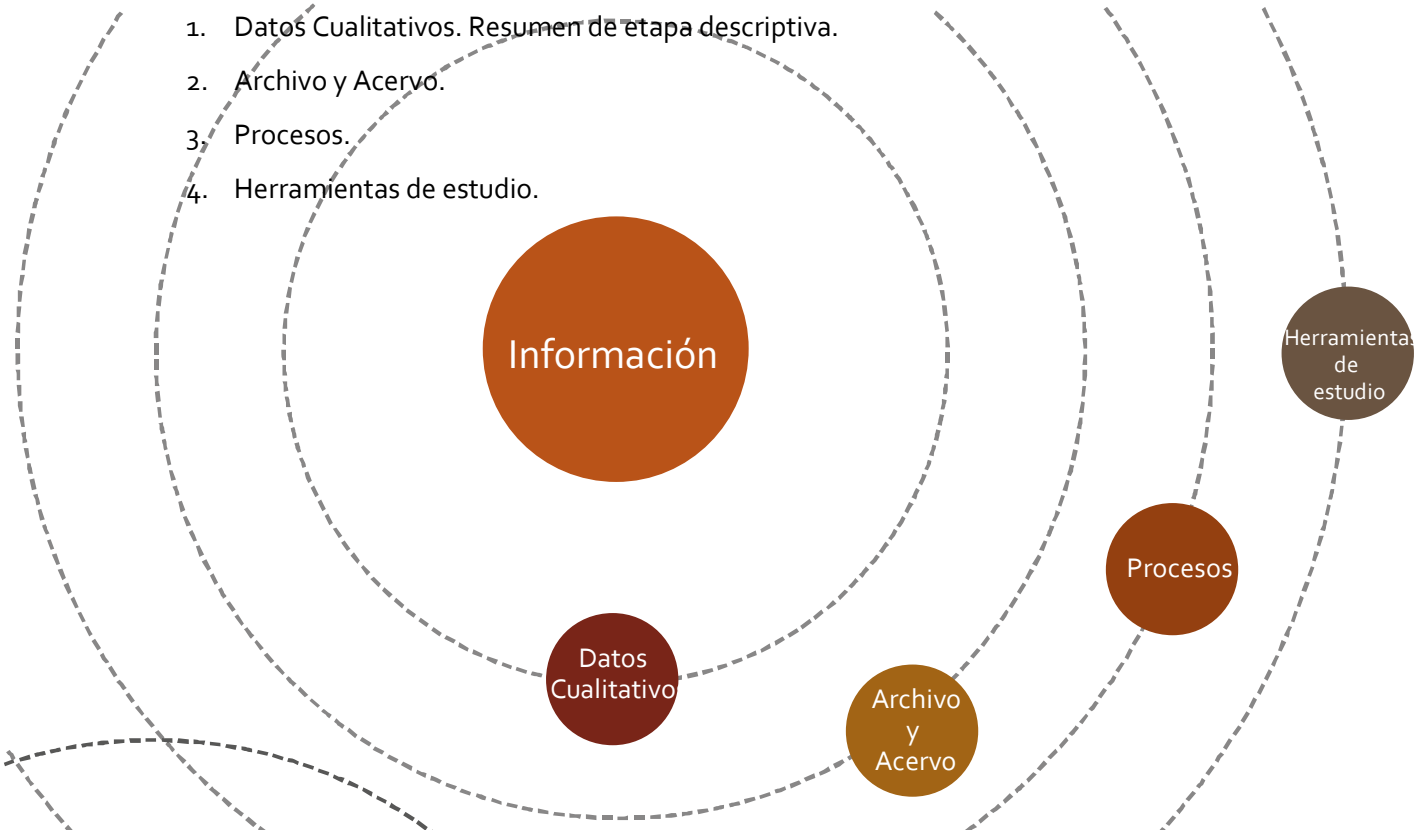
1. Tiempo.
2. Contexto.
3. Uso.
4. Diseño.
5. Geometría.
6. Materiales.
7. Sistemas.
8. Elementos.



Cabe mencionar que la información descriptiva es tan importante que de ella se puede tener un modelo de evaluación, como el anteriormente propuesto para la obtención de datos cualitativos.

Etapa de Información: Compendio de datos obtenidos de las siguientes fases:

1. Datos Cualitativos. Resumen de etapa descriptiva.
2. Archivo y Acervo.
3. Procesos.
4. Herramientas de estudio.



Todo lo referente a la edificación en cuestión, se verificarán los procesos adecuados de análisis para el tipo de sistemas y materiales que lo conformen, así como las herramientas adecuadas para su análisis. Todo esto servirá de base para dar un pre-diagnóstico.

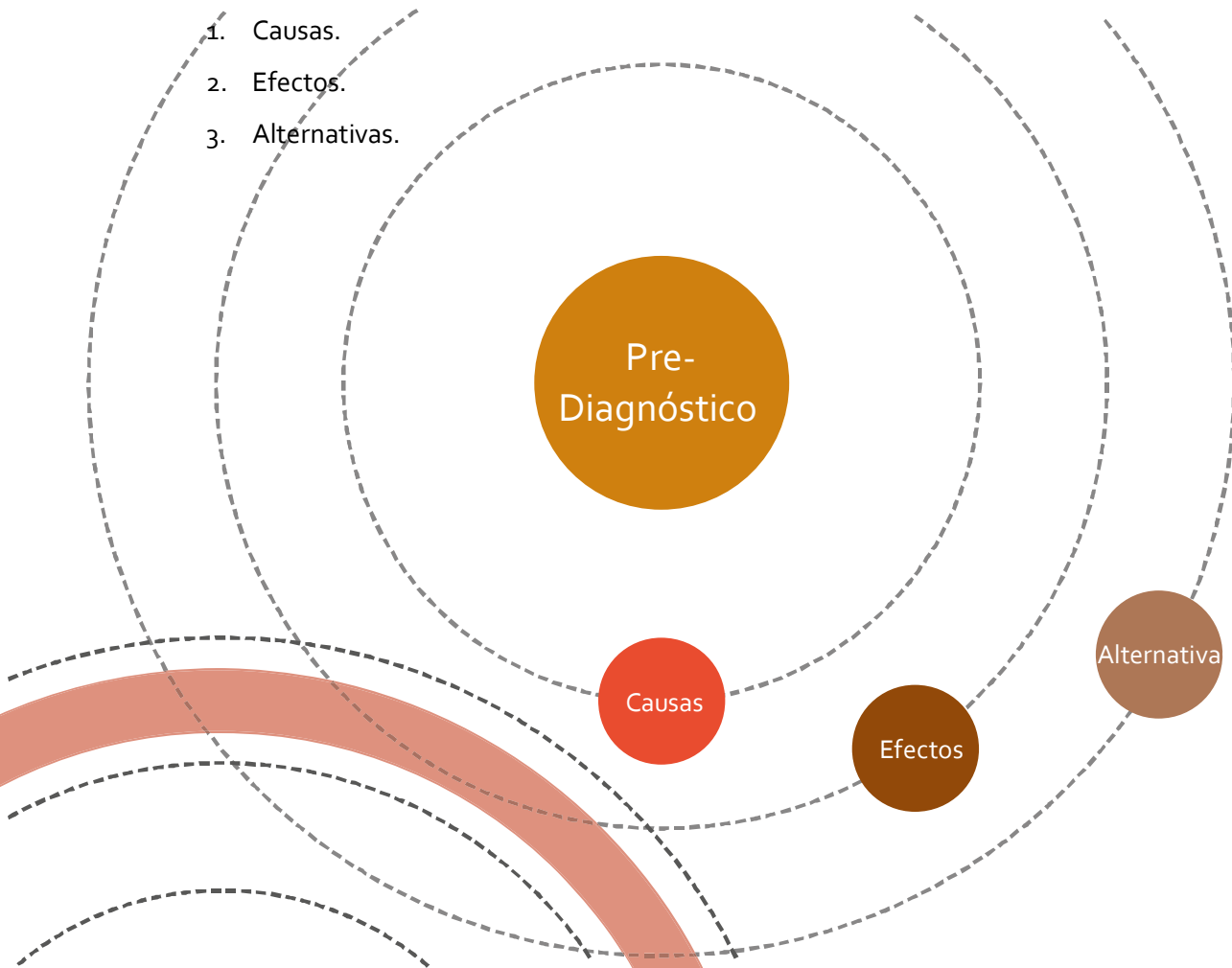
I. Intervalo de Información Base al Pre diagnóstico. Fundamentos del Pre diagnóstico con base en la descripción, investigación e inspección preliminar del organismo construido en cuestión.



Periodo de Exploración. Consta de dos etapas: la de Pre diagnóstico y la de Inspección Detallada. Este periodo es en el que se da un primer dictamen y se planifica la auscultación del inmueble, registrando comportamientos patológicos y las posibles causas, será la comprobación o refutación del informe que se elabore del organismo construido.

Etapa de Pre diagnóstico: Primer juicio del estado actual de la edificación, consta de tres fases de estudio:

1. Causas.
2. Efectos.
3. Alternativas.



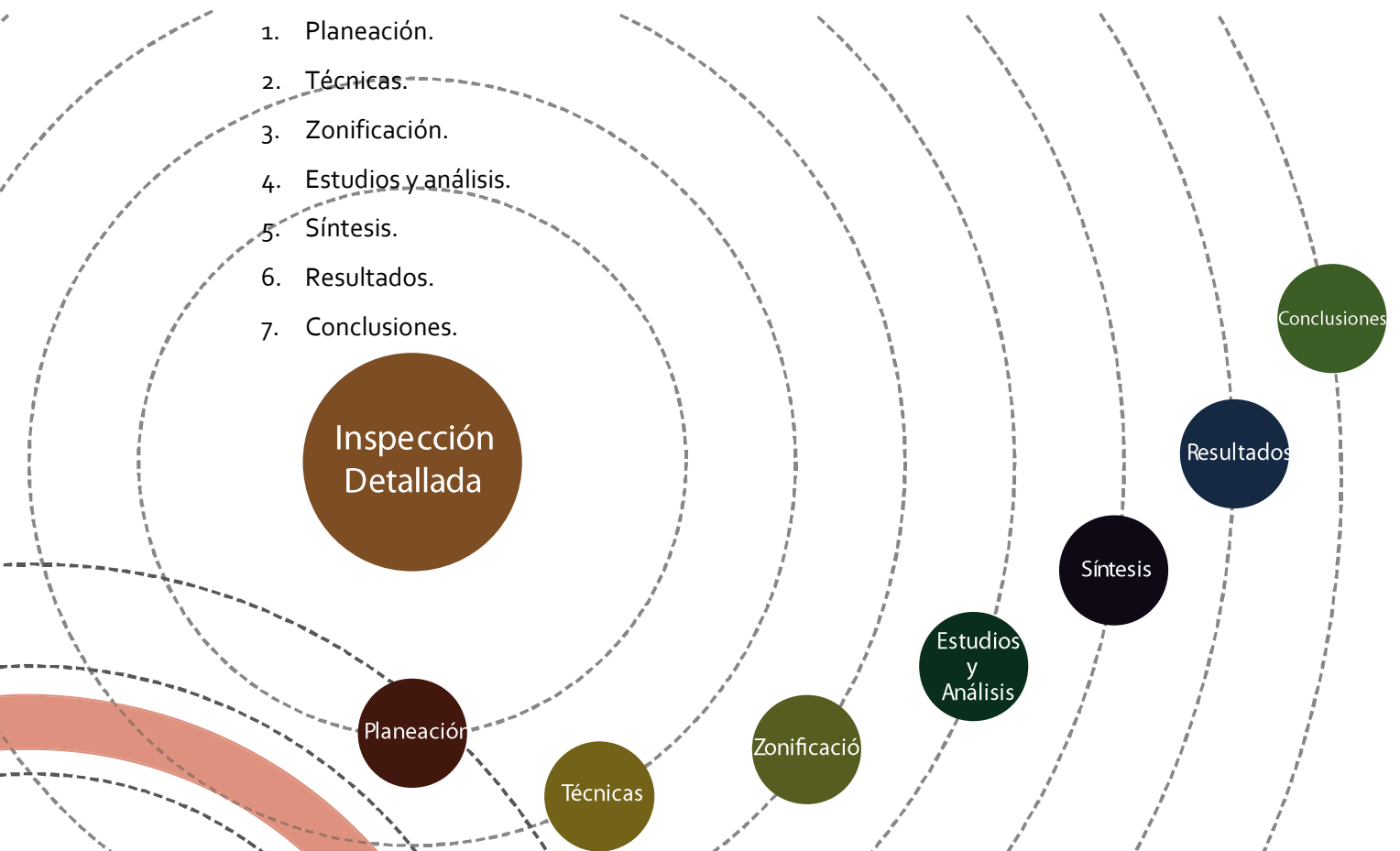
A manera superficial se determinan las posibles causas y efectos de las lesiones o posibles daños y se dan alternativas de contención.

Di

ción

Etapa de Inspección Detallada: Se caracteriza por ser el núcleo del periodo de exploración. Siete fases la integran:

1. Planeación.
2. Técnicas.
3. Zonificación.
4. Estudios y análisis.
5. Síntesis.
6. Resultados.
7. Conclusiones.



Tomado de los manuales y los modelos de durabilidad basados en técnicas de inspección constructiva, se traslada este método de auscultación a la ruta de conocimiento y matriz metodológica del estudio de patologías, en la cual dependiendo el tipo de construcción se planteen nuevas técnicas o estudios.

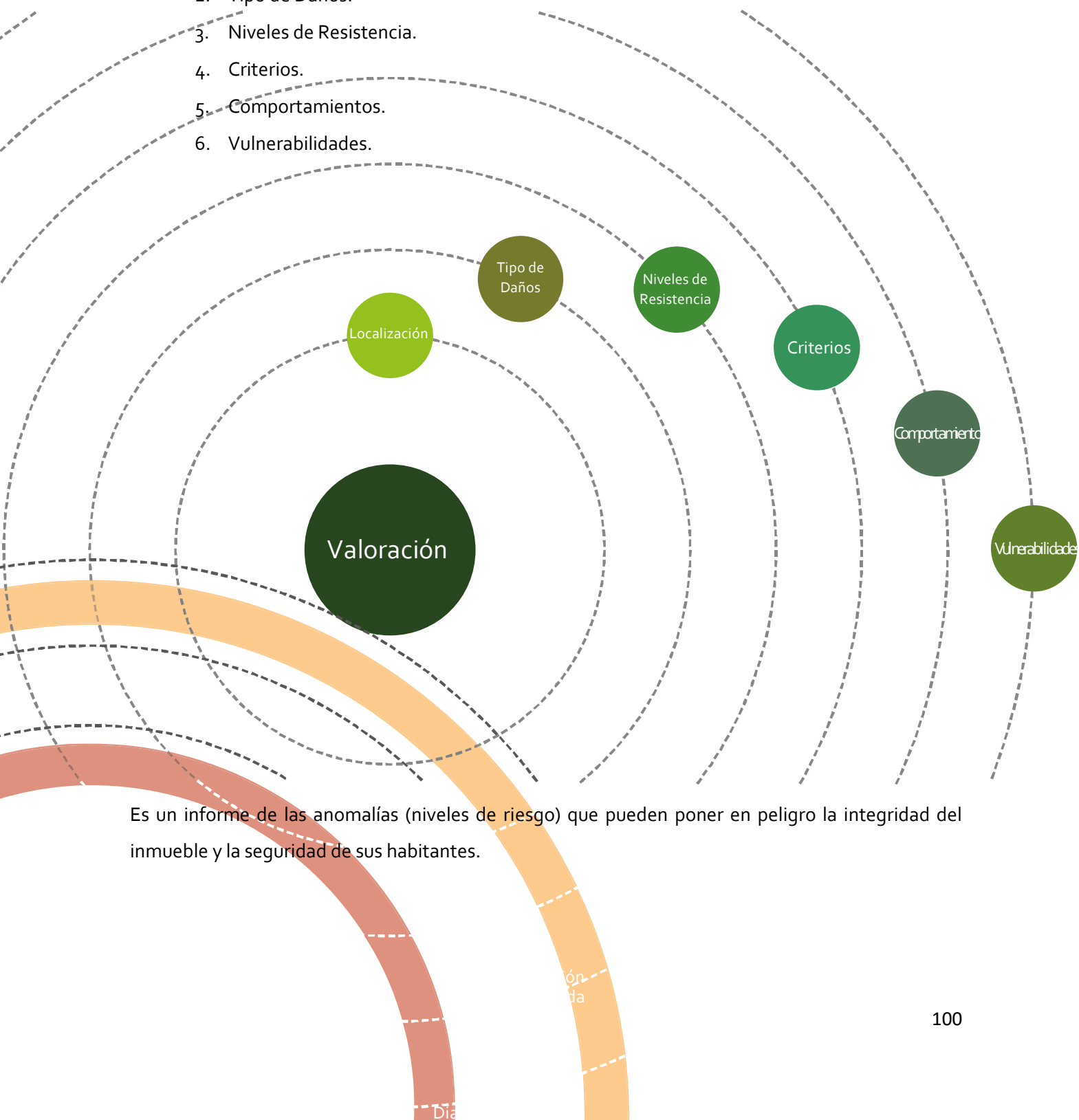
- II. Intervalo de Contraste.** Confrontación del resumen de información y conclusiones obtenidas de la etapa de inspección detallada y la de Pre diagnóstico, en este se comprueba y se discriminan juicios emitidos relacionados al estado actual de la edificación en cuestión.



Periodo de Diagnosis. Consta de tres etapas: Valoración, Interpretación y Diagnóstico. Este periodo es el que da un dictamen específico y veraz del estado actual y el grado de vulnerabilidad que presenta un inmueble.

Etapa de Valoración: Se caracteriza por ser la que nos dote de la información patológica encontrada en el objeto de estudio. Se integra por seis fases:

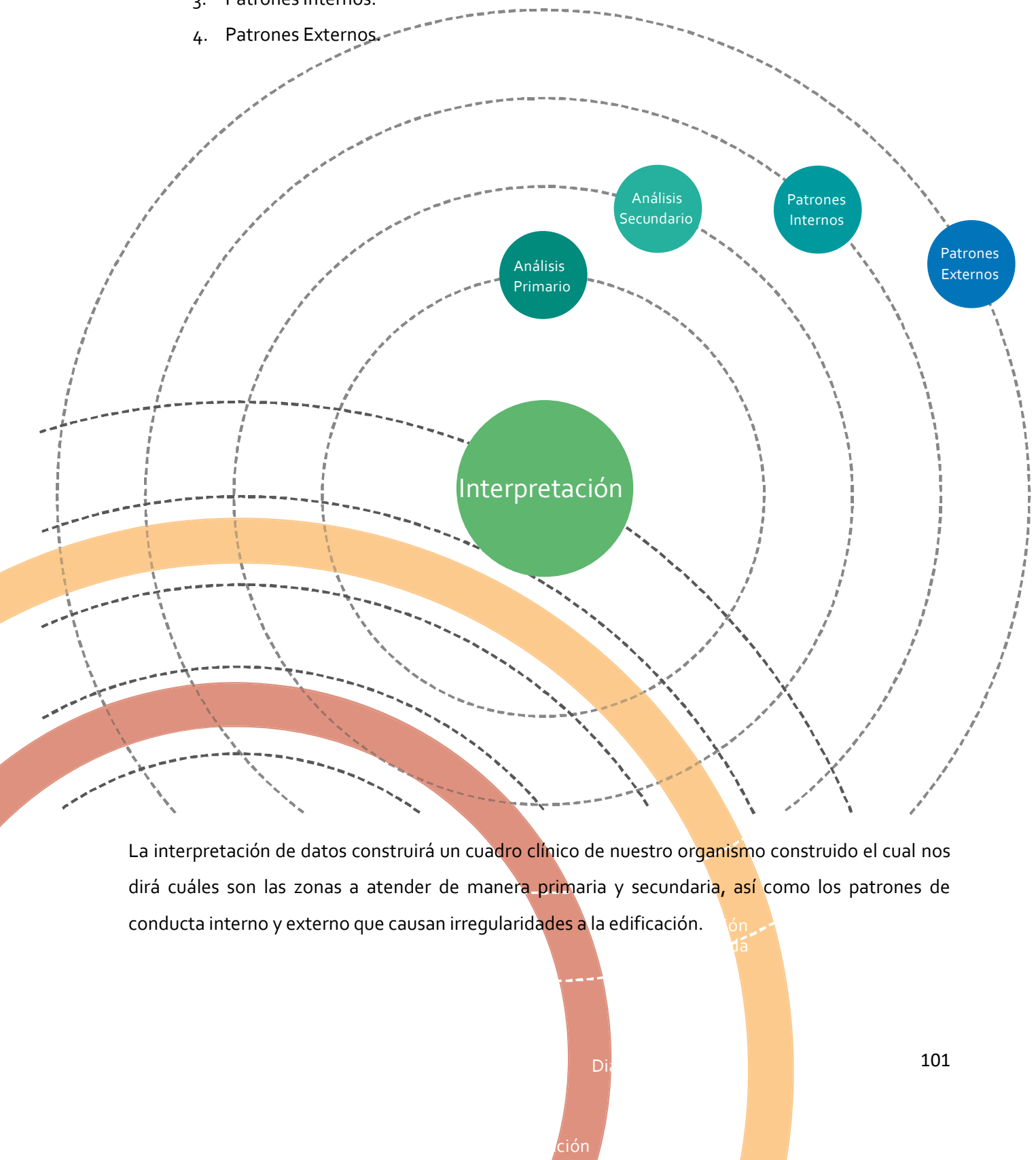
1. Localización.
2. Tipo de Daños.
3. Niveles de Resistencia.
4. Criterios.
5. Comportamientos.
6. Vulnerabilidades.



Es un informe de las anomalías (niveles de riesgo) que pueden poner en peligro la integridad del inmueble y la seguridad de sus habitantes.

Etapa de Interpretación: En ella se introduce a los profesionales de la construcción al ejercicio del análisis constructivo a través de la deducción de datos obtenidos de la examinación patológica. Se integra por cuatro fases:

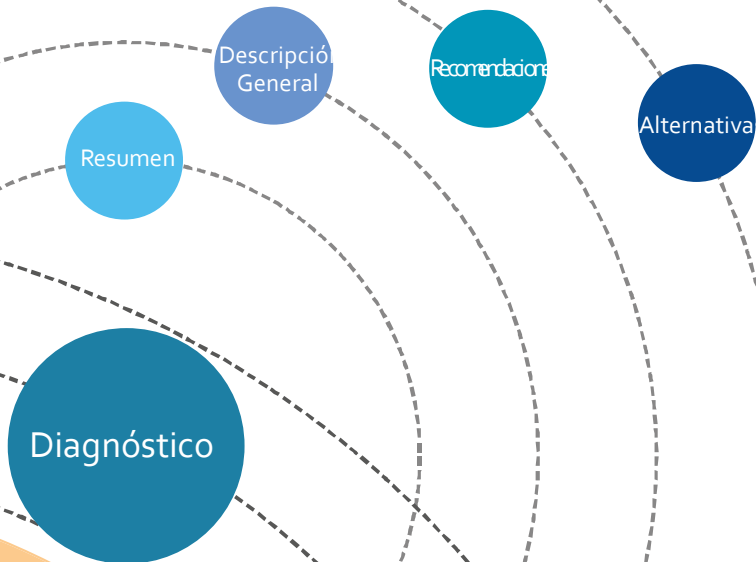
1. Análisis Primario.
2. Análisis Secundario.
3. Patrones Internos.
4. Patrones Externos.



La interpretación de datos construirá un cuadro clínico de nuestro organismo construido el cual nos dirá cuáles son las zonas a atender de manera primaria y secundaria, así como los patrones de conducta interno y externo que causan irregularidades a la edificación.

Etapa de Diagnóstico: Es la médula del estudio patológico de un organismo construido, ésta dictamina el estado de conservación de un inmueble o los posibles efectos negativos que puede presentar una edificación nueva. Consta de cuatro fases:

1. Resumen.
2. Descripción General.
3. Recomendaciones.
4. Alternativas.



El diagnóstico es el informe descriptivo de las vulnerabilidades que puede presentar un edificio, así como las recomendaciones de salvaguarda y/o alternativas de prevención.

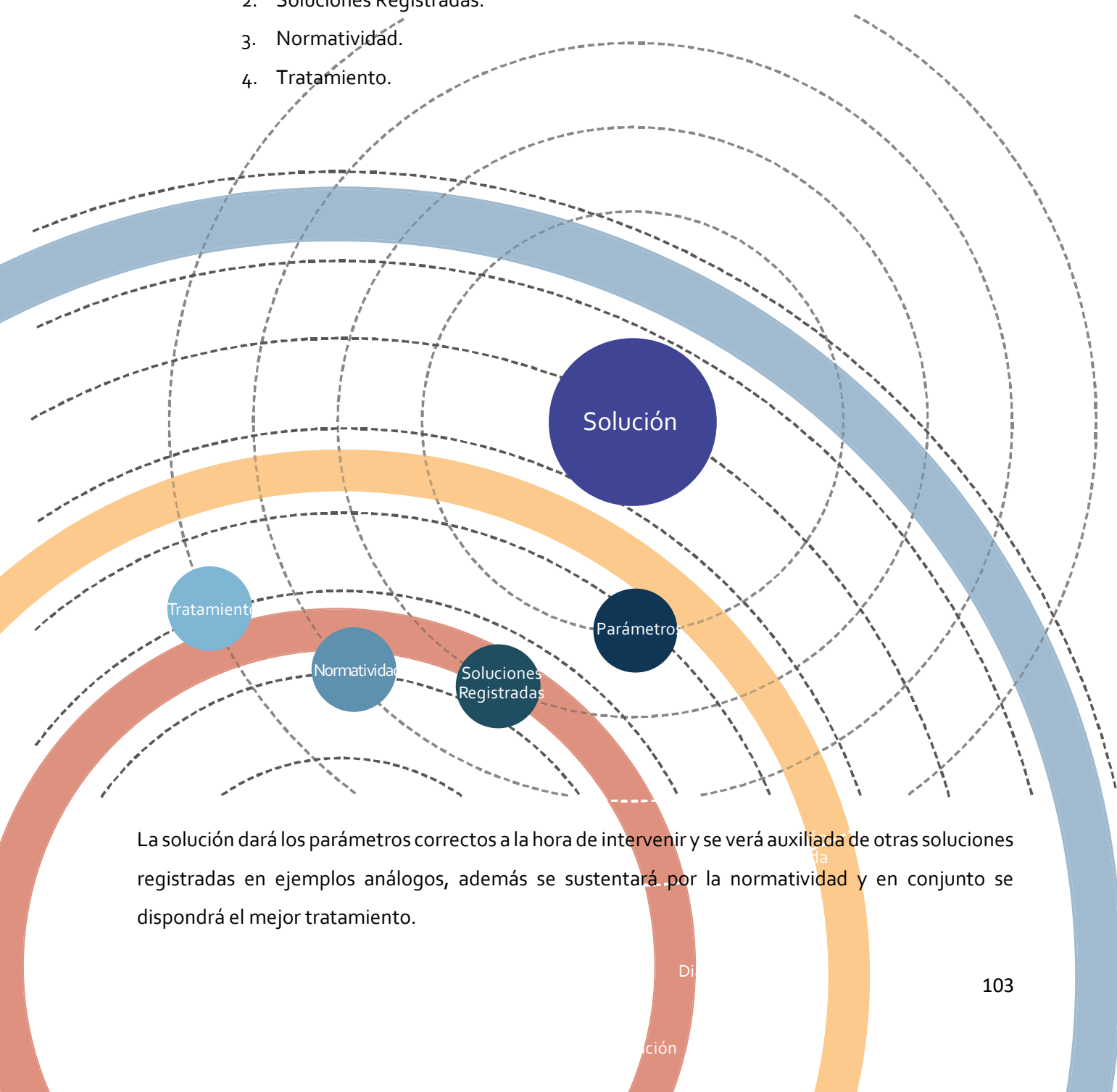
- III. **Intervalo de Pautas R.R.R.** Pautas para el desarrollo de un proyecto de Reparación, Rehabilitación o de Restauo. Tanto para un inmueble ya construido o en proceso de construcción, se propondrán acciones de prevención, disminución y contención patológica que pueda atender contra su desempeño y desarrollo funcional.



Periodo de Praxis. Consta de tres etapas: Solución, Intervención y Reintegración. Es el periodo de terapia, en la que, con base en el diagnóstico se dan las propuestas de solución, se determinan los trabajos de intervención y se reintegra la construcción en cuestión a sus funciones y a su contexto; o bien, se reincorporan acciones preventivas al proceso de ejecución de una edificación nueva.

Etapa de Solución: Son las mejores respuestas a las anomalías y lesiones que puede presentar una edificación. Consta de cuatro fases:

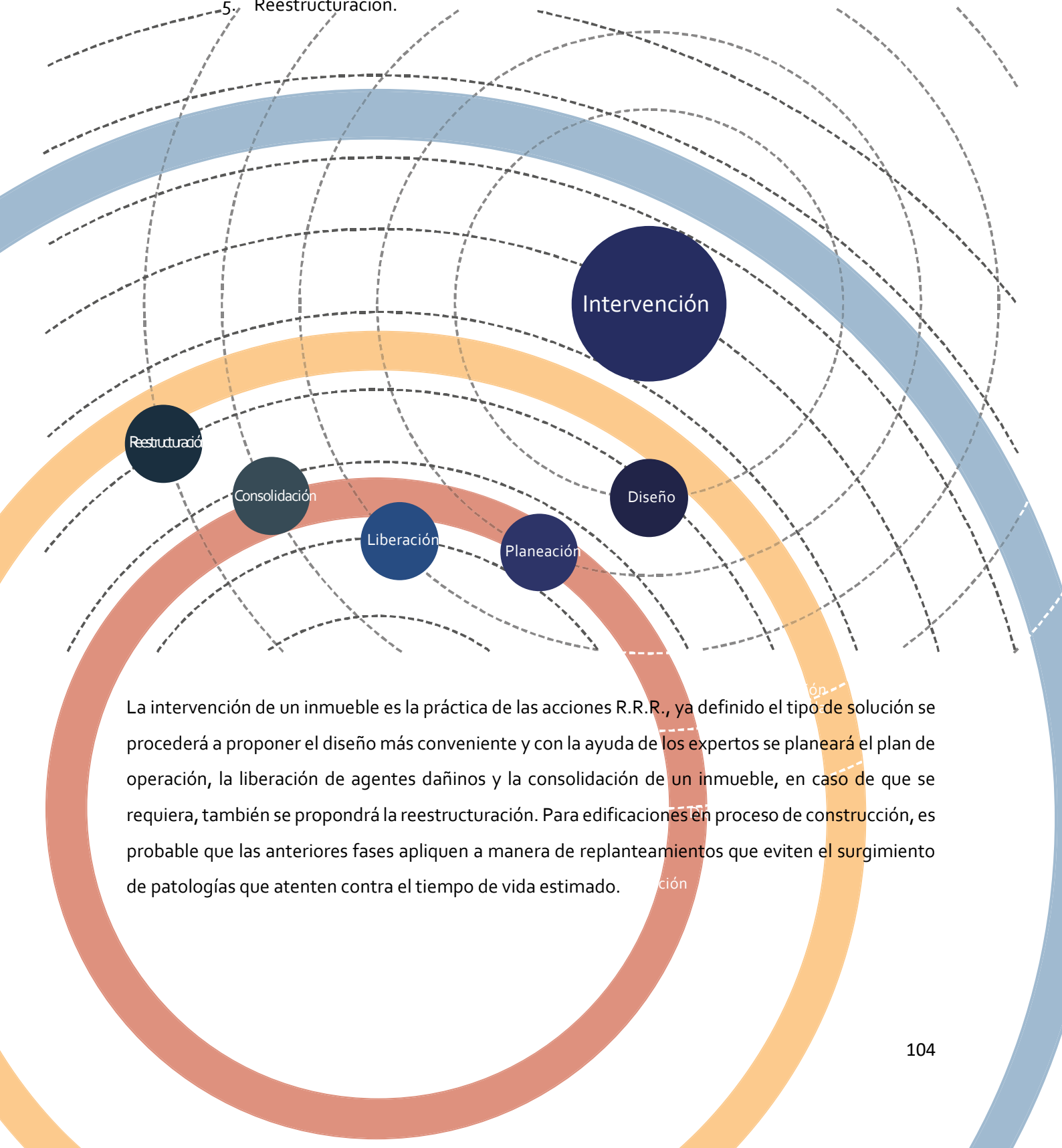
1. Parámetros.
2. Soluciones Registradas.
3. Normatividad.
4. Tratamiento.



La solución dará los parámetros correctos a la hora de intervenir y se verá auxiliada de otras soluciones registradas en ejemplos análogos, además se sustentará por la normatividad y en conjunto se dispondrá el mejor tratamiento.

Etapa de Intervención: Es la realización de los trabajos de solución propuestos y consta de cinco fases:

1. Diseño.
2. Planeación.
3. Liberación.
4. Consolidación.
5. Reestructuración.



La intervención de un inmueble es la práctica de las acciones R.R.R., ya definido el tipo de solución se procederá a proponer el diseño más conveniente y con la ayuda de los expertos se planeará el plan de operación, la liberación de agentes dañinos y la consolidación de un inmueble, en caso de que se requiera, también se propondrá la reestructuración. Para edificaciones en proceso de construcción, es probable que las anteriores fases apliquen a manera de replanteamientos que eviten el surgimiento de patologías que atenten contra el tiempo de vida estimado.

Etapa de Reintegración: Ya sea reintegración de procesos de mitigación o reintegración al contexto, uso y funciones de una edificación, ésta se caracteriza por reconducir al organismo en cuestión a un estado sano. Se integra por dos fases:

- 1. Uso.
- 2. Correspondencia.



Cada uno de éstos responde a la funcionalidad, habitabilidad y durabilidad óptimas que debe tener un inmueble.

IV. Intervalo de Comportamientos. Registro de evolución de la edificación, conductas positivas e irregulares. Es posible que posterior a la praxis, debido al tiempo y las características ambientales o de uso, exista la intrusión de agentes agresivos por medios endógenos o exógenos.



Periodo de Seguimiento. Consta de dos etapas: Monitoreo y Mantenimiento. Este periodo es el más largo, ya que si se da seguimiento a las intervenciones o soluciones propuestas se podrá registrar la efectividad de las acciones y servirá como base informativa al momento de intervenir otros inmuebles en situaciones similares, o proponer alternativas de diseño de edificaciones nuevas basadas en proyectos análogos.

Etapas de Monitoreo: Se supervisa la conducta y evolución del inmueble en lapsos de tiempo, en donde además se registren eventos de impacto que degeneren en algún tipo de lesión. Consta de tres fases:

1. Supervisión a Corto Plazo.
2. Siniestros.
3. Supervisión a Largo Plazo.



Monitoreo

El diagrama muestra un flujo de monitoreo que comienza con un círculo central etiquado como 'Monitoreo'. Desde este punto central, se ramifican tres líneas que conectan con tres círculos secundarios: 'Supervisión a corto plazo', 'Siniestros' y 'Supervisión a largo plazo'. El fondo del diagrama está decorado con franjas curvas de colores púrpura, azul, naranja y rojo, y líneas de puntos que crean un efecto de red o malla.

Supervisión a corto plazo

Supervisión a largo plazo

Siniestros

Monitoreando la edificación a través de sensores, inspecciones visuales periódicas y supervisión constructiva se podrá saber si hay incidencias o progresos.

Etapa de Mantenimiento: Nos dotará de las operaciones necesarias para el buen funcionamiento de una edificación. Consta de tres fases:

1. Mantenimiento Preventivo.
2. Mantenimiento Correctivo.
3. Mantenimiento Predictivo.

Mantenimiento

Preventivo

Predictivo

Correctivo

Cada una de estas dotará a la edificación de un mayor tiempo de vida, con esto se busca mitigar cualquier anomalía o comportamiento patológico, en caso de que éstas acciones no sean suficientes, se procederá a indagar en la nueva problemática y se reiniciará el ciclo de análisis y estudio patológico.

Dia

ción

Alcances y Utilidad.

De acuerdo a la hipótesis planteada: si se desarrolla la herramienta de análisis, a través de la creación de una matriz metodológica del estudio patológico, se podrá tener acceso a la información necesaria, métodos, técnicas y herramientas relacionados a la identificación de patologías y, con base en eso, se podrá diagnosticar el estado de un inmueble y se podrán proponer acciones de mitigación, solución y prevención, garantizando la durabilidad de un organismo construido.

Se ha propuesto la matriz metodológica de la línea de investigación de patologías y basados en ella se ha propuesto la ruta de inspección a seguir en el análisis de una edificación. Cabe mencionar que la creación de una nos lleva a la otra, la línea de investigación nos propone nichos de actuación y estudio, la ruta nos propone las etapas que conlleva el conocimiento profundo de la génesis y evolución de una edificación, información que servirá para diagnosticar y generar propuestas de solución acordes a su contexto, que le permitan desempeñar sus funciones y asegurar la habitabilidad de quienes lo usan.

El método de inspección será el medio por el cual se le introducirá a los profesionales de la construcción el ejercicio del análisis y la interpretación de datos para instruirlos en el ejercicio de identificación de anomalías y lesiones, además podrán dar respuestas y proponer soluciones adecuadas no solo en la rehabilitación de un inmueble, si no en la proyección de edificaciones nuevas que no atenten en contra del contexto natural y artificial, salvaguardando nuestro patrimonio habitable. *Figura 28.*



Figura 41. Ciclo de análisis patológico. Arq. Estrada ©

Capítulo 5

Evaluación Patológico-Constructiva.

Inspección patológica a partir de la metodología propuesta.

Para demostrar que es necesario lo anteriormente expuesto, se propone analizar dos tipos de edificaciones en un ambiente similar. El clima como lo clasifica el sistema Köppen-Geiger es del tipo BSh. El más seco de los semiáridos. Cálido, con lluvias intermedias o irregulares con tendencia a distribuirse en el verano. *Figura 29*

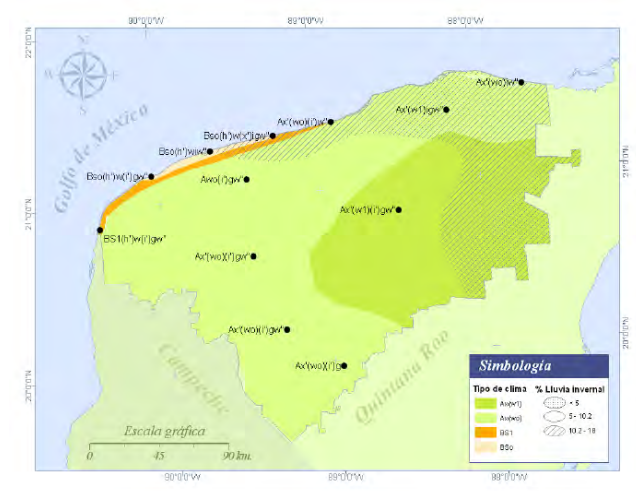


Figura 42. Clasificación del clima en el estado de Yucatán, México de acuerdo al sistema Köppen-Geiger.

En este caso se trata de dos construcciones localizadas en el estado de Yucatán, cercanos a la costa. Uno es de producción relativamente reciente con un tiempo de vida de dieciséis años y el otro se trata de un inmueble emblemático de 80 años de vida.

En ellos se analizará cómo es que la metodología nos puede marcar las pautas de investigación e inspección en cada uno de ellos. Se analizarán estos ejemplos a partir de las propuestas de supervisión y análisis sugeridas por los expertos, con base en la literatura referente a patología constructiva y se irá dando forma a la matriz metodológica identificando las fases y subdivisiones que se requieren en el estudio de un organismo construido.

Caso 1, Edificación Reciente. Palafito Experimental, San Crisanto. Yucatán, México.

El primero de ellos se localiza en la región de San Crisanto, zona costera nor-oriental del estado de Yucatán, se trata de un palafito, el cual ha sido diseñado para uso habitacional y cuya función científica es el de monitorear el comportamiento de la construcción con respecto al ambiente, dándole seguimiento por medio de cápsulas de medición integradas a la estructura, las cuales determinarán la "salud" de la edificación así como su tiempo de vida y en caso de que se presente alguna anomalía, poder tomar las medidas necesarias de reparación y prevención.

El proyecto de los palafitos surge de un proyecto del Departamento de Ecología Humana en el CINVESTAV- Unidad Mérida, la cual en el interés de resolver los problemas que le aquejaban a las comunidades de la costa como son los que se presentan cada que hay un huracán o tormenta tropical, se propuso el diseño y construcción de palafitos. El Dr. Federico Dickinson Bannak, junto con un equipo multidisciplinario de científicos y la población civil en un ejercicio de participación, llevaron a cabo el proyecto de diseño y construcción con un objetivo de durabilidad de 100 años.⁷²

Una de las características de esta construcción es que fue diseñado como parte de un programa de sitios "laboratorio", el cual por medio de unas cápsulas de monitoreo, localizadas en sus elementos estructurales, se podría medir el comportamiento de la estructura ante un ambiente extremo como lo es el de la zona costera de la península de Yucatán. *Figura 30.* Cabe mencionar que estas construcciones no solo han sido puestas a prueba por el grupo de técnicos y científicos, si no por la naturaleza misma, y ninguna de estas construcciones han sufrido daños severos. *Figura 31.*

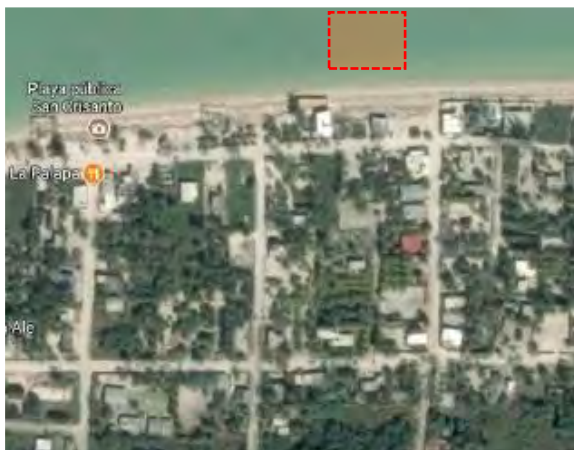


Figura 43. Localización del palafito de experimentación San Crisanto, Yucatán, México. www.googlemaps.com.

⁷² Violeta A. Nava. *Diseñan viviendas que resisten huracanes y duran 100 años.* Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. Boletín Agencia Informativa Conacyt. (2016)



Figura 44. Palafito experimental. Fotografía de Arq. Estrada

El material del que está construido el palafito es concreto armado, su estructura se compone de prefabricados y se elaboró bajo altos estándares de calidad y monitoreo de datos, tanto de la construcción como del ambiente, para garantizar el mayor tiempo de servicio de la construcción y la seguridad de sus habitantes. *Figura 32*



Figura 45. Estructura Palafito experimental. Fotografía de Arq. Estrada

Esta construcción ha sido monitoreada desde su concepción y se ha llevado registro de su comportamiento a lo largo de estos años. Para propósitos de esta investigación, se hizo una visita para saber cuál es la estrategia a seguir en el registro de datos continuos de un organismo construido y saber qué tan conveniente es integrar cápsulas de medición en su composición para análisis de sistemas y materiales en relación al uso y el medio ambiente.

En este caso se midió sólo la estructura, la cual es parte medular de cualquier edificación. Como se ha propuesto, es necesario integrar a la matriz metodológica de patologías el acervo referente al

contexto, así como las características constructivas para analizar un determinado inmueble y proceder ante un desastre, repararlo o simplemente monitorearlo.

Mediante este ejercicio de inspección, se extrae lo necesario para conformar la matriz y la ruta de estudio patológico, cuyo objetivo es que se pueda aplicar a cualquier edificación. En este caso se sugiere tener en cuenta las características del ambiente.⁷³

En primer lugar se describe de manera gráfica la distribución de la estructura del inmueble, su orientación y a partir de eso, se comienza la identificación de las zonas de posibles afectaciones⁷⁴, en este caso son las cercanas a la costa y las que están expuestas a los vientos predominantes. *Figura 33*

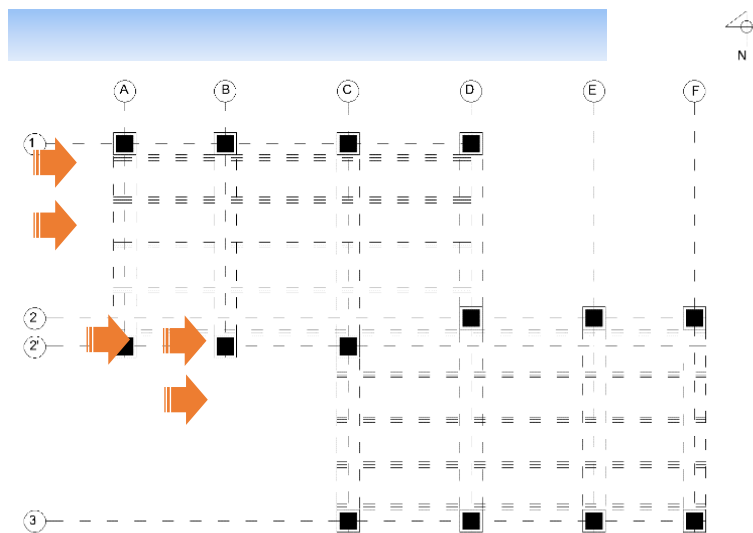


Figura 46. Planta estructural de palafito experimental, San Crisanto, Yucatán, México. Dibujado por Arq. Estrada.

Zona próxima al mar. Rectángulo azul.

Vientos predominantes. Flechas anaranjadas.

El equipo de investigadores propone la siguiente directriz de análisis de comportamientos:

- *Ubicación de zonas vulnerables de acuerdo al estudio de sitio. Figura 34*
- *Localización de anomalías y registro fotográfico. Figura 35*
- *Observación de las anomalías y asociación al ambiente y uso de la edificación. Figura 36 y 37*

⁷³ *Op. cit.*²⁷

⁷⁴ Pedro Castro Borges. Corrosión en Estructuras de Concreto Armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones. IMCYC. 1998

- Descripción general del estado encontrado en cuanto a ambiente, contexto artificial y uso. Tabla 5.
- Mediciones: humedad, temperatura, resistencia, y velocidad de corrosión con respecto a la durabilidad proyectada. Figura 38 y 39

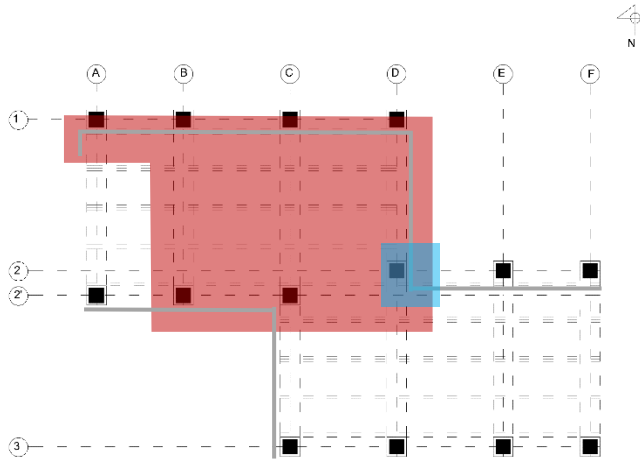


Figura 47. Planta estructural de palafito experimental, San Crisanto, Yucatán, México. Dibujado por Arq. Estrada

Zonificación en rojo: áreas vulnerables a inundaciones y excesos de cloruros.

Zonificación en verde: humedades y moho en mampostería y base de columnas.

Zonificación en azul: humedades por escurrimientos y paso de instalaciones hidráulicas.

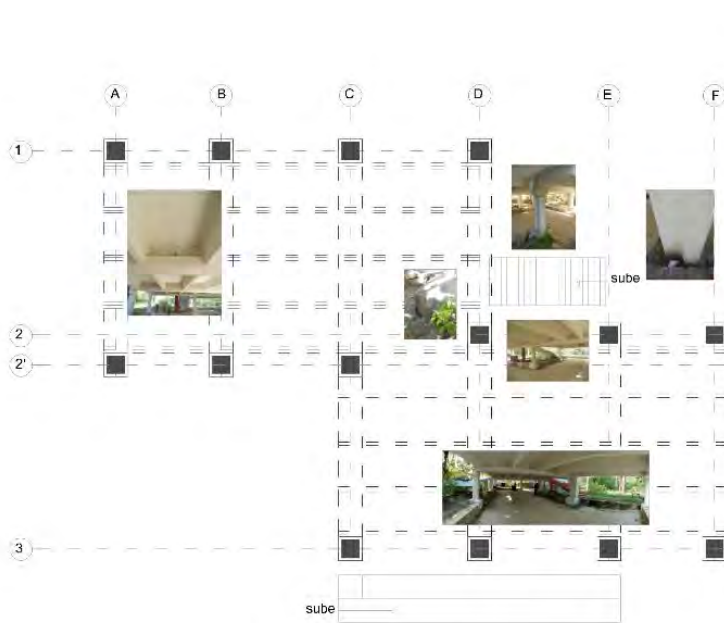


Figura 48. Croquis de ubicación de áreas de afectación.

Muchas de ellas se deben a la alta humedad y poca iluminación y por lo tanto una evaporación tardía, en este caso las instalaciones hidrosanitarias no presentan fallas y por lo tanto no hay rastro de lixiviaciones que afecten la construcción. Arq. Estrada



Figura 49. Fotografía ala este de la vivienda. Asociación de anomalías con el ambiente y el uso.

Efectos ambientales mínimos sobre la estructura del palafito, el uso no ha sido causa de ningún desperfecto. Arq. Estrada



Figura 50. Fotografía ala oeste de la vivienda. Asociación de anomalías con el ambiente y el uso.

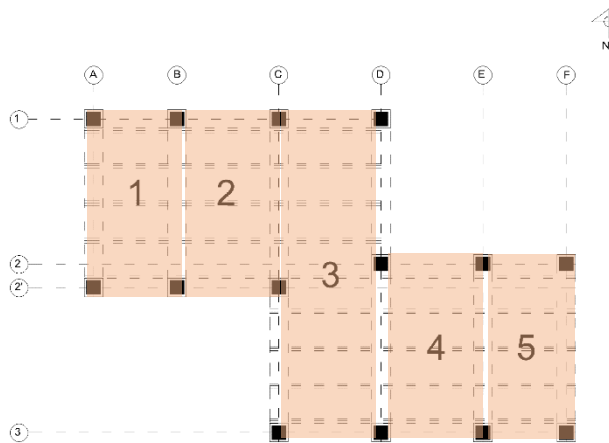
Efectos ambientales mínimos sobre la estructura del palafito, el uso no ha sido causa de ningún desperfecto. Arq. Estrada

Al tratarse de una visita de sitio, se hace una evaluación de deterioros a partir de lo observado, en este punto se sugiere evaluar de manera superficial y a consideración del técnico y el profesional el nivel de afectación que puede presentar cada elemento de la edificación en cuestión. Se evaluó a partir de tres factores: Ambiente, Contexto Artificial (alteraciones externas e internas) y Uso.

La evaluación se hace a partir de la percepción de desgaste de cada una de las crujías que integran la base del palafito.

De manera gráfica se hará un plano del partido estructural para localizar las áreas a estudiar *Figura 36*

Conforme se va midiendo, tomando registro y evaluando bajo un criterio de calificación del 1 al 10 en donde 1 es nivel bajo de afectación y el 10 es nivel alto de afectación del inmueble. *Tabla 5*.



Planta estructural de palafito experimental, especificación de crujías en la base del inmueble. Dibujado por Arq. Estrada

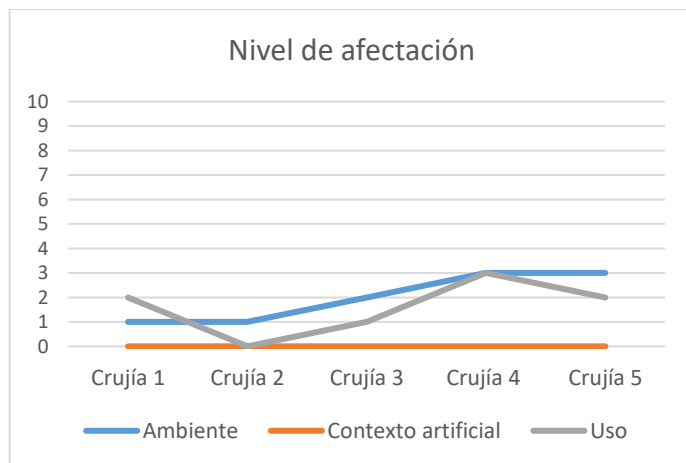


Tabla 8. Tabla de afectaciones relacionadas a factores de ambiente, contexto y uso. En donde 0 significa sin afectaciones y 10 afectaciones severa. Arq. Estrada

Se observa que los principales agentes de deterioro son el ambiente y el uso, éste último relacionado con la proyección de las instalaciones hidráulicas las cuales presentan patologías relacionadas a escurrimientos.



Figura 51. Medición de resistencia. Fotografía Ing. Jorge Mena



Figura 52. Medición de velocidad de corrosión. Fotografía Ing. Jorge Mena

Como se observa en sitio y posteriormente se representa de manera general la tabla de afectaciones, se aprecia que no hay deterioro significativo en la construcción, sólo se reportan presencia de escurrimientos y moho debido a la humedad y características ambientales, situación que con el mantenimiento sugerido a la edificación, de acuerdo a su proyección no representa problemas serios en su funcionalidad.

Este ejercicio de monitoreo e inspección nos indica que la ruta de inspección es corta, sin embargo es efectivo, ya que se trata de un organismo en observación, donde los registros se dan en un periodo trimestral, ahora bien, si se tratase de otro inmueble tendríamos que integrar otras fases, para así saber a qué se enfrentarán los profesionales de la construcción.

De acuerdo a lo propuesto al inicio, este ejemplo sólo constituye tres de las fases en nuestra matriz metodológica.

Información {Observación, Acervo, Procesos}

Valoración {Localización, Caracterización, Resistencia, Criterios, Comportamientos}

Monitoreo {Supervisión a corto plazo, Reportes de anomalías, Supervisión a largo plazo}

La información recabada, será integrada a un acervo y se clasificará de acuerdo al ambiente, localización, sistemas constructivos, materiales y uso. Teniendo organizado el conocimiento con respecto a patologías se hará más fácil identificarlas y atacarlas.

Caso 2. Muelle Fiscal del Puerto de Progreso, Yucatán.

El segundo caso se trata de una edificación emblemática de un tiempo de vida de 80 años (tiempo a partir de su concepción) y 76 de servicio.

Se compone de 170 arcos de concreto macizo, de los cuales 146 son el muelle y 24 pertenecen al área del edificio aduanal.

A lo largo del tiempo esta construcción ha pasado por ampliaciones y modificaciones en su uso, en años recientes las autoridades aduanales consideraron necesario demoler ya que no respondía a los requerimientos actuales y se le calificó como inservible por su edad, considerando que era más factible demoler y construir uno nuevo a repararlo⁷⁵.

En virtud de su edad era comprensible que el muelle tuviera un nivel de deterioro considerable, al encontrarse en ambiente salino, típico de la costa de Mérida, sin embargo la calidad de ejecución del mismo ha demostrado su resistencia a los embates ambientales y a las modificaciones de contexto (extensión del muelle y construcción del edificio de la aduana), razones suficientes para rescatarlo y alargar su tiempo de vida. *Figuras 40 y 41.*

⁷⁵ Castro P., Troncónis O., Moreno E. I., Torres-Acosta A. A., Martínez-Madrid M, Knudsen A., "Performance of a 60-year-old concrete pier made with stainless Steel reinforcement in Mexico", Materials Performance NACE, Vol. 41, No 10 (2002) 50-55



Figura 53. Foto aérea de la ubicación del muelle fiscal de Progreso. www.googlemaps.com

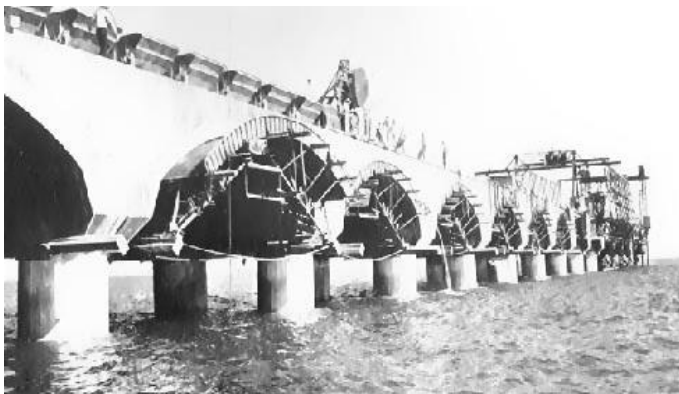


Figura 54. Foto del proceso de construcción de la arcada del muelle fiscal. Fotografía cortesía del Acervo histórico API e IMT.

Las ampliaciones y reconfiguraciones que ha habido en el contexto como la ampliación del muelle a dos secciones: cruceros y buques de contenedores, la construcción de un nuevo dique y el edificio aduanal cambiaron la dinámica de ambiente (corrientes del mar) y afectaron su comportamiento estructural.⁷⁶

Pasando por una exhaustiva reparación, mantenimientos e inspecciones, se propone inspeccionar de nuevo el comportamiento y nivel de deterioro del muelle fiscal con el objetivo de reportar a las autoridades (API) la necesidad de inaugurar el nuevo muelle aduanal, para finalmente destinar el

⁷⁶ API. Dictamen de causas de deterioros, Dr. Castro, Ing. Balancán. CINVESTAV. 2002

antiguo a corredor peatonal turístico, uso que se propone como medida de conservación y resguardo de uno de los hitos del estado de Yucatán. *Figuras 42 y 43.*



Figura 55. Foto muelle fiscal del puerto de Progreso. Arq. Estrada



Figura 56. Foto nuevo viaducto fiscal. Construcción sin inaugurar, tiempo de construcción 3 años. Arq. Estrada

El muelle ha tenido dos inspecciones de registro de lesiones y riesgos en relación a su vida útil, en la segunda se decidió hacer reparaciones mayores para asegurar su vida útil, una de las soluciones de reparación fue reforzar los arcos con bandas de fibras de carbono (cintillas en la parte transversal y refuerzos más gruesos en el área de cabezales) y pintura epóxica como sistema de protección de agentes químicos (como lo son los producidos por lixiviaciones y cloruros) en todo el área del arco y cabezales⁷⁷. *Figuras 44 y 45...*

⁷⁷ P. Castro. Inspección, Diagnóstico y Reparación del Muelle Fiscal. 2008



Figura 57. Foto reparación de arcos por medio de fibras de carbono. Cortesía CINVESTSAV- Mérida. 2008. Mtra. Alexia Zozaya.

Para hacer más sólida la investigación se hace una inspección al muelle para sondear el estado actual de las rehabilitaciones y registrar si hay presencia de patologías relacionadas al ambiente, uso y a las reparaciones hechas.



Figura 58. Foto de las condiciones actuales de las reparaciones. 2017. Ing. Pedro Solano

La inspección visual de comportamientos y sondeo de daños se propone de la siguiente manera⁷⁸:

- *Inspección visual: fotografías, croquis y registro de lesiones.*
- *Valoración de la edificación (nivel de deterioro).*
- *Pre diagnóstico: dictamen preliminar con base en las observaciones y posibles pruebas.*
- *Registro de la información en el acervo de API.*

⁷⁸ P. Castro. Directriz de inspección visual y superficial de daños. CINVESTAV

A través de esta inspección y de manera alterna se pondrá a prueba la matriz metodológica, de acuerdo al alcance de este proyecto, el cual como primera etapa pretende recabar la información necesaria (inspección visual) para llegar a una valoración que genere un pre-diagnóstico.

La matriz propone la clasificación de datos en cada uno de los criterios que integran cada etapa, en este caso sólo se abarcan dos etapas: descripción e información, etapas que se consideran la base para la investigación y análisis de cualquier edificación. *Tabla 6.*

Por medio de una ficha de descripción, se registrarán datos específicos con respecto a:

- *Tiempo de Vida.*
- *Usos.*
- *Contexto.*
- *Diseño.*
- *Geometría.*
- *Características Técnico-Constructivas.*

ETAPA 1		CRITERIOS BÁSICOS			
DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE VIDA	CONCEPTOS	FECHA	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1937-1941, 1945-1947	EN 1945 SE CONSTRUYE EL EDIFICIO DE LA ADUANA, EN UNA 2DA ETAPA	A PARTIR DE SU DISEÑO, PLANEACIÓN, EJECUCIÓN Y SERVICIO DEL MUELLE HAY 80 AÑOS TRANSCURRIDOS.
		TIEMPO DE SERVICIO	75		
		SINIESTROS REGISTRADOS	1971	INCENDIO	
		INTERVENCIÓNES	1985	PROLONGACIÓN DEL MUELLE	LA SUPERFICIE DE ÁREA CONSTRUIDA HA AUMENTADO DE 28.5 A 49.21 HAS. SE DRAGÓ EL CANAL DE ACCESO Y AMPLIACIÓN DE CUATRO CARRILES EN UNA SECCIÓN DE 4.5 KM DEL VIADUCTO.
			2001	CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DE LA MARINA, ADUANA COMERCIAL, MUELLE DE CRUCEROS, ROMPEOLAS Y BORDOS.	
			2005	MUELLE DE USOS MÚLTIPLES: CONTAINERO, PEMEX, GRAN ELBRA Y FLUIDOS. CONSTRUCCIÓN DE ALMACENES Y DÁRSEN A DE OPERACIONES	
		LESIONES REGISTRADAS	2001	AGRIETAMIENTO EN 6 ARCOS > 3mm Y 15 ARCOS CON AGRIETAMIENTOS < 3mm Y	DETERIORO DEBIDO AL TIEMPO DE VIDA SIN MANTENIMIENTOS, SE SUGIEREN ACCIONES DE REPARACIÓN
		REPARACIONES	2002-2007	REPARACIÓN DE GRIETAS ARCO 30	REPARACIÓN DE GRIETAS POR MEDIO DE RANURACIONES Y FIBRAS DE CARBONO REFORZADO INSTALADAS CON UNA CAMA DE RESINAS. *SE DESCONOCE LA FECHA DE REPARACIÓN
			2008	REPARACIÓN DE GRIETAS	REPARACIÓN DE ARCOS CON BANDAS DE FIBRA DE CARBONO REFORZADAS, RESANE DE FISURAS CON EPÓXICO E IMPLEMENTACIÓN DE PINTURA
NUEVAS AFECTACIONES	2017	DESPRENDIMIENTO DE BANDAS REFORZADAS DE FIBRA DE CARBONO EN 30-40, 89-96, ABOMBAMIENTO DE PINTURA DEBIDO A HUMEDADES	EN ALGUNAS ZONAS NO SE HAN SEGUIDO LAS RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y LOS MATERIALES IMPLEMENTADOS HAN CONTRIBUIDO AL DETERIORO		
LEO	1941-2017	VIA DE ACCESO A EDIFICIOS ADJUNTALES, MARINA Y MUELLES	LAS AMPLIACIONES Y EL DRAGADO PARA AUMENTAR LA PROFUNDIDAD DEL SUELO MARINO HAN AFECTADO LA DINÁMICA MARINA SOBRE LA ESTRUCTURA DEL MUELLE		
CONTEXTO	CONTEXTO AMBIENTAL		AMBIENTE TROPICAL-HÚMEDO, CON ALTOS CONTENIDOS DE CLORUROS CARACTERÍSTICOS DE LA COSTA DE MERIDA.		
	CONTEXTO ARTIFICIAL		DRAGADO PARA ALCANZAR UNA PROFUNDIDAD DE 6M	A TRAVÉS DEL DRAGADO OBTENER MAYOR PROFUNDIDAD EN CANALES DE NAVEGACIÓN Y DÁRSENAS, FACILITANDO EL TRÁFICO MARÍTIMO.	
DISEÑO	DESCRIPCIÓN		MUELLE DE ACCESO COMERCIAL-TURÍSTICO CON ORIENTACIÓN NORTE-SUR.		
GEOMETRÍA	DESCRIPCIÓN		146 ARCOS DE MEDIO PUNTO DE 12M DE LARGO POR 9.5 DE ANCHO APROX. QUE CONSTITUYEN EL MUELLE FISCAL. LAS PILAS DE LOS ARCOS SON DE DOS TIPOS: ESTÁNDARES Y DE ANCLAJE (COLOCADAS A CADA SEXTO ENTRE EJE) A PARTIR DEL CABALLETE NUM. 8. UNA PLATAFORMA DE 200M DE LARGO POR 50M DE ANCHO, SOBRE 20 ARCOS OIVALES CON EL MISMO PRINCIPIO DE DISEÑO O DE PILAS DE LOS ARCOS DE ACCESO.	LA PROPUESTA DE LOS ARCOS ESTÁNDARES Y LOS DE ANCLAJES CON EL OBJETIVO DE RESISTIR LA PRESIÓN DE UN ARCO EN CASO DE QUE EL ARCO CONTIGUO FUERA DESTRUIDO LIMITANDO SE EL DAÑO A SEIS ENTRE EJES. (Juvén et al 1998, Christensen 1994).	
TÉCNICO CONSTRUCTIVO	MATERIALES		CONCRETO MACIZO Y ACERO INOX DE REFUERZO EN CABEZALES. AL SER UNA CONSTRUCCIÓN DE CONCRETO MACIZO ES POSIBLE USAR PIEDRA CALIZA DE LA REGIÓN COMO AGREGADO, SITUACIÓN QUE NO SERÍA POSIBLE SI SE TRATARA DE CONCRETO REFORZADO DEBIDO A LA POROSIDAD Y LA POCA PROTECCIÓN AL ACERO EN CUANTO A AGENTES CORROSIVOS SE		
	PROCESOS		SE TRATA DE UNA ESTRUCTURA COMPUESTA POR ARCOS DE MEDIO PUNTO Y OIVALES, EN LAS CUALES DESCANSAN UNOS CABEZALES DE CONCRETO REFORZADO, Y CUYA CALIDAD DE SER "ABIERTA", PERMITE EL FLUJO DE LAS CORRIENTES DE AGUA Y NO CAUSA EROSIÓN NI ACUMULACIÓN DE ARENA. LOS ARCOS CUENTAN CON ARTICULACIONES SIMPLÉS HECHAS A BASE DE TIRAS DE PLOMO, ESTAS SE LOCALIZAN EN LOS ARRANQUES Y LA CLAVE DE LOS ARCOS. A LO LARGO DE LOS BORDOS DEL MUELLE SE CONSTRUYERON MUROS DE CONTENCIÓN.		

Tabla 9. Ficha de registro de datos referentes a la etapa Descriptiva del proceso de análisis de una edificación. Propuesta: Arq. Estrada ©

Durante la etapa de inspección visual, en nuestro caso la etapa de descripción, se propone un sistema de optimización por medio de abreviaturas de anomalías y registro en croquis y tablas. Cabe mencionar que la literatura⁷⁹ sugiere una clasificación de lesiones y propone abreviaturas de identificación patológica de acuerdo a las características del sistema en cuanto a ambiente, es por esto que se hará uso de este listado de anomalías y se complementará con otros términos que hará más específica la clasificación de patologías.

A continuación se presenta la complementación de la tabla de registro de patologías a encontrar en una construcción, en ella se describe el tipo de patología y su abreviación, esto es con el propósito de registrarlo en una ficha de inspección y posteriormente clasificar cada una de ellas. La propuesta de

⁷⁹ Op. cit.²⁷

esta tabla de anomalías es que se vaya alimentando dependiendo el sistema constructivo y la zona en donde se encuentre. *Tabla 7.*

<i>TIPO DE ANOMALÍA</i>	<i>ABREVIACIÓN</i>
<i>Filtración</i>	<i>F</i>
<i>Humedades</i>	<i>H</i>
<i>Grietas</i>	<i>G</i>
<i>Óxidos</i>	<i>O</i>
<i>Delaminación de Acero</i>	<i>D</i>
<i>Lixiviación</i>	<i>L</i>
<i>Intemperismo</i>	<i>I</i>
<i>Fluorescencias</i>	<i>FL</i>
<i>Parcheo de reparación</i>	<i>P.R.</i>
<i>Concreto fofo</i>	<i>C.F.</i>
<i>Cangrejera</i>	<i>CGR</i>
<i>Núcleo Extraído</i>	<i>N.E.</i>
<i>Protuberancia de acero expuesto</i>	<i>P.A.E.</i>
<i>Acero Expuesto</i>	<i>A.E.</i>
Abrasiones	ABR
Moho	M
Desprendimientos de material	D.M.
Grietas resanadas en buen estado	G.R.B.
Grietas Resanadas en mal estado	G.R.M.
Oquedades	OQD.
Desprendimiento de Pintura Epóxica	D.P.E.

Banda de refuerzo en buen estado	B.R.B.
Banda de refuerzo en mal estado.	B.R.M.
Delaminaciones	DLM
Calcificaciones	CAL
Acumulación de contaminantes	CON
Contaminantes por medios biológicos	BCON

Tabla 10. Tabla de abreviaturas de anomalías posibles en la inspección de una edificación. Tabla propuesta por Arq. Estrada ©

Este listado conformará una tabla que será parte de una hoja de inspección, dicha hoja estará integrada por los croquis de los elementos constructivos y la información de las posibles patologías encontradas. En este caso los croquis serán de los elementos que integren el muelle, es decir: columnas, arcos, y cabezales. Se propone que estos formatos contengan plantas, cortes y vistas para hacer más específico el registro de daños por elementos y/o sistemas que integren el organismo construido. En dicho formato se registrarán los daños y lesiones observados. Cada formato irá acompañado de fotografías a detalle. *Figura 46.*

elemento	lado norte	desarrollo de arco	lado sur
Anomalías Filigración Humedades Grietas Orlas Deltas Delaminación de Acero Lixiviados Intemperismo Fluorescencias Partículas de exposición Concreto Falso Congelamiento Múltiple Estructural Fracturamiento de Acero Asentamiento Acero Exponible Abolladuras Vagos Desprendimientos de Material Grietas Resacas en Bases Faldo Grietas Resacas en Mts Faldo Dapuntados Despreñamiento de Pintura Epoxico Banda de Refuerzo en Buen Faldo Banda de Refuerzo en Mal Faldo Delaminaciones Calcificaciones Acumulación de Contaminantes Contaminantes por Medios Biológicos			
Tipo de anomalías observadas A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z			
	vista lateral oeste		vista lateral este

Figura 59. Formato de hoja de inspección. Registro de daños y lesiones observadas. Arq. Estrada ©

Al hacer este registro en cada sección del inmueble se hace un mapeo de zonas vulnerables, en donde se registra cuáles son las de mayor y menor deterioro. En este caso se registra en una gráfica de manera general el sondeo, registrando una calificación de daños (Bajo=verde - Medio=anaranjado - Alto= rojo). *Figura 47, Tabla 8.*

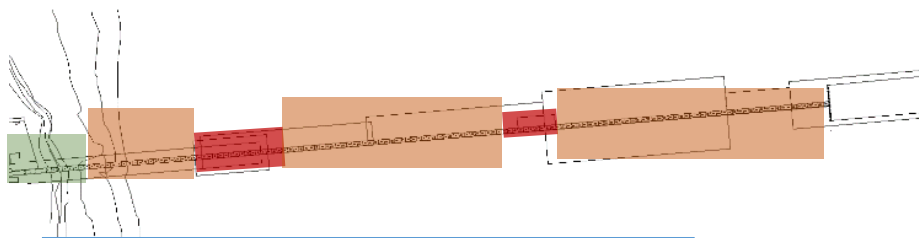


Figura 60. Plano general del muelle progreso, registro de deterioros.

Arco	Deterioros	Nivel
1-11 amarillo	D.P.E. ABR (CL)	B
11-30 rosa	H, I, L, D.M., D.P.E., B.R.B., M	M
30-40 rojo	H, G, M, G.R.M., FL, D.P.E., B.R.M., ABR.	A
30-60 verde	ABR, M, CGR, OOD	M
60-94 café	ABR, M, D.P.E., L, FL	M
89-96 rojo	*desperdicios de ampliaciones y cascajo de modificaciones y material de nuevo viaducto, que significan un deterioro ambiental.	A
30-94	G, L, M, ABR	A
94-127 gris	ABR, CGR, OOD	M
128-140 azul	M, I, (CL), L, B.R.B.	M
140-170 verde olivo	L, I, M, D.P.E, B.R.B, G, OOD	M

Tabla 11. Tabla de registro de deterioros y niveles de afectación. Plano de deterioros con tabla de registros, Arq. Estrada ©

El dictamen óptico que se da posterior a la inspección y la valoración de zonas y deterioros es que el muelle se está viendo rebasado por el uso como vía de acceso, aunque ha tenido reparaciones importantes como la del 2001 y la del 2008, el mantenimiento sugerido no ha sido respetado y eso ha contribuido al avance de su detrimento. Para conservar este hito se propone como parte del proyecto de rehabilitación, un cambio de uso a corredor turístico, el cual tendría la posibilidad de reactivar la zona y con base en lo dictaminado, se procedería a la inauguración del nuevo muelle fiscal, el cual corre paralelo al antiguo muelle.

La etapa de recopilación y análisis de información la cual nos dice todo lo referente al inmueble desde su proyección, ejecución, ampliaciones, así como sus inspecciones y reparaciones, comprueba nuestra primera conclusión, y es que las malas reparaciones, así como las ampliaciones y el mantenimiento inadecuado sólo aceleran el desgaste de esta construcción emblemática.

Si comparamos el ejercicio de inspección visual normalmente propuesto, contra la matriz metodológica, nos encontramos con que aún hace falta información específica que nos pueda determinar los patrones de comportamiento de este tipo de edificaciones ante un ambiente como lo es el de la costa de Yucatán, el objetivo de trazar esta información es para tener el conocimiento de los contratiempos que se pueden presentar y así prevenirlos, asegurando una función y durabilidad de más de 50 años. Para llegar a un pre-diagnóstico, la matriz propone las siguientes etapas de registro, estudio y análisis.

Descripción {Tiempo, Uso, Contexto, Diseño, Geometría, Técnica}

Información {Observación, Acervo, Procesos}

Pre diagnóstico {Causas, Efectos, Posibles Soluciones}

Estas fases nos ayudarán a clasificar la información de cada inmueble, ya sea uno nuevo o uno existente, diversos manuales han asentado las bases de registro como antecedente constructivo de una edificación, sin embargo, si se crece esa información hacia una metodología, nos daremos cuenta que esto es solo una pequeña parte de una gran investigación, en la que, a través de la conformación de una matriz metodológica se tejerán redes de información que nos ayuden a producir construcciones más eficientes, además de tener información constructiva de la causa y efecto de la producción de una edificación en un tipo de ambiente determinado, haciendo énfasis en la relación

que hay entre estos al momento de querer saber los posibles comportamientos que pueda presentar una construcción nueva. *Tabla 9.*

METODOLOGÍA									
DESCRIPCIÓN	TIEMPO	USO	CONTEXTO (ambiental-artificial)	DISEÑO	GEOMETRÍA	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	MATERIALES		
INFORMACIÓN	OBSERVACIÓN SUPERFICIAL	ANÁLISIS DE LESIONES EN CONTRADAS	UBICACIÓN	MAGNITUD					
	ARCHIVO Y ACERVO (OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS)	CUALITATIVA	ARCHIVOS Y ACERVO	INCIDENCIA	MECANISMOS	HERRAMIENTAS			
	PROCESOS DE ANÁLISIS		DATOS CUANTITATIVOS		SÍNTESIS		COMPARACIÓN		APUNTE FINAL
		CLASIFICACIÓN DE ZONAS	ENSAYOS	PRUEBAS DE LABORATORIO	RESULTADOS	RESUMEN	CONTRASTE	PATRONES ENCONTRADOS	CONCLUSIÓN
CONFORMACIÓN DE LA INFORMACIÓN									
PREDIAGNÓSTICO	POSIBLES CAUSAS Y EFECTOS	POSIBLES SOLUCIONES							
INSPECCIÓN DETALLADA	PLANIFICACIÓN	PROCESO	SÍNTESIS	RESULTADOS	CONCLUSIONES				
CONTRASTE PREDIAGNÓSTICO VS INSPECCIÓN DETALLADA									
VALORACIÓN	LOCALIZACIÓN DE DAÑOS	TIPO DE DAÑO	NIVEL DE RESISTENCIA	CRITERIOS	COMPORTAMIENTO	LOCALIZACIÓN PATOLÓGICA			
INTERPRETACIÓN	ANÁLISIS PATOLÓGICOS PRIMARIOS	ANÁLISIS PATOLÓGICOS SECUNDARIOS	COMPORTAMIENTO DE LA ANOMALÍA	PATRONES DE COMPORTAMIENTO					
DIAGNÓSTICO	RESUMEN DE LA INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	RECOMENDACIONES	MEIOS DE ACTUACIÓN					
SOLUCIÓN	TRATAMIENTO	PARÁMETROS	SOLUCIONES DOCUMENTADAS	NORMATIVIDAD					
INTERVENCIÓN	PLANIFICACIÓN	DISEÑO	LIBERACIÓN	CONSOLIDACIÓN	REESTRUCTURACIÓN				
REINTEGRACIÓN	RECONFIGURACIÓN	INFRAESTRUCTURA	ENTREGA						
MONITOREO	SUPERVISIÓN A CORTO PLAZO	SUPERVISIÓN ALARGO PLAZO	SINIESTROS						
MANTENIMIENTO	PREDICTIVO	PREVENTIVO	CORRECTIVO						

Tabla 12. Directriz de registro de información de un inmueble. Propuesta de criterios básicos Arq. Estrada ©

En una tabla de análisis propuesta por la herramienta de inspección (de la metodología) tendríamos los datos de ambas edificaciones:

Tabla 10

CASO DE ESTUDIO	PALAFITO "SAN CRISANTO". YUCATÁN, MÉXICO. Diciembre 2016	MUELLE FISCAL DE PROGRESO. YUCATÁN, MÉXICO. Febrero y Marzo 2017	
Observación.	Descripción		
	1. Tiempo.	Año de entrega: 2001. 16 años de vida	Año de construcción: 1937. Tiempo de vida: 76 años de vida y servicio. Ampliación en la década de los 70's.
	2. Contexto.	Clima: se clasifica como BSh por el sistema Köppen-Geiger. El más seco de los semiáridos. Cálido, con lluvias intermedias o irregulares con tendencia a distribuirse en el verano.	Clima: se clasifica como BSh por el sistema Köppen-Geiger. El más seco de los semiáridos. Cálido, con lluvias intermedias o irregulares con tendencia a distribuirse en el verano.
	3. Uso.	Habitacional	Muelle Fiscal
	4. Diseño.	Dos crujeas rectangulares con orientación sur-norte.	Se compone de 170 arcos de concreto macizo, de los cuales 146 son el muelle y 24 pertenecen al área del edificio aduanal.
	5. Geometría.	Dos volúmenes rectangulares intersectados desplantados sobre pilas rectangulares. Edificación de un nivel	Pilas de sección circular y yelíptica. Trabes trapezoidales y arcos ojivales en área de edificio aduanal.
	6. Materiales.	Concreto Armado, prefabricados de concreto y Madera	Concreto macizo y acero inox de refuerzo en trabes de los arcos.
	7. Sistemas.	Pilas, trabes (prefabricadas) y losas de concreto armado.	Arcos de medio punto y arcos ojivales de concreto maicizo con refuerzo de acero inox en trabes.
	8. Elementos.	Pilas, trabes, losas (con cápsulas de medición integradas para monitoreo de comportamientos estructurales), techumbres y escaleras de concreto. Ventanas, puertas, barandales e interiores de madera.	Pilas, arcos de medio punto y arcos ojivales ubicados debajo del área del edificio aduanal.
	Información		
	1. Datos Cualitativos. Resumen de etapa descriptiva.	Edificación desplantada sobre pilas o estacas de concreto armado, trabes y losas del mismo material. 16 años de servicio de la edificación. Localizada en zona costera de la Península de Yucatán. Expuesto a un ambiente de alto contenido en cloruros, con vientos predominantes del oeste.	Muelle compuesto por pilas y arcos, en el que se han presentado daños desde el 2006 y ha pasado por reparaciones para alargar su tiempo de servicio.
	2. Archivo y Acervo.	Federico Dickinson Bannack. Ecología Humana en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida (Cinvestav-Unidad Mérida). Pedro Castro Borges. Corrosión en Estructuras de Concreto Armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones. IMCYC. 1998	API. Registros de comportamientos constructivos desde el 2001. ALCONPAT. Pruebas mecánicas, químicas y electroquímicas. CINVESTAV Reportes de Inspección y Diagnóstico. Pedro Castro Borges. Corrosión en Estructuras de Concreto Armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones. IMCYC. 1998. Oladis Troncónis de Rincón, et al. Red DURAR. "Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado". CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XV Corrosión/Impacto Ambiental sobre Materiales, CYTED. 3ra Edición. 2000.
	3. Procesos.	Concreto armado como proceso constructivo. Se ha visto sometido a dos huracanes importantes en la región: Isidoro (a un año de servicio) y Wilma (4 años de servicio).	Concreto macizo y acero inox de refuerzo en trabes de los arcos. Ampliación del muelle en la década de los 70's. para dar servicio a cruceros y buques de contenedores, construcción de un nuevo dique.
4. Herramientas de estudio.	Estudio de PH. Sensor de Humedad y Temperatura Vaisala. Pachómetro, G-Corr (velocidad de corrosión), Medidor de Resistencia (dureza) de concreto y Cámara termográfica.	Estudio de PH. Sensor de Humedad y Temperatura Vaisala. Pachómetro, G-Corr (velocidad de corrosión), Medidor de Resistencia (dureza) de concreto y Cámara termográfica. Martillo de rebote para resistencia. Análisis Echem de Gamry para las barras de acero.	
Intervalo de Información Base.			

Tabla 13. Registro de datos de ambos casos de estudio en la matriz de información.

CASO DE ESTUDIO		PALAFITO "SAN CRISANTO". YUCATÁN, MÉXICO. Diciembre 2016	MUELLE FISCAL DE PROGRESO. YUCATÁN, MÉXICO. Febrero y Marzo 2017
Intervalo de Información Base.			
Exploración.	Pre diagnóstico		
	1. Causas.	Altos niveles de salinidad en la edificación.	Debido a la ampliación alteración de la dinámica de ambiente (corrientes del mar) afectando el comportamiento estructural. Altos niveles de cloruros y sulfatos debido a lixiviaciones. Agrietamientos, desprendimientos, presencia de moho y deterioro de las reparaciones hechas con las bandas de carbono.
	2. Efectos.	Posibles fallas en presencia de un huracán o ciclón.	Agrietamientos, fisuras, humedades, desprendimientos, abrasiones y oquedades.
	3. Alternativas.	Debido al monitoreo que se le da a la edificación por periodos de entre 4 o 5 meses, así como inspecciones de estado actual posteriores a eventos meteorológicos como huracanes o ciclones.	Seguir los lineamientos de mantenimiento de las bandas de carbono, así como la aplicación de epóxicos apropiados para la reparación de grietas. Todo como lo marcan los lineamientos propuestos a la API por parte del Dr. Castro Borges y su equipo de investigadores del CINVESTAV. (Documentación exclusiva de la Asociación Portuaria Internacional). Se propone un cambio de uso del muelle, debido a que el uso se ha visto rebasado y el deterioro va en aumento.
	Inspección Detallada		
	1. Planeación.	Monitoreo estructural en columnas y trabes	Análisis estructural en arcos, columnas y trabes
	2. Técnicas.	Medición con G-Corr (utilizando el electrodo ubicado en la cápsula de medición en columnas y trabes), Niveles de humedad y temperatura. Resistencia del concreto.	Estudio de PH. Sensor de Humedad y Temperatura Vaisala. Pachómetro, G-Corr (velocidad de corrosión), Medidor de Resistencia (dureza) de concreto y Cámara termográfica. Martillo de rebote para resistencia. Análisis Echem de Gamry para las barras de acero.
	3. Zonificación.	Columnas vulnerables a inundaciones. Nomenclatura A, B, C, D, E, F.	Arcos más vulnerables y que presentan mayor deterioro: arcos 30-40 y 89-96. Arcos 11-30, 40-88, 97-170 de nivel medio de deterioro y los arcos ubicados en tierra 1-11 en nivel bajo de deterioro.
	4. Estudios y análisis.		* Estudio de PH. Sensor de Humedad y Temperatura Vaisala. Pachómetro, G-Corr (velocidad de corrosión), Medidor de Resistencia (dureza) de concreto y Cámara termográfica. Martillo de rebote para resistencia. Análisis Echem de Gamry para las barras de acero. Los mismos que en las primeras inspecciones.
	5. Síntesis.	La edificación hasta el año 2017 no ha presentado lesiones o daños.	El muelle presenta daños severos que no hacen posible que siga estando al servicio de transporte de turistas, objetos, materiales de comercio, agropecuarios, etc. Su uso ha rebasado la función del muelle, se recomienda se de celeridad a la inauguración del nuevo viaducto-muelle fiscal para hacer las reparaciones y reconfiguraciones de uso del muelle original debido a que se trata de un hito de la zona y el estado.
6. Resultados.	El comportamiento constructivo de la edificación es estable debido a las exigencias de calidad y supervisión de procesos constructivos durante su edificación.	* Información confidencial y exclusiva del equipo de inspección. En este caso el estudiante a Maestría Arq. Susana Estrada no participó en esta etapa y por lo tanto desconoce los resultados obtenidos.	
7. Conclusiones.	Edificación sana.	* Conclusiones confidenciales y exclusivas del equipo de inspección y de las autoridades de la API.	
Intervalo de Contraste de Información.			

Tabla 14. Registro de datos de ambos casos de estudio en la matriz de información.

CASO DE ESTUDIO		PALAFITO "SAN CRISANTO". YUCATÁN, MÉXICO. Diciembre 2016	MUELLE FISCAL DE PROGRESO. YUCATÁN, MÉXICO. Febrero y Marzo 2017
Diagnos.	Valoración		
	1. Localización.	La zona nor-oeste representa la de mayor exposición a cloruros, por lo tanto será la zona de monitoreo constructivo.	-
	2. Tipo de Daños.	Exceso de cloruros, humedades, moho y escurrimientos por uso de instalaciones.	-
	3. Niveles de Resistencia.	Niveles con base en el proceso de corrosión en relación a la cantidad de cloruros. Tiempo de propagación y ruptura aún no se ha presentado.	-
	4. Criterios.	-	-
	5. Comportamientos.	-	-
	6. Vulnerabilidades.	-	-
	Interpretación		
	1. Análisis Primario.	Velocidad de corrosión, temperatura y humedad.	-
	2. Análisis Secundario.	-	-
	3. Patrones Internos.	-	-
	4. Patrones Externos.	Temperaturas extremas, humedad arriba del 70%, alta cantidad de cloruros y sulfatos debido al uso (sea el caso de fugas en instalaciones hidrosanitarias)	-
	Diagnóstico		
	1. Resumen.	El comportamiento de la edificación es normal y no presenta afectaciones aún después de verse expuesto a huracanes y ciclones. Se recomienda el mismo proceso de diseño, proyecto y ejecución de esta vivienda a futuras construcciones a desarrollar en esta zona.	-
	2. Descripción General.	Sin lesiones, daños y deterioros.	-
	3. Recomendaciones.	Mantenimiento y monitoreo del inmueble	-
4. Alternativas.	Aún no se presenta caso de daño para recomendar reparación.	-	
Intervalo de Pautas R.R.R.			
Praxis.	Solución		
	1. Parámetros.	En este caso no hay una propuesta de solución de problemas, ya que no se han presentado y la composición de los elementos incluye una cápsula de medición que monitorea la edificación.	-
	2. Soluciones Registradas.	No se han presentado daños ni reparaciones.	-
	3. Normatividad.	Debido al diseño: ISO, ASTM, NMX	-
	4. Tratamiento.	No se le ha practicado.	-
	Intervención		
	1. Diseño.	-	-
	2. Planeación.	-	-
	3. Liberación.	-	-
	4. Consolidación.	-	-
	5. Reestructuración.	-	-
	Reintegración		
	1. Uso.	No se propone otro.	Se propone corredor turístico
2. Correspondencia.	-	-	
Intervalo de Comportamientos			
Seguimiento.	Monitoreo		
	1. Supervisión a Corto Plazo.	Inspección visual (fotográfica y en planos)	-
	2. Siniestros.	Huracanes Isidoro y Wilma	-
	3. Supervisión a Largo Plazo.	Registros de comportamientos: Medición con G-Corr (utilizando el electrodo ubicado en la cápsula de medición en columnas y trabes), Niveles de humedad y temperatura. Resistencia del concreto.	-
	Mantenimiento		
	1. Mantenimiento Preventivo.	Limpieza e impermeabilización en zonas de techumbres de acuerdo a las normas (ISO, ASTM, NMX, etc.)	-
	2. Mantenimiento Correctivo.	-	-
3. Mantenimiento Predictivo.	-	-	

Tabla 15. Registro de datos de ambos casos de estudio en la matriz de información.

Prospección:

El conformar una metodología de la investigación patológico-constructiva no solo puede proporcionar el método de inspección, análisis y evaluación de una edificación. Las posibilidades de ésta nos pueden llevar a crear círculos de investigación en cada una de sus fases, es decir, al existir una fase descriptiva como lo menciona la metodología es ahí donde corresponde colocar todos los estudios históricos, morfológicos, de uso, etc. que componen un edificio, por otro lado, si hablamos de la generación de hipótesis de problemas patológicos nos colocaremos en la fase de pre diagnóstico, la investigación referente a herramientas, técnicas y análisis correspondería a la fase de inspección detallada, etc. Cada fase puede convertirse en un área de oportunidad de la investigación en pro de la durabilidad, conservación y correcto mantenimiento de las ciudades y sus elementos construidos.

El evolucionar la metodología como ruta de inspección o método de evaluación constructiva puede llevarnos a la generación de herramientas e incluso de tecnologías relacionadas con la lectura de comportamientos estructurales en tiempo real, así como acercar al usuario al ejercicio de la evaluación de su vivienda o espacio funcional y habitable. Ahora bien, sabemos que se han desarrollado dispositivos de medición estructural y constructiva por medio de nano chips (insertados en los sistemas) que envían información vía wifi a una nube de información, sin embargo es posible que se puedan desarrollar aplicaciones que puedan mapear el estado actual de una casa, edificio, plaza, etc.

La combinación de los modelos, las técnicas de análisis con las herramientas tecnológicas pueden derivar en tecnologías enfocadas al conocimiento patológico, las bases metodológicas pueden hacer surgir ideas relacionadas con la examinación, mapeo y rastreo de la información de los comportamientos constructivos que podrían derivar en la evolución acelerada de los materiales y nuevas propuestas de diseño en cuanto a geometría estructural se refiere, etc. , por decir un ejemplo, al estudiar la geometría de edificaciones del románico, estudio correspondiente al área descriptiva de la investigación patológico-constructiva, podemos reintegrar este tipo de geometrías al diseño contemporáneo con materiales más adecuados al medio ambiente (en el que se haga la propuesta).

La originalidad consiste en el retorno al origen: así pues, original es aquello que vuelve a la simplicidad de las primeras soluciones... Antonio Gaudí.

Aún falta por hacer, sin embargo todo desarrollo tecnológico comienza por una metodología de investigación, la cual organice y clasifique la información referente al área de estudio, en este caso el conocimiento profundo e integral de la vida de un organismo construido. El ideal es que en algún

momento sea posible conocer el estado de deterioro o nivel de desgaste de nuestros edificios y ciudades por medio de aplicaciones disponibles en nuestros dispositivos móviles, quizás saber cuáles son las zonas de riesgo o las que necesitan ser atendidas para lograr una funcionalidad óptima, es decir conocer las entrañas de nuestras ciudades y sus construcciones. Fomentando este tipo de investigaciones se puede impulsar la creación de artefactos de análisis, bases de datos, modelos predictivos (aplicados a sistemas constructivos) que lleguen a ser retroalimentadas por los profesionales de la construcción.

Conclusiones:

La inspección de un inmueble no debe darse de manera aislada, ni estudiar sus elementos, materiales y sistemas como si fueran ajenos a un tipo de ambiente o a algún cambio ejercido por la mano del hombre y mucho menos sin un mecanismo de valoración que los enlace, incluso con observaciones de otras edificaciones. Los ejemplos aquí expuestos demuestran que si se construye la metodología para caracterizar la información, se hará más sencillo el ejercicio de identificación patológica en donde los expertos puedan complementar la información existente y generen investigaciones que tejan la información y se formen redes de comportamientos, los cuales nos permitan identificar ambientes hostiles, materiales inadecuados, patrones de comportamiento positivo o negativo y la aplicación de alternativas de construcción distintas a las convencionales que puedan transformar el quehacer arquitectónico y constructivo.

Así como un ser vivo, una edificación no se comporta por partes aisladas, es un organismo que se habita y como tal, se debe analizar desde ese punto de vista. La consolidación de una metodología de análisis dará origen a los modelos de evaluación dependiendo en donde se encuentre localizada una edificación determinada, generando la herramienta base en cuanto a durabilidad y alargamiento de tiempo de vida de una construcción, basándonos en la prevención y solución de patologías.

A esta conclusión se llega al haber compilado la información referente a estudios patológicos e identificación de patologías constructivas. La identificación de modelos de cálculo de vida o tiempo de vida útil confirma la necesidad de conformar una metodología de investigación patológica, se entiende que esto es necesario para proponer herramientas de estudio y lograr el mejor entendimiento de los problemas patológicos por parte de la comunidad de arquitectos.

Retomando el objetivo principal y los objetivos particulares de esta tesis, con respecto al trabajo desarrollado y contrastándolo, se concluye lo siguiente:

Objetivo General.

1. *Crear la herramienta de análisis patológico-constructivo mediante la formulación de una metodología que determine los parámetros requeridos en un estudio patológico. A partir de la investigación de la génesis del inmueble pasando por el estudio de las anomalías encontradas se analizarán los posibles efectos en caso de que un inmueble sea o no intervenido.* El objetivo se cumple en un 60%, ya que al constituir la metodología automáticamente se obtiene la ruta de análisis integral de un inmueble, sea de producción reciente o antigua, todo esto ayudado de la literatura investigada, cuyo entendimiento del método científico ha desarrollado manuales, modelos, cálculos, etc. referente al estudio de las causas y efectos

de las patologías; ahora bien, el análisis de causa-efecto no puede darse de manera inmediata, aunque las investigaciones de los expertos son referentes a las patologías más frecuentes ya sea en sistemas o en ambientes se puede determinar un origen, sin embargo siempre es necesario el análisis profundo en donde quizás se estudie otro tipo de problema patológico o se originen otros tipos de cálculos para predecir el comportamiento de una edificación.

Objetivos Particulares.

2. *Identificar las tecnologías, herramientas y métodos de análisis utilizados en la actualidad para el análisis patológico de un inmueble con base en el sistema constructivo que lo compone.* El objetivo se cumple en un 100% ya que el enfoque de esta tesis fue recabar la información existente y en proceso de desarrollo referente al tema de tecnologías, métodos, herramientas (modelos, manuales, artefactos, planes de estudio, etc.), al obtener esa información referente al estudio profundo de una edificación a partir de los sistemas que los componen se tiene la base científica para la creación de la metodología.
3. *Estudiar los tipos de procesos de inspección existente aplicados en los últimos años. Analizando lo anterior se buscará integrar la identificación de problemas patológicos al actual método de rehabilitación utilizado en nuestro país.* El objetivo se cumple al 100%, ya que a través de los manuales citados en esta tesis, se pudieron encontrar rutas de inspección y procesos de análisis aplicados a la rehabilitación de estructuras, que, a través de su comprensión y contrastándolos con los métodos aplicados en nuestro país se puede reconfigurar el método de análisis de daños y propuestas de intervención.
4. *Complementar los métodos de análisis aplicados en el ejercicio de intervención o mantenimiento de un inmueble conformando y estructurando la serie de fases de estudio para la obtención de un diagnóstico a partir de una inspección patológica.* El objetivo se cumple al 100% puesto que se puede proponer la metodología como ruta de análisis en la que cada una de las fases propuestas puedan generar la información correspondiente a uno o un grupo de inmuebles para ser evaluados y, a partir de la base informativa y científica se obtiene un diagnóstico para hacer propuestas de intervención. En el caso del muelle se comprobó que la metodología de análisis se puede organizar por fases e intervalos secuenciales conduciéndonos al diagnóstico (como lo fue la inspección del 2008) comprobando que las fases posteriores de intervención y monitoreo son necesarias (sea el caso de la última inspección 2017).

5. *Estudiar el comportamiento de una edificación, desde su concepción original hasta la actualidad, analizar su contexto y la influencia que este ejerce; obteniendo esa información se clasificará las patologías y las herramientas apropiadas para el análisis de cada una.* El objetivo se cumple al 100%, a través del objeto de estudio por medio de la estancia experimental y la oportunidad dada por el Dr. Pedro Castro Borges y el equipo de Inspección del Laboratorio de Corrosión del Departamento de Física Aplicada del CINVESTAV, pude comprobar que es posible conocer el comportamiento de una edificación teniendo a la mano la información que lo concibió (planos, fotos, bitácora, etc.), el análisis del ambiente en el que se encuentra, el uso, los sistemas y la geometría a través del paso del tiempo. La conformación ordenada del acervo y los datos generados pueden determinar el estado actual de una edificación y eso confirma que la metodología puede dar origen al método de inspección y análisis de un organismo construido.
6. *Introducir al Arquitecto al ejercicio de la interpretación de datos, el ejercicio de análisis y comprensión de los sistemas constructivos para la identificación de una anomalía y posteriormente la determinación de parámetros para su solución.* El objetivo no logra su cumplimiento al 100%, ya que es un proceso muy complejo el de lograr que el arquitecto se forme tanto en el área de la comprensión del ambiente, el comportamiento estructural, los análisis existentes y su interpretación de datos. Para la comprensión profunda de una edificación no solo se requiere la interpretación de datos obtenidos en laboratorio, también se necesita el contraste de datos cualitativos, además del entendimiento de las causas exógenas que ejercen el medio ambiente y el tiempo sobre la muestra. Este objetivo puede derivar en otras investigaciones referentes a la docencia y a la introducción del arquitecto en el manejo de herramientas, toma de muestras y análisis de datos en laboratorios, donde se muestre la capacidad de análisis que puede tener un arquitecto al momento de evaluar el estado de habitabilidad y funcionalidad de una construcción.

Comprobación de la Hipótesis:

Al contrastar los objetivos con el trabajo final de tesis es necesario comprobar que tan cierta es la hipótesis generada, esto nos hará saber cuáles son los pasos siguientes en cuanto a la línea de investigación se refiere. La hipótesis que dio la génesis de esta tesis fue la siguiente:

Si se crea la matriz metodológica del estudio patológico-constructivo, se desarrollará la herramienta de análisis integral de una edificación, la cual permitirá identificar las causas y los efectos de las anomalías encontradas que afecten su funcionamiento, sentando las bases de un diagnóstico certero que marque las pautas de intervención para su mejoramiento.

La hipótesis en este caso es correcta, ya que al crear la metodología de la investigación patológica de la construcción podemos conformar los rubros de investigación referentes al conocimiento integral de una edificación en relación al ambiente (natural y artificial) que le rodea en función del paso del tiempo. Esta metodología permitirá desarrollar los métodos y herramientas de análisis referente al conocimiento del origen de los problemas patológicos y su solución, a partir de esto se generarán propuestas de solución con base en diagnósticos certeros cuyas bases técnico-constructivas permitan una intervención con miras a la durabilidad y el correcto funcionamiento de un inmueble.

*Lo que funciona bien es mejor a lo que se ve bien,
porque lo que funciona bien permanece en el tiempo...*

Ray Eames

Glosario de Términos:

Patología: Enfermedades o lesiones que presenta un organismo, sus orígenes causas y efectos.

Patología Arquitectónica: El estudio de los procesos que originaron una falla, anomalía o lesión en un volumen arquitectónico y cómo esto afecta a su correcto funcionamiento. Analiza sus orígenes físicos, químicos y mecánicos; sus efectos, posibles soluciones y tratamientos.

Síntomas: Anomalías que presenta una edificación causada por agentes internos o externos y que al parecer no se manifestaban en su concepción original.

Lesiones: Afectaciones surgidas por una serie de eventos de naturaleza física, química o mecánica que provocan un cambio en la morfología (en el trabajo mecánico de sus componentes) o en la función de un elemento arquitectónico o en toda la composición del edificios.

Sistemas: Conjunto de elementos que se relacionan e interactúan entre sí, otorgando una función específica a un volumen arquitectónico.

Diagnóstico: La determinación de las anomalías encontradas en un cuerpo arquitectónico determinando los sistemas afectados identificando los factores que provocaron esas lesiones y los efectos a futuros que generará. Todo esto con el propósito de determinar parámetros de intervención.

Intervención: El proceso de atención de un síntoma que afecte a un organismo arquitectónico de manera dirigida, con el propósito de subsanar y corregir los problemas que ocasionaron un mal funcionamiento.

Tratamiento: Inclusión de los métodos de cualquier clase para la mitigación de un daño o lesión en un sistema.

Comportamiento: La manera de actuar de un sistema arquitectónico ante un estímulo, ya sea externo o interno, natural o artificial.

Patrones: Conjunto de sucesos recurrentes dentro de un conjunto de inmuebles. Son las variables constantes e identificables que presenta un grupo en este caso edificaciones.

Monitoreo: Rastreo de comportamientos de una estructura ante situaciones y estímulos naturales o artificiales.

Prevención: Anticiparse a un acontecimiento que pueda provocar daños a una edificación, que ponga en riesgo su integridad así como las vidas de quienes lo habitan. Son la serie de etapas que reducen paulatinamente el deterioro o mal funcionamiento de un edificio.

Patrimonio: Según la convención sobre la protección del patrimonio mundial cultural y natural de 1972. Se le considera patrimonio cultural a los monumentos: obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumental, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia.

A manera personal es toda aquella construcción que representa la identidad cultural y social del entorno del ser humano.

Índice de Figuras:

Figura 1. Recomendaciones de los manuales de referencia UNESCO.	6
Figura 2. Clasificación de edificios: edificios vivos (aún con función), edificios muertos (colapsados de culturas pasadas ya desaparecidas) y edificios enfermos (edificios aún funcionales a pesar del tiempo y las inclemencias ambientales).....	9
Figura 3. Análisis ambiente y contexto construido.	10
Figura 4. Método de restauración actual.	30
Figura 5. Proceso Práctico de Restauración.	31
Figura 6. Gráfico de evaluación de daños y riesgos con base en un diagnóstico ambiental y constructivo.	33
Figura 7. Collage de una auscultación de un inmueble dañado.....	35
Figura 8. Modelo de Enrique Santoyo. Interpretación Gráfica.....	38
Figura 9. Diagrama conceptual Fabio Fatiguso y Albina Sciotti.....	41
Figura 10. Gráfico de propuesta de análisis C.I.B.	42
Figura 11. Patología como línea de investigación Multidisciplinaria	43
Figura 12. Gráfico resumen de análisis en tres actos.	44
Figura 13. Del tipo de lesiones que puede presentar un inmueble, se le agrega la afectación por microorganismos, es decir Biológica.	47
Figura 13. Del tipo de lesiones que puede presentar un inmueble, se le agrega la afectación por microorganismos, es decir Biológica.	47
Figura 14. Clasificación de las afectaciones para la enseñanza patológica.....	49
Figura 14. Clasificación de las afectaciones para la enseñanza patológica.....	49
Figura 15. Modelo de vida Tuutti.....	51
Figura 15. Modelo de vida Tuutti.....	51
Figura 16. Modelo de Tuutti vida residual	53
Figura 16. Modelo de Tuutti vida residual	53
Figura 17. Modelo de vida útil.	54
Figura 17. Modelo de vida útil.	54
Figura 18. Gráfica de modelo de lógica difusa Zahde.	57
Figura 18. Gráfica de modelo de lógica difusa Zahde.	57
Figura 19. Gráfico explicativo de la lógica difusa	58
Figura 19. Gráfico explicativo de la lógica difusa	58
Figura 20. Gráfico de modelo de siete etapas	60
Figura 20. Gráfico de modelo de siete etapas	60
Figura 21. Diagrama de flujo	64
Figura 22. Diagrama de árbol de decisiones.....	65
Figura 22. Diagrama de árbol de decisiones.....	65
Figura 23. Diagrama de flujo de inspección.....	68
Figura 23. Diagrama de flujo de inspección.....	68
Figura 24. Gráfico de área de oportunidad de la patología.....	84
Figura 24. Gráfico de área de oportunidad de la patología.....	84
Figura 25. Modelos de análisis	86
Figura 25. Modelos de análisis	86
Figura 26. Diagrama sistémico de conocimiento patológico. Diseño Arq. Susana Estrada.....	87
Figura 26. Diagrama sistémico de conocimiento patológico. Diseño Arq. Susana Estrada.....	87

Figura 27. Gráfico de metodología del estudio patológico.	95
Figura 28. Ciclo de análisis patológico. Arq. Estrada ©	108
Figura 29. Clasificación del clima en el estado de Yucatán, México de acuerdo al sistema Köppen-Geiger.	109
Figura 30. Localización del palafito de experimentación San Crisanto, Yucatán, México. www.googlemaps.com.	110
Figura 31. Palafito experimental. Fotografía de Arq. Estrada	111
Figura 32. Estructura Palafito experimental. Fotografía de Arq. Estrada.....	111
Figura 33. Planta estructural de palafito experimental, San Crisanto, Yucatán, México. Dibujado por Arq. Estrada.	112
Figura 34. Planta estructural de palafito experimental, San Crisanto, Yucatán, México. Dibujado por Arq. Estrada	113
Figura 35. Croquis de ubicación de áreas de afectación.....	113
Figura 36. Fotografía ala este de la vivienda. Asociación de anomalías con el ambiente y el uso....	114
Figura 37. Fotografía ala oeste de la vivienda. Asociación de anomalías con el ambiente y el uso. .	114
Figura 38. Medición de resistencia. Fotografía Ing. Jorge Mena	116
Figura 39. Medición de velocidad de corrosión. Fotografía Ing. Jorge Mena	116
Figura 40. Foto aérea de la ubicación del muelle fiscal de Progreso. www.googlemaps.com.....	118
Figura 41. Foto del proceso de construcción de la arcada del muelle fiscal. Fotografía cortesía del Acervo histórico API e IMT.	118
Figura 42. Foto muelle fiscal del puerto de Progreso. Arq. Estrada	119
Figura 43. Foto nuevo viaducto fiscal. Construcción sin inaugurar, tiempo de construcción 3 años. Arq. Estrada	119
Figura 44. Foto reparación de arcos por medio de fibras de carbono. Cortesía CINVESTSAV- Mérida. 2008. Mtra. Alexia Zozaya	120
Figura 45. Foto de las condiciones actuales de las reparaciones. 2017. Ing. Pedro Solano	120
Figura 46. Formato de hoja de inspección. Registro de daños y lesiones observadas. Arq. Estrada ©	124
Figura 47. Plano general del muelle progreso, registro de deterioros.....	125

Índice de Tablas:

Tabla 1. Tabla propuesta por Juan Monjo.	46
Tabla 1. Tabla propuesta por Juan Monjo.	46
Tabla 2. Metodológica de 12 etapas. Diseño Arq. Susana Estrada	88
Tabla 2. Metodológica de 12 etapas. Diseño Arq. Susana Estrada	88
Tabla 3. Criterios desarrollados de la metodología. Diseño y estructura Arq. Susana Estrada.....	91
Tabla 3. Criterios desarrollados de la metodología. Diseño y estructura Arq. Susana Estrada.....	91
Tabla 4. Registro de datos descriptivos a través del tiempo y calificación de cada uno de ellos. Diseño de tabla de información Arq. Susana Estrada	92
Tabla 5. Tabla de afectaciones relacionadas a factores de ambiente, contexto y uso. En donde 0 significa sin afectaciones y 10 afectaciones severa. Arq. Estrada	115
Tabla 6. Ficha de registro de datos referentes a la etapa Descriptiva del proceso de análisis de una edificación. Propuesta: Arq. Estrada ©	122

Tabla 7. Tabla de abreviaturas de anomalías posibles en la inspección de una edificación. Tabla propuesta por Arq. Estrada ©	124
Tabla 8. Tabla de registro de deterioros y niveles de afectación. Plano de deterioros con tabla de registros, Arq. Estrada ©	125
Tabla 9. Directriz de registro de información de un inmueble. Propuesta de criterios básicos Arq. Estrada ©	127
Tabla 10. Registro de datos de ambos casos de estudio en la matriz de información.....	128
Tabla 10. Registro de datos de ambos casos de estudio en la matriz de información.....	129
Tabla 10. Registro de datos de ambos casos de estudio en la matriz de información.....	130

Referencias:

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2014). *Gestión del Riesgo de Desastres para el Patrimonio Mundial*. Patrimonio Mundial, Manual de Referencia. París, Francia.
- González Varas Ibáñez. "Aproximación a la teoría de la restauración". *La catedral de León. El sueño de la razón*. Caja España. España. (2001). (pp. 63-66).
- Ma. Victoria García Morales, Victoria Soto Caba. (2013). *Patrimonio histórico-artístico y gestión de bienes culturales*. Recuperado de: <https://gradohistoriaarte.files.wordpress.com/2013/02/patrimonio-histc3b3rico-artc3adstico.pdf>
- González-Varas, I. *Conservación de Bienes Culturales. Teoría, historia, principios y normas*. Ediciones Catedral 4ta edición. Madrid, España. 2005. (p. 41)
- Pere Roca Fabregat. "Estructuras y Patrimonio Cultural. Análisis, conservación y restauración". *Restauración de Obra Pública*. It. Ingeniería y Territorio. N° 92. 2011. (pp. 20-29)
- Félix Lasheras Merino. *Sobre el Concepto de Causa, en Patología de la Construcción*. Ponencia sobre: Técnicas de diagnóstico. 4to Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios. Colegio Oficial de Arquitectos de Galicia. Santiago de Compostela, España. 2012
- ICOMOS, II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, Venecia 1984.
- Juan Monjo Carrio. *Patología de Cerramientos y Acabados Arquitectónicos*. Editorial Munilla-Lería, 2da Edición. Madrid, España. 1997. (pp. 19-23)
- Tuutti, K. *Corrosion on steel in concrete*. CBI Forskning Research, Swedish Cement and Concrete Research. Stockholm, Sweden. 1982
- G. López Collado. *Las Ruinas en Construcciones Antiguas. Causas, Consolidaciones y Traslados*. Editorial Rivadeneyra. Madrid, España. 1976
- UNESCO. *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural*. II Protección Nacional e Internacional del Patrimonio Cultural y Natural. Art 4 y 5 París, Francia. 1972.
- Coordinación Nacional de Monumentos Históricos. Subdirección de Catálogos y Zonas. *Objetivos y Funciones*. Recuperado de: <http://www.monumentoshistoricos.inah.gob.mx/index.php>
- ISCARSAH. *Recomendaciones para el Análisis, conservación y Restauración Estructural del Patrimonio Arquitectónico*. ICOMOS. 2005. Recuperado de: <https://iscarsah.files.wordpress.com/2014/11/iscarsah-guidelines.pdf>
- Mariella De Fino, Giambaptista de Tommasi. *Técnicas innovadoras y tradicionales de investigación y monitoreo de edificios históricos*. CIB. Conseil International du Batiment. N° 393. 2013. (pp.58-64)

- Ricardo Prado Núñez. "Ponencia México-Italia". Ponente Restaurador Especialista en Construcción, Experiencias de la Restauración del Escudo de la UNAM campus C.U. (vivencias del ejercicio profesional), 2015
- INAH. Coordinación nacional de sitios y monumentos históricos. *Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles y Estudios para las Declaratorias de Zonas de Monumentos Históricos y de Monumento Histórico*. México.2011. Recuperado de: <http://www.catalogonacionalmhi.inah.gob.mx/monumentos/index.jsp>
- Jorge Antonio Rojas Ramírez. *Procedimientos y Tecnologías en la Restauración. Arquitectura, conjuntos y naturaleza*. Tesis Postdoctoral: Capítulo Tecnología y Restauración. UNAM, México. 2013
- Zanni Enrique. *Patología de la Construcción y Restauo de Obras de Arquitectura*. Brujas. Argentina. 2008. (p. 26).
- Francisco Fiol Olivan. *Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios*. Universidad de Burgos. España. 2014.
- D. Balageas, et al. *Structural Health Monitoring*. Balageas, Fritzen, Guemes. London, UK. 2006
- Alfonso Capella Dálton, et al. *Detección proactiva de patologías en la construcción mediante redes de sensores inteligentes*. Departamento de Tecnología Informática y Computación. Universidad de Alicante. España. 2014. (pp. 25-37)
- *Curso de Patología, Conservación y Restauración de Edificios*. Tomo I, capítulo 1º. COAM. Colegio Oficial de Arquitectos. Madrid, España. 1992
- Paulo Helene, Fernanda Pereira. *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto*. Sika. Universidad de Sao Paulo, Brasil. 2007. (pp. 101-107)
- Oladis Troncónis de Rincón, et al. Red DURAR. "Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado". CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Subprograma XV Corrosión/Impacto Ambiental sobre Materiales, CYTED. 3ra Edición. 2000. (pp.68 y 69)
- Enrique Santoyo Villa. *Cimentaciones de Templos y Conventos de los Siglos XVI al XVIII*. Tesis de Doctorado. UNAM, México. 2010. (p. 2)
- Paulo Helene, Fernanda Pereira. *Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación, Refuerzo y Protección*. Proyecto de Difusión Tecnológica. Rehabilitar. CyTED. 2003 (p.85)
- Fabio Fatigusso y Albina Scioti. *Diagnostic Methodological Approach: Innovative Aspects For Masonry Structures*. CIB. N° 393. 2013. (pp. 50-54)
- Juan Bergós Massó. *Materiales y Elementos de Construcción. Estudio Experimental*. Bosch. Barcelona, España. 1952. (p. 408)
- L. Lombillo, I. Lombillo V. *Patología de la Construcción o una Obra en Tres Actos, Problema, Investigación y Rehabilitación*. UNICAN. España. 2012
- Juan Monjo Carrió. "Curso de Patología, Conservación y Restauración de Edificios". Tomo I. Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. España. 1991

- Ma. Mercedes Florentín Saldaña, Rubén Granada Rojas. *Patologías Constructivas en los Edificios. Prevenciones y Soluciones*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte. Universidad Nacional de Asunción, Ricardo Meyer. Paraguay. 2009
- Romeu Vicente, et. al. *Supporting urban regeneration and building refurbishment. strategies for building appraisal and inspection of old building stock in city centres*. Journal of Cultural Heritage. N° 16. 2015. (pp. 1-14)
- Tuutti, K. *Service life of structures with regard to corrosion of embedded steel performance of concrete in marine environment*. SP-65. ACI Detroit. 1980. (pp.223-236)
- Paulo Helene. *Manual para la Reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto*. Havana, IMCYC. 1998. (p. 148)
- Helene, Paulo. Contribución al Estudio de Corrosión en Armaduras de Concreto Armado. Sao Paulo, Universidad de Sao Paulo, Departamento de Ingeniería Civil y Construcción de la Escuela Politécnica de Sao Paulo, fev. 1993
- J.M. Macías-Bernal, et al. *Modelo de Predicción de la Vida Útil de la Edificación Patrimonial a Partir de la Lógica Difusa*. Informes de la Construcción, Vol. 66. No. 533. 2014
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. Information and Control, 8(3): 338-353, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Fernando López Rodríguez, et al. *Manual de Patología de la Edificación*. Departamento de Tecnología de la Edificación de la (E.U.A.T.M.). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 2004. (pp. 21-27)
- Pedro Castro Borges, et al. *Corrosión en estructuras de concreto armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones*. IMCyC. México. 1998
- J. Monjo Carriò. *Durabilidad vs Vulnerabilidad*. Informes de la construcción. Vol. 59, 507. 2007. (pp. 43-58)
- Manuel Fernández Cánovas. *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. 3ra Edición. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 1994
- Plantel de Especialistas. *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Structure. Barcelona, España. 2006
- Geoff Hunt. *Learning from the past*. Building Surveying Journal. UK. 2015 (pp.6-7)
- FOPAE. AIS. *Guía de Patologías Constructivas, Estructurales y No Estructurales. Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo*. 3ra Edición. Bogotá, Colombia. 2011. (pp.47-48)
- Violeta A. Nava. *Diseñan viviendas que resisten huracanes y duran 100 años*. Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. Boletín Agencia Informativa Conacyt. (2016)
- Pedro Castro Borges. Corrosión en Estructuras de Concreto Armado. Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones. IMCYC. 1998
- Castro P., Troncónis O., Moreno E. I., Torres-Acosta A. A., Martínez-Madrid M, Knudsen A., "Performance of a 60-year-old concrete pier made with stainless Steel reinforcement in Mexico", Materials Performance NACE, Vol. 41, No 10 (2002) 50-55

Normas:

- ISO 9000. Fundamentos de sistemas de Gestión de Calidad en un Sistema de Producción, 2015.
- ISO 13822 Bases for Design of Structures-Assesment of Existing Structures. 2010
- ISO 2394 General Principles on Reability for Structures, 2015 4th edition
- ISO 13824 Bases for Design Structures, General Principles on Risk Assesement of Systems Involving Structures, 2009
- ISO 31000 Risk Management – Principles and Guidelines, 2009
- ISO 15686 Cost of Cicle Life. Planificación de vida útil y otros requisitos de rendimiento, 2017