



**Universidad Autónoma del Estado de México**  
**Facultad de Arquitectura y Diseño**  
**Facultad de Ingeniería**

Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Patrimonio, Ambiente y Tecnología

“Modelo de diagnóstico, para la intervención y recuperación de edificios que han cumplido su vida útil. Inmuebles privados, edificados entre finales del siglo XIX e inicios del siglo XX en la Ciudad de Toluca, Estado de México”

Tesis  
para obtener el título de Doctora en Diseño, presenta:

**Dulce Guadalupe Ocampo Lugo**

**Comité de Tutores**

Tutor Académico:

Dr. Silverio Hernández Moreno

Tutores Adjuntos y Lectores:

Dr. René Lauro Sánchez Vértiz Ruiz

Dr. David Joaquín Delgado Hernández

Dr. Luis Alejandro Escamilla Hernández

Dr. Marcos Mejía López

Febrero 2020

## Introducción

El interés en el tema inicia durante el periodo comprendido entre 2010 y 2012, mientras se realizaba al estar dentro del programa de Maestría en Diseño de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México, la investigación correspondiente para el desarrollo del Trabajo Terminal de Grado con título: “Estrategia para la planeación de Vida Útil durante el proceso de Diseño Arquitectónico Sustentable, Vivienda Progresiva en el Estado de México” de la cual se derivaron interrogantes que excedían los alcances de la investigación, razón por la cual no fueron atendidas, no obstante, dieron lugar al planteamiento de éste trabajo.

Se identificó que es mayor el numero de oportunidades en los edificios que ya existen y de los cuales no se planeó su vida útil, respecto a los que potencialmente podrían planearse desde el momento de su planeación y proyección. Esta es la razón por la cual se consideró abordar la problemática de edificios que han cumplido su vida útil pero se niegan a desaparecer de la Ciudad, ya que sus características físicas y estructurales aún conservan rasgos útiles y aprovechables.

De esta forma, después de considerar los antecedentes que generaron la inquietud por este tema se define al problema de investigación de la siguiente manera: No existe un término ni proceso para la planeación de “Vida Útil” aplicable al resultado de renovación, reciclaje o re- uso de edificios, a pesar de la importante presencia de inmuebles que han llegado al fin de su vida útil sin haber tenido dicha planeación y que aún conservan potencial para su renovación; se espera una aproximación a la sustentabilidad al analizar y establecer criterios de compatibilidad de materiales para la intervención y reciclaje de edificios construidos a principios del siglo XX o anteriores, que han excedido su vida útil, para proponer su cambio de uso, con el fin de atender las necesidades actuales dentro de las zonas comprendidas en la Ciudad de Toluca e inmediaciones, al tiempo que se propone una disposición del edificio que prolongue su utilidad y evite los gastos e impactos ambientales que una demolición significa. Es producto de la investigación la propuesta un modelo de diagnóstico no invasivo que proporcione información a los profesionales de la industria de la construcción.

Se presenta una tendencia hacia la realización de una investigación cuantitativa, con la intención de ser comprobada numéricamente. A pesar de pretender tocar indicadores como el apego a los inmuebles, percepción social y de confort que no son claramente medibles; la forma de analizarlos está regido por el análisis estadístico y la relación de características contables con escalas igualmente numéricas.

Por lo tanto, se define este trabajo como una investigación cuantitativa, con la intención de comprobar o refutar la hipótesis que asegura que se alcanzará una mayor aproximación a la sustentabilidad y cuya respuesta deberá estar ligada a datos medibles.

El proceso de investigación será deductivo, tomando en cuenta que se parte desde la generalidad de la sustentabilidad, conceptos como ciclo de vida y vida útil de edificaciones, para derivar en una propuesta específica para un sitio determinado, y un tipo específico de construcciones.

La investigación es definida como no experimental. Se divide en secciones de acuerdo a los objetivos que se persiguen, para las cuales se utilizan herramientas de investigación específicas para la obtención de datos, como la revisión analítica de literatura y su procesamiento en mapeos (de autores, de modelos, de normas) y en la elaboración de estadísticas de edificios (y sus características), así como de condiciones ambientales y climáticas.

El análisis es realizado con un total de 218 inmuebles comprendidos en la ciudad de Toluca, Estado de México realizados entre finales del siglo XIX e inicios del XX, que se encuentran bajo régimen de propiedad privada y con un uso original de vivienda.

Se determinará la tendencia a cambios de uso, así como la viabilidad para su flexibilidad respondiendo a sus características físicas, y su relación de deterioro respecto a las condiciones del clima y ambiente (de acuerdo a las características identificadas) y su relación con el uso de materiales contemporáneos.

Para finalizar el análisis, con la propuesta de una herramienta (modelo de diagnóstico) que permita a los diseñadores obtener datos indispensables para la toma de decisiones, al tiempo que se generan ahorros económicos y de tiempo, al ser una herramienta digital no invasiva.

La aproximación a la sustentabilidad entendida como la visión general bajo la cual se desarrollará esta investigación dio la pauta para el inicio de la misma.

El concepto de sustentabilidad ha sido definido por autoridades mundiales en el tema y no solo se refiere al ámbito de la construcción, sino a toda la actividad humana. Se encuentra ampliamente ligado al concepto de desarrollo sustentable, cuya definición formulada por la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo dice ser “el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades.”

En este tenor la Arquitectura Sustentable puede considerarse como, parte del desarrollo (sustentable) de cada región o país, y al buscar los mismos objetivos deberá tener beneficios económicos, de mejoramiento ambiental y mejor calidad de vida de la sociedad, tanto para el presente, como para las futuras generaciones (Hernández, 2010).

Principalmente los profesionales involucrados en la industria de la construcción poseen una responsabilidad mayor en la búsqueda de procedimientos y mejoras que beneficien a la mitigación de los impactos generados al medio ambiente, al considerar que esta actividad (la construcción) es una de las más contaminantes si se considera todo su ciclo de vida, retomando la postura de Bryan Edwards (2005) quien plantea en su guía básica para la sostenibilidad que la industria de la construcción, en cualquiera de sus etapas consume el 50% de los recursos mundiales, permite dimensionar sus impactos, que convierten a esta actividad en una de las menos sostenibles del planeta. Sin embargo, es prácticamente imposible considerar que, el eliminarla es una respuesta, ya que la vida del hombre, históricamente se ha desarrollado en torno a espacios adaptados y posteriormente creados específicamente para el desarrollo de sus actividades, “vivimos en casa, viajamos por carreteras, trabajamos en edificios de oficinas y nos relacionamos en cafeterías y bares. La civilización contemporánea depende de los edificios para su cobijo y existencia” (Edwards, 2005: 3) sin embargo, el planeta no puede soportar el grado de consumo de recursos actual. Esta es la razón por la que la generación de arquitectura cada vez más responsable se torna en una prioridad y analizar el ciclo de vida y planeación de vida útil en edificaciones es la necesidad atendida en este trabajo.

El ciclo de vida de un edificio comprende desde que se extrae la materia prima, pasa por el diseño, la construcción, la ocupación, el fin de la Vida Útil, disposición final y concluye en su reintegración al medio ambiente, cerrando el ciclo.

Las normatividades se centran en certificaciones voluntarias altamente elaboradas, que sin embargo pocas veces son llevadas a cabo en nuestro contexto.

Como punto de unión, se analizaron autores como Gastón Bachelard y Juhani Pallasmaa (principalmente) que cohesionaron lo antes analizado, con la necesidad social de la trascendencia de los inmuebles en el proceso de búsqueda de identidad, para lo cual se puede comenzar con pensar que esta búsqueda comienza hacia el interior de las edificaciones. El acto de generar espacios para habitar, es inseparable de la concepción misma de la profesión, sin embargo; los arquitectos no construyen hogares, sino edificaciones. Lo anterior no quiere decir que como profesionistas deban separar las cuestiones estéticas y funcionales de la esencia y aspiraciones de quiénes habitarán el espacio; no obstante, la creación de un hogar no es un acto instantáneo sino el resultado de procesos culturales largos y complejos que posiblemente encuentren mejor explicación desde el campo de la sociología, psicología y psicoanálisis (Pallasmaa, 2016). En este sentido, podemos decir que la transformación y apropiación por parte de los habitantes del espacio, es tan singular como la mente de cada individuo, no obstante, de lo que podemos estar seguros es que cuando suceda, el usuario o habitante tratará de imprimir su esencia y como consecuencia, modificar (en distintos grados) su entorno, por lo que, proveer a los usuarios de alternativas de modificación y flexibilización que no afecten la estructura del inmueble, podría ser una opción recomendable.

En la “la poética del espacio” Gastón Bachelard (1957) se refiere a la casa onírica, sus características son condicionadas culturalmente y algunos espacios pueden ser prescindibles, sin embargo el desván y el sótano no lo son, porque ellos sirven para guardar recuerdos, el desván para aquellos recuerdos agradables, mientras que el sótano es para los desagradables, y ambos son necesarios para lograr una estabilidad y equilibrio mental; trasladando esto al contexto de la investigación resulta completamente ajeno, ya que nuestras edificaciones rara vez cuentan con estos espacios, sin embargo en el concepto de guardar y acumular recuerdos, la sociedad objeto de la investigación tiene suficiente material de análisis. Como concepto el guardar recuerdos

equilibradamente, es la intención social y simbólica de la propuesta. Generar espacios que hagan recordar o añorar tiempos pasados, al tiempo que provean de seguridad y funcionalidad. La casa es una colección y una concreción de las imágenes personales de protección e intimidad que permiten a uno mismo reconocer y recordar su propia identidad (Bachelard en Pallasmaa 2016).

En un mundo ideal, la planeación de la vida útil de los inmuebles desde el momento de su diseño sería la opción óptima, la especificación del fin de su vida y reincorporación al ciclo de vida de los materiales utilizados, no obstante el actuar de diseñadores y usuarios no responde a esta posibilidad (Ocampo, 2012). En ese sentido el apego a los inmuebles como si se tratara de un miembro de la familia, es resultado de emociones que van más allá del resguardo que genera un techo; en el contexto en que se ubica la investigación, este apego es evidente, tanto en los usuarios, como en los profesionistas que lo generan. Normalmente se diseña pensando que las edificaciones serán eternas y no se piensa en la disposición final a la que deberá llegar el inmueble algún día, y es hasta que esto ocurre, que nos damos cuenta que el impacto ambiental generado al momento de una demolición, aunado al impacto generado por una nueva edificación; se reduciría considerablemente si en lugar de ello, simplemente planeáramos una renovación total o parcial de un edificio existente, para adaptarlo a la satisfacción de necesidades actuales de la sociedad que se pretenden cubrir. Es decir, para recorrer un camino más fácil hacia la aproximación a la sustentabilidad podríamos comenzar por plantear conscientemente la necesidad de una nueva construcción, y si se diera el caso de que la necesidad a la que responderá la arquitectura pudiera solucionarse sin ella, simplemente preferir optar por esta opción y reducir los impactos tanto económicos como sociales y medio ambientales.



# Índice Interactivo

## 1. Recuperación Sustentable de Edificios

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Definición del Problema

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo general de investigación

#### 1.2.2. Objetivos específicos de investigación

### 1.3. Hipótesis

### 1.4. Justificación

### 1.5. Método de Investigación

### 1.6. Conclusiones Parciales

## 2. Fundamentos

### 2.1. Sustentabilidad

#### 2.1.1. Economía

#### 2.1.2. Medio Ambiente

#### 2.1.3. Sociedad

### 2.2. Ciclo de Vida de Edificios. Normatividades Vigentes

### 2.3. Vida Útil de Edificios

#### 2.3.1. Estudios sobre la importancia de la planeación de Vida Útil de edificios

### 2.4. Acciones realizadas en el contexto local

### 2.5. Disposición final de edificios. Evitar una demolición

2.6. Recuperación de edificios como alternativa para una aproximación a la sustentabilidad

2.7. Conclusiones parciales

3. Análisis de edificaciones que han cumplido su vida útil en la ciudad de Toluca

3.1. Edificio estadístico para identificar las principales características consideradas para su análisis

3.1.1. Época de construcción y estilos arquitectónicos

3.1.2. Uso original y uso actual

3.1.3. Materiales predominantes y estado de conservación en fachada

3.1.4. Materiales predominantes y estado de conservación de muros

3.1.5. Materiales predominantes y estado de conservación de entrepisos y cubiertas (formas de cubiertas y número de niveles)

3.1.6. Alturas en fachadas y ancho de muros

3.1.7. Régimen de propiedad

3.2. Clasificación de materiales utilizados

3.2.1. Muros de adobe

3.2.2. Aplanado de cal y arena en muros de adobe

3.2.3. Viguera de madera

3.2.4. Cimentación de mampostería

3.3. Cambio de uso en edificaciones de la ciudad de Toluca

3.4. Conclusiones parciales

4. Modelo de diagnóstico para la intervención en edificios de la Ciudad de Toluca que han cumplido su vida útil

4.1. Factores que influyen en el desempeño de un edificio

4.1.1. Agua

4.1.2. Aire y contaminantes aéreos

4.1.3. Viento

4.1.4. Agentes biológicos y ecológicos

4.1.5. Temperatura

4.1.6. Radiación solar

4.1.7. Reacciones químicas e incompatibilidad

4.2. Principales factores de riesgo en la zona de estudio

4.2.1. Análisis de cambio de estado de agregación del agua como factor de riesgo en el deterioro de materiales expuestos a la intemperie en edificaciones

4.3. Modelo de diagnóstico

4.3.1. Codificación

4.3.2. Generación del modelo

4.3.3. Interpretación

4.3.4. Confirmación

4.3.5. Hallazgos y aportaciones

4.3.6. Evaluación (adaptación del método por factores)

4.4. Conclusiones parciales

5. Discusión y Conclusiones

5.1. Contrastación con la hipótesis

6. Anexos

# 1. Recuperación Sustentable de Edificios

## 1.1. Antecedentes

El interés en el tema inicia durante el periodo comprendido entre 2010 y 2012, mientras se realizaba al estar dentro del programa de Maestría en Diseño de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México, la investigación correspondiente para el desarrollo del Trabajo Terminal de Grado con título: “Estrategia para la planeación de Vida Útil durante el proceso de Diseño Arquitectónico Sustentable, Vivienda Progresiva en el Estado de México” en el cual, antes de determinar el subtema, se pensaba abordar la problemática derivada de la carencia de planeación de Vida Útil en edificios, y de esta forma comprobar que si se generaban y presentaban las metodologías adecuadas, dirigidas a los profesionistas de la industria de la construcción, ellos las adoptarían y ejecutarían durante el proceso de diseño; dando como resultado un desarrollo ideal del concepto, y haciendo posible que el “futuro y final” del inmueble se planeara desde el momento del diseño.

Sin embargo, durante el desarrollo de dicha investigación se llegó a una de las conclusiones prematuras más reveladoras, que abriría el panorama para dar un giro a la dirección de la investigación. La conclusión era el resultado de la interpretación de la información obtenida de encuestas aplicadas a Arquitectos e Ingenieros Civiles de la región del Estado de México, en donde conocimos que era cierta la suposición que indicaba una falta de conocimiento de procesos y normatividades para su aplicación, sin embargo el dato más inesperado era que a pesar de ello, no tenían interés en conocerlas ni adoptarlas dentro de sus métodos particulares de diseño. En su momento se buscó una aplicación distinta a la pensada originalmente, y el desenlace fue una aplicación para vivienda progresiva en el Estado



de México que cubría los requisitos para ser considerada una estrategia efectiva para la introducción y aplicación real del concepto.

Algunos conceptos se han retomado de dicha investigación en la búsqueda de ahondar en el tema, al tiempo que se propone un giro en la aplicación. Se continuará con la visión general de buscar un acercamiento a la sustentabilidad a partir de la aplicación de conceptos que aporten soluciones y permitan la mitigación del daño causado al medio ambiente como consecuencia de las actividades de la industria de la construcción, enfocándose específicamente en las problemáticas derivadas de la falta de planeación de la Vida Útil de los edificios.

En el trabajo terminal de grado de Maestría se hacía una afirmación, en la que se proponía evitar diseñar edificios para ser demolidos, y en su lugar buscar opciones como la de- construcción, desmantelamiento, re- uso, rehabilitación o reciclaje del total del edificio o sus componentes. Se consideraba que la demolición de un edificio sería la consecuencia de no prever en el diseño, las condiciones y disposiciones de los inmuebles al final de su vida útil. Dicha afirmación se consideró como parte fundamental de la propuesta de flexibilidad de la vivienda progresiva, sin embargo no se analizó más allá. La Vida Útil de un edificio fue la sección del Ciclo de Vida del mismo, en la cual se centró dicha investigación.

En el presente se pretende ampliar el campo de análisis, y contemplar otras fases del Ciclo de Vida de los inmuebles. Momentos posteriores a su Vida Útil, al analizar edificios que la han excedido, y buscar sentar las bases para intervenir o renovar los inmuebles en su totalidad o re-utilizar algunos de sus componentes; esto con el fin de evitar su desuso, demolición, o una disposición final que impida que se siga el mejor camino para la reincorporación de sus elementos al medio ambiente.

---

---

Centrándose en el nuevo uso de un edificio intervenido, es preciso analizar el ciclo de vida y energía incorporada, tanto de materiales nuevos que se emplearán, como los que ya han jugado un papel dentro de un edificio que superó su vida útil, y a los cuales se buscará dar una nueva utilidad.

Sería interesante continuar en la búsqueda de estrategias que nos ayuden a tener una aplicación real de la planeación de la Vida Útil en el momento del diseño. Sin embargo el interés personal se ha acentuado en la posibilidad de obtener información y generar conocimientos que ayuden a sentar las bases que guíen a los diseñadores (arquitectos), a actuar responsablemente en los innumerables inmuebles que no tuvieron una planeación de su Vida Útil, que han llegado al fin de ésta y se encuentran en desuso, pero que aún cuentan con un importante potencial físico y simbólico para ser útiles a las necesidades humanas actuales de espacios habitables.

Se plantea hacer la propuesta pertinente, una vez que se ha detectado la carencia de planeación de Vida Útil en Edificios antiguos del Altiplano Central Mexicano; y delimitando específicamente el campo de análisis en la Ciudad de Toluca y áreas circundantes, en donde se abordará la problemática de abandono o intervenciones improvisadas de dichos inmuebles, dando paso al análisis, propuestas y métodos de análisis anteriores a la intervención y recuperación, que permitan prolongar o dotar de una nueva vida útil a dichos edificios.

Para generar este planteamiento, se tuvo acercamiento con algunos Investigadores de la Facultad de Arquitectura y Diseño, quienes hicieron importantes aportaciones para lograr hacer una definición más clara, el resultado es el siguiente:

Se abordará la problemática de edificios que han cumplido su Vida Útil pero se niegan a desaparecer de la Ciudad, ya que sus características físicas y estructurales aún conservan rasgos útiles y aprovechables. Se sentarán las bases necesarias para la solución de necesidades arquitectónicas, evitando en la medida de lo posible la generación de nuevos edificios, por medio de la propuesta de cambio de uso de los inmuebles. Para que sea posible esta transformación es



necesario también establecer los conocimientos técnicos indispensables para lograr con éxito la mezcla de espacios o elementos constructivos que ya han cumplido una función dentro de su Vida Útil original, con elementos constructivos nuevos. Es decir, es necesario establecer la compatibilidad de materiales que se utilizaban antiguamente, con los materiales actuales. De esta forma se sustentará la investigación, no solo desde el punto de vista ético, tratando de lograr un acercamiento a la sustentabilidad al evitar la demolición de estos edificios, cubrir las necesidades sociales actuales, los beneficios económicos resultantes de evitar su demolición, o los aspectos estéticos y simbólicos resultado de la conservación de estos edificios, sino también se contará con un sustento técnico del comportamiento de los materiales al ser unidos dentro de estas intervenciones; lo cual derivará en el conocimiento suficiente para proporcionar las bases necesarias para estimar la Vida Útil que tendrá el edificio intervenido, con el nuevo uso asignado.

### *1.1.1. Definición del Problema*

La industria de la construcción es una de las más contaminantes, por lo que comenzar por pretender reducir la generación de nuevos inmuebles para mitigar impactos ambientales, sería el punto de partida. En tal situación y centrándose en el contexto del estudio se puede decir que existen inmuebles en la Ciudad de Toluca que de acuerdo a la estimación de la durabilidad de los materiales y sistemas constructivos utilizados entre finales del siglo XIX e inicios del XX, pueden considerarse como edificios que ya han cumplido su vida útil, sin embargo, aún permanecen presentes en la ciudad con una posibilidad latente de albergar usos arquitectónicos actuales. No obstante aunque pudiera suponerse una mejora en cuanto a la mitigación de impactos ambientales con la posibilidad de flexibilizar o intervenir dichos inmuebles (al evitar una demolición y construcción nueva), ya que de inicio representarían una huella ambiental menor, no puede darse esto como un hecho, ya que si estas intervenciones no se realizan con un importante grado de responsabilidad, lejos de obtener resultados más sensatos, se pudieran generar problemas que agravaran la situación.

---

---

Con la propuesta de herramientas adecuadas dirigidas a los profesionales del diseño arquitectónico y construcción, se espera una aproximación a la sustentabilidad al analizar y establecer criterios de compatibilidad de materiales para la intervención y reciclaje de edificios construidos a principios del siglo XX o anteriores, que han excedido su vida útil, para proponer su cambio de uso, con el fin de atender las necesidades actuales dentro de las zonas comprendidas en la Ciudad de Toluca e inmediaciones, al tiempo que se propone una disposición del edificio que prolongue su utilidad y evite los gastos e impactos ambientales que una demolición significa. Puede ser producto de la investigación la propuesta de un término y modelo de análisis adecuado para los antes descrito.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general de investigación

Proponer herramientas para la intervención y recuperación total o parcial de edificios que han excedido su Vida Útil, que faciliten una adaptación óptima a las necesidades arquitectónicas actuales, que deriven en una aproximación comprobable a la sustentabilidad.

### 1.2.2. Objetivos específicos de investigación

- Generar un término adecuado para referirse a la Vida Útil que resulte de la renovación y rescate de edificios.
- Establecer coincidencias con la investigación correspondiente al trabajo terminal de grado de Maestría
- Identificar aspectos importantes que por los alcances de la investigación de maestría que no fueron atendidos
- Establecer los fundamentos por los cuales se considera pertinente la realización de la investigación
- Establecer los alcances que representarán las aportaciones al conocimiento en la temática definida
- Definir y proponer las bases que ayuden a entender los conceptos que se utilizarán en la investigación.



- Analizar y revisar modelos y metodologías pre- establecidas, normatividad y lineamientos al respecto, para la propuesta de un término adecuado para referirse al momento del Ciclo de Vida en el edificio, que se pretende abordar.
  - Identificar las ventajas que representan los cambios de uso y flexibilidad en los inmuebles
  - Realizar un registro de la clasificación de los inmuebles en la zona de estudio, para su análisis y clasificación
  - Identificar los principales procesos constructivos y materiales que se utilizaban en la Ciudad de Toluca a principios del Siglo XX y Siglo XIX
  - Conocer el contexto en el que se desarrollaron las construcciones de principios del Siglo XX y anteriores
  - Analizar referencias y procesos de intervenciones a edificios que han cubierto su Vida Útil, realizadas en escenarios locales y globales
  - Establecer un proceso que ayude a identificar las tendencias de conservación de los inmuebles analizados.
  - Identificar compatibilidades ente subsistemas de edificios antiguos y su equivalente en edificios modernos.
  - Desarrollar un plan de trabajo para lograr diagnósticos que ayuden a la ejecución de posibles aplicaciones en renovación, reciclaje o re- utilización de edificios que han cubierto su Vida Útil de Diseño. Elaboración de un modelo
  - Ayudar con herramientas a definir compatibilidades entre procesos constructivos antiguos y contemporáneos
  - Establecer las bases necesarias, para determinar la estimación de Vida Útil resultante en edificios intervenidos
  - Proponer estrategias de integración de la investigación, al quehacer de la labor de los profesionales de la arquitectura en la Ciudad de Toluca
  - Comprobar si existe una aproximación a la sustentabilidad con las acciones propuestas.
- 
-

### 1.3. Hipótesis

Si se generan herramientas que contribuyan al diagnóstico del estado de la envolvente de edificios que han cumplido su vida útil, entonces se podrá evitar su demolición al permitir el diagnóstico que permita generar alternativas de intervención y transformación, que permitan prolongar responsablemente su vida útil.

### 1.4. Justificación

Es una realidad la carencia de planeación de vida útil de edificios en la zona comprendida en el Altiplano Central Mexicano durante la época comprendida desde finales del siglo XIX a principios del XX, época que se tomará como referencia de edificios que ya cumplieron su vida útil, para esta investigación. Solucionar esta situación buscando influir en los profesionales de la industria de la construcción, para que a partir de ahora comiencen a realizar esta planeación sería una situación ideal; sin embargo, por la experiencia adquirida durante la investigación realizada para obtener el Grado de Maestra en Diseño, se tiene el conocimiento de que encontrar estrategias efectivas para lograrlo es realmente complicado; no obstante, esta situación nos acerca a la problemática que se pretende abordar con la presente investigación.

Nos encontramos ante la situación derivada de la carencia de planeación de vida útil durante innumerables años que la arquitectura nos precede en ésta zona. La investigación se centrará en edificios que hayan cumplido su vida útil. Se analizarán, edificios de principios del siglo XX o anteriores si su valor histórico lo permiten (se necesita un amplio margen de acción, por lo cual edificios catalogados y protegidos por el INAH estarían fuera de la propuesta).



El crecimiento desmedido de las ciudades en las últimas décadas, ha dado como resultado la construcción de desarrollos habitacionales en las periferias de éstas por representar menores costos, sin embargo se han generado problemáticas distintas, ya que también significa mayores distancias de desplazamiento, para tener acceso a los servicios o actividades de la rutina de los habitantes, como su trabajo o asistencia a centros escolares, deportivos, comerciales o culturales.

Se sabe que atender e integrar la planeación de vida útil de edificios que se proyectan actualmente es esencial, sin embargo es también cierto que no podemos negarnos a la realidad que significan estos inmuebles de los cuales nunca se planeó y que generan una problemática actual que requiere ser atendida. Actualmente podríamos decir que sería ideal proyectar edificios flexibles, que puedan adaptarse a las condiciones y características de la sociedad actual, sin embargo estas construcciones que ya han cumplido con su Vida Útil y que no fueron concebidas bajo estas ideas, se encuentran en un momento incierto, en el que la demolición representa una posibilidad latente.

Todos los materiales y edificios entendidos como sistemas integrales, tienen un Ciclo de Vida, es decir, tienen su inicio y final en la naturaleza. Sin embargo todos los elementos de una construcción tienen periodos de vida útil distintos, por lo cual sería un error decir que salvar una construcción en su totalidad es la mejor opción en todos los casos. Es necesario un análisis profundo de cada uno de los elementos y materiales que conforman la construcción, para poder generar un diagnóstico correcto del estado del edificio. En los casos en que los elementos de la construcción no cuenten con condiciones adecuadas de seguir formando un solo sistema, se podrán hacer propuestas fundamentadas para poder reutilizar algunos de los materiales o elementos constructivos, dentro de una edificación nueva.

Reutilizar y reciclar edificios o elementos constructivos, no solamente representa conservar y preservar un valor personal, sentimental, estético o histórico del edificio intervenido, también significa evitar la demolición física del inmueble, con lo cual se evitan gastos de energía para este fin y procesos de extracción transporte y procesamiento de

---

---

nuevos materiales. Es decir, se potencia el uso y desempeño de un material que no deberá esperar años o siglos, para ser reincorporado al medio ambiente y volver a ser extraído de la naturaleza para su utilización en la construcción.

Existen dos aspectos técnicos en los que se busca ahondar, el primero al saber que el resultado de estas intervenciones no podrá ser evaluado, ni planeado como la vida útil de un inmueble nuevo, en el que el fabricante puede garantizar y proporcionar las características y durabilidad de los materiales, y en este caso la experiencia del constructor representará mayor peso en esta evaluación y predicción, apoyado de métodos de referencia como el método por factores. Por esta razón es preciso establecer bases para guiar a los profesionales que decidan realizar estas intervenciones y evitar que vuelvan a caer en el error de no planear la vida útil de estos inmuebles resultantes.

El segundo aspecto técnico se centra en establecer diagnósticos basados en la observación y estudios matemáticos que permitan obtener información de estos inmuebles sin la necesidad de realizar análisis invasivos que pudieran afectar la estructura del inmueble, elevar costos y dificultar el proceso. Una vez obtenido un diagnóstico de una forma simplificada, será posible establecer compatibilidades entre materiales de última tecnología y actuales, con los que se utilizaban anteriormente; esto con el fin de evitar los errores al mezclar materiales que no tienen buen desempeño trabajando juntos. Y por otro lado, realizar recomendaciones de materiales y mantenimiento, que tanto estética, como físicamente sean compatibles y correspondan con el entorno.

### 1.5. Método de Investigación

Se identifica en el planteamiento del problema la necesidad de investigar el tema desde la perspectiva general de la sustentabilidad, teniendo como ejes centrales la búsqueda de mejoras en el ámbito medio ambiental, económico y social que beneficien al entorno; es decir se plantea la necesidad e importancia de mitigar los impactos al ambiente generados por la industria de la construcción al tiempo que se obtienen beneficios económicos y sociales.



La problemática identificada es producto de las conclusiones que no fueron atendidas en la investigación realizada para obtener el grado de maestra ya que excedían los objetivos de la investigación, y dicha problemática es abordada para la presente, de acuerdo a los lineamientos del método científico, en la etapa de desarrollo de protocolo.

Como comenzaba a mostrarse desde el planteamiento del problema y la definición del objetivo e hipótesis, se presenta una tendencia hacia la realización de una investigación cuantitativa, con la intención de ser comprobada numéricamente mediante el análisis estadístico.

Por lo tanto, se define este trabajo como una investigación cuantitativa, con la intención de comprobar o refutar la hipótesis que asegura que se alcanzará una mayor aproximación a la sustentabilidad y cuya respuesta deberá estar ligada a datos medibles.

El proceso de investigación será deductivo, tomando en cuenta que se parte desde la generalidad de la sustentabilidad, conceptos como ciclo de vida y vida útil de edificaciones, para derivar en una propuesta específica para un sitio determinado, y la generación de una herramienta dirigida a una zona específica.

La investigación es definida como no experimental. Se divide en secciones de acuerdo a los objetivos que se persiguen, para las cuales se utilizan herramientas de investigación específicas para la obtención de datos, como la revisión analítica de literatura y su procesamiento en mapeos (de autores, de modelos, de normas) y en la elaboración de estadísticas de edificios (y sus características), así como de condiciones ambientales y climáticas.

El análisis es realizado con un total de 218 inmuebles comprendidos en la ciudad de Toluca, Estado de México realizados entre finales del siglo XIX e inicios del XX, que se encuentran bajo régimen de propiedad privada.

Se determinará la tendencia a cambios de uso, así como la viabilidad para su flexibilidad respondiendo a sus características físicas, y su relación de deterioro respecto a las condiciones del clima y ambiente, para lo cual se centra el análisis a edificaciones de adobe (de acuerdo a las características identificadas) y su relación con el uso de materiales contemporáneos (análisis estadísticos y generación de fórmulas de relación).

---

---

Se pretende que este trabajo arroje un modelo complementario que facilite el diagnóstico y acceso a la información para aquellos profesionistas que lo puedan explotar, se presenta de manera gráfica la planeación del proceso de investigación en la tabla 1.

Tabla 1: Descripción del Método de investigación a seguir para el trabajo denominado “Intervención, y recuperación de edificios que han cumplido su vida útil, como alternativa para la aproximación a la sustentabilidad”

Capítulos de la Investigación que se abordan	Tipo/Técnica/Herramienta de investigación	Objetivo que se cumple	Tiempo de realización (Meses)	Fechas de realización
<p>Sección 1 (Protocolo) Recuperación Sustentable de Edificios</p>	<p>Documental</p> <p>Revisión de referencias físicas (libros, revistas, artículos)</p> <p>Revisión de referencias virtuales (libros, revistas, artículos)</p> <p>Resultados de encuestas propias, de investigación pasada</p> <p>Normas ISO y CSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar un término adecuado para referirse a la Vida Útil que resulte de la renovación y rescate de edificios.</li> <li>• Establecer coincidencias con la investigación correspondiente al trabajo terminal de grado de Maestría</li> <li>• Identificar aspectos importantes que por los alcances de la investigación de maestría que</li> </ul>	<p>6 Meses</p>	<p>De Agosto 2016 a Febrero 2017</p>



		<p>no fueron atendidos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los fundamentos por los cuales se considera pertinente la realización de la investigación</li> <li>• Establecer los alcances que representarán las aportaciones al conocimiento en la temática definida</li> </ul>		
<p>Sección 2 (Marco Teórico y Estado del arte) Fundamentos</p>	<p>Documental</p> <p>Revisión de referencias físicas (libros, revistas, artículos)</p> <p>Revisión de referencias virtuales (libros, revistas, artículos)</p> <p>ISO, CSA</p> <p>Estudios estadísticos históricos y locales</p> <p>Comportamientos urbanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir y proponer las bases que ayuden a entender los conceptos que se utilizarán en la investigación.</li> <li>• Analizar y revisar modelos y metodologías pre-establecido, normatividad y lineamientos al respecto, para la propuesta de un término adecuado para referirse al momento del Ciclo de Vida en el edificio,</li> </ul>	6 Meses	De febrero a Agosto de 2017

		que se pretende abordar.		
		•		
<p>Sección 3</p> <p>Análisis de edificaciones que han cumplido su vida útil en la Ciudad de Toluca</p>	<p>Estudio estadístico de características en el Patrimonio Construido de la Ciudad de Toluca</p> <p>Revisión de referencias físicas (libros, revistas, artículos)</p> <p>Revisión de referencias virtuales (libros, revistas, artículos)</p> <p>Obtención y procesamiento de datos estadísticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar las ventajas que representan los cambios de uso y flexibilidad en los inmuebles</li> <li>Realizar un registro de la clasificación de los inmuebles en la zona de estudio, para su análisis y clasificación</li> <li>Identificar los principales procesos constructivos y materiales que se utilizaban en la Ciudad de Toluca a principios del Siglo XX y Siglo XIX</li> <li>Conocer el contexto en el que se desarrollaron las construcciones de principios del Siglo XX y anteriores</li> <li>Analizar</li> </ul>	8 Meses	De Agosto 2017 a Abril 2018



		<p>referencias y procesos de intervenciones a edificios que han cubierto su Vida Útil, realizadas en escenarios locales y globales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un proceso que ayude a identificar las tendencias de conservación de los inmuebles analizados.</li> <li>•</li> </ul>		
<p>Sección 4 Modelo de Análisis e intervención en Edificios de la Ciudad de Toluca. Caso de estudio, Sistema Constructivo (por definir)</p>	<p>Documental</p> <p>Revisión de referencias físicas (libros, revistas, artículos)</p> <p>Revisión de referencias virtuales (libros, revistas, artículos)</p> <p>Experimentación (registros de datos y fotográficos de confort y compatibilidad, visita a sitios de análisis, posible experimentación de compatibilidad si se cuanta con los medios)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar compatibilidades entre subsistemas de edificios antiguos y su equivalente en edificios modernos.</li> <li>• Desarrollar un plan de trabajo para lograr diagnósticos que ayuden a la ejecución de posibles aplicaciones en renovación, reciclaje o reutilización de edificios que han cubierto su</li> </ul>	4 Meses	De Abril a Agosto de 2018

		Vida Útil de Diseño. Elaboración de un modelo		
Sección 5 Evaluación de aproximación a la sustentabilidad de la propuesta	Análisis de Contenidos Aplicación de Entrevistas y /o encuestas Comprobación, por métodos estadísticos Adaptación de evaluación por método por factores (ISO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ayudar con herramientas a definir compatibilidades entre procesos constructivos antiguos y contemporáneos</li> </ul>	8 Meses	De Agosto 2018 a Abril 2019
Capítulo 6 Conclusiones Generales	Investigación: Cualitativa Análisis de Contenidos Procesamiento de Información Presentación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer las bases necesarias, para determinar la estimación de Vida Útil resultante en edificios intervenidos</li> <li>Proponer estrategias de integración de la investigación, al quehacer de la labor de los profesionales de la arquitectura en la Ciudad de Toluca</li> <li>Comprobar si</li> </ul>	4 Meses	De Abril a Agosto de 2019



		<p>existe una aproximación a la sustentabilidad con las acciones propuestas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>		
--	--	---	--	--

### 1.6. Conclusiones Parciales

Se identifica la industria de la construcción como una de las más contaminantes en el planeta, por lo que se adopta como propia la responsabilidad de realizar acciones que aporten a la mitigación de este impacto.

Evitar la construcción de nuevos inmuebles podría ser una respuesta fácil a los impactos ocasionados por la industria de la construcción, no obstante las actividades humanas están enmarcadas en edificaciones, por lo que no es una propuesta viable.

La generación de edificios responsables desde el momento de su planeación sería ideal, no obstante se identifica como problema existente aquellos inmuebles que ya cumplieron su vida útil y no fue planeada su disposición final, y que sus sistemas constructivos aún

les permiten existir en las ciudades con potencial de albergar usos sociales actuales.

Localmente y a título personal, existe una preocupación por abordar la problemática de edificios que han cumplido su Vida Útil pero se niegan a desaparecer de la Ciudad, ya que sus características físicas y estructurales aún conservan rasgos útiles y aprovechables.

Como propósito de la investigación, deberá considerarse facilitar la identificación de características coincidentes en la ciudad que puedan considerarse como criterios que permitan sentar bases necesarias para la solución de necesidades arquitectónicas,



evitando en la medida de lo posible la generación de nuevos edificios.

Así mismo, la flexibilidad de las edificaciones, deberá ser un punto importante para el estudio de estos inmuebles.

Para la propuesta de intervenciones, es indispensable conocer características técnicas, y de diagnóstico, que permitan una propuesta de intervención responsable.

La propuesta de herramientas adecuadas dirigidas a los profesionales del diseño arquitectónico podría influir en alcanzar el objetivo de la investigación

Para alcanzar los objetivos, se realizará una investigación cuantitativa, con la intención de ser comprobada numéricamente, rigiéndola por análisis estadísticos.





## 2. Fundamentos

Se ha ahondado en el capítulo anterior respecto a la importancia de abordar el tema planteado desde una óptica personal; es intención de esta sección del documento fundamentar este planteamiento desde la perspectiva de quiénes han inspirado la construcción de esta postura.

Se pretende centrar la investigación en el estudio y propuesta de fundamentos aplicables a la intervención y recuperación de edificios que han cumplido su Vida Útil y que actualmente se encuentran en desuso, con la intención de dar respuesta a la problemática

derivada de la carencia de planeación de Vida Útil en la arquitectura durante el pasado.

Para comenzar con esta sección es de vital importancia dejar en claro la razón que motiva a que la investigación busque como objetivo principal una aproximación a la sustentabilidad por medio de la generación y recuperación de arquitectura responsablemente con la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Un punto fundamental, que responde a la necesidad de búsqueda de identidad, lleva a pensar que esta búsqueda comienza hacia el interior de las edificaciones, y como consecuencia a pensar en el inmueble con el que por

excelencia se relaciona al arquitecto; la vivienda, el acto de generar espacios para habitar, es inseparable de la concepción misma de la profesión, sin embargo; los arquitectos no construyen hogares, sino edificaciones. Lo anterior no quiere decir que como profesionistas deban separar las cuestiones estéticas y funcionales de la esencia y aspiraciones de quiénes habitarán el espacio; no obstante, la creación de un hogar no es un acto instantáneo sino el resultado de procesos culturales largos y complejos que posiblemente encuentran mejor explicación desde el campo de la sociología, psicología y psicoanálisis (Pallasmaa, 2016).



En este sentido, podemos decir que la transformación y apropiación por parte de los habitantes del espacio, es tan singular como la mente de cada individuo, no obstante, de lo que podemos estar seguros es que cuando suceda, el usuario o habitante tratará de imprimir su esencia y como consecuencia, modificar (en distintos grados) su entorno, por lo que, proveer a los usuarios de alternativas de modificación que no afecten la estructura del inmueble, podría ser una opción recomendable.

En la “la poética del espacio” Gastón Bachelard (1957) se refiere a la casa onírica, sus características son condicionadas culturalmente y algunos espacios pueden ser prescindibles, sin

embargo el desván y el sótano no lo son, porque ellos sirven para guardar recuerdos, el desván para aquellos recuerdos agradables, mientras que el sótano es para los desagradables, y ambos son necesarios para lograr una estabilidad y equilibrio mental; trasladando esto al contexto de la investigación resulta completamente ajeno, ya que nuestras edificaciones rara vez cuentan con estos espacios, sin embargo en el concepto de guardar y acumular recuerdos, la sociedad objeto de la investigación tiene suficiente material de análisis. Como concepto el guardar recuerdos equilibradamente, es la intención social y simbólica de la propuesta. Generar espacios que hagan

recordar o añorar tiempos pasados, al tiempo que provean de seguridad y funcionalidad. La casa es una colección y una concreción de las imágenes personales de protección e intimidad que permiten a uno mismo reconocer y recordar su propia identidad (Bachelard en Pallasmaa 2016).

En un mundo ideal, la planeación de la vida útil de los inmuebles desde el momento de su diseño sería la opción idónea, la especificación del fin de su vida y reincorporación al ciclo de vida de los materiales utilizados, no obstante el actuar de diseñadores y usuarios no responde a esta posibilidad (Ocampo, 2012). En ese sentido el apego a los inmuebles como si se tratara de un miembro de la familia, es

resultado de emociones que van más allá del resguardo que genera un techo; en el contexto en que se ubica la investigación, este apego es evidente, tanto en los usuarios, como en los profesionistas que lo generan. Normalmente se diseña pensando que las edificaciones serán eternas y no se piensa en la disposición final a la que deberá llegar el inmueble algún día, y es hasta que esto ocurre, que nos damos cuenta que el impacto ambiental generado al momento de una demolición, aunado al impacto generado por una nueva edificación; se reduciría considerablemente si en lugar de ello, simplemente planeáramos una renovación total o parcial de un edificio existente, para adaptarlo a la satisfacción de

necesidades actuales de la sociedad que se pretenden cubrir. Es decir, para recorrer un camino más fácil hacia la aproximación a la sustentabilidad podríamos comenzar por plantear conscientemente la necesidad de una nueva construcción, y si se diera el caso de que la necesidad a la que responderá la arquitectura pudiera solucionarse sin ella, simplemente preferir optar por esta opción y reducir los impactos tanto económicos como sociales y medio ambientales.

Juhani Pallasmaa (2016) describe al hogar como “una experiencia multidimensional que cuesta describir con objetividad”. Y sugiere que un estudio introspectivo y fenomenológico de las imágenes, emociones

experiencias y memorias que se vinculan al hogar sería un buen intento para lograr una aproximación para el análisis del concepto.

En este sentido, se puede entender un poco mejor, la necesidad social de adquirir o construir inmuebles con una durabilidad mayor que la vida misma del usuario, con la intención de trascender por medio del inmueble en el recuerdo de sus descendientes, para lo cual un tiempo prolongado (aunque no haya sido planeado) es indispensable.

La planeación y diseño responsable de la arquitectura siempre lograrán un mejor grado de acercamiento a la sustentabilidad; sin embargo para



el desarrollo de esta investigación, se plantea que se logrará este acercamiento en un mayor grado evitando producir más construcciones, al considerar que las edificaciones existentes, ya han requerido el empleo de un gran número de materiales que en general, no son renovables, al tiempo que se ha requerido de energía para su construcción. Su derribo total requeriría de más consumo de energía y representaría molestias (ruido, polvo, problemas viales, etc.) y, probablemente, tendrá consecuencias de orden social, cultural o medioambiental. La mayoría de los materiales resultantes del derribo no podrán ser reciclados y, por lo tanto, se perderían definitivamente, dando

por terminado su potencial de reincorporación al ciclo de vida en su etapa de utilización (Jourda, 2009).

Frecuentemente cuando se toma la decisión de una demolición se hace bajo una perspectiva limitada, al considerar que una construcción completamente contemporánea se adaptará de inicio y sin esfuerzos a la sociedad actual, sin embargo se considera que esta perspectiva es limitada ya que simplemente puede ser el resultado de la incapacidad del diseñador de hallar los beneficios que un mayor trabajo intelectual pudieran plantear, analizar realmente si esta perspectiva de falta de adaptabilidad responde a las necesidades actuales y del futuro (Jourda, 2009: 5). Bajo

esta postura, queda abierta la discusión de conocer que no se puede suponer que todos los edificios intervenidos se comportarán de la misma forma que edificios que iniciarán su Vida Útil en este momento histórico.

## 2.1. Sustentabilidad

La aproximación a la sustentabilidad entendida como la visión general bajo la cual se desarrollará esta investigación dio la pauta para el inicio de la misma.

El concepto de sustentabilidad ha sido definido por autoridades mundiales en el tema y no solo se refiere al ámbito de la construcción, sino a toda la actividad humana. Se encuentra ampliamente ligado al concepto de

---

---

desarrollo sustentable, cuya definición formulada por la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo dice ser “el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades.”

La sustentabilidad, es un término relativamente nuevo, por lo que las interpretaciones que puedan darse, son capaces de adaptarse casi a cualquier perspectiva, lo cual no quiere decir que todas sean correctas o las ideales, no obstante son fácilmente justificables. Para esta investigación el término será directamente interpretado del

concepto de la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo antes citada y algunos autores afines. La sustentabilidad se basa en tres pilares básicos. La sostenibilidad ecológica: la protección del medio ambiente para las futuras generaciones, que contempla, entre otras cuestiones, el mantenimiento de la biodiversidad y la protección contra el cambio climático. La económica que consiste en una economía capaz de asegurar un determinado poder adquisitivo, un bienestar económico y la protección de los recursos económicos frente a la explotación por parte de intereses específicos. Y la social que comprende el desarrollo de la

sociedad en un proceso participativo de todos sus integrantes, lo cual implica un equilibrio entre los diferentes sectores de la sociedad para garantizar una convivencia pacífica (Wassouff, 2014:9). El equilibrio entre estos tres aspectos es del cual resultará la sustentabilidad, y solamente cuando estos aspectos trabajen de manera conjunta se podrá hablar de haberla logrado (con la intención de mostrar este planteamiento de forma gráfica, se presenta la figura 1). Hablando de arquitectura es difícil lograrlo en su totalidad, sin embargo siempre se debería buscar la mayor aproximación posible.





Figura 1: Sustentabilidad

Fuente: sustentable.org

En este tenor la Arquitectura Sustentable puede considerarse como, parte del desarrollo (sustentable) de cada región o país, y al buscar los mismos objetivos deberá tener beneficios económicos, de mejoramiento ambiental y mejor calidad de vida de la sociedad, tanto para el presente, como para las futuras generaciones (Hernández, 2010).

No se puede hacer una delimitación tajante de la responsabilidad de la sustentabilidad, y tampoco es preciso dejarla abierta como algo universal ya que sería imposible para un individuo, institución o disciplina abordarla en su totalidad. En este sentido un planteamiento podría responder a la responsabilidad de cada una de las profesiones, el buscar esta aproximación a la sustentabilidad, a pesar de saber que las acciones realizadas desde cada una de las visiones disciplinares no solamente afectaría a ese campo del conocimiento, sino a un contexto mayor al considerar que todos vivimos en un mismo planeta, y lo que realice cada uno de los individuos no solamente lo

afecta a él, sino a todo su entorno. En este sentido se puede decir que “mientras que la sostenibilidad ecológica tiene una perspectiva global (los gases nocivos para el medio ambiente no conocen fronteras), la económica y la social suelen centrarse en escalas locales y regionales, pues dependen de características específicas de la sociedad” (Wassouff, 2014:9).

Principalmente los profesionales involucrados en la industria de la construcción poseen una responsabilidad mayor en la búsqueda de procedimientos y mejoras que beneficien a la mitigación de los impactos generados al medio ambiente, al considerar que esta actividad (la construcción) es una de las más

contaminantes si se considera todo su Ciclo de Vida<sup>1</sup>, retomando la postura de Bryan Edwards (2005) quien plantea en su guía básica para la sostenibilidad que la industria de la construcción, en cualquiera de sus etapas consume el 50% de los recursos mundiales, permite dimensionar sus impactos, que convierten a esta actividad en una de las menos sostenibles del planeta. Sin embargo, es prácticamente imposible considerar que, el eliminarla es una respuesta, ya que la vida del hombre, históricamente se ha desarrollado en torno a espacios

---

<sup>1</sup> Es el periodo que comprende todas las etapas de un producto, que en éste caso es el edificio. Comienza desde que el diseñador lo imagina hasta el fin de su vida útil. Éste proceso contiene varias etapas, durante las cuales, el diseño sustentable se puede hacer presente (Hernández, 2010).

adaptados y posteriormente creados específicamente para el desarrollo de sus actividades, “vivimos en casa, viajamos por carreteras, trabajamos en edificios de oficinas y nos relacionamos en cafeterías y bares. La civilización contemporánea depende de los edificios para su cobijo y existencia” (Edwards, 2005: 3) sin embargo, el planeta no puede soportar el grado de consumo de recursos actual. Esta es la razón por la que la generación de arquitectura cada vez más responsable se torna en una prioridad.

Tomando en cuenta lo anterior, no sería tan aventurado sugerir que disminuir la producción de construcciones, sin descuidar las necesidades que se pretenden

satisfacer con los espacios, sería una respuesta lógica para lograr una aproximación a la sustentabilidad. Diseñar pensando en la planeación de la vida útil de los inmuebles representa una importante aportación para el mejor desempeño del edificio durante su Ciclo de Vida. Sin embargo también es una realidad la carencia de interés al respecto, por parte tanto de usuarios, como de profesionales del diseño, abriendo una enorme área de oportunidad para el quehacer responsable del arquitecto.

La sustentabilidad como punto fundamental de las tendencias en la arquitectura, marca pautas para buscar una actividad profesional cada vez más responsable. En general, se puede decir que



“resulta más sostenible rehabilitar y reutilizar edificios existentes que demolerlos y volver a construir” (James & James 1999: 34) ya que como se planteó anteriormente, ya se ha recorrido un largo trecho en el camino de impactos desde la extracción y transporte de las materias primas, aprovecharlo y evitar impactos nuevos, es el principal planeamiento.

Como en todo proyecto arquitectónico no se puede hablar de algo que sea completamente recomendable, sino que debe llegarse a un alto grado de análisis que permita la mejor propuesta por parte del experto del diseño, “el alcance de los proyectos de rehabilitación puede ir desde una redecoración hasta una renovación parcial de la estructura

primaria, con las consiguientes alteraciones y renovaciones”. (James & James 1999: 34)

### 2.1.1. *Economía*

Son muchas las motivaciones para decidir hacer una rehabilitación inmobiliaria, y como se describirá más adelante en el documento, los beneficios medio ambientales y sociales esperados, pueden significar suficientes razones para considerarla, no obstante, este tipo de intervenciones también significará una revalorización del inmueble.

Desde el punto de vista económico, normalmente se toma la decisión de intervención, cuando estas se vuelven obsoletas, en cuanto a estilos, instalaciones, sistemas constructivos o usos. Y

puede considerarse que reciclar espacios, es más rentable que generarlos desde un inicio (edificaciones nuevas), lo cual aunado a un trabajo de calidad pudiera significar un valor agregado.

Sin embargo los impactos económicos no terminan en el contexto del inmueble, ya que la arquitectura genera ciudades y como tal, al introducir usos necesarios, efectivos y rentables a las ciudades, también influyen en el desempeño de estas, llegando a modificar sus composiciones y actividades económicas.

Si se modifican las ciudades también pueden modificarse sus necesidades, en términos de infraestructura y equipamiento, que puede ser la pauta para

incentivar el desarrollo de comunidades desfavorecidas. La intervención de espacios, permite también la diversidad social y modifica el equilibrio de las comunidades, por lo que se recomienda “considerar y modificar el conjunto de la oferta urbana con el objetivo de aportar los nuevos servicios que los futuros usuarios del edificio que se está proyectando necesitarán” (Jourda, 2009: 13)

### 2.1.2. Medio Ambiente

Ya se ha mencionado la importancia de minimizar los impactos ambientales que la industria de la construcción genera durante la producción de nuevos edificios, y la importancia que tendría tomar acciones para evitar

la producción de inmuebles innecesarios.

Sin embargo las edificaciones no generan impactos ambientales solamente durante su construcción, sino que durante su ocupación siguen generándolos, principalmente en el gasto de recursos energéticos. Es cierto que actualmente se trabaja para lograr edificaciones más eficientes, sin embargo volviendo al tema central de esta investigación, que son aquellos edificios que ya han cubierto su vida útil, nos encontramos ante la realidad que nos presenta edificios que en su momento tuvieron un desempeño eficiente (energéticamente), y que, aunque en este trabajo se defiende la posibilidad de reincorporarlos útilmente a las necesidades

contemporáneas; ya no responden a los requerimientos actuales. Uno de los principales retos a que se tendrá que enfrentar en esta investigación, es el gasto energético de instalaciones obsoletas, teniendo que poner especial atención a la arquitectura pasiva para cuidar las condiciones de confort al interior de las edificaciones renovadas, o intervenidas, para, desde un inicio poder potenciar el ahorro energético (Wassouff, 2014:8).

“Todos los países miembros de la Unión Europea están obligados a actualizar sus normativas cada tres años para endurecer las exigencias energéticas en la construcción. En este sentido aún no se ha desarrollado una herramienta legal eficaz para mejorar el comportamiento energético de los edificios antiguos, responsables de la mayor parte de las emisiones de gases nocivos al medio ambiente. No obstante, y en el ámbito



europeo, existe una amplia gama de iniciativas políticas locales, regionales y nacionales para el fomento de la rehabilitación energética del parque construido” (Wassouff, 2014:11)

Retomando la importancia de prolongar la utilidad de un inmueble evitando su demolición se retoma la postura de Jourda quien planeta lo siguiente:

“Uno de los factores esenciales de un edificio responsable en términos ecológicos es su durabilidad en el tiempo. Además de adoptar medidas para garantizar la perdurabilidad del edificio, el programa debe alentar su adaptación a otros usos, los de las generaciones futuras, que hoy desconocemos. Las exigencias programáticas deben ser compatibles con los diferentes usos del edificio (incluso suscitarlos). El fomento de espacios muy especializados puede suponer un freno a la hora de dar respuesta a las necesidades futuras.

Hoy en día, las estaciones se transforman en museos, los talleres, en viviendas. Es importante que el programa prevea espacios y

funcionamientos abiertos a otros usos.” (Jourda, 2009: 15)

### 2.1.3. *Sociedad*

No se puede hablar de diseño, y específicamente de arquitectura dejando de lado la cuestión social ya que ésta siempre buscará la satisfacción de necesidades humanas. En este mismo sentido, no se puede hablar de ciudad, sin la presencia de la arquitectura, y será entonces la ciudad una manifestación tangible de las sociedades que la habitan. Esta es la razón por la cual se comienza a abordar esta sección desde la perspectiva de las ciudades.

El desempeño eficiente de una ciudad es un factor que repercute directamente en la percepción de una sociedad sustentable, y es la densificación de estas un factor

evaluable y que convendría considerarlo prioritario para un desarrollo urbano sostenible. (Jourda, 2009: 1). Las ciudades existen desde tiempos remotos, y la sociedad ha evolucionado junto con ellas; resulta lógico pensar que al igual que un organismo vivo cuenta con órganos que cumplen tareas específicas que repercuten en un funcionamiento eficiente del sistema, las ciudades cuentan con edificios, equipamientos y vialidades que de igual forma cumple una función específica y son indispensables para un buen funcionamiento; no planearlos responsablemente y dejar que las ciudades simplemente crezcan sin control puede derivar en graves problemas sociales, que directa o

indirectamente deriven en repercusiones medioambientales, en otras palabras “la dispersión urbana es una de las causas más importantes de la emisión de gases de efecto invernadero” (Jourda, 2009: 1) porque no se concentran los servicios y se propician grandes traslados para cumplir las necesidades básicas del hombre.

Se ha abordado una visión panorámica de la importancia de buscar aproximarse siempre a la sustentabilidad, principalmente cuando hablamos de construcciones, y la importancia de la densificación de las ciudades. Propiciar la flexibilidad y la mezcla de usos en las ciudades puede impactar en su buen funcionamiento, al brindar igualdad de oportunidades (a

distintas generaciones y niveles sociales) que busca el desarrollo sostenible (Jourda, 2009). En otras palabras, “la accesibilidad a los equipamientos escolares, a las guarderías, así como a los servicios administrativos públicos, a los comercios o a los equipamientos deportivos o culturales, garantiza tanto la calidad de vida como la igualdad de oportunidades y, por consiguiente, la paz social.” (Jourda, 2009: 4).

En su forma ideal, planear ciudades de esta forma sería la respuesta, sin embargo, la realidad nos indica que las ciudades mexicanas tienden a dispersarse, dejar sus centros y construir en las periferias, como respuesta a

intereses muchas veces económicos.

“La diversidad de usos a la escala del edificio o del barrio es un criterio fundamental del desarrollo sostenible de la ciudad. La coexistencia en el mismo barrio de diferentes usos (espacios de encuentro, trabajo, ocio, comercio, educación o formación, etc.), permiten minimizar la necesidad de desplazamientos y, por lo tanto reducir de forma considerable las emisiones de gases de efecto invernadero. Minimiza los tiempos de desplazamiento, el riesgo de accidentes y aporta un uso cotidiano a los espacios públicos, y, por lo tanto cierta seguridad a los habitantes y usuarios de los diferentes edificios. En consecuencia, su calidad de vida mejora considerablemente.” (Jourda, 2009: 10).

Es por ello que se plantea en el presente trabajo la posibilidad de potenciar la capacidad de los edificios que han caído en desuso en el interior de las ciudades, es decir, que ya han cubierto su Vida



Útil, para modificar sus usos y con ello, propiciar tanto la reutilización del inmueble, evitando la construcción de uno nuevo, como la mezcla de usos al proponer la modificación y flexibilización de estos dentro del sistema denominado Ciudad.

## 2.2. Ciclo de Vida de Edificios. Normatividades Vigentes

El ciclo de vida de un edificio comprende desde que se extrae la materia prima, pasa por el diseño, la construcción, la ocupación, el fin de la Vida Útil, disposición final y concluye en su reintegración al medio ambiente, cerrando el ciclo.

Las normatividades se centran en certificaciones voluntarias altamente elaboradas, que sin embargo pocas veces son llevadas a cabo en nuestro contexto.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) Es una metodología de análisis ambiental normalizada (ISO 14040 y 14044) que permite obtener información ambiental de productos o procesos desde una perspectiva integral. Optimiza y evalúa procesos de gestión de residuos. En la norma ISO 14040:1997 se establece como una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, lo cual se efectúa recopilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos

ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio (ISO 14040).

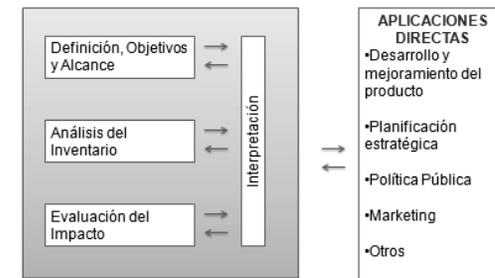


Figura 2: Análisis del Ciclo de Vida. Fuente: UNE-ENISO 14040

Esta certificación es útil considerando que las edificaciones son un producto, sin embargo si se

habla específicamente de la producción de arquitectura, existirán particularidades que deben considerarse, para lo cual se retomará el planteamiento que hace Micheel Wassouf en su análisis del sistema Passivehaus, y sus aplicaciones, principalmente en la Unión Europea, que se presenta a continuación:

“Las certificaciones medioambientales cuantifican el impacto ambiental a lo largo de las seis etapas de vida de un edificio:

- a. Planteamiento urbanístico: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados por las decisiones urbanísticas (por ejemplo, las infraestructuras).
- b. Producto: se cuantifican aquellos impactos

medioambientales generados en el proceso de la producción de los materiales de construcción.

- c. Transporte de materiales: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados por el transporte de materiales de construcción hasta la obra.
- d. Construcción: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados durante la obra.
- e. Uso del edificio: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados durante el uso del edificio. La parte más importante de esta etapa es el consumo energético

del edificio y la energía que requiere el mantenimiento.

- f. Fin de vida: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados en la destrucción y reutilización del edificio (o partes del mismo).” (Wassouff, 2014:13-14)

### 2.3. Vida Útil de Edificios

Como se ha mencionado ya en el planteamiento de la investigación, el análisis de Vida Útil en edificaciones ha sido el tema principal del cual se ha desprendido la motivación de esta investigación. Sin embargo este análisis no se pretende desarrollar propiamente en el momento de la Vida Útil como lo delimitan las



normas más elaboradas en el tema, sino justamente en el momento en que esta etapa ha concluido. Para dar sentido a lo antes planteado, se debe partir de la definición de Vida Útil.

Para esclarecer lo anterior, se puede decir que la Vida Útil en un edificio es el periodo real de tiempo durante el cual el edificio o cualquiera de sus componentes funcionan sin gastos imprevistos o interrupción para su mantenimiento y reparación.

Como base de lo anterior es preciso retomar las definiciones que las normas internacionales ISO 15686-1 Building & Construction Assets Service Life Planning: General Principles (Principios generales en los valores de la vida útil de la

edificación y construcción); y Canadian Standard Association (CSA) 478-95 Guideline on Durability in Buildings. (Asociación Canadiense de Estándares –CSA- 478-95 Guía de la durabilidad en edificios) que son aquellas que se identificaron como las más elaboradas proponen.

De acuerdo a CSA<sup>2</sup> se dice que la Vida útil de un edificio es el periodo de tiempo real durante el cual el edificio o cualquiera de sus componentes ejerce su función sin gastos imprevistos o interrupción para su mantenimiento y reparación; mientras que para ISO<sup>3</sup> es el periodo de tiempo real,

---

<sup>2</sup> Canadian Standard Association (CSA) 478-95 Guideline on Durability in Buildings

<sup>3</sup> ISO 15686-1 Building & Construction Assets Service Life Planning: General Principles

posterior a su instalación durante el cual un edificio o cualquiera de sus subsistemas satisfacen o exceden los requisitos de funcionamiento (Hersfiel, 2006). Es decir, es el tiempo efectivo durante el cual un inmueble cumple la función para la cual fue diseñado o construido, y va desde la ocupación, hasta el momento en que se requieran mantenimientos mayores (no planeados) o intervenciones para su rehabilitación, lo cual deja fuera de este periodo lo planteado como objetivo principal de la investigación, sin embargo, bajo los fundamentos prudentes, se pretende plantear como válido.

Los lineamientos de la CSA describen tres métodos para predecir la vida útil, primero,

efectividad demostrada (en desempeño histórico), segundo modelos de ensamble y tercero, pruebas de ensamble.

La CSA también remarca los asuntos que un diseñador debe tener en cuenta, incluyendo; diseño convencional y de innovación, selección de material, detallado, facilidad de construcción, operación y mantenimiento, obsolescencia funcional y costo del ciclo de vida.

Dentro de las mismas normas, existen definiciones de Vida Útil que cumplen funciones específicas para el análisis global, tales como, vida útil predicha que es el pronóstico de vida útil como resultado del registro de

experiencia previa, pruebas o modelos y muchas veces es la base para la evaluación del resultado de casos específicos. Otras definiciones incluyen, vida útil diferencial, vida útil de referencia, diseño de vida útil, vida útil predicha, vida útil estimada, vida útil pronosticada, que para su análisis y posible aproximación a lo supuesto con en esta investigación, se enuncian a continuación:

a. Vida útil diferencial; Puede definirse como la diferencia de la vida útil entre los componentes de un material o sistema de una construcción. El problema para la planeación de la vida útil es asegurarse de que los

componentes con una vida útil más corta puedan ser reemplazados sin el requisito de reemplazo prematuro de los materiales o componentes, lo cual pudiera traducirse en una vida más larga.

- b. Vida Útil de Referencia; es aquella que se deriva del análisis de edificios similares que ya han cumplido su vida útil, se toman como parámetros para analizar sus características y buscar referencias útiles a edificios que están por construirse.
- c. Diseño de la vida útil; es aquella vida útil determinada por el



- diseñador, de acuerdo con las expectativas (o requerimientos) de los usuarios o propietarios del edificio.
- d. La Vida útil de Diseño; es definida por CSA de forma similar a lo enunciado para diseño de vida útil, la cual corresponde a la vida útil especificada por el diseñador en respuesta a las expectativas (o requisitos) de los propietarios del edificio.
- e. Vida útil predicha; es una definición propia de las normas CSA y corresponde al pronóstico de vida útil a partir del registro del desempeño,

experiencia previa, pruebas y modelos.

- f. Vida útil estimada, es una definición propia de ISO que corresponde a aquella vida útil que se esperaría de un edificio o de sus partes de acuerdo a cierto desempeño basadas en sus condiciones de uso, términos de materiales, diseño, ambiente, uso y mantenimiento.
- g. Vida útil pronosticada; utilizado solamente en ISO, corresponde a la vida útil basada ya sea en la vida útil predicha o la vida útil estimada (Hersfiel, 2006).

Resulta de gran importancia el análisis de los términos antes

citados ya que permiten observar que en ninguna de las dos normas citadas, se considera lo planteado en esta investigación, quedando excluida la posibilidad de incluir el concepto de “Nueva Vida Útil” a un edificio que se encuentra en desuso, dentro de las norma existentes.

Ahora se conoce que en el estricto apego a la terminología proporcionada por las normatividades internacionales en el tema, no se podrían considerarse estos casos dentro de sus procesos de evaluación, ya que lo contradicen.

Se ha analizado anteriormente (con el desarrollo del trabajo terminal de grado: Vivienda Progresiva en el Estado de México) los temas relevantes y la

importancia de conocer, pero sobre todo planear la vida útil de un edificio. Sin embargo es una realidad innegable que los innumerables inmuebles que se han desarrollado sin esta oportuna planeación merecen ser atendidos, y significan un considerable nicho de oportunidad en la búsqueda de acercamiento a la sustentabilidad.

### *2.3.1. Estudios sobre la importancia de la planeación de Vida Útil de edificios*

Respecto a la Vida útil de edificios, a pesar del desarrollo de estudios al respecto, sobre todo en los últimos años, difícilmente se encuentran referencias y

principalmente si se pretenden encontrar en nuestro contexto, y en la disciplina de la arquitectura. Normas internacionales que ya han sido mencionadas, han tomado como base para su elaboración investigaciones y publicaciones de ingenieros generalmente civiles para hacer consideraciones de la planeación de la Vida Útil de los edificios.

Desde 1989 ya proponían Masters y Brant, en Canadá metodologías para predecir la durabilidad de edificios, las cuales son directamente el sustento de la predicción de la vida útil considerada en las normas ISO 15686. Se consideran lineamientos que regulan los requisitos de rendimiento y durabilidad de los subsistemas del edificio, donde los

valores de rendimiento y durabilidad de los sistemas deben estar cubiertos, teniendo la posibilidad de que se exceda en el tiempo por cada subsistema o componente, pero nunca que falte tiempo de durabilidad. Si el sistema es simple y con pocos subsistemas, la predicción de vida útil se llevará a cabo de una manera sencilla, precisas, y confiable. No obstante, en el caso de sistemas muy complejos, la predicción de la vida útil del edificio tendría que ser estimado a través de varios escenarios donde el diseñador debe prever una serie de situaciones de diseño que respondan en función a éstos factores de diseño, los cuales pueden ser estructurales, ambientales, arquitectura u otros.



También deben considerarse los factores internos y externos de cada elemento y material que componga el edificio, su degradación y durabilidad (Masters, Brandt, 1989). A partir de estas investigaciones surgieron otros interesados en el tema, algunos indirectamente basándose en la norma ISO, y algunos más tomando a Masters y Brant como fundamento.

La conferencia de Lacasse del año 2003 cuyo título era: “Durability and performance of building Envelopes” (Durabilidad y rendimiento de la envolvente de los edificios), se abordaron temas tales, como la importancia de evaluar a largo plazo la durabilidad de los elementos de la construcción en donde

principalmente habla de los muros. Se hace referencia y se menciona información de utilidad para conocer la función de éstos y los requisitos necesarios para su buen rendimiento, se destaca que los elementos ambientales tienen repercusión en ésta parte de la envolvente del edificio destacando a la humedad como su principal factor para el deterioro (Lacasse, 2003).

Diversos autores en el mundo han tomado como base de sus investigaciones de vida útil al estándar internacional ISO 15686, claro ejemplo de esto es la publicación con título, “Implementación of the European Construction Products Directive Via the ISO 15686 Standard”, en donde se hace referencia a la

creación y evolución de dicha norma y las razones por las que se consideran como la norma más importante respecto al tema de Vida Útil de edificios. En éste documento se presentan medidas que deben abordarse en las etapas del ciclo de vida del edificio, para que de ésta manera pueda tenerse una estimación correcta del tiempo que durará el inmueble y evitar de ésta forma los gastos imprevistos durante su operación, estas consideraciones son dirigidas claramente a la organización europea y las consideraciones son dedicadas a éste contexto (Sjostrom et. al, 2002) sin embargo si es motivo de mención que referencias como estas dejan en claro la existencia y presencia de estudios derivados de

---

---

la preocupación en el tema y el reconocimiento de la necesidad de saber cuál será el destino final del producto del constructor (y diseñador). Ésta es una adaptación de la norma ISO a la Unión Europea, que no podríamos tomar como referencia directa, ya que si lo que se busca con el análisis y planeación de la Vida Útil del edificio es mejorar el desempeño de producciones de diseño arquitectónico sustentable, se tendrán que analizar las características particulares, materiales de la región y características, cultura y elementos que hagan particular la zona de aplicación.

En 2003 Lacasse, y Sjostrom de manera conjunta, publican “Métodos para la predicción de la

Vida Útil de edificios, materiales y componentes” como resultado de sus entonces recientes investigaciones, en éste trabajo se hace clara referencia a la importancia de la consideración de la Vida útil de los edificios como herramienta para la evaluación de los efectos ambientales que tendrá el edificio en el tiempo que funcione de acuerdo a sus requerimientos. Se enfoca en gran medida a la investigación de la Vida Útil de infraestructura como puentes, carreteras, canales y otros; así como sus componentes y elementos relacionados con éstos. En ésta investigación se busca establecer métodos sistemáticos para evaluar los posibles riesgos de éstas construcciones respecto a su deterioro, se incluye un método

factorial, e ingeniería del diseño para determinar su rentabilidad. Ésta se determina a través de 3 sub tareas, las cuales consisten en: un método probabilístico, un enfoque de ingeniería y por último un método factorial para determinar la vida útil. El método factorial utilizado en éste documento no es un método considerado exacto, y por ésta razón también se consideran como base y corrección el método factorial propuesto por el estándar ISO 15686 que aunque para los autores no se considera tampoco como un método de fácil aplicación, sí muestra el panorama de cómo abordarlo y el punto de vista de su confiabilidad. Ésta es una investigación que considera varios aspectos importantes para



la planeación de la vida útil, y a su vez considera otras aportaciones previas y retoma estándares como ISO, éste documento tiene claro enfoque hacia la ingeniería del edificio, lo cual aunque no es la intención de ésta investigación, sino más bien el enfoque arquitectónico, no obstante sirve como base y referencia para la consideración de todos éstos factores.

La propuesta de que la normalización es un factor importante para la aceptación de la implementación de conceptos como el de Vida Útil, abre un nuevo panorama, que sugiere que solo de ésta forma serían incluidas durante el proceso de diseño.

Distintos autores se han basado en normas internacionales ya

establecidas, sin embargo se considera que existe una importante limitación que impide su aplicación, aun en los países de donde son originarias. Una de estas limitaciones puede ser que los edificios son sistemas que a su vez contienen otros sistemas, y es necesario abordar para una buena aplicación y planeación de su Vida útil a todos éstos componentes. Desglosar el edificio podría ser una opción y así dividir a sus componentes y materiales en sus subsistemas y así determinar que si funciona bien cada componente, entonces se supondrá que el edificio en su totalidad funcionará óptimamente. (Trinius, 1999).

Trinius, propone en su tesis doctoral una metodología para

evaluar el ciclo de vida de los edificios que sea distinta al ACV, pero a la vez utiliza el Análisis del Ciclo de Vida como metodología para su investigación.

Una vez analizados algunos estudiosos que preceden esta investigación en materia de análisis de vida útil de edificaciones, se puede decir que existen algunas discrepancias respecto a la manera en la que proponen que se puedan implementar las aplicaciones de la planeación de Vida Útil y en general de la Sustentabilidad en la sociedad, no obstante es de mayor relevancia mencionar aquellas coincidencias como la propuesta de seccionar y analizar de manera particular cada elemento que compone el sistema, para que de

ésta forma se pueda asegurar un buen funcionamiento del sistema entendido como edificio, y predecir hasta qué punto funcionarán óptimamente como conjunto y totalidad.

Existen instrumentos que ayudan a tomar en cuenta la vida útil en el proceso de diseño, particularmente las que tiene se contienen en las normas CSA 478-95 y el estándar ISO 15686. Sin embargo, éstas normas son utilizadas limitadamente inclusive en el país de donde se generaron (Hersfiel, 2006); por lo que se considera que sería prudente analizar los motivos de carencia en su aplicación destacando la posible complejidad y el consecuente requerimiento de la habilidad apropiada y específica

en el equipo de diseño que pretenda aplicarlas.

Desafortunadamente, los equipos de diseño a menudo se ven limitados en términos de experiencia y presupuesto para considerar apropiadamente todos los agentes que pueden afectar el desarrollo de los edificios. Además, no hay suficiente evidencia empírica fuera de los laboratorios de prueba acerca de toda la gama de razones por las que se producen las fallas en los edificios y los modos en que los diferentes agentes pueden reaccionar sinérgicamente. Tal vez los instrumentos puedan ser simplificados y de ésta manera utilizarse como herramienta de uso común entre los profesionistas

y empresas dedicadas a la edificación.

Definir o juzgar la vida útil ha sido una problemática para los desarrolladores de los sistemas de clasificación o evaluación de construcciones sustentables y sólo algunos abordan el asunto desde una perspectiva holística.

LEED Canadá es el único sistema de clasificación revisado y acreditado de vida útil que toma en cuenta todos los aspectos de la construcción y no sólo los componentes y ensambles de la construcción concediendo así un punto para el desarrollo y la implementación de un Plan de Durabilidad de los Edificios en acuerdo con los principios de la CSA S478-95. Este crédito se



obtiene cuando la vida útil predicha de un edificio satisface o excede su vida de diseño. Donde la vida de diseño de los componentes individuales de un edificio y sus ensambles es menor que la del edificio en sí, esta debe ser diseñada de tal manera que los componentes importantes y sus ensambles puedan ser reemplazados fácilmente, por lo tanto es importante considerar la vida útil diferencial. Los diseñadores que optan por esta acreditación deben desarrollar un plan de durabilidad de acuerdo a los lineamientos de CSA S478-95 y deben emplear a un especialista en ciencias de la construcción calificado en el diseño de edificios (Hersfiel, 2006).

Existe una resistencia a esta acreditación en particular debido a la obligación potencial que surge el pretender garantizar un edificio durable. También hay preocupación acerca de los costos de documentar una acreditación de esta naturaleza con detalles suficientes para demostrar claramente sus logros. El Consejo Canadiense de Construcción Verde ha establecido un Operativo de Construcción Durable para examinar asuntos relacionados con esta acreditación, incluyendo la necesidad de simplificar la documentación.

Ninguno de los sistemas de clasificación que se han presentado cumple los requisitos de acreditación de vida útil que se aproximen a los lineamientos de

CSA 478-95 en los cuales se basa la acreditación de LEED Canadá o que se comparen al estándar de la norma ISO 15686-1.

Para considerar y predecir la Vida Útil de un edificio y que ésta no sea solo una aproximación arbitraria o supuesta por el diseñador o constructor, deben considerarse aspectos como el tipo de edificio, la función o la ubicación, todos los factores que deben considerarse, durante el tiempo que el edificio, y que éste cumpla la función para las que fue concebida (considerar la flexibilidad de ser necesario).

La investigación realizada en 2006, por el instituto Athenea de Material Sustentable, en Ontario Canadá, con el título de “Consideraciones de la vida útil

relacionadas con los sistemas de clasificación de la construcción verde; Un estudio preliminar” hace clara referencia a consideraciones que ya se han establecido en normas como: ISO 15686-1 Building & Construction Assets Service Life Planning: General Principles (Principios generales en los valores de la vida útil de la edificación y construcción); y Canadian Standard Association (CSA) 478-95 Guideline on Durability in Buildings. (Asociación Canadiense de Estándares –CSA-478-95 Guía de la durabilidad en edificios), principalmente (Hersfiel, 2006).

Es importante buscar soluciones en el diseño sustentable, apoyándose de normatividad y

estudios ya existentes que puedan ser aplicados y adaptados a México, y que de esta forma se puedan generar y diseñar estrategias aplicables y replicables en nuestro país; que permitan facilitar la aplicación de conceptos existentes de una manera contextualizada a México, en donde se tomen en cuenta características de adaptabilidad, flexibilidad y posterior de-construcción, re-uso, o reciclamiento de materiales y componentes del edificio, que sustituyen a la demolición de los edificios, y de ésta manera las edificaciones producidas por los profesionistas de ésta zona, sean más eficientes y se acerquen cada vez más a la sustentabilidad.

## 2.4. Acciones realizadas en el contexto local

La Vida Útil de los edificios, no es un tema nuevo; alrededor del mundo ya se ha abordado; sin embargo es una realidad la falta de aplicación en el contexto de nuestro país y específicamente en el Estado de México.

Cabe destacar que la existencia de normatividades para la planeación de la Vida Útil, no es garantía de su aplicación.

En la actualidad se empieza a entender la necesidad de tener un mayor respeto por el medio ambiente después de décadas de grave impacto causado por la actividad humana.



La información y sensibilización respecto a temas que ayuden a minimizar el impacto ambiental generado por las construcciones, son algunas de las actividades principales que convendrían realizarse, por parte de los responsables de la arquitectura de nuestras ciudades.

Cada vez, se hace más evidente la necesidad de cuidar las energías que las sociedades consumen a diario, y que ya son fundamentales e indispensables para la realización de sus actividades y la satisfacción de sus necesidades. Es por esto que la búsqueda de soluciones desde el punto de vista sustentable, cada vez se hace más viable y necesario.

La humanidad aún no ha respondido de manera consiente a

las emergencias y riesgos generados por el cambio climático, aún no son suficientes las acciones frente a los desafíos de deterioro ambiental y agotamiento de los recursos naturales.

En México, aproximadamente el 20% del total del consumo de energía del país corresponde al sector relacionado con la vivienda; y un 90% de la energía que se consume en México, tiene su origen en la quema de recursos no renovables (Morillón 2008).

El desarrollo sustentable es un tema por el que en los últimos tiempos se han preocupado diversas ciencias. Es por esto que los profesionistas intentando corresponder a la responsabilidad que tienen al desempeñar su

actividad profesional, buscan soluciones desde su campo de acción, es por ésta razón que en la presente investigación se busca hacerlo desde el campo de la Arquitectura.

En la actualidad, la tendencia en la Arquitectura está siendo por la arquitectura sustentable; como una respuesta lógica ante la búsqueda de soluciones que mitiguen o resuelvan dificultades ambientales actuales de nuestro planeta, aunque como se ha mencionado antes y se tiene el fundamento en la terminología, las cuestiones ambientales no son la única prioridad. Éste es un modo de idear el diseño arquitectónico en donde se busca reducir el daño ambiental, los gastos energéticos y el consumo de agua; logrando así

un mejoramiento del confort al interior del edificio, al tiempo que se respete el entorno inmediato, los habitantes del mismo, y a las futuras generaciones; por esto es necesario que se cuida el medio ambiente, se busque no alterar sino al contrario solucionar la situación económica y social de la comunidad.

De criterios y lineamientos para el diseño sustentable, algunos países se han preocupado y generalmente de manera independiente a sus Gobiernos, han comenzado a proponer estándares voluntarios, con considerable aunque insuficiente impacto y aplicación en sus sociedades.

Basándose en lineamientos ya existentes se dice que una de las

características de la arquitectura sustentable, es que se debe evitar diseñar edificios para ser demolidos, e intentando que busquen opciones como la deconstrucción, desmantelamiento, re-uso, rehabilitación y reciclamiento de sus componentes (Hernández, 2010) Se piensa que cuando se demuele un edificio, generalmente es consecuencia de que no se considera el diseño por ciclo de vida de dicho edificio, y por lo tanto, no exista una planeación de la vida útil del inmueble que se esté proyectando, en sus consecuencias y las repercusiones que tendrá el producto arquitectónico, desde su pre diseño y diseño, hasta su construcción, ocupación,

mantenimiento y fin de su vida útil.

## 2.5. Disposición final de edificios. Evitar una Demolición

Una vez llegado el momento dentro del Ciclo de Vida de los edificios en que se deberá responder a su disposición final, es indispensable considerar el impacto generado por una demolición, respecto al producido con una rehabilitación.

Sin embargo la restauración de un inmueble para prolongar su utilización no es el fin de este trabajo, como lo plantean James y James (1999), una restauración no es tarea sencilla:



“La normativa sobre construcción puede presentar problemas para los trabajos de restauración. En la mayoría de los estados de la Unión Europea, los requisitos de la normativa sobre construcción se expresan en términos de rendimientos “aislamiento térmico razonable”, “rendimiento estructural adecuado”. Las recomendaciones asociadas están concebidas para obras nuevas y no siempre tienen en cuenta la resistencia, el aislamiento térmico y otras características de los edificios existentes. Es posible que la normativa no permita niveles que anteriormente fueron aceptables, lo que exige amplias mejoras que, a veces, dan un resultado estético poco aceptable que hace recomendable su demolición y nueva construcción, aunque, de hecho, lo más sostenible sería conservar y renovar el edificio antiguo” (James & James 1999: 34)

El planteamiento de esta investigación es comprobar que como consecuencia de evitar este fin para el edificio (demolición) se podrían obtener mayores beneficios que repercusiones

negativas, sin embargo, la intervención en inmuebles que ya han cubierto su vida útil no es tan sencilla, puesto que debe responder a ciertas normatividades. Como se mencionó en el planteamiento de la investigación, no se pretende hacer una propuesta de restauración, sino más bien una propuesta de intervención que permita la mezcla de materiales, usos y apariencia del inmueble con la incorporación de tecnologías actuales, razón por la cual se pretende ubicar el objeto de estudio fuera de aquellos edificios considerados y catalogados como patrimonio colectivo, o con valor histórico, ya que se desea tener un amplio

campo de acción para su análisis y propuestas.

A pesar de no tratarse de un trabajo que busque centrarse en la restauración, el planteamiento hecho por James y James (1999) resulta relevante para la búsqueda de conservación y prolongación de la vida útil de inmuebles que bajo circunstancias distintas, se podrían considerar en el fin de su vida.

## 2.6. Recuperación de edificios como alternativa para una aproximación a la sustentabilidad

En este punto de la investigación queda clara la postura bajo la cual se pretende desarrollar la propuesta que permita la esperada aproximación a la sustentabilidad,



la postura se centra en evitar la demolición de edificios que ya han cubierto su desempeño de vida útil como una potencial oportunidad de obtener beneficios sociales, económicos y medio ambientales. Una postura que apoya lo planteado es la que a continuación se cita:

“Rehabilitar significa utilizar menos materiales y consumir menos energía en conceptos como demolición y transporte.

Normalmente, también requiere más mano de obra que construir de nuevo. Además, debe tenerse en cuenta el beneficio cultural si se preservan edificios conocidos y emblemáticos, así como las oportunidades de aprender cómo se trabajaban los edificios antiguos, muchos de los cuales fueron construidos con técnicas y materiales sostenibles y han durado muchos años” (James & James 1999: 34)

En la postura de esta misma obra se destaca la presentación de

consideraciones, específicas para la rehabilitación de edificios, la cual se presenta en la siguiente tabla (Tabla 2) dónde se pueden analizar las consideraciones propuestas en un Vitrubio Ecológico, específicamente para el momento de la rehabilitación de edificios, como un claro ejemplo de la preocupación que se ha despertado en otros autores respecto al tema de edificios que han cumplido su Vida Útil

Tabla 2.Consideraciones durante la fase de rehabilitación Fuente: James & James 1999: 35

Consideraciones durante la fase de rehabilitación	
<b>Antes de Abordar el proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar una auditoría energética del edificio.</li> </ul>
<b>Identificar el potencial de mejora medioambiental del edificio, incluyendo:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la luz natural mediante lucernarios.</li> <li>Reducción de sobrecalentamiento mediante lamas externas o persianas.</li> <li>Reducción de la demanda de calefacción mediante la instalación de sistemas de doble puerta y por medio de añadir aislamiento a los muros exteriores y a la cubierta.</li> <li>Mejora del rendimiento del cerramiento con ventanas y puertas de calidad.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitar la ventilación natural añadiendo paños practicables en ventanas y lucernarios.</li> <li>• Controlar la ventilación y las posibles infiltraciones.</li> <li>• Aumentar el rendimiento de los sistemas activos mediante mejores controles (temporizadores, termostatos, sistemas integrados de control de edificios) y accesorios más eficientes (lámparas, calefactores).</li> <li>• Mejorar la calidad del aire interior sustituyendo los acabados sintéticos por acabados naturales: linóleo, pinturas acuosas.</li> </ul>
<p><b>A tener en cuenta en las rehabilitaciones</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejores controles de los sistemas activos. Los siguientes suelen ser rentables:</li> <li>• Controladores programables de estado sólido para calefacción y ventilación;</li> <li>• Interruptores de luz automáticos;</li> <li>• Termostatos individuales para cada espacio radiador:</li> <li>• Controles de compensación climática.</li> <li>• Cerramiento exterior más hermético.</li> <li>• Mejora del aislamiento térmico: no siempre es fácil, pero, si se cambia la cubierta, podría ser posible mejorar el aislamiento térmico por poco más. El aislamiento de los muros exteriores puede mejorar muchísimo el rendimiento térmico y aumentar el confort interior.</li> <li>• Si se van a cambiar las ventanas o las puertas exteriores, normalmente merecerá la pena instalar mejores calidades.</li> <li>• La instalación de dobles ventanas interiores crea mini galerías, precalienta el aire de la ventilación y reduce la transmisión de ruido exterior.</li> <li>• Los acabados de alta calidad para suelos y paredes son más duraderos y compensan el coste adicional.</li> <li>• Al mismo tiempo que se restaura la fachada, pueden introducirse mecanismos de control climático pasivo, cortavientos de doble puerta en las entradas exteriores, dispositivos para proporcionar sombra con lamas fijas o móviles, e invernaderos.</li> </ul>

- Introducir componentes sostenibles que no existían previamente, como colectores solares en cubierta, células fotovoltaicas y ascensores de bajo consumo.

En el mundo entero y diversas disciplinas se empieza a hablar más de la necesidad de abordar temas tales como la sustentabilidad. Generalmente éste tema visto desde la arquitectura, se interpreta como la utilización de energías alternativas, ahorro de energía, enotecnias, sistemas pasivos para generar confort y otros temas relacionados con minimizar impactos ambientales. Al respecto se ha hablado mucho y se han tenido intervenciones en ésta industria, que generalmente se tratan de iniciativas particulares de concientización de los dueños, diseñadores o constructores de la arquitectura.

Sin embargo, el tema de la sustentabilidad no puede limitarse a esto; ya que recordado que la sustentabilidad no sólo busca un equilibrio medio ambiental, y que existen otros temas importantes por abordar, resulta de vital importancia alejarse de las posturas que solamente toman en consideración las cuestiones ambientales, y realizar propuesta que se acerquen efectivamente a lo esperado en la sustentabilidad.

En la arquitectura, efectivamente si se ahorra en energía, materiales y agua durante la construcción y operación del inmueble, se estará ahorrando en recursos económicos durante todo este tiempo y esto repercutirá en la mejor calidad de

vida del usuario y entorno de éste, sus vecinos y comunidad. Sin embargo, la sustentabilidad como término estricto aún no se estaría cumpliendo y seguramente por el simple hecho de que exista el inmueble, ésta condición de pleno equilibrio ambiental, social y económico no se cumplirá. Sin embargo si se pueden proponer acciones con el fin de mitigar los impactos y buscar que con cada acción los profesionistas de la arquitectura puedan generar mejores diseños.

Para comenzar a situar a la arquitectura con la intención de tornarla en sustentable, no es preciso visualizar a una edificación como un elemento



aislado, es necesario considerar los impactos sociales, ambientales y económicos que ha generado, desde la extracción de su materia prima, su transporte, método para su manufactura, condiciones laborales para su elaboración, condiciones económicas que generan su precio, facilidad para colocación, mano de obra, energía y agua utilizada durante la construcción, impactos ambientales en el entorno, sistemas constructivos, diseño arquitectónico, confort, gastos energéticos y de agua durante su ocupación, mantenimiento, reparaciones, fin de su vida útil y manejo de residuos; son algunos tópicos a considerar para poder acercarse a la generación de

arquitectura más responsable y que pueda llamarse sustentable.

Considerar el ciclo de vida del edificio que comprende desde que surge la necesidad de crear un nuevo espacio que satisfará una necesidad humana, y termina hasta que el edificio deja de funcionar y genera desechos o residuos que deberán ser tratados (Hernández, 2010), sería una manera responsable de abordar el tema, y proponer soluciones que mitiguen éstos impactos durante toda la vida del inmueble. Así lo considera Brian Edwards en su libro “Guía Básica para la sostenibilidad” (Basic guide of Sustainability), quién al ser arquitecto de profesión propone una aproximación elemental a uno de los problemas clave a los que

se enfrentan los arquitectos de éste siglo. Un edificio sustentable, según el autor, es una pieza de la ciudad capaz de generar su propia energía, bajo un diseño específico que le permita formar parte positiva, y no destructiva, del medio ambiente natural.

Retomando la postura de Bryan Edwards (2008), la industria de la construcción ocupa gran parte de los recursos mundiales, lo que la convierte en la actividad menos sostenible del planeta. Es evidente que algo debe cambiar, y los arquitectos como diseñadores de edificios, tienen un importante papel que desempeñar. Expone los programas y las políticas de gobiernos e instituciones a favor del medio ambiente y resume las distintas medidas y soluciones

---

---

ecológicas en el campo de la arquitectura, en donde cabe destacar que el autor considera la importancia de considerar el Ciclo de Vida del edificio dentro del producto del arquitecto. Edwards (2008) es consciente de que la arquitectura no puede resolver por sí sola los problemas ambientales del mundo, esta declaración indiscutiblemente tiene buen fundamento, sin embargo en ésta razón radica la importancia de adentrarse y especializarse en temas específicos de la disciplina, Edwards explica la importancia de hacer un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los edificios para generar mejor arquitectura y más cercana a la sostenibilidad.

## 2.7. Conclusiones Parciales

A pesar de ser muy importante la interacción de un inmueble con su entorno, este estudio está dirigido hacia el estudio al interior del edificio, al ser sus características las que pesan más en el análisis al establecer su potencial de continuar albergando actividades humanas.

La adaptación de un inmueble con la personalidad de los usuarios no es un acto instantáneo sino el resultado de procesos culturales largos y complejos que posiblemente encuentren mejor explicación desde el campo de la sociología, psicología y psicoanálisis.

La transformación y apropiación por parte de los habitantes del

espacio, es tan singular como la mente de cada individuo, por lo que, proveer a los usuarios de alternativas de modificación que no afecten la estructura del inmueble, podría ser una opción recomendable.

Se identifica la necesidad social de adquirir o construir inmuebles con una durabilidad mayor que la vida misma del usuario, con la intención de trascender por medio de éste, razón por la que estudiar aquellos edificios que de alguna forma llegaron al fin de su vida útil, representa un nicho de oportunidad.

La Vida Útil en un edificio es el periodo real de tiempo durante el cual el edificio o cualquiera de sus componentes funcionan sin gastos



imprevistos o interrupción para su mantenimiento y reparación.

No se puede suponer que todos los edificios intervenidos se comportarán de la misma forma que edificios que iniciarán su Vida Útil en este momento histórico, no obstante pueden identificarse tendencias en sus comportamientos.

Puede decirse que resulta más sostenible rehabilitar y reutilizar edificios existentes que demolerlos y volver a construir, ya que en los primeros se ha recorrido un largo trecho en el camino de impactos desde la extracción y transporte de las materias primas, y en la segunda opción, aprovechar lo existente podría evitar impactos nuevos.

Una vez llegado el momento dentro del Ciclo de Vida de los edificios en que se deberá responder a su disposición final, es indispensable considerar el impacto generado por una demolición, respecto al producido con una rehabilitación.

Rehabilitar significa utilizar menos materiales y consumir menos energía en conceptos como demolición y transporte



### 3. Análisis de edificaciones que han cumplido su vida útil en la ciudad de Toluca

#### 3.1. Estudio estadístico para identificar las principales características consideradas para su análisis

Para este estudio se tomó como base el análisis y registro del patrimonio construido en la Ciudad de Toluca realizado por la Dra. Margarita Isabel Sena

Sánchez en el año 1999, en el cual se describe detalladamente por medio de fichas técnicas, las principales características de las edificaciones de la Ciudad desde el siglo XVII hasta principios del siglo XX. Este fue un estudio profundamente elaborado, no obstante al tratarse de un documento generado hace más de 18 años, se tuvo que verificar el estado de algunas construcciones, las cuales ya han sido intervenidas, o han desaparecido. Razón por la cual de los 319 edificios descritos, solamente se toman como base para el presente estudio un universo de 218 edificios, que se adaptan a las características que en el planteamiento y fundamentos se describen.

Derivado de este análisis se pudo realizar un análisis estadístico, con resultados descriptivos, que serán la base para la definición del sistema constructivo que servirá como caso de estudio para concretar las aspiraciones de esta investigación.

Los datos que pudieron registrarse y se consideran relevantes para el estudio son los referentes a la ubicación del inmueble, época y año de construcción, estilo arquitectónico, uso original y actual; así como los materiales predominantes en fachadas (y



estado de conservación), muros, entrepisos, cubiertas, con la descripción de algunos elementos tales como el ancho de muros, alto de fachadas, número de niveles, y el régimen de propiedad de los inmuebles.

A continuación se presentan algunos de los datos encontrados.

### *3.1.1. Época de Construcción y Estilos arquitectónicos*

La base de datos que se toma como referencia para este estudio estadístico, contiene un total de 319 edificaciones públicas y privadas, desde el siglo XVII hasta principios del siglo XX. Para fines de esta investigación solamente se tomarán en cuenta inmuebles con régimen de propiedad privada y cuya época de construcción esté comprendida entre el siglo XIX y principios del siglo XX, ya que como se estableció en los fundamentos de este trabajo, la propuesta pretende lograr cierta holgura en las posibilidades de intervención, a la vez que es este periodo histórico del que se conserva mayor número de inmuebles.

Durante las últimas décadas del siglo XIX y primeros años del siglo XX es cuando se presentan en la Ciudad de Toluca relevantes sucesos que derivarían en transformaciones económicas y como consecuencia mayor número de construcciones respecto a los tiempos pasados. A principios de la década de 1880 se inaugura el ferrocarril y con ello la mejor comunicación con la Capital del País y otras entidades. Durante este mismo tiempo ocurría en México el periodo conocido como Porfirista (1876-1910) que se reflejaría en el embellecimiento de la ciudad, y mayores expresiones arquitectónicas tanto públicas como privadas (García Luna, 1985), esta es la razón por la cual se considera este periodo para el análisis.

Como resultado del análisis estadístico, no se obtuvieron datos relevantes respecto a la época de su construcción ya que como se mencionó, fue el estudio documental el que hizo que parte de la depuración de los registros con los que se contaba, se centrara exclusivamente en aquellos edificios comprendidos durante este periodo (Porfirista).

Tabla 3. Época de Construcción

Época de construcción	No. De Edificios	Porcentaje
Finales del Siglo XIX	1	0.5%
Siglo XX	8	3.7%
Principios del Siglo XX	21	9.6%
Siglo XIX	29	13.3%
Siglo XIX- XX	159	72.9%
Total	218	100%

La presentación de los datos de la época de edificación más bien nos permite identificar que los inmuebles fueron producto de un largo proceso de construcción, y en ocasiones la realización respondía a varias etapas.

El estudio estadístico en donde se pueden encontrar datos relevantes es en la verificación de los estilos arquitectónicos empleados en la época.





Figura 3: Edificación Col. Ferrocarriles 2019

Tabla 4. Estilo Arquitectónico

<b>Estilo Arquitectónico</b>	<b>No. De Edificaciones</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Novecentista</b>	1	0.5%
<b>Porfirista</b>	1	0.5%
<b>Ecléctico con superposiciones neocoloniales</b>	1	0.5%
<b>Colonial Mexicano</b>	2	0.9%
<b>Neogótico</b>	2	0.9%
<b>Popular (Ecléctico)</b>	2	0.9%
<b>Ecléctico Popular</b>	3	1.4%
<b>Popular Siglo XIX</b>	3	1.4%
<b>Sin Clasificación</b>	4	1.8%
<b>Neoclásico (Porfirista)</b>	12	5.5%
<b>Popular</b>	62	28.4%
<b>Ecléctico</b>	125	57.3%
<b>Total</b>	218	100%

Es en la segunda mitad del siglo XIX cuando comienzan a aparecer construcciones civiles de importancia (García Luna, 1985).

Queda en claro que los largos procesos de construcción y las influencias porfiristas en los inmuebles, derivaron en una prevalencia de estilos eclécticos, y populares. Esta fue una buena época en la que la actividad de los arquitectos tuvo mayor presencia en la ciudad, dicha influencia repercutió en la imagen de la ciudad que fue la razón que le valió a Toluca el título de “Toluca la Bella”.

### *3.1.2. Uso Original y Uso Actual*

Durante esta época se dio la construcción de importantes inmuebles tanto públicos como privados, no obstante, para no desviar la descripción de los edificios que ocupan a la investigación, se mencionarán únicamente los edificios de régimen de propiedad privada que fueron considerados en el estudio.

Al referirnos exclusivamente a inmuebles particulares, no es de extrañarse el encontrarse con una incidencia mayor de los edificios cuyo uso original fue casa- habitación. No obstante, el análisis que realmente aporta datos de interés a la investigación es su comparación respecto al cambio de usos.



Tabla 5. Uso Original

<b>Uso Original</b>	<b>No. De Edificios</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Ranchería</b>	1	0.5%
<b>Restaurante</b>	1	0.5%
<b>Templo Bautista</b>	1	0.5%
<b>Comercial</b>	1	0.5%
<b>Planta de Luz</b>	1	0.5%
<b>Casa- Habitación</b>	213	97.7%
<b>Total</b>	218	100%

Tabla 6. Uso Actual

<b>Uso Actual</b>	<b>No. De Edificios</b>	<b>Porcentaje</b>
Casa- Habitación/ Cantina	1	0.5%
Estacionamiento	1	0.5%
Librería UAEMex	1	0.5%
Templo Bautista	1	0.5%
No clasificado	1	0.5%
Academia y Comercio	2	0.9%
Escuela	2	0.9%
Bodega	3	1.4%
Notaría	3	1.4%
Academia	4	1.8%
Casa- Habitación/ Consultorio	4	1.8%
Hotel	4	1.8%

Oficinas	4	1.8%
Restaurante	5	2.3%
Abandonado	8	3.7%
Casa- Habitación/ Comercio	10	4.6%
Comercio y oficinas	16	7.3%
Comercio y Habitacional	25	11.5%
Comercial	32	14.7%
Casa- Habitación	91	41.7%
Total	218	100%

En la comparativa entre los usos originales y su evolución, podemos visualizar, que la permanencia de los inmuebles en la ciudad no ha sido un proceso simple de paso por el tiempo, sino de adaptación constante, y aunque la mayoría de los inmuebles conserven parcialmente su uso original de vivienda, han tenido que compartir el espacio, con otros usos, principalmente comerciales. Los amplios espacios originales dieron paso a la necesidad de adaptación, a nuevas necesidades sociales, mientras el inmueble original aún conservaba un importante potencial para seguir presente en la ciudad. Es esta una de las principales razones por las que con este trabajo se pretende lograr una evaluación y plan de acción más práctico para generar las mejores condiciones que permitan una flexibilidad responsable para estos edificios intervenidos, y que esta segunda oportunidad de reinserción a la ciudad, sea una acción segura y responsable.





Figura 4: Adaptación de espacios, calle Independencia Toluca 2019

### 3.1.3. *Materiales predominantes y estado de conservación en fachada*

Ya se abordó de forma breve el contexto en el que se desarrollaron las construcciones que son objeto de estudio en esta investigación, sin embargo el conocer más allá de los estilos arquitectónicos y detalles históricos, es igualmente importante ya que los datos técnicos de las construcciones, como el análisis de los principales materiales utilizados, serán de vital importancia al identificar los principales factores que influyen en el comportamiento de los inmuebles objetos del estudio.



En esta sección en específico, se analizarán los principales materiales utilizados en las fachadas de los inmuebles, que se presentan en la Tabla 7, en donde la letra escrita después de la descripción responde al nivel de conservación (B-Bueno, R-Regular, M-Malo)

Tabla 7. Materiales predominantes y estado de conservación en Fachadas

Fachada Principal	No. De Edificios	Porcentaje
Acabado corev. Impuesto	1	0.5%
Adobe, R	1	0.5%
Aparente, R	1	0.5%
Aplanado acabado corev	1	0.5%
Aplanado cacachateado y piedra, B	1	0.5%
Aplanado cacachateado, B	1	0.5%
Aplanado corev, Piedra B	1	0.5%
Aplanado corev, Piedra, M	1	0.5%
Aplanado de cal y arena regular	1	0.5%
Aplanado de cal y arena, Yeso en molduras, R	1	0.5%
Aplanado de cal, arena y corev, B	1	0.5%
Aplanado de cantera y Piedra, B	1	0.5%
Aplanado, Tabique, Piedra, B	1	0.5%
Aplanado, Tabique, R	1	0.5%
Cantera y Aplanado, R	1	0.5%
Cornisa, aplanado de Yeso, cal, arena, B	1	0.5%
Mampostería, aplanado de cal y arena, R	1	0.5%
Piedra Labrada, B	1	0.5%
Piedra y Tabique, B	1	0.5%



Piedra, cal y arena, B	1	0.5%
Recubrimiento de Cantera, B	1	0.5%
Tabique y aplanado, M	1	0.5%
Tabique, M	1	0.5%
Aplanado corev, B	2	0.9%
Aplanado de cal y arena, Yeso en molduras, B	2	0.9%
Aplanado de piedra, B	2	0.9%
Piedra y aplanado de cal y arena, B	2	0.9%
Piedra y aplanado, B	2	0.9%
Piedra, R	2	0.9%
Aplanado, M	3	1.4%
Aplanado, R	3	1.4%
Tabique y aplanado, R	3	1.4%
Aplanado de cal, arena y piedra, R	4	1.8%
Aplanado y Piedra, R	4	1.8%
Aplanado y Piedra, B	5	2.3%
Aplanado, B	6	2.8%
Aplanado de cal y arena, Tabique, B	8	3.7%
Aplanado de cal y arena, M	13	6.0%
Aplanado de cal, arena y piedra, B	15	6.9%
Piedra, B	17	7.8%
Aplanado de cal y arena, R	42	19.3%
Aplanado de cal y arena, B	60	27.5%
Total	218	100%

Respecto a los materiales utilizados en las fachadas se pueden encontrar una variedad importante de acabados, y si se relaciona con la existencia de estilos arquitectónicos eclécticos, no es de extrañarse el encontrar acabados únicos o utilizados en reducido número de edificaciones. Los acabados en fachadas que evidentemente son más utilizados, es el aplanado de cal y arena, en distinto grado de conservación, y en algunos casos en combinación con otros materiales como piedra o tabique.

El acabado de cal y arena, puede responder a la estrecha relación y compatibilidad existente con las

construcciones de adobe; dicha relación se comprobará en la siguiente sección.



Figura 5: Detalle tabique y aplanado, calle Lerdo de Tejada, Toluca 2019

### 3.1.4. Materiales predominantes y estado de conservación de muros

La sección anterior concluyó con una reflexión respecto a la compatibilidad del acabado de cal y arena con las construcciones de adobe. En esta sección de la investigación se analizarán específicamente los principales materiales utilizados en muros, para lo cual la tabla 8 servirá como guía visual.

Tabla 8. Materiales predominantes y estado de conservación en Muros

Muros	No. De Edificios	Porcentaje
Adobe	1	0.5%
Adobe y Tabique, R	1	0.5%
Adobe, Tabique, Piedra, B	1	0.5%
Adobe, Tabique, R	1	0.5%
Tabique y Adobe, M	1	0.5%
Tabique y Adobe, R	1	0.5%
Piedra y Adobe, R	2	0.9%
Adobe y Piedra, B	3	1.4%
No Clasificado	3	1.4%
Piedra y Adobe, B	5	2.3%
Adobe y Tabique, B	10	4.6%
Adobe, M	13	6.0%
Adobe, R	58	26.6%
Adobe, B	118	54.1%
Total	218	100%

En este análisis se comprueba lo que se deducía, respecto a la relación entre acabados en fachada y materiales utilizados en la construcción de muros, siendo el adobe el material más utilizado solo o en su combinación con el tabique. Por lo que la relación entre muro de adobe y aplanado de cal y arena, son los predominantes.



Figura 6: Estado de conservación de edificaciones, calle Hidalgo en el Centro de la Ciudad



### 3.1.5. Materiales predominantes y estado de conservación de Entrepisos y Cubiertas (Formas de cubiertas y número de niveles)

En esta sección se contemplará el análisis de cuatro datos principales, que están estrechamente relacionados; el número de niveles en las edificaciones, el sistema utilizado en los inmuebles con más de un nivel de construcción para sus entrepisos, y por último el sistema y forma utilizados para las cubiertas

Se comenzará la descripción con el conteo del número de niveles utilizados, la cual se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Numero de Niveles de construcción en las edificaciones

Numero de Niveles	No. De Edificios	Porcentaje
Uno-Dos	1	0.5%
Tres	1	0.5%
Dos	73	33.5%
Uno	143	65.6%
Total	218	100%

Con esta tabla y figura, se puede visualizar, que a pesar de existir edificaciones de dos y hasta tres niveles, estas representan menos del 50% de las construcciones respecto a las que poseen solamente un nivel, razón por la cual la descripción de los entrepisos solamente responderá a este reducido número de edificaciones que cuentan con más de un nivel (78 edificaciones), y se presentan en la siguiente tabla y figura.

---

---

Tabla 10. Sistema de construcción en entrespisos

Entrespisos	No. De Edificios	Porcentaje
Multi panel W. B	1	1.3%
Vigas y duelas de madera, R	1	1.3%
Viguería de madera, B	1	1.3%
Viguería de madera, R	1	1.3%
Viguería	3	3.8%
Viguería, M	4	5.1%
Viguería, R	21	26.9%
Viguería, B	46	59.0%
Total	78	100%

Se puede concluir en este breve análisis que de las construcciones que cuentan con más de un nivel, su mayoría utilizan un sistema me viguería para la construcción y soporte de los entrespisos.

Ahora podemos continuar con el análisis de las cubiertas, para lo cual a continuación se presenta la tabla 11.



Tabla 11. Sistema de construcción en Cubiertas

Cubierta	No. De Edificios	Porcentaje
Viguería	1	0.5%
Viguería y Lámina, R	1	0.5%
Viguería y metálica, B	1	0.5%
Viguería, M	3	1.4%
Terrado	8	3.7%
Terrado, M	12	5.5%
Viguería, B	16	7.3%
Viguería, R	17	7.8%
Terrado, R	59	27.1%
Terrado, B	100	45.9%
Total	218	100%

En este sentido, las cubiertas en su mayoría responden a sistemas de terrado y en un porcentaje menor, la viguería. También se hizo un análisis de las formas de las cubiertas, que no se considera relevante incluir gráficamente en el documento ya que, solamente un edificio tiene la cubierta inclinada, mientras que el 99.5% restante cuentan con cubiertas de forma plana.

### 3.1.6. Alturas en fachadas y ancho de muros

Existe una relación directa entre el ancho de los muros, que ahora sabemos que en su mayoría son de adobe y el número de niveles y alturas que podían alcanzar las fachadas, en esta breve sección solamente se realizará la descripción de los hallazgos, cuya interpretación posterior llevará a la definición del sistema constructivo que servirá de análisis como caso de estudio en el siguiente capítulo.

Se comenzará por la descripción de las alturas que presentan las fachadas, las cuales se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Altura de Fachadas

Altura de Fachada Metros	Número de edificios	Porcentaje
0.0-2.9	0	0%
3.0-4.9	31	14.2%
5.0-6.9	115	52.8%
7.0-8.9	56	25.7%
9.0-10.9	11	5.0%
11.0-12.9	3	1.4%
13.0-14.9	1	0.5%
15.0-16.9	1	0.5%
Total	218	100%



Las alturas predominantes, van de los 5 a los 7 metros, sin embargo, al hacer la comparación respecto al número de niveles que predominan en el análisis, se puede decir que las edificaciones en su mayoría cuentan con un solo nivel, que contrastado con las alturas, este único nivel tendría alturas de entre 5 y 7 metros, que en construcciones habitacionales, tradicionales y contemporáneas, fácilmente albergarían dos niveles. Estas alturas también deben responder al ancho de los muros en las construcciones, razón por la cual esta sección analiza ambos datos. En la Tabla 13 se presentan las medidas identificadas en el ancho de los muros.

Tabla 13. Ancho de Muros

Ancho de Muro Metros	No. De Edificaciones	Porcentaje
0.20-0.39	1	0.5%
0.40-0.59	1	0.5%
0.60-0.79	117	53.7%
0.80-0.99	98	45.0%
Sin Clasificar	1	0.5%
Total	218	100%

En esta tabla (12) encontramos, que casi la totalidad del ancho de los muros se encuentra entre los 60 cm y los 90cm, lo cual no resulta sorprendente puesto que ya hemos analizado que el principal material con el que se realizaban estas construcciones era el adobe, con el cual se alcanzaban alturas de entre 5 y 7 metros para un solo nivel.



Figura 7: Edificios de 2 niveles en la calle Ignacio López Rayón, Toluca, Estado de México

### 3.1.7. Régimen de propiedad

El régimen de propiedad de las construcciones analizadas es en su totalidad es privado, que a pesar de tener que apearse a ciertas normatividades, si se pretende realizar alguna intervención, será más sencillo que pretender intervenir inmuebles de propiedad pública.

De acuerdo al periodo de construcción de los inmuebles analizados, la institución que regula las intervenciones a dichos inmuebles es el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura (INBA) que de acuerdo a la normatividad vigente al 01 de mayo de 2018 que se realizó la consulta y el trámite publicado en su página oficial <https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-para-intervenciones-en-inmueble-con-valor-artistico-y-o-colindante-ante-el-inba/INBAL1309> en dónde se establecen los requisitos necesarios para realizar intervenciones mayores, en inmuebles con valor artístico y/o en colindantes a éstos. Entendiendo como intervenciones mayores a aquellas que modifican el diseño estructural y/o arquitectónico de un inmueble como son: obras de restauración, rehabilitación estructural, ampliación y/o restitución. En el caso de los colindantes, las acciones posibles son obras de demolición, excavación, instalación o modificación en edificaciones existentes, ampliación y construcción de obra nueva. Para los cuales se solicita cubrir los siguientes requisitos:

---

---

Tabla 14. Requisitos para autorización de intervención en inmuebles protegidos por el INBA. Fuente <https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-para-intervenciones-en-inmueble-con-valor-artistico-y-o-colindante-ante-el-inba/INBAL1309>

Documento requerido	Presentación
<b>Escrito libre de solicitud con firma autógrafa del solicitante o promovente, incluyendo la ubicación del inmueble</b>	Original
<b>Planos del estado actual del inmueble con valor artístico y/o colindante de la obra a realizarse</b>	Original
<b>Fotografías del estado actual del inmueble con valor artístico y/o colindante</b>	Original
<b>Memoria descriptiva: características y especificaciones de la obra a realizarse</b>	Original
<b>Acreditación de la personalidad jurídica del solicitante o promovente</b>	Original

Dicho trámite puede ser realizado acudiendo directamente a la Dirección de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico Inmueble del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura (INBA), o realizarse en línea. Para ambos casos es necesario contar con la asesoría de un profesional experto en la materia que pueda determinar el estado actual del inmueble, así como memorias descriptivas de las acciones a realizarse. Ya que al parecer es una lista sencilla de requisitos que deben cubrirse, no obstante, la autorización no está sujeta simplemente a la presentación de los documentos completos, sino a su análisis detallado por parte de los expertos del Instituto.



### 3.2. Clasificación de materiales utilizados

De acuerdo al análisis estadístico realizado se puede concluir que los principales materiales utilizados y características en las construcciones de régimen de propiedad privada producidas entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX se encuentran los siguientes, en muros de entre 60 y 90 cm, de adobe con recubrimientos de cal y arena, y alturas de entre 5 y 7 metros. En los casos que existen entresijos son a base de viguería de madera, y cubiertas de terrado.

Por lo anterior se estima necesaria la descripción, características y factores de riesgo para el deterioro

de muros de adobe, aplanado de cal y arena, madera para viguería, elementos ornamentales de tabique rojo recocido y cantera, y cimentaciones.

#### 3.2.1. Muros de Adobe

Dentro de las ventajas de la utilización de tierra en las construcciones, se encuentra la reducción en el traslado de materiales al utilizarse la tierra del sitio, no obstante, esta ventaja genera que no se pueda hablar de una generalidad en la composición del material que será una mezcla de gravas, arenas, sedimentos, arcilla y fibras vegetales. Al ser un elemento constructivo que hace uso de la tierra cruda (no requiere horneado, sino que se seca a temperatura ambiente, con exposición al aire y radiación

solar) es posible su moldeado en forma de bloques de dimensiones mayores a las de un tabique rojo recocido, y por ende el grosor de los muros construidos con esta técnica resultan de mayor grosor.

Los muros fabricados con adobe pueden tener dimensiones diferentes desde 0.30 metros hasta 1.20 metros de espesor dependiendo de la altura a la que se quiera llegar con la edificación. Dentro de sus características se encuentra la resistencia a la compresión y al impacto, durabilidad mayor a los 80 años, así como la resistencia a altas temperaturas. Dentro de los factores que pudieran afectar su desempeño se encuentra su alta permeabilidad si no se tiene un recubrimiento adecuado y con

constante mantenimiento, y la baja resistencia a sismos si no se cuenta con refuerzos estructurales. Dentro de los factores biológicos que pudieran afectar al adobe si no se tiene un adecuado mantenimiento se encuentra la generación de ambientes en donde fácilmente pudieran reproducirse los insectos. Como anteriormente se mencionó la calidad de tierra para la fabricación de adobes varía según el sitio, pero podría decirse en términos generales que la composición ideal debería estar en una proporción aproximada de 20 a 30% de arcilla y un 60% de arena y grava para lograr un buen desempeño del elemento constructivo (Aguilar 2008).

Pueden identificarse las bondades del adobe como sistema

constructivo en muros, y su potencial trascendencia en el tiempo si se cuenta con un manteamiento adecuado; en el siguiente capítulo se deberán definir los aspectos a considerar para un análisis efectivo de estos elementos en edificaciones que han superado su periodo de vida útil.

### *3.2.2. Aplanado de Cal y Arena en muros de Adobe*

Como pudo identificarse en el estudio estadístico, es frecuente encontrar la combinación de muros de adobe con recubrimiento de cal y arena.

La cal es un material que se ha utilizado como aglomerante, en cualquiera de sus presentaciones,

por sus características de plasticidad. Se puede presentar en forma pura o con presencia de silicio. En este sentido, la cal aérea es el aglomerante más adecuado para los acabados en edificios antiguos por la compatibilidad, adherencia y capacidad de transpiración. No obstante requiere de un mantenimiento constante y una mano de obra especializada, que en la actualidad representa el mayor factor que está generando que esta técnica quede en desuso. El aplanado de cal y arena resulta de mayor costo respecto a un aplanado a base de mortero, sin embargo sigue siendo la cal el sistema que más se apega a las características y necesidades de un muro de adobe, y puede aplicarse



la técnica de fresco con la que se evitaría el mantenimiento de pintura.

Las proporciones utilizadas para los aplanados interiores están constituidas normalmente de una medida de cal apagada por ,5 / medidas de arena y un poco de agua, mientras que los exteriores se componen de tres capas; la primera es la de mayor grosor (aproximadamente 5 milímetros) y mayor concentración de cal; esta capa tiene como función el soporte mecánico y unión con la siguiente capa; la segunda capa contiene menos niveles de cal y un espesor entre 5 y 0 milímetros que cumple la función de corrección de imperfecciones y resistencia a la lluvia; por último la tercera capa, igualmente contiene poco

aglomerante y agregados de granulometría distintos, de acuerdo al acabado que se desee (tiene un espesor aproximado de 5 milímetros (Cedeño 2011).

### *3.2.3. Vigería de madera*

Es de especial atención el estado físico de las vigas de madera que se encuentran aún en uso en los edificios que han tenido un periodo de servicio.

La madera ha sido utilizada para la construcción por nuestros antepasados, por medio de sistemas constructivos antiguos de los que algunos han trascendido en el tiempo, y evolucionado, respondiendo a las necesidades sociales y climáticas de cada sitio. En la zona de estudio se encuentra

la madera como elemento constructivo en vigería.

Los factores que pueden afectar el desempeño y durabilidad de la madera, son principalmente factores biológicos, como insectos que encuentran en la madera un hábitat ideal para su reproducción y la humedad; para ambos casos, con un buen mantenimiento, aislamiento y sustancia que actúe como insecticida y no afecte la composición de la madera puede contrarrestarse y prolongar la vida útil del elemento.

Dentro de los beneficios de la utilización de madera en la construcción, se encuentra el reducido gasto energético para su fabricación, transporte y puesta en obra, tiene una buena relación entre su resistencia y su peso (es

ligera), con el adecuado manejo tiene buenas posibilidades de lograr una durabilidad prolongada, permite montajes ágiles, rápido, limpios y sin necesidad de utilización de agua (Queipo de Llano, et al, 2010)

### 3.2.4. Cimentación de mampostería

La cimentación entendida como el elemento de la construcción que es el vínculo y sustento del edificio respecto al suelo, al ser el elemento que transmite las cargas hacia este, resulta ser un factor de vital importancia en el análisis, ya que al encontrarse oculto, no es fácil su valoración a simple vista, pero su desempeño a través de los años pudo ser un factor para la conservación de los inmuebles.

Como pudo observarse en el estudio estadístico, las combinaciones de adobe con piedra eran frecuentes, y por el periodo que se analiza puede deducirse que la cimentación a base de mampostería pudo ser la más utilizada.

La mampostería es el tipo de cimentación comprendido por un conglomerado irregular de piedras unidas por una argamasa, que en la actualidad pudiera contener mortero, pero para la época analizada sería común la utilización de arena y cal como aglomerante. Este conglomerado compone la base en la que estarán dispuestos los muros, por lo que debe corresponder a dicha distribución. La mampostería al realizar un trabajo de transmisión

de cargas al suelo, debe contar con dimensiones por lo menos iguales a las del grosor del muro de adobe. Este elemento estructural puede sobrepasar el nivel de la calle, y a esta sección se le denomina sobrecimiento (Aguilar 2008), el cual ayuda a la conservación del muro de adobe en la parte baja, donde es más propenso a sufrir desgastes por fricción o por el ambiente (lluvia).

### 3.3. Cambio de uso en edificaciones de la ciudad de Toluca

Se ha identificado en el análisis estadístico, que el 97.7% de los inmuebles construidos durante el siglo XIX y hasta principios del



siglo XX, que aún permanecen presentes en el entorno, fueron concebidos como inmuebles para uso habitacional, y la forma que han encontrado para permanecer, ha sido su transformación o combinación con otros usos, por lo que más allá de tratarse de una propuesta innovadora, se estaría enfrentando a la necesidad de generar los instrumentos adecuados para que estas modificaciones se realizaran de manera más responsable.

En el siguiente capítulo se generará un modelo que permita el análisis más accesible que en manos de un experto del diseño arquitectónico, pueda generar las mejores propuestas en el sentido físico del edificio, sus impactos urbanos, la calidad de vida al

interior de los inmuebles analizado desde el punto de vista de los parámetros de confort, y la planeación de vida útil o flexibilidad del edificio resultante.



### 3.4. Conclusiones parciales

El mayor auge en la construcción de inmuebles en la ciudad de Toluca se dio entre finales del siglo XIX e inicios del XX y el estilo arquitectónico más predominante fue el ecléctico

Para fines de la investigación se presta atención a inmuebles con régimen de propiedad privada para mayor margen de acción en las propuestas de intervención

El INBA es la institución que se encarga de regular la autorización de intervenciones en estos inmuebles. El procedimiento es claro y accesible, no obstante dentro de los requisitos se encuentran

documentos que deberán generar profesionales de la construcción.

La mayoría de las construcciones privadas que comprenden el periodo de finales del siglo XIX y principios del XX tuvieron un uso original que correspondía a vivienda. En su mayoría las construcciones antes descritas han tenido una mezcla de usos, conservando parcialmente el uso habitacional.

El eclecticismo en las construcciones analizadas, genera que los materiales utilizados en los acabados de las fachadas sean igualmente diversos, no obstante, el aplanado de cal y arena en sus

diversos estados de conservación corresponden al acabado en fachada más utilizado en la época.

Es complicado llegar a conocer los planos ejecutivos y estructurales de las edificaciones descritas, no obstante se puede conocer los materiales de los cuales están constituidos sus muros, y estos pueden proporcionar información indirecta a cerca de sus sistemas constructivos, en ese tenor encontramos que los muros de adobe en sus distintos estados de conservación son los más frecuentes en las construcciones.



La forma de la construcción también está directamente relacionada con los usos y número de niveles de las construcciones, en donde a pesar de predominar las edificaciones de un solo nivel las alturas predominantes corresponden a alturas entre 5 y 9 metros.

De acuerdo al análisis estadístico realizado se puede concluir que los principales materiales utilizados en muros de entre 60 y 90 cm, de adobe con recubrimientos de cal y arena, y alturas de entre 5 y 7 metros. En los casos que existen entrepisos son a base de vigería de madera, y cubiertas de terrado, por lo que este sistema constructivo será

tomado como base y caso de estudio para el resto del trabajo

Existen distintas ventajas en la utilización del adobe como sistema constructivo, no obstante es preciso analizar las ventajas de tener un muro de un grosor mayor que los resultantes con otros materiales.

Los muros de adobe requieren de un alto mantenimiento para conservar sus características.

Es preciso determinar los factores que pudieran indicar el estado de conservación de un muro de adobe que ya ha servido por un periodo

El grado de conservación de los recubrimientos originales

puede ser un factor que ayude a determinar el estado interno del muro.

El adobe cuenta con bondades, al ser un material que no requiere de cocción y fácilmente puede reintegrarse al ambiente, es un buen aislante y su durabilidad es prolongada, siempre y cuando se dé el mantenimiento periódico y adecuado.

Los requisitos para obtener el permiso de intervención de edificios de estas características no son muchos pero requieren de un alto grado de conocimiento y especialización.

Se ha identificado en el análisis estadístico, que el 97.7% de los inmuebles

construidos durante el siglo XIX y hasta principios del siglo XX, que aún permanecen presentes en el entorno, fueron concebidos como inmuebles para uso habitacional, y la forma que han encontrado para permanecer, ha sido su transformación o combinación con otros usos, por lo que, se estaría enfrentando a la necesidad de generar los instrumentos adecuados para que estas modificaciones se realizaran de manera más responsable.

Como propuesta de la investigación es pertinente la propuesta de un modelo que permita el análisis más accesible que en manos de un experto del diseño

arquitectónico, pueda generar las mejores propuestas en el sentido físico del edificio, sus impactos urbanos, la calidad de vida al interior de los inmuebles analizado desde el punto de vista de los parámetros de confort, y la planeación de vida útil o flexibilidad del edificio resultante.





## 4. Modelo de Diagnóstico para la intervención en Edificios de la Ciudad de Toluca que han cumplido su vida útil

### 4.1. Factores que influyen en el desempeño de un edificio

Una vez descritos los principales materiales utilizados, es de vital importancia la identificación de los principales factores que pueden afectar el desempeño de la vida útil de los inmuebles descritos. (Esta sección no ha sido redactada, ya que era de vital

importancia el estudio estadístico, para identificar la información que responde a determinados materiales)

Un diseñador puede controlar muchos de los factores de la vida útil basándose en las recomendaciones hechas a través de las normas analizadas, tales como la selección de los materiales y su utilización adecuada, basándose en el desempeño histórico, las características del material de construcción, así como en los macro y micro climas. Desafortunadamente, un diseño apropiado en una ubicación no puede transferirse a otra, y de ésta manera un buen diseño y uso de materiales, resulta estrictamente

particular para cada edificio y contexto.

Existen factores que afectan al interior del edificio, las fachadas, cubiertas, acabados e instalaciones; cada uno de ellos se presenta y desarrolla de forma distinta según su localización en el edificio y su comportamiento, analizarlos en su totalidad representaría una tarea exhaustiva que valdría la pena desarrollar; sin embargo para fines de este trabajo nos centraremos en el análisis de los factores que repercuten en la envolvente.

Los factores ambientales que afectan el exterior del edificio (envolvente) son comúnmente llamados “agentes” ambientales. De ésta manera el diseñador debe



controlar o eliminar los agentes que pueden causar fallas materiales prematuras en el edificio.

Algunos de los agentes que deben destacarse y que afectan el desempeño de la vida útil de los edificios, por sí solos o en algún grado de combinación, se mencionan en seguida:

#### 4.1.1. Agua

Se atribuye la mayoría de las fallas de la envoltura de edificio al agua, en alguno de sus estados (gas, líquido y sólido), y es precisamente durante el cambio de estado de agregación en donde tiene lugar el mayor grado de deterioro del material (Alonso, J. et al 2006). La degradación por

agua puede tener las siguientes formas:

-Degradación biológica. Los hongos pueden atacar a los materiales orgánicos que estén en contacto con el agua o los altos índices de humedad. Ejemplos de degradación orgánica son la madera podrida, o manchas en las caras de los paneles de yeso.

-Corrosión. Se puede definir a la corrosión como una reacción electroquímica entre dos metales. El proceso de conversión requiere el movimiento de electrones, para los cuales, a menudo el agua proporciona un medio de transporte adecuado. Ejemplos de corrosión incluyen la oxidación de los soportes de acero o los conectores, oxidación de reforzamientos de acero en el

concreto o las picaduras en los acabados de aluminio.

-Ciclo de congelación/deshielo o heladas. En climas más fríos donde hay congelación, la entrada y acumulación de agua en una superficie porosa puede llevar al deterioro del material. El agua congelada crea fuerzas de expansión que físicamente pueden afectar los aparejos internos en los materiales. Ejemplos de los efectos perjudiciales del agua helada incluyen el desprendimiento de la mampostería o del concreto, o la helada de los cimientos del edificio.

Las fuentes de agua que pueden afectar al edificio son:

-El ingreso y la absorción del agua. El ingreso de agua es un

asunto de carga de humedad y resistencia de cercamiento. La mayoría de los materiales o sistemas tienen la capacidad de absorber un poco de agua por un determinado periodo de tiempo sin llegar a la degradación. Si la humedad absorbida llega a secarse antes de que ocurra la degradación, entonces estos materiales podrían adquirir una durabilidad considerable a pesar de la absorción de agua. En la práctica, los materiales de la envoltura de edificio instalados en un clima con inviernos fríos o secos a menudo tienen ciclos de sequía que compensan el agua acumulada en las temporadas más húmedas. En climas más húmedos con cortos periodos de sequía (Vancouver, Seattle), el daño por

el ingreso de agua es a menudo más severo.

Los montajes del cerramiento pueden mostrar signos de la entrada del agua debido a fuerzas como la gravedad, acción tubular o agua traída por el viento. El deterioro material puede darse si el ingreso de agua no puede ser controlado o drenado al exterior o si los materiales no tienen la capacidad de almacenar agua sin llegar a la degradación.

-Condensación. La condensación ocurre en una superficie con una temperatura menor al punto de rocío del aire en que se desenvuelve. En consecuencia, la probabilidad o extensión de la condensación está relacionada con

la humedad relativa del aire y la temperatura del material.

Los problemas de condensación en las envolturas de edificios a menudo se relacionan con las fugas de aire no controladas, la difusión de vapor, la filtración de la lluvia o el derretimiento de la nieve. Comúnmente se controla a la condensación a través del diseño cuidadoso y la instalación de barreras de vapor y barreras de aire y por medio de la eliminación (o consideración) de los planos de condensación potencial deberían presentarse condiciones problemáticas.

#### 4.1.2. Aire y contaminantes aéreos

El aire y sus componentes (Oxígeno, Nitrógeno y los



derivados de estos, Dióxido de carbono, Dióxido de sulfuro) pueden ser agentes para el deterioro así como mecanismos de transporte. Como mecanismo de transporte, el aire puede traer consigo humedad, agua y contaminantes a áreas de la envoltura de edificio que normalmente estarían protegidas de estos agentes. Por ejemplo, la humedad que viaja en el aire a través de una envoltura de edificio puede resultar en crecimiento de moho en materiales orgánicos o corrosión en materiales metálicos.

Los contaminantes originados en el aire pueden reaccionar directamente los componentes de la envoltura de edificio y degradarla. Los contaminantes aéreos comunes incluyen cloro en

climas marítimos, dióxido de sulfuro de las emisiones de vehículos o aeronaves, ácido hidrocórico cerca de plantas industriales, ácido nítrico de la combustión de combustibles de fósiles y de cloro en ambientes donde hay piscinas.

Los edificios ubicados en ambientes con estas altas concentraciones de contaminantes reactivos pueden experimentar una degradación más rápida en una gran variedad de los componentes de la envoltura.

#### 4.1.3. *Viento*

El viento tiene un papel importante en la vida útil de los materiales de construcción. El diseño de cercamiento requiere que se tomen en cuenta la carga

máxima así como las cargas cíclicas que pueden acortar la vida de materiales “sobreeplotados”. La carga de viento también es causa de despresurización de las cavidades de cercamiento, las cuales pueden aumentar las fugas de aire, el ingreso de agua, el desplazamiento de humedad y la condensación. La presión del viento también es responsable de levantar los montajes de los techos y de que la lluvia traída por el viento pueda penetrar en áreas no protegidas.

#### 4.1.4. *Agentes biológicos y ecológicos*

El moho y los hongos, así como los roedores, insectos y aves, pueden afectar la vida útil de los materiales de construcción. La

presencia de los hongos, el aire templado y la humedad (normalmente por encima del 22 % de la humedad contenida en los materiales de madera) puede causar el deterioro de los materiales orgánicos además de crear condiciones de salud inaceptables para los ocupantes.

Los insectos, aves y roedores pueden dañar los materiales al ingerir, corroer, anidar o depositar agentes corrosivos. La vegetación cuando se presenta como enredaderas puede tener un impacto significativo en las fachadas de los edificios y sus elementos estructurales debido al crecimiento de las raíces. El crecimiento importante de los árboles también puede causar dañar estructurales no

intencionales en las cocheras subterráneas.

#### 4.1.5. *Temperatura*

Las temperaturas extremas o las fluctuaciones en la temperatura pueden causar un movimiento significativo en materiales como el cobre y el vinil, creando deformación de materiales, y grietas y agujeros no intencionales en la interface de los materiales. La temperatura helada puede llevar a la formación de escarcha, la formación de hielo, el desprendimiento de la mampostería, y daño a los materiales frágiles. El calor excesivo de los materiales (los metales brillantes y los materiales para techos) puede llevar al “escurrimiento” de los materiales

sobre el revestimiento de los acabados y a la cuarteadura del material, a los brotes y resaltos. Las temperaturas extremadamente calurosas, tales como las que podrían presentarse en un edificio en llamas, pueden traer una gran cantidad de efectos perjudiciales con respecto a la vida útil. Estas temperaturas temporal o permanentemente pueden cambiar las propiedades físicas de los materiales, haciéndolos inefectivos para su uso.

#### 4.1.6. *Radiación solar*

La selección de material y el cercamiento ensamblado pueden ser dañados de manera considerable por la radiación solar UV. Cuando un material absorbe la radiación solar, se produce una



energía que puede causar una reacción química y cambios en las propiedades del material (volverse frágil, que se torne de un color amarillento, que se cale o que se afloje)

La mayoría de los ensamblajes con material sensible a los rayos UV requiere el uso de un material que los recubra (la membrana del techo sobreexpuesta a las juntas metálicas) lo que limita las opciones estéticas y de diseño de la construcción. Otros materiales tienen una limitada vida útil como resultado de la degradación UV (muchos materiales selladores y pinturas para acabados a base de agua) A la inversa, la radiación del cielo nocturno también puede causar la pérdida de calor y problemas con la condensación y

la corrosión en algunos montajes de techado (techos de zinc).

#### *4.1.7. Reacciones químicas e incompatibilidad*

A pesar de que las reacciones químicas no son un agente ambiental específico, a menudo se les asocia con agentes ambientales que causan daño material (la corrosión). En general, la incompatibilidad de materiales se debe a reacciones químicas específicas que suelen ocurrir.

A menudo se pasa por alto la compatibilidad los materiales como aspecto del diseño que puede reducir las expectativas de la vida útil de los materiales. Esto se debe a que el método actual para especificar los multicomponentes del ensamblaje,

el cual supone habrá una revisión cuidadosa de todos los materiales que se han distribuido en las secciones específicas. La combinación de los componentes requiere una revisión a fondo de cada material dentro de un ensamblaje, así como de los materiales que se usarán en el detallado de la interface. (Hersfiel, 2006)

#### *4.2. Principales factores de riesgo en la zona de estudio*

Los muros son la parte de la construcción donde se concentra la mayoría de las cargas a las que la construcción está sometida por agentes externos o por su propia constitución, los muros tienen como función resistir estos

esfuerzos y transmitir las cargas hacia la cimentación. Dentro de los posibles daños que pudieran presentarse se encuentra la aparición de fisuras, grietas, fracturas, humedad, etc. por lo tanto representan un elemento en la estructura de gran importancia que determinará el potencial de un inmueble a ser conservado.

Derivado del análisis de los factores que representan mayor riesgo para el deterioro de los muros, se tomará como factor principal la relación existente entre la humedad y los cambios de temperatura de la zona, para determinar la tendencia que los cambios de estado de agregación del agua, pudieran tener sobre los inmuebles analizados.

#### *4.2.1. Análisis de cambio de estado de agregación del agua como factor de riesgo en el deterioro de materiales expuestos a la intemperie en edificaciones*

Se presenta un análisis basado en el comportamiento de elementos del clima del Estado de México, tal como temperatura y precipitación según registros de CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) desde el año 2004, a la fecha.

Se realizará el análisis destacando como factor principal que puede afectar la vida útil del edificio al agua, y se centrará el análisis con los datos que permitirán conocer la relación entre humedad y

temperatura que pudieran representar un factor de riesgo.

Se desarrollará el análisis realizando divisiones según los meses del año ya que son ciclos que representan mismas estaciones del año y comparten características que facilitan su análisis, con el fin de destacar el riesgo de proliferación de desperfectos o fallas en el edificio relacionadas con los cambios de estado de agregación del agua en el entorno del Estado de México.

Para lo anterior se delimitará el análisis al estudio de las condiciones de precipitación y temperatura.

Una vez identificado como factor de riesgo principal el agua y sus cambios de estado de agregación,



se obtienen los registros mensuales desde el año 2004 de temperaturas máximas, medias y mínimas, así como niveles de precipitación en el Estado de México, según registros de la

Comisión Nacional del Agua (2017)

Se realizó la compilación mensual de cuatro datos, desde enero de 2004, hasta abril de 2017 para su análisis:

- a. Temperatura máxima mensual
- b. Temperatura media mensual
- c. Temperatura mínima mensual
- d. Precipitación

Tabla 15. Registro de temperatura en Grados Centígrados. Fuente Conagua (2017)

Temperatura	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
2004													
temperatura máxima	20.2	22.4	24.1	24.7	24.7	22.8	22.9	23.4	22.5	22.9	22.4	22.4	23.1
temperatura media	11.6	12.7	13.1	16	16.7	16.2	16	16.4	16.1	15.09	15.2	13.1	15.1
temperatura mínima	3.1	3	6.1	7.3	8.7	9.7	9.1	9.4	9.8	8.8	6	3.9	7.1
2005													
temperatura máxima	21.6	23.3	24.8	27.6	26.8	26.1	24.1	23.1	22.9	22.6	22.4	22	24
temperatura media	12.5	14.2	15.8	18.4	18.1	18.7	17.3	16.7	16.2	15.6	14	13.4	15.9
temperatura mínima	3.4	5.2	6.9	9.1	9.4	11.2	10.5	10.3	9.4	8.6	5.5	4.8	7.9
2006													
temperatura máxima	21.1	22.9	25.9	26.9	25.1	24	22.4	21.9	22.4	22.1	20.2	20.1	22.9
temperatura media	11.7	13.8	16.2	17.8	17.6	17.2	16.2	16	16.4	15.7	12.4	11.2	15.2
temperatura mínima	2.3	4.6	6.4	8.7	10.1	10.4	10	10	10.4	9.2	4.7	2.3	7.4

2007													
temperatura máxima	21.1	22.5	23.5	24.5	24.6	23.8	22.7	22.3	21.8	20.2	21.2	20.5	22.4
temperatura media	12.8	13.3	14.4	16.2	16.9	16.2	16.2	16	15.5	12.7	12	12.2	14.5
temperatura mínima	4.2	4.1	5.6	7.7	9.1	8.8	9.9	9.8	9.2	5.4	3.2	3.9	6.7
2008													
temperatura máxima	20.2	22.7	23.2	25.7	24.9	22.9	21.2	23.1	21.3	21.3	20.7	20.5	22.3
temperatura media	11.6	13.3	14.4	17.2	17.1	16.4	15.4	16.7	15.8	14.4	12	11.2	14.6
temperatura mínima	3	3.9	5.5	8.8	9.2	9.9	9.5	10.4	10.4	7.6	3.2	1.9	7
2009													
temperatura máxima	19.6	22.6	24.3	26	24.4	23.5	22	22	20.5	21.4	20.2	19.4	22.2
temperatura media	11	13.2	14.8	16.8	16.8	16.6	15.6	16.1	15.3	15.2	12.6	11.7	14.6
temperatura mínima	2.3	3.7	5.3	7.6	9.2	9.8	9.2	9.8	10.1	9	5	4.1	7.6
2010													
temperatura máxima	15.7	18.3	23.1	24.5	26.3	25.1	20.9	21.4	20.7	21.6	20.9	20.9	21.6
temperatura media	9.4	11.2	14.2	15.9	17.8	17.6	17.6	15.5	15	13.4	11.8	11	14
temperatura mínima	3.2	4.1	5.4	7.2	9.3	10	10.5	9.7	9.4	5.2	2.6	1.2	6.5
2011													
temperatura máxima	20.6	22.1	23.7	25.2	26.6	22.4	20.9	21.2	20.5	20	20.3	20.1	22
temperatura media	11.6	13.4	14.4	16.6	18.3	15.7	15.3	15	14.1	12.8	12.9	11.5	14.3
temperatura mínima	2.7	4.7	5.2	7.9	10.1	9	9.6	8.8	7.7	5.6	5.4	2.9	6.6
2012													
temperatura máxima	18.3	18.8	23.1	22.8	24.7	22.6	21.8	22.2	23	22.9	20	22.1	21.9
temperatura media	10.8	12.4	14.3	14.8	16.8	16.3	16.2	16.4	16.9	15.1	12.5	13.2	14.6
temperatura mínima	3.2	5.7	6	6.5	8.8	11.4	10.4	10.8	10.9	7.3	5.1	4.2	7.4
2013													
temperatura máxima	20.8	23.7	23.9	26.1	26.1	25	22.7	22.3	21.8	22.1	20.2	20.9	23
temperatura media	12.9	14.6	15.3	17	18.3	18.4	16.5	16.4	16.6	15.8	13.2	12.7	15.6





Tabla 16. Registro de precipitación mensual en milímetros (mm). Fuente Conagua (2017)

Precipitación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
2004	16.1	0	0	11.4	60.4	176.9	119.8	155.6	133.6	70.8	4.9	1.6	751.1
2005	9.4	3.4	4.5	8.9	16.3	58.2	145.5	149.8	71.6	72.4	8	1.1	549.1
2006	3.1	1.6	6.8	24.6	76.1	67.3	137.9	170.4	124.6	74.1	31.9	0.7	719.1
2007	5	13.3	17	28.5	55.7	125	206.8	184.3	163.9	65.9	8.8	2.1	876.3
2008	0.2	1.1	1.9	3.1	2.9	154.1	158.7	171.9	99.4	34.3	0	0	679.6
2009	10	5.2	9.8	3.6	57.3	108.6	98.6	123	216.1	87.7	11.7	4.1	725.7
2010	35.1	124.3	0.4	12.3	22.8	89.7	123.7	161.5	114.3	3.8	1.8	0	809.7
2011	0.7	0.3	2.2	20.8	24.7	131.9	221	116.9	63.5	49.1	16.2	0.3	657.6
2012	3.6	33.6	14.4	9	20.1	130.1	180.7	130.9	72.2	14.8	12.5	0.6	628.5
2013	4.1	0.9	7.7	11.9	56.9	124.2	161.1	133	221.9	71.7	41.2	7.6	842.9
2014	3.1	2.9	6.1	19.9	11.2	183.5	142.5	134.1	148.2	104.1	11.1	20	884.7
2015	1.8	11.4	61.5	15.9	128.7	128.1	141	117	168.2	57.3	17.5	10.2	858.5
2016	14.2	5.8	37.4	18.5	76.7	169.8	171.2	200.3	140.4	31.7	41.3	3.5	915
2017	0.1	0.9	16.2	12.6									

Para facilitar el manejo de los datos registrados se realizó un análisis individual para cada mes analizado en el cual se obtuvieron los datos y registros estadísticos, tales como media, rango, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación. Dicho análisis fue la base para la simplificación de los análisis posteriores. El desarrollo completo se presentará en la sección de anexos.



Con la información obtenida se realizó un análisis mediante el método de mínimos cuadrados, tomando los valores medios mensuales para identificar las tendencias en relación con la precipitación y temperatura máxima.

Tabla 17. Tendencia precipitación- temperatura máxima. Fuente Elaboración propia

2004-2017	Xi	Yi	XiYi	Xi2
	TEMPERATURA MÁXIMA	PRECIPITACIÓN		
ENERO	19.96	7.61	151.90	398.40
FEBRERO	22.02	14.62	321.93	484.88
MARZO	23.60	13.28	313.41	556.96
ABRIL	25.31	14.36	363.45	640.60
MAYO	25.08	46.91	1176.50	629.01
JUNIO	23.44	126.72	2970.32	549.43
JULIO	22.06	154.50	3408.27	486.64
AGOSTO	22.25	149.90	3335.28	495.06
SEPTIEMBRE	21.76	133.68	2908.88	473.50
OCTUBRE	21.65	56.75	1228.64	468.72
NOVIEMBRE	20.85	15.92	331.93	434.72
DICIEMBRE	20.91	3.98	83.22	437.23
Sumatoria=	268.89	738.23	16593.72	6055.15

$$B = \frac{(12 \cdot 16593.72) - (268.89 \cdot 738.23)}{(12 \cdot 6055.15) - (268.89^2)}$$

$$A = \frac{(738.23 - (-0.02 \cdot 268.89))}{12}$$

B=	1.73
A=	22.81
x	y
10.00	53.90
30.00	74.64

La tendencia existente entre los registros de temperatura máxima y precipitación indican que entre más aumenta la temperatura, los niveles de precipitación tienden a bajar; sin embargo no es una tendencia muy confiable ya que realmente la variación entre la temperatura máxima y mínima es de 20 ° C, y la variación en la precipitación tan solo es de 0.2 mm.

Tabla 18. Tendencia precipitación- temperatura mínima. Fuente Elaboración propia

2004-2017	Xi	Yi	XiYi	Xi2
	TEMPERATURA MÍNIMA	PRECIPITACIÓN		
ENERO	3.15	7.61	23.97	9.92
FEBRERO	4.17	14.62	60.97	17.39
MARZO	5.91	13.28	78.48	34.93
ABRIL	7.93	14.36	113.87	62.88
MAYO	9.35	46.91	438.61	87.42
JUNIO	10.17	126.72	1288.74	103.43
JULIO	9.78	154.50	1511.01	95.65
AGOSTO	9.82	149.90	1472.02	96.43
SEPTIEMBRE	9.85	133.68	1316.75	97.02
OCTUBRE	7.66	56.75	434.71	58.68
NOVIEMBRE	5.07	15.92	80.71	25.70
DICIEMBRE	3.82	3.98	15.20	14.59
Sumatoria=	86.68	738.23	6835.05	704.05

B=	19.28
A=	-77.75
x	y



2.00	-39.19
11.00	134.33

$$B = ((12 * 6835.05) - (268.89 * 738.23)) / ((12 * 704.05) - (86.68^2))$$

$$A = ((738.23 - (19.28 * 86.68)) / 12)$$

La tendencia de la relación entre la temperatura mínima y los niveles de precipitación, nuevamente obedece a que entre más aumenta la temperatura, disminuyen los niveles de precipitación. En esta relación a diferencia de la anterior se encuentra un incremento mayor en relación a niveles de precipitación respecto a la variación de grados de temperatura; esto puede mostrarnos que la tendencia que se notaba ligera en la gráfica de temperaturas máximas, es más notoria en las temperaturas bajas, y puede dar una interpretación inicial respecto al comportamiento entre humedad y temperatura.

De forma general se puede decir que entre más se incrementa el nivel de temperatura, los niveles de precipitación disminuyen, lo que parece indicar que no representa realmente un problema en cuanto a los cambios de estado de agregación en el agua de lluvia, sin embargo es conveniente estimar una última tendencia, basada en el rango derivado de las temperaturas máximas y mínimas para un mismo mes, durante el periodo comprendido de 2004 a 2017.

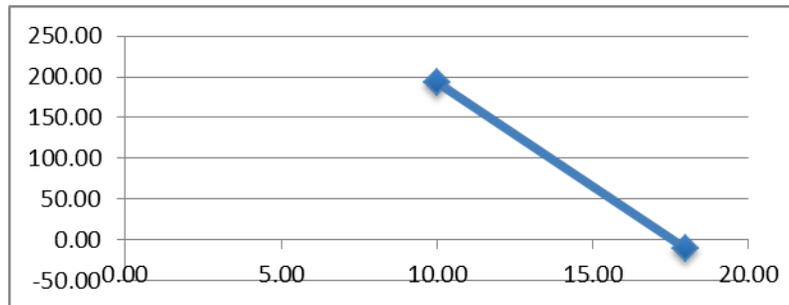
Para el siguiente análisis se identificará si existe tendencia en relación a variación de temperatura máxima y mínima (Rango) con los niveles de precipitación presentados en cada uno de los meses del año. Este dato no solamente indica la relación entre temperatura y precipitación, sino la relación entre las variaciones de temperatura y los niveles de lluvia, análisis que se espera que arroje datos que nos permita una interpretación más profunda.



Tabla 19. Tendencia precipitación- Variaciones de temperatura. Fuente Elaboración propia

	Xi	Yi	XiYi	Xi2
2004-2017	Rango tMax tMin	PRECIPITACIÓN		
ENERO	16.81	7.61	127.92	282.58
FEBRERO	17.85	14.62	260.97	318.62
MARZO	17.69	13.28	234.92	312.94
ABRIL	17.38	14.36	249.58	302.06
MAYO	15.73	46.91	737.89	247.43
JUNIO	13.27	126.72	1681.57	176.09
JULIO	12.28	154.50	1897.26	150.80
AGOSTO	12.43	149.90	1863.26	154.50
SEPTIEMBRE	11.91	133.68	1592.13	141.85
OCTUBRE	13.99	56.75	793.93	195.72
NOVIEMBRE	15.78	15.92	251.22	249.01
DICIEMBRE	17.09	3.98	68.02	292.07
Sumatoria=	182.21	738.23	9758.67	2823.67

B=	1.07
A=	45.26
x	y
10.00	55.97
18.00	64.53



Entre más amplia es la variación de temperaturas, menor es el nivel de precipitación. En términos generales puede decirse que con este análisis se encontró que:

- En forma general, el clima del Estado de México guarda una tendencia cíclica regular, que representa condiciones climáticas normales dentro de la descripción de clima templado subhúmedo con lluvias en verano.
  - Existe una tendencia de mayores niveles de precipitación durante los meses con las temperaturas más altas. Lluvias en verano.
  - Durante los meses con temperaturas más bajas, existe una tendencia hacia el incremento de niveles de precipitación. Granizo o aguanieve en invierno.
  - Los meses del año que tienen mayor nivel de precipitación, conservan las variaciones de temperaturas más bajas.
  - En los extremos de las mediciones térmicas, se encuentra la mayor actividad pluvial, sin embargo se conservan los niveles de temperatura constantes.
  - A pesar de tener variaciones de temperaturas durante todo el año, no se cumplen las condiciones básicas para considerar que los cambios de estado de agregación del agua representan un factor ambiental que pudiera afectar el desempeño de la vida útil de la envolvente del edificio.
- 
-

### 4.3. Modelo de diagnóstico

En éste punto de la investigación, se ha determinado que es importante el conocimiento de las características de aquellos edificios que son objeto del presente análisis, no obstante es imposible discriminar un solo caso de estudio que represente un conocimiento general que pueda expandirse a las diversas aplicaciones posibles, derivadas de la creatividad de los profesionistas del diseño arquitectónico. Se han identificado los principales factores externos

que pudieran afectar el desempeño de la durabilidad de los inmuebles analizados, no obstante, se ha demostrado que el conjunto de factores que se había identificado como el de mayor riesgo en la zona (humedad y cambios de estado de agregación del agua derivados de los cambios de temperatura) no representan un riesgo real, motivo por el cual se toma la decisión de concluir la investigación con la generación de un modelo que contribuya al diagnóstico que permita al profesional del diseño arquitectónico, el conocimiento de las características que favorezcan a la mejor toma de decisiones para la intervención y recuperación de inmuebles que han cumplido su vida útil y aún conservan

potencial para seguir formando parte de la ciudad.

Así mismo, se busca la generación de una herramienta de fácil acceso, dirigida a los profesionales del diseño arquitectónico, que permita conocer tendencias de algunos factores, de acuerdo a las necesidades particulares de diseño en cada inmueble.

El modelo de diagnóstico se basará en análisis estadísticos y matemáticos que genere las condiciones necesarias para evitar análisis invasivos en los inmuebles que pudieran afectar la estructura o elevar el presupuesto total del diseño.

Se toma como base el registro de 218 inmuebles descritos en el



capítulo anterior, de donde ya se había obtenido información preliminar que condujo, el esquema general, para la propuesta de este modelo.

### 4.3.1. Codificación

Como primer paso para el desarrollo, se procedió a la codificación de cada dato registrado, con el propósito de generar el análisis cuantitativo descrito en la metodología. Se discriminaron los principales factores de acuerdo con el principio de Pareto para que en cada codificación no llegara más allá del número 4. Dichas codificaciones se presentan a continuación.

Tabla 20. Codificación ubicación. Fuente Elaboración propia

Ubicación	Código
Centro	1
Barrio de Santa Clara	2
Barrio de la Merced	3
Otros	4

Tabla 21. Codificación época de construcción. Fuente Elaboración propia

Época de construcción	Código
Siglo XIX- XX	1
Siglo XIX	2
Otro	3

Tabla 22. Codificación estilo arquitectónico. Fuente Elaboración propia

Estilo Arquitectónico	Código
Ecléctico	1
Popular	2

Otro	3
------	---

Tabla 23. Codificación uso original. Fuente Elaboración propia

Uso Original	Código
Casa- Habitación	1
Otro	2

Tabla 24. Codificación uso actual. Fuente Elaboración propia

Uso Actual	Código
Casa- Habitación	1
Comercial	2
Comercio y Habitacional	3
Otro	4

Tabla 25. Codificación muro y estado de conservación. Fuente Elaboración propia

Muros	Código
Adobe, B	1
Adobe, R	2
Otro	3

Tabla 26. Codificación número de niveles. Fuente Elaboración propia

Numero de Niveles	Código
Uno	1
Otro	2

Tabla 27. Codificación altura de fachada. Fuente Elaboración propia

Altura de Fachada-Rango	Código
5.0-6.9	1
7.0-8.9	2
Otro	3

Tabla 28. Codificación ancho de muros. Fuente Elaboración propia

Ancho de Muro	Código
0.7	1
0-8	2
Otro	3



### 4.3.2. Generación del modelo

Una vez traducida la información a códigos, es posible hacer uso del software Uninet, que permite introducir y manipular la información para el estudio estadístico y probabilidad, para la identificación de tendencias interrelacionadas entre los factores, los cuales son: estado de los muros, número de niveles, altura del inmueble, ancho de muros, ubicación, época de construcción, estilo, uso original y uso actual. El modelo generado, por sí solo ya aporta la información necesaria para el diagnóstico, no obstante el comportamiento de dicho modelo debe ser interpretado.

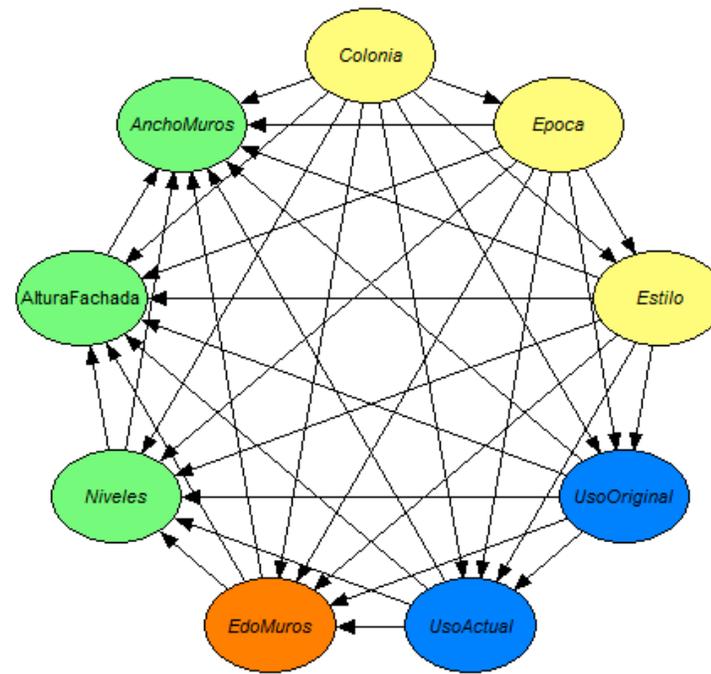


Figura 8: Vista de inferencia bayesiana. Uninet

Dicho software permite identificar el comportamiento de la probabilidad que responde a la modificación intencional de ciertos valores y proceder a la interpretación de las tendencias en la probabilidad.

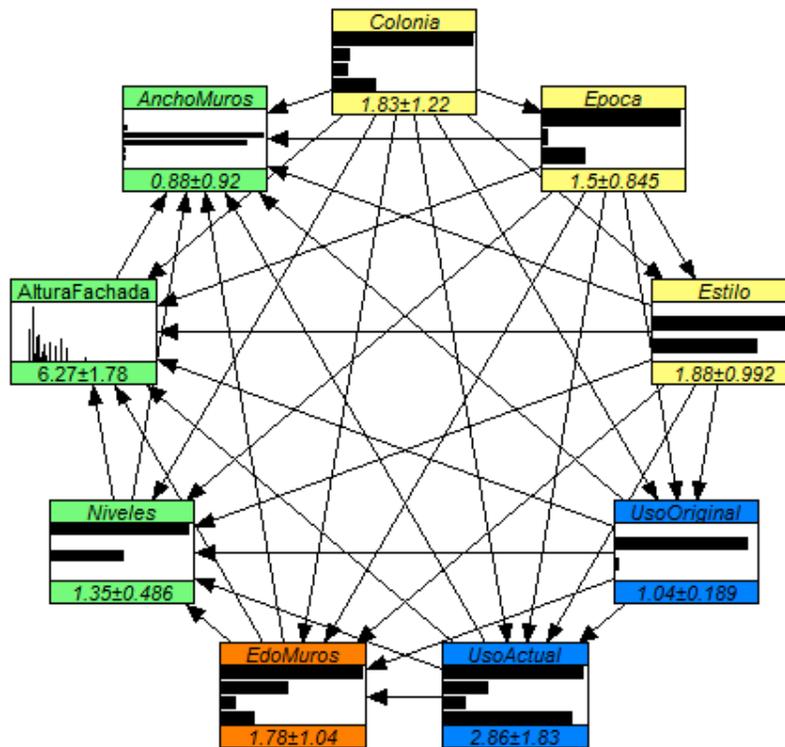


Figura 9. Inferencia bayesiana generada con Uninet

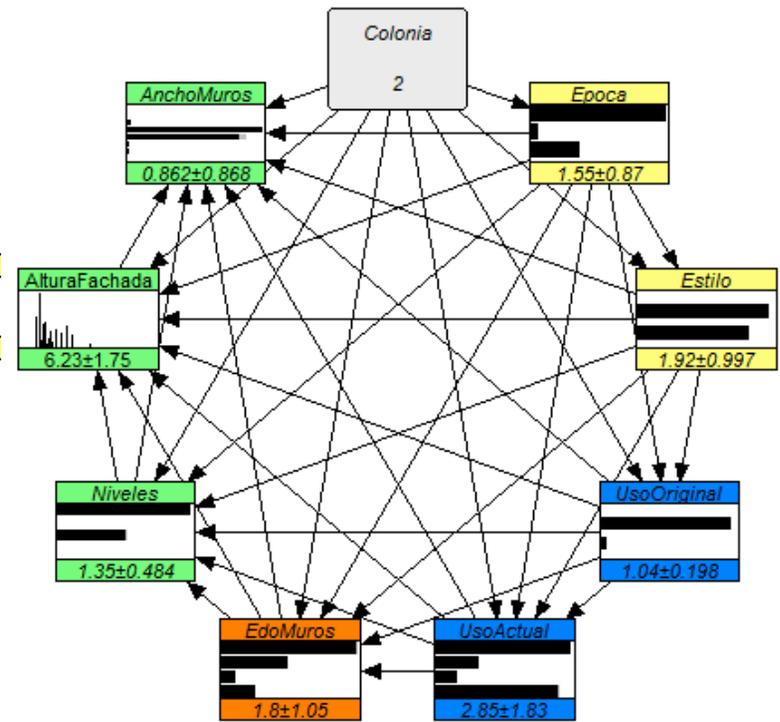


Figura 10. Inferencia bayesiana modificando valores



### 4.3.3. Interpretación

Para la interpretación de las tendencias presentadas con el modelo se generó, el registro de los movimientos numéricos, con la variación de cada una de las combinaciones posibles y de esta forma poder identificar los factores que más influyen y de qué manera lo hacen sobre el resto de los factores. Se presentará a continuación un ejemplo de los registros descritos correspondientes al estado de conservación de los muros, en la sección de anexos se presentará el análisis completo.

Tabla 29. Ejemplo de análisis de modelo. Fuente Elaboración propia

Colonia	Código	Época	Estilo	Uso original	Uso actual	Estado de m	Niveles	Altura	Ancho			
			1.5	1.88	1.04	2.86	1.78	1.35	6.27	0.88	1	19
	1 Centro		1.44	1.83	1.03	2.88	1.76	1.36	6.31	0.897	0.98876	53
	2 Barrio de Santa Clara		1.55	1.92	1.04	2.85	1.8	1.35	6.23	0.862	1.01124	14
	3 Barrio de la Merced		1.58	1.94	1.04	2.84	1.81	1.34	6.21	0.857	1.01685	11
	4 Otros		1.66	2	1.05	2.82	1.84	1.34	6.17	0.839	1.03371	10
											1	19
Época		Estilo	Uso original	Uso actual	Estado de m	Niveles	Altura	Ancho	Colonia			
			1.88	1.04	2.86	1.78	1.35	6.27	0.88	1.83	1	19
	1 Siglo XIX- X		1.86	1.03	2.84	1.72	1.72	6.14	0.885	1.75	0.96629	55
	2 Siglo XIX		1.9	1.05	2.9	1.86	1.39	6.43	0.87	1.94	1.04494	9
	3 Otro		1.93	1.06	2.93	1.95	1.44	6.62	0.861	2.07	1.09551	5



#### 4.3.4. Confirmación

Para confirmar lo interpretado, se hicieron otros registros manipulando más de una variable. Derivado del análisis y confirmación se generó una tabla condensada de la información identificada, como los principales factores que afectan en la interacción de estos con el resto. En esta tabla se destacan los principales factores que afectan al resto de estos.

Tabla 30. Condensación de principales factores que afectan con sus interrelaciones. Fuente Elaboración propia

Factor	Nivel de Impacto	Estado de los muros	Niveles	Altura	Ancho	Colonia	Época	Estilo	Uso Original	Uso Actual
Estado de los muros	Mayor Impacto			3 a 5 metros	Mayor ancho de muros	Centro	Siglo XIX-XX	Ecléctico		Casa-Habitación
	Menor Impacto			Mayor altura					No Casa-Habitación	
Niveles	Mayor Impacto	Adobe, B		3 a 7 metros	Mayor ancho de muros	Merced, Otro		Otro		Habitacional, Habitacional-Comercial
	Menor Impacto			Mayor altura			Las 3 épocas		No Habitacional	Otro
Altura	Mayor Impacto	Adobe, B y R	Uno		Mayor ancho de muros	Merced, Otro	Siglo XIX-XX	Otro		Comercial-Oficina y Otro
	Menor Impacto	Otro	Mayor Número de niveles						Otro	Casa-Habitación
Ancho	Mayor Impacto	Adobe, B	Mayor Número de niveles	Mayor altura		Sta. Clara, Merced y Otro	Otro	Ecléctico	No Habitacional	Otro
	Menor Impacto	Otro	Uno	3 a 5 metros		Centro	Siglo XIX-XX		Casa-Habitación	Casa- Habitación
Colonia	Mayor Impacto		Mayor Número de	Mayor Altura	Mayor ancho de		Siglo XIX- XX	Ecléctico		

			niveles		Muros					
	Menor Impacto						Siglo XIX		No Habitacional	
Época	Mayor Impacto	Otro	Uno	de 3 a 5 metros	Mayor ancho de muros	Centro		Ecléctico	Casa-Habitación	Casa-Habitación
	Menor Impacto		Más de 2	más de 7 metros					No Habitacional	
Estilo	Mayor Impacto									
	Menor Impacto									
Uso Original	Mayor Impacto	Otro	Uno	3 a 5 metros	Mayor ancho de muros	Centro	Siglo XIX-XX	Otro		Uso Habitacional y Habitacional-Comercial
	Menor Impacto	Adobe, B	Mayor Número de niveles	Mayor altura						
Uso Actual	Mayor Impacto	Adobe, B y R	Uno	3 a 5 metros	Mayor ancho de muros	Otro		Otro		
	Menor Impacto			Mayor altura						

#### 4.3.5. Hallazgos y aportaciones

Respecto al estado de conservación de muros, se destacan las siguientes características:

- Los muros con una altura entre 3 y 5 metros tienen mejores posibilidades de registrar un estado de conservación bueno en muros de adobe. Una menor altura tiene mejor conservación.
- Los muros con un ancho mayor tienen mayor posibilidad de tener una buena conservación en sus muros. Un muro más ancho tiene una mejor conservación.

- Los edificios ubicados en el centro de la ciudad tienen una mejor conservación
- Los edificios que comenzaron a construirse en el siglo XIX tienen una mejor conservación respecto a los construidos completamente durante el siglo XX
- Los edificios eclécticos tienen una mejor conservación.
- Los edificios con uso original de Casa-habitación tienen una mejor conservación.

Respecto a la forma en que influye el número de niveles a otros

factores, se destacan las siguientes características:

- Los sitios en donde se registran los inmuebles con mayor número de niveles, corresponde a los que se alejan del centro. Entre más se alejan del Centro es mayor la posibilidad de encontrar más de un nivel en los inmuebles.
- Los inmuebles con mayor número de niveles fueron construidos de adobe y sus muros se encuentren en buenas condiciones.
- La mayoría de los inmuebles tienen una altura entre 3 y 5 metros,



que influye en el número de niveles.

- Entre mayor sea el número de niveles del inmueble, mayor será el ancho de sus muros
- Mayor número de niveles en el inmueble influye en que el uso actual corresponda a Casa Habitación y Casa-Habitación en combinación con uso Comercial.

Respecto a los registros de alturas en los inmuebles, se destacan las siguientes características:

- Esta observación parte de saber que la mayoría de los inmuebles analizados tienen una altura entre 3 y 5 metros, y esta

característica influye de la siguiente forma.

- El estado de conservación en los muros de adobe es buena y en un grado menor regular. La altura entre 3 a 5 metros influye en una buena conservación de los muros en los inmuebles.
- Esta altura influye en la existencia de un nivel. Inmuebles con altura entre 3 a 5 metros tendrán un nivel.
- Mayor altura en los muros tendrá un mayor ancho en sus muros.
- Las alturas mayores en los inmuebles estarán más retiradas del Centro de la ciudad.

- Los edificios con mayor altura fueron construidos entre finales del siglo XIX y inicios del siglo XX
- Una mayor altura en los inmuebles influirá en que el uso actual tienda a ser Comercial- Oficinas y otros, es decir cambian de uso.
- Nota: la relación entre número de niveles y alturas, no necesariamente está relacionado, respecto a los usos actuales.

Respecto al ancho de muros, se destacan las siguientes características:

- Los muros más anchos son de adobe y se encuentran con un buen estado de conservación

- Un mayor ancho de muro permite inmuebles con mayores alturas y mayor número de niveles.
- Los inmuebles con un ancho mayor en sus muros, son La Merced, Santa Clara y Otros, es decir fuera del Centro.
- Los inmuebles con mayor ancho de muros son aquellas que tuvieron un uso original distinto al habitacional, y que actualmente tampoco albergan un uso habitacional.

Respecto a la ubicación de los inmuebles, se destacan las siguientes características:

- Los inmuebles ubicados en el Centro

de la ciudad tienen menor altura y menor número de niveles, así como un ancho menor de muros.

Respecto a la época en que se construyeron la mayoría de los inmuebles registrados, partiendo que corresponde a finales del Siglo XIX e inicios del XX, se destacan las siguientes características:

- La mayoría de las construcciones se realizaron y se conservan se encuentran en el centro de la Ciudad, con alturas entre 3 a 5 metros y un nivel, de estilo Ecléctico y uso original habitacional,

que conservan el mismo uso.

Respecto al uso original, se destacan las siguientes características:

- El uso original más frecuente era el uso habitacional, y conserva en la actualidad el mismo uso.

Respecto al registro de uso actual, se destacan las siguientes características:

- Son inmuebles de adobe con buen grado de conservación,
- Un nivel y altura entre 3 y 5 metros
- Un mayor ancho de muros.





Tabla 31. Propuesta de aplicación Fuente Elaboración propia

Factor	Característica	Estado de los muros	Niveles	Altura	Ancho	Cercanía al Centro	antigüedad	Estilo	Uso Original	Uso Actual
Estado de los muros	Mejor conservación		-	-	+	+	+	E	H	H+
Niveles	1 Nivel	+		-	+	-	.	O	H	H, H+
Altura	3 a 5 metros	+	-		+	-	+	O	H	O
Ancho	Mayor ancho de muros	+	+	+		-	-	E	NH	O
Colonia	Mayor cercanía al Centro	.	-	-	-		+	E	.	.
Época	Más antiguo	.	-	-	+	+		E	H	H
Estilo	*	.	.	.	.	.	.		.	.
Uso Original	Habitacional	**	-	-	+	+	+	O		H, H+
Uso Actual	Habitacional	+	-	-	+	O	.	O	H	

• El estilo no es un factor que influya directamente en el desempeño del resto de factores

\*\*Los edificios con mayor posibilidad de tener una buena conservación en sus muros son aquellos que no son de adobe, sin embargo, son muy pocos los casos.

Uso	
H	Habitacional
H+	Habitacional más otro uso
NH	No habitacional
O	Otro

Estilo	
E	Ecléctico
O	Otro

#### 4.3.6. Evaluación (adaptación de método por factores)

El éxito de éste método radica en la experiencia del proyectista y su conocimiento respecto a la construcción y diseño.

Éste método permite calcular la vida útil de una construcción.

El método por factores debe realizarse desde la etapa de pre diseño y diseño, no obstante, en este caso, al tratarse de inmuebles que han carecido de esta planeación, se puede recurrir a tomar valores de referencia, en inmuebles similares. Durante la etapa de pre diseño se toma un parámetro de vida útil para determinar el tiempo estimado que deberán servir cada uno de los

componentes a la vez que se estimen los años de existencia del inmueble.

El término de Vida útil de Referencia, que precisamente el periodo de tiempo que asigna el diseñador después de considerar criterios como el uso y construcciones referentes, y representa el dato que servirá de parámetro para realizar el análisis por el método por factores.

La fórmula para dicho método es:  
 $ESL = RSL \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$

ESL es la Vida Útil estimada  
RLS representa la Vida Útil de referencia

Y las letras de A a G, representan los factores que influyen en el desarrollo del Proyecto y se les

asignan valores que pueden ser 0.8, 1.0, 1.2, según la consideración de experto en donde 0.8 corresponde a un valor de nivel bajo, 1.0 a un nivel normal y 1.2 a un nivel mayor o alto.

- A. Corresponde a la calidad de los materiales y componentes para la construcción
- B. Representa el diseño arquitectónico, constructivo y de instalaciones
- C. Es el valor que se asigna a la mano de obra durante la construcción e instalación según normas técnicas y reglamentos de construcción.

- D. Responde al confort interno del edificio; humedad, temperatura, agentes químicos y físicos existentes.
- E. Medio ambiente externo al edificio como clima, contaminación urbana etc.
- F. Uso del edificio basado en manuales y especificaciones por parte del diseñador y constructor.
- G. Corresponde al nivel de mantenimiento de acuerdo al manual y especificaciones del factor F, así como los otorgados por los productores de los materiales y elementos constructivos.



#### 4.4. Conclusiones Parciales

Existen factores externos que independientemente de la vida útil estimada para un inmueble, pudieran representar un riesgo en el desempeño de la durabilidad.

En el contexto de la Ciudad de Toluca, la humedad y específicamente los cambios de estado de agregación del agua podrían representar el principal factor de riesgo que pudiera afectar la durabilidad de sus inmuebles.

En los extremos de las mediciones térmicas, se encuentra la mayor actividad pluvial, sin embargo se conservan los niveles de temperatura constantes.

A pesar de tener variaciones de temperaturas durante todo el año,

no se cumplen las condiciones básicas para considerar que los cambios de estado de agregación del agua representan un factor ambiental que pudiera afectar el desempeño de la vida útil de la envolvente del edificio.

En el estudio específico de la relación entre humedad y temperatura para la zona de estudio, se concluyó que los cambios de estado de agregación del agua no se producen de forma repentina, y que corresponden a tiempos que no están directamente relacionados con el deterioro de los inmuebles.

Se identifica la envolvente y los muros como el elemento constructivo que amerita ahondar en el estudio.

Las redes de instalaciones, aún en un edificio que haya sido planeada su vida útil desde el diseño, deberán ser consideradas su renovación como los elementos que antes requerirán de atención, por lo que la investigación no se centra en ellos.

Un caso de estudio limitaría el alcance de la investigación, por lo que la generación de un modelo que se convierta en una herramienta que permita facilitar y reducir costos para el diagnóstico de características físicas de los inmuebles analizados ha sido determinada como la opción más viable para la conclusión de este trabajo.

Con la generación de un modelo de diagnóstico, se llega a un conocimiento general que pueda

expandirse a las diversas aplicaciones posibles, derivadas de la creatividad de los profesionistas del diseño arquitectónico

Una herramienta de fácil acceso, dirigida a los profesionales del diseño arquitectónico, que permita conocer tendencias de algunos factores, de acuerdo a las necesidades particulares de diseño en cada inmueble.

El modelo de diagnóstico se basará en análisis estadísticos y matemáticos que genere las condiciones necesarias para evitar análisis invasivos en los inmuebles que pudieran afectar la estructura o elevar el presupuesto total del diseño.

Existen tendencias que se identifican con el modelo y que

influyen para la toma de decisiones del profesional de la industria del diseño arquitectónico.

Se permitirá un diagnóstico, sin necesidad de recurrir a métodos invasivos, que permitan una mejor toma de decisiones por parte de los expertos del diseño.

La mejor accesibilidad a herramientas de diagnóstico permitirá que el diseñador haga uso de las técnicas de restauración, renovación, remodelación o intervención más pertinentes.

Al obtener fácilmente un diagnóstico del estado de algunos factores del inmueble analizado, beneficiará el proceso de planeación de la vida útil del edificio intervenido.

La intervención responsable de estos edificios, influirá en reducir el impacto ambiental ocasionado por la generación de inmuebles nuevos.

Una vez que se tenga un diagnóstico y una propuesta profesional, de acuerdo a las necesidades arquitectónicas identificadas, valdría la pena realizar algún método de evaluación para la vida útil resultante, para lo que se propone una adaptación del método por factores propuesto por ISO para inmuebles nuevos.





## 5. Discusión y Conclusiones

El interés por el tema parte de los estudios de Maestría desarrollados en la misma facultad y el acercamiento al trabajo de los investigadores miembros de los cuerpos académicos.

Al iniciar la investigación ya se identificaba la contaminación derivada de la industria de la construcción como una problemática prioritaria

Se identifica que evitar la construcción de nuevos inmuebles podría ser una respuesta fácil a los impactos ocasionados por la industria de la construcción, no obstante las actividades humanas están enmarcadas en

edificaciones, por lo que no es una propuesta viable.

La generación de edificios responsables desde el momento de su planeación sería ideal, no obstante se identifica como problema existente aquellos inmuebles que ya cumplieron su vida útil y no fue planeada su disposición final, y que sus sistemas constructivos aún les permiten existir en las ciudades con potencial de albergar usos sociales actuales.

Localmente y a título personal, existe una preocupación por abordar la problemática de edificios que han cumplido su Vida Útil pero se niegan a desaparecer de la Ciudad, ya que sus características físicas y estructurales aún conservan rasgos útiles y aprovechables.

Como propósito de la investigación, deberá considerarse facilitar la identificación de características coincidentes en la ciudad que puedan considerarse como criterios que permitan sentar bases necesarias para la solución de necesidades arquitectónicas, evitando en la medida de lo posible la generación de nuevos edificios.

Así mismo, la flexibilidad de las edificaciones, deberá ser un punto importante para el estudio de estos inmuebles.

Para la propuesta de intervenciones, es indispensable conocer características técnicas, y de diagnóstico, que permitan una propuesta de intervención responsable.

Se establece que la propuesta de herramientas adecuadas dirigidas



a los profesionales del diseño arquitectónico podría influir en alcanzar el objetivo de la investigación.

A pesar de ser muy importante la interacción de un inmueble con su entorno, este estudio está dirigido hacia el estudio al interior del edificio, al ser sus características las que pesan más en el análisis al establecer su potencial de continuar albergando actividades humanas.

La adaptación de un inmueble con la personalidad de los usuarios no es un acto instantáneo sino el resultado de procesos culturales largos y complejos que posiblemente encuentren mejor explicación desde el campo de la sociología, psicología y psicoanálisis.

La transformación y apropiación por parte de los habitantes del espacio, es tan singular como la mente de cada individuo, por lo que, proveer a los usuarios de alternativas de modificación que no afecten la estructura del inmueble, podría ser una opción recomendable.

Se identifica la necesidad social de adquirir o construir inmuebles con una durabilidad mayor que la vida misma del usuario, con la intención de trascender por medio de éste, razón por la que estudiar aquellos edificios que de alguna forma llegaron al fin de su vida útil, representa un nicho de oportunidad.

La Vida Útil en un edificio es el periodo real de tiempo durante el cual el edificio o cualquiera de sus

componentes funcionan sin gastos imprevistos o interrupción para su mantenimiento y reparación.

No se puede suponer que todos los edificios intervenidos se comportarán de la misma forma que edificios que iniciarán su Vida Útil en este momento histórico, no obstante pueden identificarse tendencias en sus comportamientos.

Puede decirse que resulta más sostenible rehabilitar y reutilizar edificios existentes que demolerlos y volver a construir, ya que en los primeros se ha recorrido un largo trecho en el camino de impactos desde la extracción y transporte de las materias primas, y en la segunda opción, aprovechar lo existente podría evitar impactos nuevos.

---

---

Una vez llegado el momento dentro del Ciclo de Vida de los edificios en que se deberá responder a su disposición final, es indispensable considerar el impacto generado por una demolición, respecto al producido con una rehabilitación.

Rehabilitar significa utilizar menos materiales y consumir menos energía en conceptos como demolición y transporte.

El mayor auge en la construcción de inmuebles en la ciudad de Toluca se dio entre finales del siglo XIX e inicios del XX y el estilo arquitectónico más predominante fue el ecléctico. Para fines de la investigación se presta atención a inmuebles con régimen de propiedad privada para

mayor margen de acción en las propuestas de intervención.

El INBA es la institución que se encarga de regular la autorización de intervenciones en estos inmuebles. El procedimiento es claro y accesible, no obstante dentro de los requisitos se encuentran documentos que deberán generar profesionales de la construcción.

La mayoría de las construcciones privadas que comprenden el periodo de finales del siglo XIX y principios del XX tuvieron un uso original que correspondía a vivienda. En su mayoría las construcciones antes descritas han tenido una mezcla de usos, conservando parcialmente el uso habitacional.

El eclecticismo en las construcciones analizadas, genera que los materiales utilizados en los acabados de las fachadas sean igualmente diversos, no obstante, el aplanado de cal y arena en sus diversos estados de conservación corresponden al acabado en fachada más utilizado en la época. Es complicado llegar a conocer los planos ejecutivos y estructurales de las edificaciones descritas, no obstante se puede conocer los materiales de los cuales están constituidos sus muros, y estos pueden proporcionar información indirecta a cerca de sus sistemas constructivos, en ese tenor encontramos que los muros de adobe en sus distintos estados de



conservación son los más frecuentes en las construcciones.

La forma de la construcción también está directamente relacionada con los usos y número de niveles de las construcciones, en donde a pesar de predominar las edificaciones de un solo nivel las alturas predominantes corresponden a alturas entre 5 y 9 metros.

De acuerdo al análisis estadístico realizado se puede concluir que los principales materiales utilizados en muros de entre 60 y 90 cm, de adobe con recubrimientos de cal y arena, y alturas de entre 5 y 7 metros. En los casos que existen entresijos son a base de viguería de madera, y cubiertas de terrado, por lo que este sistema constructivo será

tomado como base y caso de estudio para el resto del trabajo

Existen distintas ventajas en la utilización del adobe como sistema constructivo, no obstante es preciso analizar las ventajas de tener un muro de un grosor mayor que los resultantes con otros materiales.

Los muros de adobe requieren de un alto mantenimiento para conservar sus características.

Es preciso determinar los factores que pudieran indicar el estado de conservación de un muro de adobe que ya ha servido por un periodo. El grado de conservación de los recubrimientos originales puede ser un factor que ayude a determinar el estado interno del muro.

El adobe cuenta con bondades, al ser un material que no requiere de cocción y fácilmente puede reintegrarse al ambiente, es un buen aislante y su durabilidad es prolongada, siempre y cuando se dé el mantenimiento periódico y adecuado.

Los requisitos para obtener el permiso de intervención de edificios de estas características no son muchos pero requieren de un alto grado de conocimiento y especialización.

Se ha identificado en el análisis estadístico, que el 97.7% de los inmuebles construidos durante el siglo XIX y hasta principios del siglo XX, que aún permanecen presentes en el entorno, fueron concebidos como inmuebles para uso habitacional, y la forma que

han encontrado para permanecer, ha sido su transformación o combinación con otros usos, por lo que, se estaría enfrentando a la necesidad de generar los instrumentos adecuados para que estas modificaciones se realizaran de manera más responsable.

Como propuesta de la investigación es pertinente la propuesta de un modelo que permita el análisis más accesible que en manos de un experto del diseño arquitectónico, pueda generar las mejores propuestas en el sentido físico del edificio, sus impactos urbanos, la calidad de vida al interior de los inmuebles analizado desde el punto de vista de los parámetros de confort, y la planeación de vida útil o flexibilidad del edificio resultante.

Existen factores externos que independientemente de la vida útil estimada para un inmueble, pudieran representar un riesgo en el desempeño de la durabilidad.

En el contexto de la Ciudad de Toluca, la humedad y específicamente los cambios de estado de agregación del agua podrían representar el principal factor de riesgo que pudiera afectar la durabilidad de sus inmuebles.

En los extremos de las mediciones térmicas, se encuentra la mayor actividad pluvial, sin embargo se conservan los niveles de temperatura constantes.

A pesar de tener variaciones de temperaturas durante todo el año, no se cumplen las condiciones básicas para considerar que los

cambios de estado de agregación del agua representan un factor ambiental que pudiera afectar el desempeño de la vida útil de la envolvente del edificio.

En el estudio específico de la relación entre humedad y temperatura para la zona de estudio, se concluyó que los cambios de estado de agregación del agua no se producen de forma repentina, y que corresponden a tiempos que no están directamente relacionados con el deterioro de los inmuebles.

Se identifica la envolvente y los muros como el elemento constructivo que amerita ahondar en el estudio.

Las redes de instalaciones, aún en un edificio del cuál haya sido planeada su vida útil desde el



diseño, deberán ser consideradas su renovación como los elementos que antes requerirán de atención, por lo que la investigación no se centra en ellos.

Un caso de estudio limitaría el alcance de la investigación, por lo que la generación de un modelo que se convierta en una herramienta que permita facilitar y reducir costos para el diagnóstico de características físicas de los inmuebles analizados ha sido determinada como la opción más viable para la conclusión de este trabajo.

Con la generación de un modelo de diagnóstico, se llega a un conocimiento general que pueda expandirse a las diversas aplicaciones posibles, derivadas de la creatividad de los

profesionistas del diseño arquitectónico

Una herramienta de fácil acceso, dirigida a los profesionales del diseño arquitectónico, que permita conocer tendencias de algunos factores, de acuerdo a las necesidades particulares de diseño en cada inmueble.

El modelo de diagnóstico se basará en análisis estadísticos y matemáticos que genere las condiciones necesarias para evitar análisis invasivos en los inmuebles que pudieran afectar la estructura o elevar el presupuesto total del diseño.

Existen tendencias que se identifican con el modelo y que influyen para la toma de decisiones del profesional de la

industria del diseño arquitectónico.

Se permitirá un diagnóstico, sin necesidad de recurrir a métodos invasivos, que permitan una mejor toma de decisiones por parte de los expertos del diseño.

La mejor accesibilidad a herramientas de diagnóstico permitirá que el diseñador haga uso de las técnicas de restauración, renovación, remodelación o intervención más pertinentes.

Al obtener fácilmente un diagnóstico del estado de algunos factores del inmueble analizado, beneficiará el proceso de planeación de la vida útil del edificio intervenido.

La intervención responsable de estos edificios, influirá en reducir

el impacto ambiental ocasionado por la generación de inmuebles nuevos.

Una vez que se tenga un diagnóstico y una propuesta profesional, de acuerdo a las necesidades arquitectónicas identificadas, valdría la pena realizar algún método de evaluación para la vida útil resultante, para lo que se propone una adaptación del método por factores propuesto por ISO para inmuebles nuevos.

#### Contrastación con la hipótesis:

“ Si se generan herramientas que contribuyan al diagnóstico del estado de la envolvente de edificios que han cumplido su vida útil, entonces se podrá evitar su demolición al permitir el

diagnóstico que permita generar alternativas de intervención y transformación, que permitan prolongar responsablemente su vida útil”.

El resultado de la investigación se cumple parcialmente, ya que se genera una herramienta que contribuye a la simplificación del proceso de diagnóstico. Esta herramienta solo podría ser utilizada óptimamente por un profesional de la industria de la construcción y el diseño arquitectónico, lo anterior en correspondencia al reconocimiento del trabajo individual e intelectual del diseñador; ya que la herramienta no pretende limitar el actuar del diseñador, sino brindar opciones para que éste tome decisiones más

responsables y fundamentadas. Se puede decir que se brindan opciones y herramientas, pero se puede asegurar que los profesionales de la industria de la construcción utilicen la herramienta exclusivamente con el objetivo buscado, ni que las decisiones estén orientadas a incrementar la utilidad de los inmuebles.

Si bien, existen estudios, reglamentaciones y profesionales dedicados a la restauración de inmuebles, no se consideró prudente dirigir esta investigación en esa dirección, sino más bien generar una herramienta dirigida a profesionales con una formación antecedente y que tengan la capacidad de utilizar sus conocimientos y procesos



cognitivos para la mejor toma de decisiones, y aplicación de tecnologías, herramientas y avances en el campo de la construcción que correspondan a las características obtenidas en el diagnóstico.

Si bien el estudio está realizado exclusivamente en la zona de la Ciudad de Toluca, también se pretende dejar un antecedente que permita ampliar la base de datos a todo el centro del país o a cada zona de éste.

El modelo generado no pretende ser una herramienta que resuelva problemas de diseño, sino una herramienta que brinde información al experto, que le permita tomar decisiones responsables.

El modelo ha sido interpretado y desglosado para su análisis (ver anexos), no obstante no se ha llegado a la imagen gráfica que le permita el mejor acceso para su consulta, lo cual a pesar de exceder los objetivos de la investigación se encuentra entre los objetivos a realizar a corto plazo.



## 6. Anexos



Anexo 1: Compilación y análisis del patrimonio Construido de la Ciudad de Toluca (Digital)

El archivo “Anexo1. Patrimonio construido Toluca” consta de las siguientes Hojas de Cálculo.

Se describe su contenido

Nombre de Hoja de Cálculo	Contenido/ Descripción																
Todos	Es el registro de la totalidad de inmuebles descritos en la Obra de Margarita Sena Sánchez “Patrimonio Construido de la Ciudad de Toluca” que se tomaron como base, para iniciar el análisis.																
Clasificados	<p>Se realiza una primera clasificación de la totalidad de los datos, asignando los siguientes colores</p> <table border="1" data-bbox="1003 792 1289 1404"> <tbody> <tr> <td data-bbox="1003 792 1083 847"></td> <td data-bbox="1083 792 1289 847">Público</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 847 1083 902"></td> <td data-bbox="1083 847 1289 902">Incompleto</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 902 1083 958"></td> <td data-bbox="1083 902 1289 958">Inexistente</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 958 1083 1071"></td> <td data-bbox="1083 958 1289 1071">Características buscadas</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 1071 1083 1182"></td> <td data-bbox="1083 1071 1289 1182">Anterior al Siglo XIX</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 1182 1083 1237"></td> <td data-bbox="1083 1182 1289 1237">En Duda</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 1237 1083 1347"></td> <td data-bbox="1083 1237 1289 1347">Ancho de muro dudoso</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1003 1347 1083 1404"></td> <td data-bbox="1083 1347 1289 1404">Altura dudosa</td> </tr> </tbody> </table>		Público		Incompleto		Inexistente		Características buscadas		Anterior al Siglo XIX		En Duda		Ancho de muro dudoso		Altura dudosa
	Público																
	Incompleto																
	Inexistente																
	Características buscadas																
	Anterior al Siglo XIX																
	En Duda																
	Ancho de muro dudoso																
	Altura dudosa																

Depurados	Una vez hecha la clasificación anterior, se procede a tomar la decisión de realizar una depuración, basada en criterios de delimitación contextual, y temporal; al tiempo que se realiza una inspección física que ayuda a la depuración, al eliminar de la base de datos, edificios que ya no permanecen en la ciudad. La base de datos existente en esta hoja de cálculo corresponde a los datos utilizados para el resto del análisis.
Frecuencias para gráficas	Corresponde a la concentración de datos de la Hoja de Cálculo anterior.
Época	Análisis básico de la época en que se desarrollaron los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Estilo	Análisis básico del estilo al que corresponden los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Uso O	Análisis básico del uso original de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Uso A	Análisis básico del uso actual de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Fachada	Análisis básico de materiales utilizados en fachadas de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Muros	Análisis básico del material y estado de conservación de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente

Entrepisos	Análisis básico de método constructivo de entrepisos en los inmuebles descritos (en los que cuentan con entrepisos). Grafica correspondiente
Cubierta	Análisis básico del sistema constructivo utilizado en las cubiertas de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Forma C	Análisis básico de la forma de cubierta de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Niveles	Análisis básico del número de niveles con el que cuentan los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Altura fachada	Análisis básico de la altura de fachada de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Ancho de Muro	Análisis básico del ancho de muros en inmuebles descritos. Grafica correspondiente
Propiedad	Análisis básico régimen de propiedad de los inmuebles descritos. Grafica correspondiente

## Anexo 2: Graficas interpretación estadística (Digital)

El trabajo presentado en la Tabla 30 (Condensación de principales factores que afectan con sus interrelaciones), corresponde a un análisis detallado que se encuentra desarrollado en el archivo Digital “Anexo 2. Interpretación de Modelo”. El contenido del archivo se encuentra descrito a continuación:

Nombre de Hoja de Cálculo	Contenido/ Descripción
codificación	Corresponde a la totalidad de datos analizados, integrando la asignación de códigos, que permitieron el manejo de estos en el programa Uninet
Por valores	Corresponde al primer registro obtenido del modelo elaborado en Uninet. Corresponde a los valores registrados al manipular en cada variable sus opciones, y la comparación con el valor original del modelo. Se realizó un registro por cada factor identificado (colonia, época, estilo, uso original, uso actual, estado de los muros, numero de niveles, altura y ancho de los muros)
colonia.ancho	Se manipularon los valores para conocer el comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos

	<p>originalmente.</p> <p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la colonia en que se ubican los inmuebles y su relación con el ancho de los muros.</p>
original.actual	<p>Se manipularon los valores para conocer el comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos originalmente.</p> <p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la relación entre el uso originbal y el actual.</p>
ancho.estado	<p>Se manipularon los valores para conocer el comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos originalmente.</p> <p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la relación existente entre el ancho de los muros y el estado de conservación de los mismos.</p>
ancho.altura	<p>Se manipularon los valores para conocer el</p>

	<p>comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos originalmente.</p> <p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la relación existente entre el ancho de los muros y la altura de las construcciones.</p>
original.niveles	<p>Se manipularon los valores para conocer el comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos originalmente.</p> <p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la relación entre las variables correspondientes a el uso original respecto a la relación que mantiene con el número de niveles.</p>
colonia.niveles	<p>Se manipularon los valores para conocer el comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos originalmente.</p>

	<p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la ubicación de los inmuebles, respecto al numero de niveles</p>
original.estado	<p>Se manipularon los valores para conocer el comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos originalmente.</p> <p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la relación existente entre el uso original del inmueble y el estado de conservación de sus muros</p>
actual.estado	<p>Se manipularon los valores para conocer el comportamiento del modelo, al relacionar dos variables y cada una de sus opciones. Se realizaron comparaciones, con los valores obtenidos originalmente.</p> <p>Los factores analizados en esta sección corresponden a la relación existente entre el uso actual del inmueble y el estado de conservación de sus muros.</p>

### Anexo 3: Glosario

**Análisis del Ciclo de Vida.** Es una metodología de análisis ambiental normalizada (ISO 14040 y 14044) que permite obtener información ambiental de productos o procesos desde una perspectiva integral. Optimiza y evalúa procesos de gestión de residuos.

**Ciclo de Vida del Edificio.** Comienza desde que el diseñador lo imagina hasta el fin de su vida útil. Éste proceso contiene varias etapas, durante las cuales, el diseño sustentable se puede hacer presente.

**Desempeño Ambiental.** En el concepto de desempeño ambiental del producto se encuadran temas tales como su diseño, los procesos de fabricación, los medios de transporte, el tipo de energía necesaria en las distintas etapas de su ciclo de vida, las recomendaciones para su uso y la forma y el momento para su disposición final, si es que antes no se le recicla o reusa.

**Diseño de la Vida Útil.** La vida útil especificada por el diseñador, de acuerdo con las expectativas (o requerimientos) de los dueños del edificio.

**Durabilidad.** La habilidad de un edificio o cualquiera de sus componentes para llevar a cabo las funciones requeridas en su ambiente de servicio durante un periodo de tiempo sin gastos imprevistos por mantenimiento o reparación.

**Edificación Sustentable.** La edificación sustentable es parte del desarrollo sustentable de cada región o país, y por tanto deberá tener beneficios económicos, de mejoramiento ambiental y mejor calidad de vida de la sociedad, tanto para nosotros como para las futuras generaciones.

**Impacto ambiental.** Es un proceso que se inicia con la extracción de las materias primas y termina cuando la vida útil del producto finaliza, convirtiéndose en un residuo que ha de ser gestionado adecuadamente.

**Intervención.** Cualquier acción ejecutada en un inmueble; específicamente nos referimos a un inmueble existente, teniendo como posibilidades de acción la preservación, restauración renovación, reutilización etc.

**Medio Ambiente.** Conjunto de circunstancias culturales, sociales, físicas y económicas que rodean a los seres vivos

**Recursos Naturales.** Bienes procedentes de la naturaleza a través del suelo, subsuelo, aguas, vegetación o fauna, necesarios para satisfacer las necesidades humanas.

**Vida Útil Diferencial.** El concepto de que hay diferencias entre los componentes de un sistema de construcción de tal manera que la vida útil de un componente puede afectar la vida útil u otro.

**Vida Útil Predicha.** El pronóstico de vida útil como resultado del registro de experiencia previa, pruebas o modelos.

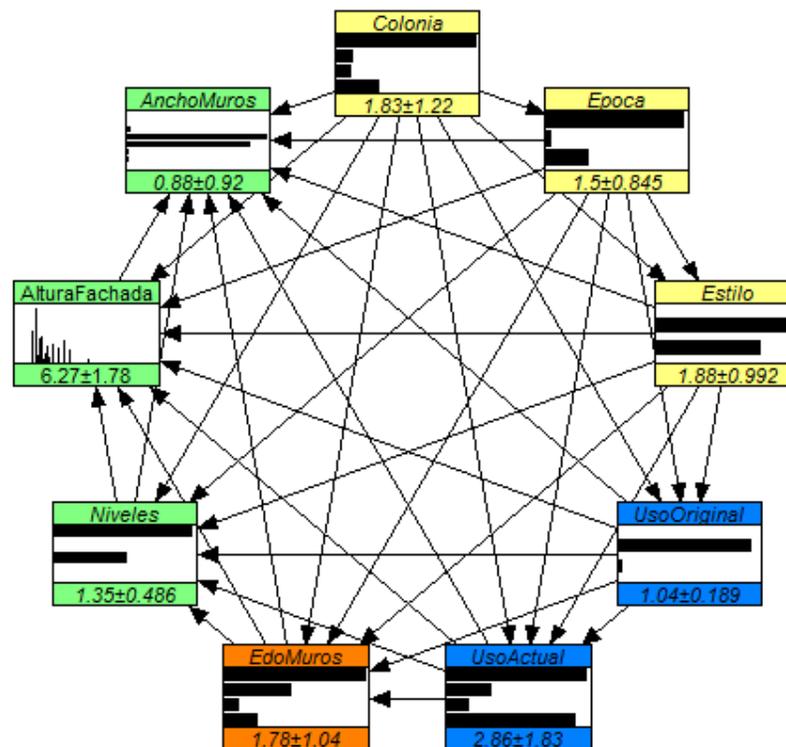
**Vida Útil.** Periodo real de tiempo durante el cual el edificio o cualquiera de sus componentes funcionan sin gastos imprevistos o interrupción para su mantenimiento y reparación.

#### Anexo 4: Modelo de diagnóstico (Digital)

El modelo de diagnóstico se encuentra desarrollado con el software “Uninet” y es preciso contar con el mismo para poder abrir el archivo “Modelo de diagnostico Dulce Ocampo.uninet”

Este archivo tiene la posibilidad de modificación de datos, de acuerdo a los datos conocidos, para poder generar diagnósticos de los inmuebles analizados sin la necesidad de recurrir a métodos invasivos.

El modelo sin modificación se visualiza de la siguiente manera.



# Índice General

	página
1.Recuperación Sustentable de Edificios	.....01
1.1.Antecedentes	.....01
1.1.1.Definición del Problema	.....04
1.2.Objetivos	.....05
1.2.1.Objetivo general de investigación	.....05
1.2.2.Objetivos específicos de investigación	.....05
1.3.Hipótesis	.....07
1.4. Justificación	.....07
1.5. Método de Investigación	.....09
1.6. Conclusiones Parciales	.....16
2.Fundamentos	.....19
2.1.Sustentabilidad	.....22
2.1.1.Economía	.....26
2.1.2.Medio Ambiente	.....27
2.1.3.Sociedad	.....28
2.2. Ciclo de Vida de Edificios. Normatividades Vigentes	.....30
2.3.Vida Útil de Edificios	.....31
2.3.1.Estudios sobre la importancia de la planeación de Vida Útil de edificios	.....35

2.4. Acciones realizadas en el contexto local	.....41
2.5. Disposición final de edificios. Evitar una demolición	.....43
2.6. Recuperación de edificios como alternativa para una aproximación a la sustentabilidad	.....44
2.7. Conclusiones parciales	.....49
3. Análisis de edificaciones que han cumplido su vida útil en la ciudad de Toluca	.....51
3.1. Edificio estadístico para identificar las principales características consideradas para su análisis	.....51
3.1.1. Época de construcción y estilos arquitectónicos	.....52
3.1.2. Uso original y uso actual	.....55
3.1.3. Materiales predominantes y estado de conservación en fachada	.....58
3.1.4. Materiales predominantes y estado de conservación de muros	.....62
3.1.5. Materiales predominantes y estado de conservación de entrepisos y cubiertas (formas de cubiertas y número de niveles)	.....64
3.1.6. Alturas en fachadas y ancho de muros	.....67
3.1.7. Régimen de propiedad	.....70
3.2. Clasificación de materiales utilizados	.....72
3.2.1. Muros de adobe	.....72
3.2.2. Aplanado de cal y arena en muros de adobe	.....73
3.2.3. Viguera de madera	.....74
3.2.4. Cimentación de mampostería	.....75
3.3. Cambio de uso en edificaciones de la ciudad de Toluca	.....75
3.4. Conclusiones parciales	.....77
4. Modelo de diagnóstico para la intervención en edificios de la Ciudad de Toluca que han cumplido su vida útil	.....81

4.1.Factores que influyen en el desempeño de un edificio	.....81
4.1.1.Agua	.....82
4.1.2.Aire y contaminantes aéreos	.....83
4.1.3.Viento	.....84
4.1.4.Agentes biológicos y ecológicos	.....84
4.1.5.Temperatura	.....85
4.1.6.Radiación solar	.....85
4.1.7.Reacciones químicas e incompatibilidad	.....86
4.2.Principales factores de riesgo en la zona de estudio	.....86
4.2.1.Análisis de cambio de estado de agregación del agua como factor de riesgo en el deterioro de materiales expuestos a la intemperie en edificaciones	.....87
4.3. Modelo de diagnóstico	.....97
4.3.1.Codificación	.....98
4.3.2.Generación del modelo	.....100
4.3.3.Interpretación	.....103
4.3.4.Confirmación	.....105
4.3.5.Hallazgos y aportaciones	.....107
4.3.6. Evaluación (adaptación del método por factores)	.....112
4.4. Conclusiones parciales	.....114
5.Discusión y Conclusiones	.....117
5.1.Contrastación con la hipótesis	.....123
6.Anexos	.....125

## Índice de Tablas

	página
Tabla 1: Descripción del Método de investigación a seguir para el trabajo denominado “Intervención, y recuperación de edificios que han cumplido su vida útil, como alternativa para la aproximación a la sustentabilidad”	.....11
Tabla 2. Consideraciones durante la fase de rehabilitación	.....45
Tabla 3. Época de Construcción	.....53
Tabla 4. Estilo Arquitectónico	.....54
Tabla 5. Uso Original	.....56
Tabla 6. Uso Actual	.....56
Tabla 7. Materiales predominantes y estado de conservación en Fachadas	.....59
Tabla 8. Materiales predominantes y estado de conservación en Muros	.....62
Tabla 9. Numero de Niveles de construcción en las edificaciones	.....64
Tabla 10. Sistema de construcción en entresijos	.....65
Tabla 11. Sistema de construcción en Cubiertas	.....66
Tabla 12. Altura de Fachadas	.....67
Tabla 13. Ancho de Muros	.....68
Tabla 14. Requisitos para autorización de intervención en inmuebles protegidos por el INBA.	.....71
Tabla 15. Registro de temperatura en Grados Centígrados	.....88
Tabla 16. Registro de precipitación mensual en milímetros (mm)	.....91

Tabla 17. Tendencia precipitación- temperatura máxima	.....92
Tabla 18. Tendencia precipitación- temperatura mínima	.....93
Tabla 19. Tendencia precipitación- Variaciones de temperatura	.....95
Tabla 20. Codificación ubicación	.....98
Tabla 21. Codificación época de construcción	.....98
Tabla 22. Codificación estilo arquitectónico	.....98
Tabla 23. Codificación uso original	.....98
Tabla 24. Codificación uso actual	.....98
Tabla 25. Codificación muro y estado de conservación	.....98
Tabla 26. Codificación número de niveles	.....98
Tabla 27. Codificación altura de fachada	.....99
Tabla 28. Codificación ancho de muros	.....99
Tabla 29. Ejemplo de análisis de modelo	.....103
Tabla 30. Condensación de principales factores que afectan con sus interrelaciones	.....105
Tabla 31. Propuesta de aplicación	.....111

## Índice de figuras

	página
Figura 1: Sustentabilidad	.....24
Figura 2: Análisis del Ciclo de Vida.	.....30
Figura 3: Edificación Col. Ferrocarriles 2019	.....54
Figura 4: Adaptación de espacios, calle Independencia Toluca 2019	.....58
Figura 5: Detalle tabique y aplanado, calle Lerdo de Tejada, Toluca 2019	.....61
Figura 6: Estado de conservación de edificaciones, calle Hidalgo en el Centro de la Ciudad	.....63
Figura 7: Edificios de 2 niveles en la calle Ignacio López Rayón, Toluca, Estado de México	.....69
Figura 8: Vista de inferencia bayesiana. Uninet	.....100
Figura 9. Inferencia bayesiana generada con Uninet	.....101
Figura 10. Inferencia bayesiana modificando valores	.....101

## Referencias

- Aguilar, B., (2008) Construir con Adobe, fundamentos, reparación de daños y diseño contemporáneo, Trillas, México
- Aguilar, C., (2011) Diseño y construcción sostenibles: Realidad Ineludible, Universidad Iberoamericana, México.
- Alonso, (2006) “Análisis Del Deterioro En Los Materiales Pétreos De Edificación” Recopar [En Línea], No.3, Septiembre 2006. Universidad de Oviedo.
- Alonso, J. Esbert, R., Ordaz J., Vázquez, P. (2006) “Análisis Del Deterioro En Los Materiales Pétreos De Edificación” Recopar [En Línea], No.3, Septiembre 2006. Universidad de Oviedo.
- Arnold, A., (1996) “A Study of the Life Cycle Requirements for an Information Model of the Components that are Incorporated in Process Facilities” Centre for integrate Facility Engineering, Stanford.
- ARQHYS (20011) “Teoría del Diseño” <http://www.arqhys.com/construccion/arquitectura.html> [Consultado el 5 de mayo de 2011]
- Ayala Alonso, E., (2009) La idea de habitar: la Ciudad de México y sus casas. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco. México.
- Bachelard, G., (1965) La poética del espacio, Primera edición en español, Fondo de Cultura económica
- Bails, B., (1802) Diccionario de Arquitectura Civil, Imprenta de la Viuda de Ibarra, Madrid.
- Bernal, L. y M. Betancourt, (2006) Reglamento de construcciones para el Distrito Federal, Trillas, México.
- BREEAM. <http://www.breeam.org/page.jsp?id=357> [Consultado el 15 de marzo 2011].
- Broto, C., 1999. Edificios rehabilitados. España: Instituto Monsa de Ediciones
- Cedeño, A., Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente Revista de Arquitectura, vol. 13, 2011, pp. 106-117 Universidad Católica de Colombia Bogotá, Colombia

- Cereceda, A., (20011) “Sustentabilidad y Certificación de Edificios en México” <http://suenamexico.com/verde-y-social/sustentabilidad-y-certificacion-de-edificios-en-mexico/> [Consultado el 3 de Mayo 2011]. Suenamexico, México.
- Comisión Nacional del Agua (2017) Servicio Meteorológico Nacional, Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvias <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias> (consultado 3 de Mayo 2017)
- Chacón, D., Cital, P., Vásquez, M., Balarézo, T., Herrerías, A. (2009) Manual para el diseño de desarrollos habitacionales sustentables, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, México.
- Chen, X., (2009) Urban Planning Management Systems in Los Angeles. Teorical and empirical Researches in Urban Management. Universidad de Virginia, EUA.
- Edwards, B., (2008). Basic guide of Sustainability. Gustavo Gill. España.
- Figuroa, D., (2008) “La construcción sustentable en México” en Green Momentum [En Línea] Septiembre 2008, Disponible en [http://www.greenmomentum.com/wb3/wb/gm/gm\\_content?id\\_content=50](http://www.greenmomentum.com/wb3/wb/gm/gm_content?id_content=50) [Consultado el 3 de mayo de 2011] México.
- Frohnsdorff, G., Martin, J., (1996) Towards predictions of building service life: the standards imperative, Suecia.
- García Luna, M. (1985) Toluca en el Porfiriato. Gobierno del Estado de México, México.
- GBTTool <http://www.petus.eu.com/left.php?sct=6&sbsct=2&pageid=155&pagesect=0&pagelang=en> [Consultado 4 de mayo 2011]
- Gob.mx (2018) “Tramites: Autorización para intervenciones en inmueble con valor artístico y/o colindante ante el INBA” <https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-para-intervenciones-en-inmueble-con-valor-artistico-y-o-colindante-ante-el-inba/INBAL1309>, [consultado el 05 de febrero de 2018]
- González, M., (2005) “Vida Útil Ponderada de edificaciones” Tesis Profesional, Maestría en valuación. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla de México
- Green California (2011) <http://www.green.ca.gov/> [Consultado 20 de abril 2011]
- GREEN GLOBES. <http://www.greenglobes.com/> [Consultado 20 abril 2011].

- Hernández, R., (2014), “Metodología de la investigación” Mc Graw Hill Education, 6ª edición, México.
- Hernandez, S., (2010a), “Integration of Service Life in the process of Management a Design of Building”. UAEMex. México.
- Hernández, S., (2010b) Diseño y Manejo Sustentable en Edificación, Primera Edición, UAEMEX, México.
- Hernández, S., (2011) “Impacto ambiental y Vida útil de los materiales más comunes en la industria de la construcción” ponencia perteneciente a Coloquio internacional de Diseño. México
- Hersfiel, M., (2006) “Service life considerations in relation to Green building rating systems an exploratory study” Athena Institute. Canadá.
- Inter-Forum (2010) “ISO 14001: La aplicación de la Agenda 21”  
[http://www.revistainterforum.com/espanol/articulos/111802Naturamente\\_iso\\_agenda21.html](http://www.revistainterforum.com/espanol/articulos/111802Naturamente_iso_agenda21.html), [consultado el 26 diciembre 2010]
- Inwe, R., Inyang, B., Enring, S., Adalikwu, R. (2009) “Sustainable energy implementation in Urban Nigeria”.
- James & James., (1999) Un Vitrubio Ecológico. Science Publisher, Londres.
- Jourda, F., (2009) Pequeño Manual del Proyecto Sostenible, Gustavo Gili, Paris.
- Lacasse, M., (2003) Durability and performance of building Envelopes. Instituto para la Investigación en la Construcción, Consejo de Investigación Nacional de Canadá, Canadá.
- Lacasse, M., Sjostrom, C. (2003) Methods for service Life Prediction of building Materials and Components- Recent Activities of the CIB W80/RILEM 175-SLM. Italia.
- LVI Legislatura del Estado de México, Decreto Numero 259 “Ley de Vivienda del Estado de México”  
<http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/ley/vig/leyvig140.pdf> [Consultado el 1 de noviembre de 2011] México.
- Meli, P. R., 1997. Diseño estructural. México, D.F.: Limusa.
- Meli, P. R., 1997. Diseño estructural. México, D.F.: Limusa. Meli, P. R., 1998. Ingeniería estructural de los edificios históricos. México, D.F.: Fundación ICA.

- Midant, P., (1996) Diccionario Akal de la Arquitectura del siglo XX, Ed. Hazan. Madrid.
- Mirguet, J., (2013) Mini Urban Apartments, Monsa, Barcelona.
- Morillon, D., (2011) “Edificios Sustentables en México: Antecedentes, Acciones y Prospectiva”, Colegio de Ingenieros Civiles de México, México.
- Ocampo, D., (2012) “Estrategia para la planeación de Vida Útil durante el proceso de Diseño Arquitectónico Sustentable, Vivienda Progresiva en el Estado de México” Trabajo Terminal de Grado, Maestría en Diseño. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Pallasmaa J.,(2016) Habitar, Gustavo Gili, Barcelona
- Pallasmaa, J., (2012) Los ojos de la Piel, Gustavo Gili, Barcelona
- Pearce, J., (2003), Appropedia as a Tool for Service Learning in Sustainable Development. Canadá.
- Riesnik, N., Hernández, A. (2005) “Análisis del Ciclo de vida” <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>, [consultado 28 diciembre 2010] Madrid.
- Roger, R., (2006) Ciudades para un pequeño planeta. Primera Edición. Gustavo Gili, Barcelona.
- Romero, I., (2003) “el Análisis de Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental”. Tendencias Tecnológicas [en línea] Boletín IIE, Julio septiembre 2003.
- San Martín, M., (2008) Apartamentos Urbanos. Kolon, Barcelona.
- Sena Sánchez M., (1999) Patrimonio Construido de la Ciudad de Toluca. UAEMéx, México
- Sjostrom, C., (2002), Implementation of the European Construction Products Directive via the ISO 15686 Standard.
- Trinus, W., (1999). Environmental assessment in building and construction, goal and scope definition as key to methodology choices, Universidad Técnica de Estocolmo.

Trusty, W., (2011). “An Overview of Life Cycle Assessments: Part One of Three” en Building safety Journal Online [En Linea] Octubre 2010, disponible en [http://www.athenasmi.org/publications/docs/BSJ\\_overview\\_life\\_cycle\\_assessment.pdf](http://www.athenasmi.org/publications/docs/BSJ_overview_life_cycle_assessment.pdf). [Consultado 28 abril 2011]

Universidad Nacional de Luján “Norma ISO” <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/normasiso.htm>, [Consultado 21 de abril 2011] Argentina.

Van Lengen, J., (1997) Manual de Arquitecto Descalzo, Pax México, México.

Wassouf, M., (2014) De la Casa Pasiva al Estándar, Passivhaus, Gustavo Gili, Barcelona.

Wayne, B., (2006) “Integrating LCA Tools in Green Building Rating Systems” Athena Institute. Canadá