



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“MODELO DE ESTIMACIÓN DEL DETERIORO
DE LAS FACHADAS DEL CENTRO
HISTÓRICO DE CAMPECHE”**

TESIS

PRESENTADO POR:

I.C. JESÚS ALEJANDRO CHAN MAY

EN OPCIÓN AL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

OPCIÓN CONSTRUCCIÓN

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO
2018

“Aunque este trabajo hubiere servido para el Examen de Grado y hubiere sido aprobado por el Sínodo, sólo el autor es responsable de las doctrinas emitidas en él”

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca que me dio la oportunidad de completar mis estudios en un posgrado del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNCP).

A la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) por haberme brindado la oportunidad de estudiar el posgrado en esta prestigiosa universidad del sureste de México.

A la Secretaría de Desarrollo Urbano, Obras Públicas e Infraestructura del Gobierno del Estado de Campeche por todas las facilidades dadas durante la elaboración de esta tesis.

RESUMEN

El Centro Histórico de Campeche (CHC) fue uno de los principales puertos durante la Nueva España y actualmente es considerado uno de los símbolos con mayor importancia a nivel estatal, ya que su arquitectura y traza urbana le merecieron ser declarado como Patrimonio Cultural de la Humanidad por parte de la UNESCO, a partir del 1 de diciembre de 1999. Los niveles de gobierno llevan a cabo programas para la conservación de las fachadas y el mejoramiento de la imagen urbana del CHC y sus barrios tradicionales. Sin embargo, actualmente no se cuenta con una metodología definida para la planeación de los proyectos de mantenimiento y un plan de gestión a largo plazo que tome en consideración las características de los edificios y sus necesidades de conservación. Este trabajo pretendió, por lo tanto, realizar un primer paso en el desarrollo de planes de mantenimiento del CH.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un modelo para estimar el deterioro de las fachadas del CHC. Dicho modelo se basó en un extenso análisis de los trabajos llevados a cabo en otras partes del mundo y puede ser adaptado para otros sitios históricos, así como para edificios no históricos que requieran un mantenimiento sistemático. Después de analizar las opciones, se decidió construir un modelo de regresión con base en datos recopilados sobre los procesos de deterioro y los factores que generan estos procesos. Para alcanzar este objetivo se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Se identificaron los procesos de deterioro con mayor impacto en las fachadas del CHC, así como los factores que influyen en su aparición, a partir de la opinión de un grupo de expertos vinculados al mantenimiento del CHC. Con el fin de llegar a un consenso de opiniones, se empleó el método de Delphi en dos iteraciones de elicitación apoyadas en un cuestionario.
2. Se seleccionaron los factores a incluir en el modelo, esto basado en los resultados del método Delphi y considerando la disponibilidad de recursos para evaluar los factores. Los factores seleccionados fueron: la edad de la última intervención, el uso del edificio, la orientación y el color de la fachada. De tal manera que se decidió

considerar como variable dependiente el nivel de deterioro de las fachadas, y como variables independientes a los tres factores antes mencionados.

3. Se recopiló la información de las fachadas que, a través de una inspección visual, permitió documentar el nivel deterioro de una muestra estadística de cincuenta fachadas seleccionadas aleatoriamente del CHC.

4. Se analizó la correlación entre los factores considerados y el nivel de deterioro de las fachadas del CHC. Mediante este análisis se construyó un modelo de regresión lineal múltiple en el cual se incluyeron los tres factores. Sin embargo, solamente la edad de la última intervención fue encontrado estadísticamente relevante, a partir de lo cual se construyó un modelo de regresión lineal simple.

5. Se realizó una validación interna del modelo, calculando la magnitud media del error relativo (MMER) entre los valores estimados y los valores medidos en el campo. Luego, se realizó una validación externa considerando diez nuevas mediciones en fachadas del CHC.

De los resultados obtenidos se tuvieron las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los expertos consultados para este estudio, los procesos que contribuyen en mayor medida al deterioro de las fachadas del CHC son los desprendimientos de aplanados, las eflorescencias y las humedades.
- De los cuatro factores analizados los cuales fueron la edad de última intervención, uso del edificio, orientación y color de la fachada. la edad de la última intervención resultó ser la única variable predictora con un nivel de correlación estadísticamente significativo según su valor R^2 , y que, por lo tanto, se requiere incluir en el modelo.
- De los cuatro factores analizados los cuales fueron la edad de última intervención, uso del edificio, orientación y color de la fachada. Como resultado se tuvo que la edad de la última intervención fue la variable predictora que debió incluirse en el modelo estadístico de regresión, con un nivel de correlación estadísticamente significativo según su valor R^2 .
- Otros factores como la orientación, el uso y el color del edificio, no contribuyen de manera significativa en el deterioro de las fachadas del CHC, al menos en el estudio realizado con la muestra.

ABSTRACT

The Historic Center of Campeche (HCC) was a main seaport during the Spanish colonization of Mexico. It is regarded as a main landmark in Campeche since it was declared n Cultural Heritage of Humanity by UNESCO, in 1999. That is why the federal and state governments sponsor maintenance programs to preserve the facades of the buildings and improve the image of the HCC and its traditional neighborhoods. However, these programs are still missing an approach to plan and manage the maintenance of the facades, suitable to the characteristics and preservation needs of the buildings in this area. Therefore, this research work attempted a first approach to planning the maintenance of the HCC.

The goal of this research work was to develop a model to estimate the deterioration of the facades of the HCC. This model was based on previous research work from different countries and can be adjusted to fit the characteristics of other historical sites, as well as of not historical buildings requiring a systematic mantainance. Different options were pondered before deciding to build the model with a regression analysis based on data of the deterioration processes that affect the facades of the HCC and the factors that generate such processes.

In order to attain this goal, the following procedure was carried out:

1. Identification of the most common deterioration processes seen on the facades of the HCC, as well as of the factors causing them. This was based on the opinion elicited from a group of experts that were related to the maintenance of the HCC. In order to attain the concensus of the different opinions, the Delphi method was used in two elicitation iterations supported by a questionnaire.
2. Selection of factors to include in the model, in which the outcomes of the Delphi method and the resources available for assessing the factors. The selected factors include: the lapse of time since last maintenance work, the use of the building, the orientation and color of the façade. This way, the level of deterioration of the facades was deemed the dependent variable in the model, while the last three factors were treated as the independent variables.

3. Information compilation with the visual assessment of the facades, in order to document the level of deterioration of a statistical sample of fifty facades that were randomly selected from the HCC. This also includes gathering of information on the factors causing such deterioration.
4. Correlation analysis of the three aforementioned factors and the level of deterioration of the facades. Through this analysis a multiple regression model considering the three factors was built first. However, only the lapse of time since last maintenance work was found statistically relevant; a simple regression model was built then.
5. Internal validation of the model based on the Mean Magnitude of Relative Error (MMRE) computed with the differences between the estimated (with the model) and the measured (on site) levels of deterioration of the fifty sampled facades. An external validation was also performed with ten additional samples for which their respective level of deterioration was measured.

The following conclusions were derived from the outcomes of this research work:

- According to the experts consulted in this study, the processes with a greater contribution to the deterioration of the facades in the HCC include loose stucco, efflorescences, and humidity.
- Based on the analysis of the three aforementioned factors, the lapse of time since last maintenance work came out as the only statistically significant variable, required in the regression model to predict the level of deterioration of the facades in the HCC.
- Other factors such as the orientation and color of the façade, or the use of the building, were found statistically irrelevant to the deterioration of the facades in the HCC.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Preguntas de investigación.....	5
1.3 Objetivo general	5
1.4 Objetivos específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Conservación de centros históricos	6
2.1.1 Conservación de centros históricos en el contexto internacional.....	6
2.1.2 Conservación de centros históricos en México.....	9
2.1.3 Conservación del Centro Histórico de Campeche	12
2.2 Gestión del mantenimiento de edificios históricos.....	15
2.2.1 Tipos de mantenimiento en edificios	17
2.2.2 Mantenimiento proactivo y preventivo	18
2.2.3 Inspección de edificios	20
2.4 Procesos de deterioro presentes en las fachadas	23
2.5 Métodos de estimación de la vida útil de los elementos y componentes en edificios	24
2.5.1 Modelos del deterioro basado en procesos	25
2.6 Conclusiones	27
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.1 Tipo, alcance y diseño de la investigación	28
3.2 Unidad de análisis y población	29
3.3 Procedimiento para el desarrollo de la investigación	30

3.3.1 Identificación de los procesos de deterioro y los factores que influyen en su aparición en las fachadas del CHC	30
a) Definición de los objetivos del método Delphi.....	31
b) Conformación del grupo de expertos.....	32
c) Construcción del cuestionario.....	33
d) Ejecución de rondas de consulta.....	37
3.3.2 Selección de los factores de deterioro a considerar en el modelo	40
a) Factores no considerados en el modelo	41
3.3.3 Recopilación de información de las fachadas.....	43
a) Construcción del instrumento para la recopilación de información	44
b) Selección de la muestra	45
c) Aplicación del instrumento.....	46
3.3.4 Cálculo del nivel de deterioro de las fachadas	53
3.3.5. Construcción del modelo de estimación del deterioro de las fachadas del CHC.....	58
a) Modelo de regresión lineal múltiple	59
b) Modelos de regresión lineal simple	60
c) Modelos de regresión lineal simple en diferentes escenarios.	60
3.3.6. Validación del modelo propuesto	61
4.RESULTADOS.....	63
4.1 Identificación de los procesos de deterioro y factores que influyen su aparición en las fachadas de los edificios del CHC.....	63
4.1.1 Identificación de los procesos de deterioro.....	63
a) Procesos de deterioro más frecuentes en las fachadas del CHC	64

b) Contribución de los procesos al deterioro general de las fachadas del CHC	66
c) Contribución de los procesos de deterioro al costo de mantenimiento de las fachadas del CHC	69
4.1.2 Factores que contribuyen al deterioro de las fachadas del CHC	71
4.2 Resultados de la recopilación de información de las fachadas	74
4.2.1 Edad de última intervención	77
4.2.2 Orientación de la fachada	77
4.2.3 Uso del edificio	78
4.2.4 Color de la fachada	78
4.3 Resultados del cálculo del nivel de deterioro	79
4.4 Construcción del modelo de estimación del deterioro de las fachadas del CHC	82
4.4.1 Modelo de regresión lineal múltiple	83
4.4.2 Análisis de regresión lineal simple	85
4.4.3 Análisis de regresión lineal simple en diferentes escenarios	87
a) Regresión lineal simple según la orientación de la fachada.....	87
b) Regresión lineal simple según el uso del edificio.....	89
c) Regresión lineal simple según el color de la fachada	90
4.5 Validación del modelo propuesto	92
4.5.1 Validación interna	92
4.5.2 Validación externa	92
5.DISCUSIÓN	96
6. CONCLUSIONES	101
7. RECOMENDACIONES	105

BIBLIOGRAFÍA.....	107
APÉNDICES	116
Apéndice 1	116
Apéndice 2	120
Apéndice 3	122
Apéndice 4	123
Apéndice 5	124
Apéndice 6	133
Apéndice 7	137
Apéndice 8	141
Apéndice 9	142
Apéndice 10	143
Apéndice 11.	144
Apéndice 12	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista tradicional del Centro Histórico de Campeche.....	15
Figura 2. Modelo de planes de conservación	16
Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología de la investigación	30
Figura 4. Fases del método Delphi.....	31
Figura 5. Gama de colores utilizados en el programa de Mejoramiento de Imagen Urbana en el CHC.....	52
Figura 6. Ejemplo de nube de puntos y mediciones	55
Figura 7. Ejemplo cuantificación procesos deterioro	56
Figura 8. Porcentajes de la clasificación por orientación	77
Figura 9. Porcentajes de la clasificación por uso.....	78
Figura 10. Clasificación por color	78
Figura 11. Histograma de frecuencias del nivel de deterioro	82
Figura 12. Modelo de regresión lineal simple para el total de la muestra	86
Figura 13. Modelos de regresión lineal simple según la orientación de la fachada....	88
Figura 14. Modelos de regresión lineal simple según los usos del edificio	89
Figura 15. Modelos de regresión lineal simple según los colores de la fachada.....	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Publicaciones sobre las inspecciones en edificios.....	22
Tabla 2. Distribución del número de edificios en la zona "A" del CHC Elaboración propia	Fuente: 29
Tabla 3. Procesos de deterioro comunes en fachadas de edificios históricos	34
Tabla 4. Principales factores que influyen en la aparición de procesos de deterioro en las fachadas de edificios históricos	35
Tabla 5. Objetivos definidos para cada pregunta del método Delphi.	36
Tabla 6. Cálculo de la muestra.....	46
Tabla 7. Resumen de la muestra seleccionada.....	47
Tabla 8. Programas de mantenimiento administrados por el Gobierno del Estado de Campeche. Fuente: Elaboración propia	49
Tabla 9. Clasificación de usos en edificios	51
Tabla 10. Clasificación de colores propuesto para el CHC.....	53
Tabla 11. Pesos relativos de los procesos de deterioro	54
Tabla 12. Ejemplo utilización cuadro de deterioros para la muestra M20-E28-C61...57	
Tabla 13. Ejemplo utilización cuadro de medidas para la muestra M20-E28-C61	57
Tabla 14. Ejemplo de obtención nivel de deterioro para la muestra M20-E28-C61 ...57	
Tabla 15. Clasificación del Nivel de Correlación.....	59
Tabla 16. Agrupaciones según las características de la fachada	60
Tabla 17. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 1	64
Tabla 18. Resultados los procesos de deterioro según su frecuencia de aparición en las fachadas del CHC	65
Tabla 19. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 2.....	67

Tabla 20. Resultados los procesos de deterioro según su nivel de contribución al deterioro general de las fachadas del CHC	68
Tabla 21. Cálculo de los factores de ponderación para cada proceso de deterioro ...	69
Tabla 22. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 3	70
Tabla 23. Resultados los procesos de deterioro según su nivel de contribución al incremento del costo de mantenimiento de las fachadas del CHC.	71
Tabla 24. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 4	72
Tabla 25. Resultado de los factores que contribuyen a la aparición de los procesos de deterioro en las fachadas del CHC.....	73
Tabla 26. Resultados de las inspecciones visuales.....	75
Tabla 27. Áreas totales estimadas para cada proceso de deterioro	80
Tabla 28. Nivel de deterioro en la muestra seleccionada	80
Tabla 29. Pruebas de normalidad para la variable	82
Tabla 30. Variables excluidas	83
Tabla 31. Variables de entrada	84
Tabla 32. Resumen del modelo	84
Tabla 33. Tabla ANOVA modelo correlación múltiple.....	85
Tabla 34. Vida de servicio estimada.....	86
Tabla 35. Vida de servicio estimada según la orientación de la fachada	88
Tabla 36. Vida de servicio estimada según los usos del edificio	90
Tabla 37. Vida de servicio estimada según el color de la fachada	92
Tabla 38. Validación interna del modelo.....	93
Tabla 39. Datos para la validación del modelo	94
Tabla 40. Validación externa	95

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los centros históricos son espacios de cultura por excelencia; espacios donde se concentran los edificios de mayor monumentalidad y simbolismo de las ciudades, se plasman las distintas facetas históricas y culturales, y se desarrollan muchos de los aspectos claves de la vida social.¹ Es por ello por lo que los centros históricos, representan un incuestionable valor cultural, social y económico; capaz de convertirse en una herramienta de desarrollo para la ciudad y nación que los alberga.

Conscientes de su relevancia, se han firmado acuerdos a nivel nacional e internacional, que buscan concretar acciones para la conservación del patrimonio. Se destaca la firma en 1964, de la Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios, mejor conocida como Carta de Venecia; como resultado se tiene la creación del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS). También de relevancia es la celebración en 1972 de la Convención de Patrimonio Mundial de París por la Organización de las Naciones Unidas.

Como resultado las acciones internacionales, se inicia una etapa de preocupación para que las ciudades históricas cuenten con instrumentos de planeación que permitan su conservación. Sin embargo, es responsabilidad de los gobiernos locales el desarrollar estrategias claras y métodos eficaces para planificar, diseñar, ejecutar y gestionar los bienes patrimoniales; con el fin de obtener el mayor beneficio potencial y, al mismo tiempo, preservar y mejorar su importancia cultural.²

México debiera ser líder en la gestión de zonas patrimoniales, debido a la gran cantidad de ciudades históricas con las que cuenta. Se tienen actualmente, 34 sitios inscritos en la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO, de los cuales 10 son centros

¹ De la Calle V. M. y García H. M. (1998). "Ciudades históricas: patrimonio cultural y recurso turístico," *Éria Revista Cuatrimestral de Geografía*.

² Gomes M. A. , Mendes P. R. y Oers R. (2011). "World heritage cities management" *Facilities* No 29. 276–285.

históricos. Por tal motivo, México ocupa el primer lugar en América Latina y el sexto a nivel internacional en la lista de países con más sitios declarados patrimonio de la humanidad.³ Sin embargo, aún es deficiente la gestión de los centros históricos mexicanos, ya que solamente los centros históricos de la Ciudad de México, Querétaro, Michoacán y San Miguel Allende cuentan con planes de manejo establecidos que orienten las acciones de conservación.⁴

A partir de 1950, el presupuesto para la conservación del patrimonio cultural había sido uno de los principales rubros de inversión presupuestal pública en México. Sin embargo, después de la crisis económica de los últimos años, se han venido implementando políticas que han recortado significativamente los presupuestos estatales para educación y cultura. Debido a esto, las dependencias gubernamentales, encargadas de la preservación de las zonas históricas del país, se ven en la necesidad de implementar prácticas que compensen la reducción en el presupuesto.⁵

Teniendo como objetivo la conservación y el correcto aprovechamiento de los centros históricos, es necesaria la formulación de planes estratégicos, que contengan las políticas y programas oficiales, y trace los controles necesarios para evaluar el desempeño y permita adoptar las medidas correctoras necesarias.⁶ Además, que busquen proteger el entorno histórico de las ciudades, incorporándolos a las nuevas dinámicas necesarias para el desarrollo y dándole nuevos usos que integren los monumentos a la vida cotidiana.⁷

³ Asociación Mexicana de Ciudades Patrimonio. (15 de diciembre de 2016). La importancia de México en el Patrimonio Mundial. Recuperado de <http://ciudadespatrimonio.mx/#>

⁴ Gómez, P. F., (2010). "La Gestión urbana de los Centros Históricos," *Estudios sobre conservación, restauración y museología. Volumen 11* :156–66.

⁵ Mantecón, R. A.,(2005) "Usos y desusos del patrimonio cultural: retos para la inclusión social en la Ciudad de México," *Anais Do Museu Paulista* 13, No. 2.

⁶ Rushlow, F.J., (1994) "*Proactive maintenance planning for historic building*", US Army of engineer construction engineering research laboratories corps.

⁷ Rivero, C.R., (2015). "Arquitectura histórica y patrimonio cultural," *Revista de la facultad de arquitectura y urbanismo de la Universidad de Cuenca*.

A nivel nacional e internacional, diversas modalidades se han adoptado para lograr la conservación; por ejemplo, el de gestión compartida entre el sector público y privado, los incentivos públicos a la inversión privada, o la conservación de monumentos por parte del estado.⁸ En México, se han realizado programas de mantenimiento en centros históricos, con fuerte énfasis en el modelo europeo, es decir, mediante la intervención directa del estado, realizando inversiones para la conservación de edificios emblemáticos y el mejoramiento de la imagen urbana. Este modelo es distinto a los de países anglosajones, que confiere al estado un papel indirecto, ejercido mediante beneficios fiscales a la iniciativa privada al realizar acciones de conservación en los edificios ocupados.⁹

A pesar de la diversidad de contextos económicos, geográficos e históricos, los centros históricos de las ciudades mexicanas presentan una problemática en común, la falta de planeación en el mantenimiento. En algunas ciudades se cuentan con planes de conservación que buscan preservar el bien histórico, pero al concluir las obras, no se establecen lineamientos para el monitoreo del estado de los inmuebles, ni programas o recursos para su mantenimiento periódico, lo cual, a mediano plazo, incrementa los costos de intervención y demerita la cultura de la conservación preventiva.¹⁰

Como lo menciona Ortega et al (2015), en los últimos años se ha tenido un aumento en el interés por determinar la durabilidad y la vida útil de los elementos constructivos de los edificios, así como de sus materiales y componentes. Cada vez más, los fabricantes de materiales y encargados de mantenimiento son conscientes de ésta problemática y buscan métodos para evaluar el estado de deterioro de los elementos.¹¹

⁸ Coulomb, R. (2001). "Modelos de gestión en los centros históricos de América Latina y el Caribe en busca de la integralidad, la gobernabilidad democrática y la sostenibilidad," *La ciudad construida*. 77–95.

⁹ Mercado, L. E., (2011). "Políticas públicas para la conservación del patrimonio edificado: Michoacán, caso de estudio.," *Memorias del 4o Foro Académico 2011 EMCRyM*, 145–150.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ortega S., y Fran-Bretones,J., (2014). "Identificación de procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas en España a partir del Método Delphi," *Informes de La Construcción* 67, no. 537.

Hovde y Moser (2004), además mencionan que el conocer las características de deterioro de los elementos proporciona beneficios económicos y medioambientales. Entre los económicos destaca, el hecho de la existencia de una gran cantidad de edificios existentes, cuyos costos anuales de inspección y mantenimiento representan un peso importante en la economía de los encargados de su gestión. Dentro de las cuestiones ambientales, destaca la creciente escasez de recursos materiales, así como el impacto ambiental causado por los edificios.¹² Otras investigaciones respaldan la necesidad de implementar tecnologías de reciente desarrollo para mejorar los planes de conservación.¹³

En México, se han desarrollado estudios como los de Hernández (2009), cuyo resultado es una metodología de indicadores tangibles para medir el deterioro de los edificios con valor cultural en la zona histórica de Toluca.¹⁴ Concluyendo que el mantenimiento proactivo, es una de las herramientas que puede tener un impacto positivo en el uso de recursos destinados a la conservación.

En el caso de Campeche, su centro histórico es uno de los símbolos más importantes a nivel estatal. Es la zona con mayor actividad turística, una importante actividad comercial y su centro político. La arquitectura, diseño urbano y sistema de fortificaciones, hicieron que fuese declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO, a partir del 1 de diciembre de 1999, debido a esto, se tienen importantes esfuerzos por procurar su conservación.¹⁵

El gobierno del Estado de Campeche realiza programas de conservación de fachadas y mejoramiento de imagen urbana en el centro histórico y barrios tradicionales. Sin embargo, actualmente no se cuenta con una metodología definida para la planeación de los proyectos mantenimiento, que permita estimar la periodicidad de este tipo de

¹² Hovde, P.J., y Moser, K. , (2004). *Performance based methods for service life prediction, state of the art reports, CIB report: Publication*, vol. 294.

¹³ Volk, R., Stengel, J., y Schultmann, F.,(2014). "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs," *Automation in Construction* 38: 109–27.

¹⁴ Omaña, H. J., (2014). "Metodología de indicadores tangibles para medir el deterioro del patrimonio cultural de Toluca," *Coloquio de diseño Fuademex*.

¹⁵ López, M. F. J., (1986). "Campeche, centro histórico fortificado," *Revistas javeriana* 17, no. 12.

acciones, así como los recursos necesarios para realizar los trabajos.¹⁶ Definir este tipo de herramientas es una necesidad para el mejor aprovechamiento de los recursos económicos y naturales que se invierten en mantenimiento del centro histórico de Campeche, factores directamente relacionados con la búsqueda del desarrollo sostenible de las sociedades.

1.2 Preguntas de investigación

1. ¿Qué factores influyen en el deterioro de las fachadas del centro histórico de Campeche?
2. ¿Cómo se puede estimar el nivel de deterioro de las fachadas del centro histórico de Campeche?

1.3 Objetivo general

Desarrollar un modelo para la estimación del nivel de deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche

1.4 Objetivos específicos

1. Identificar los factores que intervienen en el deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche.
2. Analizar la correlación entre los factores identificados y el deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche.
3. Validar el modelo propuesto para estimar el deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche.

¹⁶ Medina, G. R., y Sánchez, S. A., (2015). "Patrimonio histórico versus patrimonio moderno: problemática de conservación del edificio de los poderes de Campeche, México," *Intervención* 6, no. 11.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Conservación de centros históricos

2.1.1 Conservación de centros históricos en el contexto internacional

La conservación de las ciudades históricas genera orgullo cívico y beneficios económicos. Alrededor del mundo, muchas ciudades se han dado cuenta de su importancia y desarrollan políticas para su mejor aprovechamiento, como resultado se considera a la conservación de ciudades históricas, como una herramienta efectiva para el desarrollo económico.¹⁷

El interés por la preservación de los centros históricos surge en la segunda mitad del siglo XX, ante el impacto en los procesos crecimiento y modernización de la mayoría de las ciudades.¹⁸ A finales de 1960 y principios de 1970 se inicia en Europa la práctica de la rehabilitación urbana como forma de conservación del patrimonio edificado.¹⁹ Previo a este periodo el concepto de conservación de áreas históricas se desconocía, no se tenían sanciones para daños cometidos a monumentos históricos; además los edificios históricos, normalmente concentradas en las partes internas de la ciudad, estaban a menudo en un estado de deterioro grave.^{20 21}

Uno de los primeros esfuerzos internacionales para la preservación del patrimonio histórico es la firma de la “Carta de Venecia”, documento que surge como resultado del II Congreso Internacional de Arquitectos, Técnicos y de Monumentos Históricos de 1964. En este documento se reconoce la responsabilidad común de salvaguardar el

¹⁷ Siririsak, T., (2009). “Conservation of Bangkok old town,” *Habitat International* 33, No. 4.

¹⁸ Ortega, A. E., (2010). “Propuesta metodológica para una aproximación energética patrimonial a la ciudad histórica,” *Tesis de Master. Universidad Politécnica de Cataluña*.

¹⁹ Pendlebury, J., (1999) “The conservation of historic areas in the UK a case study of ‘Grainger Town’, Newcastle upon tyne,” *Cities* 16, No. 6: 423–33.

²⁰ Steinberg, F., (1996). “Conservation and reahabillition of urban heritage in developing countries.,” *Habitat International* 20, No. 3: 463–75.

²¹ Worthing, D., y Bond, S., (2013). *Understanding Historic Building Conservation*, John Wiley.

patrimonio histórico para futuras generaciones, y se menciona que la conservación de monumentos debe ser de carácter permanente.²²

En el año de 1965, los participantes y firmantes de la Carta de Venecia, acordaron la creación del *Internacional Council On Monuments and Sites* (ICOMOS). En esa ocasión, los asambleístas coincidieron en que es esencial que los principios que deben presidir la conservación y la restauración de los monumentos sean formulados en un plano internacional, aunque se deje a cada nación el cuidado de asegurar su aplicación según su propia cultura y tradiciones.²³ El ICOMOS cuenta también con comités concentrados en la disciplina de conservación, que aportan su experiencia colectiva con el fin de procurar la conservación histórica.²⁴

En el mismo sentido, durante la Convención de Patrimonio Mundial de 1972, la UNESCO insta a los países miembros la necesidad de identificar, proteger, conservar, rehabilitar y transmitir a las generaciones futuras el patrimonio cultural y natural dentro de sus territorios, adoptando una política general de conservación e implementando los recursos necesarios para éste fin.²⁵ Además, en lo correspondiente a patrimonio histórico, la UNESCO ha emitido once recomendaciones para fomentar su conservación a través de acuerdos internacionales.²⁶

En 1987, el ICOMOS adoptó la Carta Internacional para la Salvaguarda de las Ciudades Históricas “Carta de Washington”. En ella se establece que las necesidades de conservación incluyen también a las otras características de la ciudad, adquiridas en la historia y que el paisaje histórico es el resultado de los cambios de uso y la evolución de las ciudades.²⁷

²² Forster, M. A., y Kayan, B., (2009). “Maintenance for historic buildings: a current perspective,” *Structural Survey* 27, No. 3 : 210–29.

²³ ICOMOS,(2010). “Reseña Histórica de ICOMOS México,” *Consejo Internacional de Monumentos y Sitios*.

²⁴ Worthing, D., y Bond, S., (2013) "*Understanding Historic Building Conservation*." John Wiley

²⁵ UNESCO, (1972) “Convención sobre la protección del patrimonio mundial , cultural y natural,” 16.

²⁶ UNESCO, “Operational guidelines for the implementation of the world heritage convention,” *World Heritage Centre*, 2012.

²⁷ Ortega, E., "*Propuesta metodológica para una aproximación energética patrimonial a la ciudad histórica*."

Otros acuerdos internacionales también mencionan que el mantenimiento es fundamental para la conservación, y que es necesaria la colaboración integrada de diferentes profesiones para las mejores prácticas.²⁸

Algunos países han desarrollado esfuerzos locales para la conservación de edificios históricos. En el caso de Reino Unido, en 1877 se funda la *Society for the Protection of Ancient Buildings (SPAB)*, que se considera como la raíz del desarrollo de los enfoques modernos de conservación, con el principio de que el mantenimiento regular era primordial para cumplir con los objetivos de conservación. La legislación en el contexto británico evolucionó hasta el establecimiento del *Planning Policy Guidance Note 15* y posteriormente al *Planning Policy Statement 5: Planning for the Historic Environment*, que establece las políticas nacionales de conservación del entorno histórico.²⁹

En España, la conservación del patrimonio se amparaba en el Real Decreto sobre Rehabilitación de Patrimonio Residencial y Urbano de 1983.³⁰ Posteriormente ha sido esencialmente sustituido por la Normativa Cuatrienal de Vivienda 2009-2012, donde se establece la creación de Áreas de Rehabilitación Integral de conjuntos históricos y centros urbanos (ARI'S).³¹ Gracias a estas políticas se tienen ejemplos de restauración como el Plan General de Madrid, Salamanca, Santiago Compostela y Barcelona.³²

En otros países como Italia y Francia se destaca la puesta en marcha de proyectos de rehabilitación integral que han incluido medidas enfocadas a la mejora de las condiciones de vida de sus habitantes. Modelos como el de Bolonia se han convertido en referentes internacionales por su carácter integral al abordar en ambos casos de

²⁸ Worthing, D., y Bond, S., (2013) "*Understanding Historic Building Conservation*." John Wiley

²⁹ Planning Policy Statement. (2010). "Planning Policy Statement 5," The Stationery Office 159, No. 3.

³⁰ Pol, F., (1993). "La Recuperación de los Centros Históricos en España,".

³¹ Cantero, M. J., y Sánchez, M. M., (2013). "Régimen jurídico de la función pública," *Revista Aragonesa de la función pública*.

³² Troitiño, V. M., (2003). "La protección, recuperación y revitalización funcional de los centros históricos," *Colección mediterráneo económico: "ciudades, arquitectura y espacio urbano,"* No. 3: 131–60.

manera conjunta cuestiones de índole política, económica, social y cultural. También el “Plan de Salvaguarda y Puesta en valor del viejo Lyon, Francia” fue desarrollado para la revitalización del centro histórico y se enfoca al mantenimiento, conservando la autenticidad.³³

De la misma manera, en diferentes países se han desarrollado importantes programas de conservación de centros históricos. Sin embargo, aún existe una brecha entre la práctica y la teoría en la conservación del patrimonio. En la práctica, hay un importante retraso en la planificación y gestión implementada por los gobiernos locales. En la teoría, hay una falta de investigación para identificar y diseñar enfoques innovadores, así como documentar y difundir las mejores prácticas para la conservación del patrimonio histórico.³⁴

2.1.2 Conservación de centros históricos en México

En México, la conservación del patrimonio inició con un criterio meramente temporal que privilegió la conservación del patrimonio arqueológico y evolucionó hacia la inclusión de valores artísticos y monumentales. En un principio, el conjunto de edificaciones que datan del siglo XVII al XX no eran señaladas como monumentos de interés nacional; razón por la cual su estado de deterioro era considerable.³⁵

A partir de 1950, el patrimonio cultural entró en una nueva esfera, la del desarrollo económico a través del turismo, al reconocerse el atractivo que tiene para los visitantes la rica gama de testimonios de las diferentes etapas históricas y de las múltiples culturas regionales.³⁶

Con ello, el gobierno inicia importantes esfuerzos el rescate y conservación de las zonas históricas. Se crean instituciones que entre sus tareas tienen implementar

³³ Luque, E., (2007). “Novedades y retos en la gestión de centros históricos de Europa, Latinoamérica y el Caribe (1980-2015),” *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, no. 1996.

³⁴ Roders, P., y Van Oers, (2011). “World Heritage Cities Management.” *Facilites*.

³⁵ Floresco, E., (1993). “*El patrimonio cultural en México*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes”. Fondo de Cultura Económica, 23-27.

³⁶ *Ibid.*

acciones para la conservación de los monumentos nacionales. En la actualidad las instituciones responsables de la preservación del patrimonio son las siguientes:

- *Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)*. Creado en 1939 para investigar, conservar y difundir el patrimonio arqueológico, antropológico, histórico y paleontológico de México. Es responsable de más de 110 mil monumentos históricos y 25 mil zonas arqueológicas registradas en el país.³⁷
- *Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA)*. Fue creado en 1946 para preservar y difundir el patrimonio artístico, estimular y promover la creación de las artes y, desarrollar la educación y la investigación artística.³⁸
- *Coordinación Nacional de Patrimonio Cultural y Turismo*. Tiene como objetivo contribuir a la promoción, puesta en valor y disfrute de la riqueza cultural, material e inmaterial, vinculándola con el sector turístico.³⁹
- *Secretaría de Cultura*. Creada en diciembre de 2015 por decreto presidencial. Es la institución encargada de la promoción y difusión de las expresiones artísticas y culturales de México, así como de la proyección de la presencia del país en el extranjero.

Desde 1972, los Estados miembro de la UNESCO han inscrito en la lista del Patrimonio Mundial 1052 sitios culturales, naturales, mixtos y en peligro alrededor del mundo. En México 34 sitios han sido reconocidos con esta importante distinción, de los cuales 27 son sitios culturales, 6 son sitios naturales y uno es mixto (es decir, conjuga valores excepcionales tanto culturales como naturales). Esta cifra ubica a México como el primer país de América y el sexto a nivel mundial con el mayor número de bienes reconocidos como patrimonio cultural de la humanidad. Siendo diez las ciudades históricas declaradas Patrimonio Cultural de la Humanidad.⁴⁰

³⁷ "Instituto Nacional de Antropología e Historia", (24 de Octubre de 2016), Recuperado de <http://www.inah.gob.mx/es/quienes-somos>.

³⁸ "Instituto Nacional de Bellas Artes," (24 de Octubre de 2016), Recuperado de <http://www.inba.gob.mx/ConocelInba>.

³⁹ "Coordinación Nacional de Patrimonio Cultural y Turismo.," (24 de Octubre de 2016) Recuperado de http://www.cultura.gob.mx/turismocultural/patrimonio_cultural/.

⁴⁰ "Asociación Nacional de Ciudades Mexicanas Patrimonio Mundial," (24 de Octubre de 2016) Recuperado de <http://ciudadespatrimonio.mx/ancmpm/nuestra-asociacion/>.

Gómez (2010) habla sobre la importancia de que los centros históricos en México cuenten con instrumentos de planeación que hagan posible su conservación. Por este motivo, en 1996 se determinó que los estados deben de contar con planes de manejo, y que éstos serían obligatorios a partir de 2001.⁴¹

En este sentido, en 2010, la Secretaría de Desarrollo Social dio a conocer la guía metodológica para la formulación, seguimiento y evaluación del manejo de ciudades mexicanas patrimonio de la humanidad y pueblos mágicos, como un instrumento para orientar las acciones de los gobiernos locales, así como la formulación, implementación y evaluación de políticas públicas sustentables.⁴²

En diferentes estados del país se han desarrollado políticas de conservación, como el mantenimiento en la Ciudad de México, que se realiza según el Reglamento de Construcciones de la Ciudad, donde se establece que los propietarios son los encargados de garantizar el mantenimiento de los inmuebles patrimoniales. El gobierno, ofrece un “Programa de Rehabilitación de Fachadas”, donde es necesario que el propietario presente un proyecto de mantenimiento y el fideicomiso asesora en la realización del proyecto y la gestión de los trámites para obtener las autorizaciones necesarias.⁴³

En el caso de Morelia se implementa el “Programa parcial de desarrollo urbano del Centro Histórico de Morelia” y el “Plan maestro de rescate del Centro Histórico de Morelia” los cuales buscan definir los criterios de planeación y restauración, a través de una política de conservación integral, con una serie de proyectos, como el rescate y mejoramiento de edificios históricos, desconcentración de edificios administrativos gubernamentales y, las reubicación del comercio informal instalado.⁴⁴

⁴¹ Gómez, P., “La gestión urbana de los Centros Históricos.”

⁴² Secretaría de Desarrollo Social, (2010). “Guía metodológica para la formulación, seguimiento y evaluación de planes de manejo para las ciudades mexicanas patrimonio de la humanidad y los centros históricos y tradicionales del país.” *Gobierno Federal México*.

⁴³ Gobierno de la Ciudad de México, (2014). “Manual ciudadano para el cuidado del centro histórico,” *Fideicomiso Centro Histórico de la Ciudad de México*, 95.

⁴⁴ Pardo, H., y Olmos, C., (2002). “El Centro Histórico de Morelia; su revitalización y los retos y estrategias para su conservación integral,” *Estrategias relativas al patrimonio cultural mundial. la salvaguarda en un mundo globalizado. principios, practicas y perspectivas*, 239–42.

En materia legal se identifica la Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, publicado en el Diario Oficial de la Federación en mayo de 1972.⁴⁵ Este texto define las zonas de monumentos históricos como el área que comprende varios monumentos relacionados con un suceso nacional, además, otorga a la federación la responsabilidad de la protección y de la conservación de las zonas de monumentos (Art. 38), y pone entre las manos del presidente de la república las declaraciones de zonas de interés histórico.⁴⁶

Las modalidades de intervención en México han sido esencialmente “conservadoras” dictaminando en función de la ley, de reglamentos, pero sobre todo en función de un saber técnico que decide cuales son las modificaciones aceptables, las restauraciones no destructoras desde el punto de vista de los monumentos o del espacio central, esencialmente con un criterio de imagen urbana. Este tipo de protección, ligada a políticas locales de imagen urbana, ha contribuido a constituir en centros de muchas ciudades un espacio nuevo, con una imagen nueva hecha a base de la acumulación de signos de la autenticidad o de la historicidad legítima.⁴⁷

2.1.3 Conservación del Centro Histórico de Campeche

La villa de San Francisco de Campeche nace como el encuentro entre dos culturas, la maya y la española.⁴⁸ Fundada el 4 de octubre de 1540, por el conquistador español Francisco de Montejo “el Mozo”, en la que fuera Can Pech, cabecera de un cacicazgo maya. La entonces villa, se desarrolla bajo las ordenanzas del Rey Felipe II de España, con una traza urbana de estilo barroco.⁴⁹

Desde de su fundación, la villa de San Francisco de Campeche inició su consolidación como el puerto más importante en la península de Yucatán durante la colonia, su

⁴⁵ H. Congreso de la Unión, (2012). “Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas , Artísticos e Históricas,” *Diario Oficial de La Federación*, 1–15.

⁴⁶ Melé, P., (1995). “La construcción jurídica de los centros históricos : patrimonio y políticas urbanas en México,” *Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México* 57, 1.

⁴⁷ Ibid.

⁴⁸ CONACULTA, (2009). “Nuevos Caminos En Campeche,” *Guías de Turismo Cultural*, 1.

⁴⁹ UNAM, (2003). “Cronología de la inscripción de Campeche,” *Revista de Arquitectura*, 80–82.

ubicación estratégica en el Golfo de México, la hacían paso obligado para el comercio marino con destino hacia Cuba, y posteriormente hacia España. El auge de Campeche como puerto comercial durante el siglo XVI, la hizo blanco de ataques de corsarios y piratas, provenientes de Inglaterra, Francia y Holanda. Ante una villa desprotegida, estos ataques fueron cada vez más frecuentes y sangrientos. Por ello, los habitantes solicitaron a la corona española la creación de un sistema defensivo para su protección.⁵⁰

En 1686, se inició el levantamiento de baluartes y murallas, para constituir el sistema defensivo de la ciudad, sistema se concluye en su totalidad el 25 de julio de 1704. La villa quedó dentro de un sistema de fortificaciones que adquirió la forma de un hexágono irregular con ocho baluartes, unidos por 2.536 metros de lienzos de murallas de seis a ocho metros de alto por dos metros y medio de ancho. Posteriormente, a finales del siglo XVIII se construyen dos fuertes y cuatro baterías de costa.⁵¹

La distribución urbana fue trazada con calles en retícula, con avenidas orientadas de noreste a suroeste, que organizaban 36 manzanas, la plaza mayor y cuatro puertas distribuidas en los cuadrantes del recinto para comunicarse con el exterior.⁵²

El ejecutivo federal declaró la Ciudad Histórica de San Francisco de Campeche como zona de monumentos históricos, el 10 de diciembre de 1986, en reconocimiento a las características arquitectónicas de la ciudad. La zona de monumentos históricos materia de este decreto, comprende un área de 1.81 kilómetros cuadrados, formado por 163 manzanas.⁵³

Sus importantes esfuerzos de conservación lograron que, el 1 de diciembre de 1999 el Comité del Patrimonio Mundial de la UNESCO, durante sus trabajos de la 23ª sesión celebrada en Marrakech, Marruecos, inscribiera en la Lista Patrimonial de la Humanidad a la Ciudad histórica fortificada de Campeche.

⁵⁰ López, F.J.M., (1986) "Campeche, centro histórico fortificado.", Revista Javeriana.

⁵¹ Negrín, M. A., (1991) "*Campeche textos de su historia*", Ed. Gobierno del Estado Campeche.

⁵² Ibid.

⁵³ Gobierno de la Republica, "Diario Oficial de La Federación," *DOF*, 1986.

En 1993 se publica el Reglamento de Imagen Urbana para el Municipio de Campeche, que define el centro histórico como la zona denominada primer cuadro de la ciudad, o recinto amurallado, la cual comprende por el lado norte, la calle 8; por el lado sur, la calle 18; por el lado oriente, calle 49-c; y por el lado poniente, la calle 18. En su Capítulo Tercero, establece que todas las personas estarán obligadas a conservar y proteger los sitios y edificios que se encuentren dentro del área citada, o que signifique testimonios valiosos de la historia y cultura. También se establece que, se deberá conservar su aspecto formal actual y no se autorizará ningún cambio o adición de elementos sin autorización previa; así como una normativa básica dentro del dic área.⁵⁴

En el mismo sentido, el Reglamento de Construcciones del Municipio de Campeche de 2009, en su Título Noveno, Capítulo Segundo; establece que no se concederán licencias de construcción remodelación, ampliación, adaptación, modificación o demolición y trabajos especializados de conservación y restauración en la Zona de Monumentos Históricos de la Ciudad, sin que previamente el interesado obtenga dictamen favorable del Instituto Nacional de Antropología e Historia.⁵⁵

El ejecutivo estatal realiza programas de intervención y rescate de edificios de valor histórico en la ciudad. Los trabajos comprenden la aplicación de pinturas en fachadas, restitución de aplanados y elementos arquitectónicos, consolidaciones en muros, retiro de postes y cables.

Recientemente, para lograr la conservación del centro histórico y sus barrios tradicionales, el gobierno del estado ha realizado programas de rescate, que consisten en el mantenimiento de fachadas y la rehabilitación de los monumentos históricos. Se han intervenido alrededor de 1600 fachadas, cuya conservación se realiza bajo programas como el de “Mejoramiento de Imagen Urbana del Centro Histórico y Barrios Tradicionales”.⁵⁶

⁵⁴ H. Ayuntamiento de Campeche, (2009) “Reglamento de Imagen Urbana del Municipio de Campeche,” *Periódico Oficial del Gobierno Del Estado*.

⁵⁵ Ibid.

⁵⁶ Gobierno del Estado de Campeche, (2009). “Sexto Informe de Gobierno,”.

En años recientes, se ejecutaron obras de mejoramiento de imagen urbana en el centro histórico y barrio de San Francisco, conformada por aportaciones federales, estatales y municipales. Trabajos que permitieron emprender un amplio rescate de inmuebles característicos de la arquitectura civil, militar y religiosa de este centro histórico.⁵⁷ En la Figura 1 se muestra la vista tradicional de una sección del CHC.



Figura 1. Vista tradicional del Centro Histórico de Campeche
Fuente: Gobierno del Edo. de Campeche

2.2 Gestión del mantenimiento de edificios históricos

El principal problema en la conservación de edificios históricos está orientado a aspectos de la planeación del mantenimiento. Entre ellos, las renovaciones hechas por los dueños, que no cumplen con los requerimientos legales; y la dificultad de tener un mantenimiento controlado. Por ello, es preciso acotar los términos de “conservación” y “mantenimiento”, de la revisión de la literatura se desprenden las definiciones discutidas a continuación.

El ICOMOS, en la Carta de Burra (1979), define conservación como “todos los procesos efectuados en un lugar para mantener su significado cultural”.⁵⁸ Su modelo de implementación es definida en la Carta de Venecia (1974), donde se menciona que la conservación se desarrolla siguiendo una serie de fases, que involucran la evaluación, diagnóstico, intervención y control.⁵⁹ ⁶⁰ El modelo de desarrollo de planes de conservación se muestra en la Figura 2.

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ Dann, N., Worthing D., y Bond, S., (1998). “Conservation maintenance management: establishing a research agenda,” *Structural Survey* 17, no. 3: 143–53.

⁵⁹ ICOMOS, (1964) “Carta de Venecia, *carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios*”.

⁶⁰ Santana, Q. M., Blake, B., y Eppich, R., (2007) “Conservation of architectural heritage: the role of digital documentation tools.,” *International Journal of Architectural Computing* 5, no. 2, 240–53.



Figura 2. Modelo de planes de conservación

Fuente: *Adaptado de ICOMOS*

Para la *Canada's Historic Places Association* (2010), la conservación se puede ver como una secuencia de acciones que van desde la comprensión del lugar histórico, hasta la planificación para su preservación, así como la intervención a través de proyectos de mantenimiento.⁶¹

El Planning Policy Statement 5, define conservación como el proceso de mantener y gestionar el cambio a un edificio patrimonial de una manera que sustente y, en su caso, que realce su significado.⁶²

La conservación también puede ser vista como las medidas necesarias para evitar el deterioro, mediante la adopción de enfoques que amplían la vida útil y las funciones básicas del patrimonio edificado, durante el mayor tiempo posible.⁶³

En lo referente a mantenimiento, se han integrado diversas definiciones, pero los términos utilizados son confusos, lo que dificulta realizar una evaluación objetiva.⁶⁴ El *British Standar Intitute*, define mantenimiento como una combinación de acciones llevadas a cabo para retener un artículo o restaurarlo en una condición aceptable.⁶⁵

Según el estándar *ISO 15686-1*, el mantenimiento de un edificio es una combinación de todas las técnicas y trabajo administrativo realizado en el edificio y sus elementos,

⁶¹ Canada's Historic Places, *Standards and Guidelines for the Conservation of Historic Places in Canada* (Cánada., 2010).

⁶² Statement, "Planning Policy Statement 5."

⁶³ Mahmoud, S., Idrus, A., y Khamidi, F. M. (2013) "Examining the maintenance management practices for conservation of heritage buildings in Malaysia," *National Postgraduate Conference - energy and sustainability*, 1–7.

⁶⁴ Forster y Kayan, "Maintenance for Historic Buildings: A Current Perspective."

⁶⁵ British Standar Institute. (1964). *Glosario de términos usados en organismos de mantenimiento*. BS 3811:1964, London.

para cumplir durante su condición de servicio todas las funciones establecidas durante el diseño.⁶⁶

Según el INAH, el mantenimiento corresponde a la acción de ejecutar trabajos menores de obra para evitar el deterioro de los inmuebles, generalmente provocado por el uso o la incidencia de factores climáticos.⁶⁷ Es decir, una de las acciones para mantener y preservar un bien cultural.

Otra definición de mantenimiento menciona que se trata del cuidado continuo, suponiendo el menor número de reparaciones, con el fin de mantenerlo en buen estado, prolongando así la vida útil de dicho elemento y de todo el edificio durante el mayor tiempo posible, con el fin de minimizar los costos y evitar daños, mismos que pudiesen hacer perder su valor histórico y cultural.⁶⁸

Estas definiciones y las acciones que engloban son de vital importancia en los edificios históricos, y van más allá de las necesidades de edificios no históricos.⁶⁹ Mientras que para los edificios no históricos la finalidad es garantizar que los edificios y sus activos se encuentren en condiciones seguras y de calidad para el usuario; en los edificios históricos, además de mantener este objetivo, se debe cuidar la importancia cultural contenida.⁷⁰

2.2.1 Tipos de mantenimiento en edificios

Según la norma ISO 15686, existen diferentes tipos de mantenimiento: preventivo, programado, de emergencia / imprevisto, predictivo, correctivo, basado en condiciones, diferido, e In situ.⁷¹

⁶⁶ International Standard, (2014) "ISO 15686," *Time* 2014.

⁶⁷ Instituto Nacional de Antropología e Historia, (1990). *Manual general de mantenimiento de monumentos históricos*, 1990.

⁶⁸ Worthing y Bond, "Understanding Historic Building Conservation."

⁶⁹ Krstić, H., y Marenjak, S., (2012). "Analysis of buildings operation and maintenance costs," *Građevinar* 64, No. 4: 293–303.

⁷⁰ Dann, Worthing, y Bond, "Conservation maintenance management: establishing a research agenda."

⁷¹ Standard, "ISO 15686."

Los acuerdos nacionales e internacionales, así como los principales encargados de la gestión de zonas históricas, hacen énfasis en la importancia de tener un mantenimiento con una combinación de mantenimiento preventivo y predictivo basado en el principio de mínimas intervenciones y considerando áreas completas de conservación y rehabilitación, no sólo edificios individuales.⁷²

El cuidado sistemático basado en el buen mantenimiento es económicamente más rentable y fundamental para una buena conservación. Sin embargo, el estudio realizado por Sondagi et al. (2009), se concluye que el mantenimiento no planeado y correctivo, continúa siendo el enfoque más utilizado por los gobiernos para la conservación de edificios patrimoniales.⁷³

Otros investigadores como Neelamkavil (2011), afirma que el mantenimiento preventivo puede ser considerado como costoso y, además, el realizar un mantenimiento antes de que sea absolutamente necesario, puede provocar un “sobre mantenimiento” y elevar los costos. Por ello propone un mantenimiento basado en condiciones (CBM), que involucra el continuo monitoreo de las condiciones del activo, en tiempo real, para prevenir la falla total. Este sistema es parte de los principios de mantenimiento utilizado en puentes y adaptado a las fachadas de edificios no históricos de Canadá.⁷⁴

Sin embargo, la gestión del mantenimiento es un proceso complejo, que requiere el conocimiento de diferentes campos y la consideración de diferentes variables, puede tener apoyo de herramientas de computación, algunas técnicas que han sido desarrolladas para otras industrias y la identificación de procesos de deterioro.

2.2.2 Mantenimiento proactivo y preventivo

Las estrategias que se consideran en la presente investigación son del tipo de mantenimiento preventivo y predictivo, identificados en la literatura como los

⁷² Forster y Kayan, “Maintenance for historic buildings: a current perspective.”

⁷³ Sodangi, Idrus, y Khamidi, “Examining the maintenance management practices for conservation of heritage buildings in Malaysia.”

⁷⁴ Neelamkavil, J., (2011). “Condition-based maintenance in facilities management,” 33–40.

adecuados para desarrollar planes de acción en los elementos de edificios. En estos, se detectan anomalías en los materiales y elementos, antes de que se presente un estado de falla, lo cual permite tener un menor costo en la reparación. El mantenimiento preventivo y proactivo se definen a continuación, según la teoría dada por Flores et al (2010)⁷⁵, y Rushlow (1994).⁷⁶

- El mantenimiento preventivo (PM) es un proceso de mantenimiento sistemático y rutinario diseñado para extender la vida útil de materiales de construcción, componentes y sus sistemas mediante un mantenimiento regular y reparaciones menores, PM prolonga la vida útil de un edificio interrumpiendo el proceso natural de deterioro.
- El mantenimiento predictivo (PR), complementa el mantenimiento preventivo, en el proceso de estimar la vida útil de servicio de los componentes, reemplazándolos antes de que ocurran las fallas. Incluyen la planificación de inspecciones cíclicas, donde las acciones de mantenimiento se planifican después de la inspección dependiendo del nivel de deterioro de los elementos.

Según Rushlow (1994), en su sistema desarrollado para el mantenimiento de edificios históricos utilizados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, un plan de mantenimiento proactivo se debe apoyar en tres herramientas:

- Inventario de edificios históricos. Un catálogo de los materiales de construcción, componentes, sistemas, y elementos del edificio histórico, siendo el contenido la base para las actividades subsecuentes. Éste debe ser actualizado según se van modificando las condiciones de los edificios.
- Inspección de edificios y evaluación de la condición. Durante la inspección de la condición física del edificio, los elementos se analizan y se les asigna una condición de clasificación y una estimación de la esperanza de vida, es decir, el tiempo restante, antes de que el elemento tenga que ser reemplazado.

⁷⁵ Flores-Colen, I., y De Brito, J., (2010). "Discussion of proactive maintenance strategies in façades' coatings of social housing," *Journal of Building Appraisal* 5, No. 3: 223–40.

⁷⁶ Rushlow, *Proactive Maintenance Planning for Historic Building*.

- Aplicaciones por computadora. La gestión del mantenimiento implica el manejo de gran cantidad de información. La capacidad de mantener y manejar esta información afecta directamente la gestión del mantenimiento.

2.2.3 Inspección de edificios

Como uno de los principales elementos en el desarrollo de los planes de mantenimiento, se debe realizar una inspección de los edificios con el objetivo de evaluar la condición en que se encuentran. Para ello, se han publicado diversos estudios, los que han servido como base para el desarrollo de esta investigación se muestran a continuación.

a) ASTM-E2270-14

La ASTM en la norma E2270-14 *Standard Practice for Periodic Inspection of Building Facades for Unsafe Condition*, define el procedimiento general para realizar las inspecciones visuales en fachadas.⁷⁷ Dentro de dicha Norma se identifican dos tipos de inspecciones:

- Inspección general. Observación visual de componentes de fachada a distancias alrededor de 1.80 m con o sin la utilización de dispositivos ópticos remotos. Un inspector calificado deberá observar las áreas de la fachada y comprobar la existencia de desplazamientos fuera del plano de los elementos de la fachada en dirección horizontal y vertical.
- Inspección detallada. Sobre la base de las conclusiones de la inspección general, elegirán áreas para realizar inspecciones detalladas, misma que consiste en la observación visual y evaluación táctil con técnicas no invasivas, para evaluar las condiciones constructivas de la fachada.

La misma norma ASTM-E2270-14, define los requisitos de contenido en los reportes de inspección, los principales se mencionan a continuación:

⁷⁷ ASTM International, (2014). "ASTM E2270-14, Standard Practice for Periodic Inspection of Building Facades for Unsafe Conditions," *West Conshohocken, PA*.

- Documentación de la información relevante y condiciones de la fachada bajo análisis.
- Descripción del método de observación e inspección.
- Clasificación de las condiciones de la fachada.
- Alzados de las fachadas que muestren hallazgos relevantes (fotografías y croquis).
- Documentación fotográfica representativa de cada condición.
- Discusión de la importancia de los hallazgos y recomendaciones.

b) Inspección Técnica de Edificios (I.T.E.). Gobierno Español

La Inspección Técnica de Edificios (I.T.E.), es un control técnico al que deben someterse cada determinado tiempo los edificios de las principales ciudades españolas; elaborado por el gobierno con la participación de los colegios de arquitectos y arquitectos profesionales. Se complementa con la Guía Técnica de Inspección de Edificios, con la finalidad de que el ejecutor conozca los puntos de inspección principales, identifique los objetos observados y a través de un análisis, principalmente realizado por inspecciones visuales, diagnostique de un modo certero su origen y defina los criterios de intervención.⁷⁸

El punto D.3 de la guía, corresponde a la descripción de las inspecciones específicamente en fachadas. Donde se define que los puntos que deben ser analizados son los siguientes:

- Soporte o paramento.
- Revestimientos y acabados.
- Huecos (vanos).
- Carpinterías.
- Vuelos (elementos en voladizo).
- Elementos singulares.

El documento también da una descripción de los procesos de deterioro más frecuentes que pueden ser encontrados en las fachadas, así como los factores asociados a su aparición. En la Ficha N°1-c del documento se presenta un formato para la realización de las inspecciones visuales.

⁷⁸ Real Decreto-ley 8/2011. (2014), *Inspección Técnica de Edificios (I.T.E.). Guía metodológica.*

c) *Evaluación del deterioro de las construcciones del Centro Histórico de Mérida*

Tesis de maestría elaborado en la Universidad Autónoma de Yucatán, presenta una “Cédula de inspección” para evaluar el deterioro de los edificios del centro histórico de Mérida.⁷⁹ Los principales puntos abordados en dicha cedula son los siguientes:

- Uso del edificio. Define cual es el uso actual del edificio.
- Tipo de propiedad. Define el tipo de propiedad del edificio.
- Estilo arquitectónico. Identifica las características formales de la fachada que presenta el edificio, asignándole un estilo arquitectónico según sus características.
- Estado de conservación de la fachada exterior. Elemento que evalúa el aspecto exterior del edificio, presentando una clasificación de cuatro niveles.
- Estado de conservación de la estructura física. Toma como referencia las características físicas de los materiales en su estructura exterior y estado de conservación. Se clasifica el estado de conservación en cuatro niveles.
- Unidad formal. Estado de conservación tomando en cuenta los. Considerando que tiene un mayor grado de conservación cuando no se han modificado los elementos arquitectónicos del edificio. Su clasificación se da en cuatro niveles.

Otros trabajos consultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Publicaciones sobre las inspecciones en edificios

Año	Autor	Nombre
2010	Cleveland City Hall, Department of building and housing	<i>Inspection report of exterior walls and appurtenances</i>
2013	San Francisco City Hall, Department of building and housing	<i>San Francisco Building Code, building façade inspection and maintenance retroactive provisions</i>
2003	Canada Mortgage and Housing Corporation,	<i>Heritage building maintenance manual</i>
2009	Ayuntamiento de Palma, España	Modelo de informe de inspección técnica de edificios (ITE)
2014	Hernández, O. J. H., & Rodríguez, M. R.	Metodología de indicadores tangibles para medir el deterioro del patrimonio cultural de Toluca.

Fuente: Elaboración propia

⁷⁹“Evaluación del deterioro de las Construcciones del Centro Histórico de Mérida,” *Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán*, 1994.

2.4 Procesos de deterioro presentes en las fachadas

El deterioro de los edificios inicia desde el momento en que se construye, sin embargo, éste deterioro puede ser controlado al implementar un correcto plan de mantenimiento. Este fenómeno se puede dar a diferentes niveles, desde representar problemas estructurales o problemas a nivel de superficie externa.⁸⁰ La presente investigación se centró en la identificación y control de los problemas de mantenimiento a nivel externo, específicamente en las fachadas y sus elementos.

El mayor deterioro de los edificios históricos se debe a la degeneración natural de los materiales y sus elementos, esta pérdida de rendimiento se da a niveles más altos conforme pasa el tiempo.⁸¹ Por lo tanto, una de las principales herramientas necesarias para implementar un plan de mantenimiento proactivo es la disponibilidad de técnicas que permitan identificar los procesos de deterioro en los elementos de construcción y predecir el ciclo de vida de los elementos.⁸²

Una propuesta de este análisis sistemático de patrones de deterioro en fachadas es expuesta por Silva et al. (2016) en el libro que recopila diversos estudios, titulado “*Methodologies for service life prediction*”, realizados por la Universidad de Lisboa, en Portugal.⁸³

Ortega (2012), en su estudio, expone los fenómenos y factores que un grupo de expertos consideran como los que ejercen más acción en las fachadas de las ciudades históricas de España.⁸⁴

Varios autores han establecido sistemas de clasificación de defectos, para expresar las características de deterioro de los elementos analizados, En el Apéndice 1, se

⁸⁰ Silva, A., et al., (2011). “Service life prediction models for exterior stone cladding,” *Building Research & Information* 39, no. 6.

⁸¹ Silva, A., De Brito, J., and Lima G., (2016). *Methodologies for service life prediction of buildings*, Springer.

⁸² Flores-Colen, I., and De Brito, J., (2003) “Methodology for proactive maintenance of current buildings,” *IAHS 31 World Congress on Housing Housing Process & Product*.

⁸³ Flores-Colen y De Brito, “Methodology for proactive maintenance of current buildings”.

⁸⁴ Ortega, L., (2012). “Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma ISO-15686,” *Universidad Politécnica de Valencia*, 265.

presenta una recopilación de los principales procesos de deterioro según diferentes estudios.

2.5 Métodos de estimación de la vida útil de los elementos y componentes en edificios

Sarja et al. (1996) definen la vida útil de un elemento, como el período durante el cual este elemento se encuentra en servicio y cumple todos los requisitos necesarios de funcionamiento.⁸⁵ Hasta la fecha los métodos para determinar esta vida útil de los elementos puede ser considerada como una ciencia exacta, debido a la gran cantidad y complejidad de los fenómenos de deterioro, la falta de comprensión de los mecanismos de deterioro y la forma en que afectan los elementos de construcción.⁸⁶ Según el ISO 15686 para la implementación de estos métodos se debe considerar la calidad de los materiales, el diseño y ejecución de los métodos constructivos, las condiciones del ambiente exterior e interior, así como el uso y mantenimiento del edificio.⁸⁷ Clifton y Pommersheim (1993) clasifican estos métodos como:⁸⁸

- Estimaciones basadas en la experiencia. Consiste en una evaluación de la condición del elemento, basada en una inspección in situ y el juicio de un experto para predecir el perfil de la condición futura. El desempeño de un elemento evaluado en determinado momento puede ser extrapolado al futuro. Este es un método de campo simple y común para la evaluación del rendimiento, pero no permite una evaluación exhaustiva y parámetros de influencia.
- Deducción a partir del desempeño de materiales similares. Basado en la disponibilidad de información suficiente sobre el desempeño de materiales y condiciones similares. Cuando los registros históricos existen, su uso es más recomendable que las estimaciones basadas en la experiencia. Su eficacia

⁸⁵ Sarja, A., y Vesikari, E., (1996). "Durability design of concrete structures," *E & FN*.

⁸⁶ Ortega, "Propuesta Metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma Iso-15686."

⁸⁷ Standard, "ISO 15686."

⁸⁸ Clifton, J., y Pommersheim, J., (1993). "Prediction of concrete service-life," *ACI Materials Journal*.

dependerá del grado de similitud en las condiciones y las características de los materiales en que el método sea desarrollado.

- Pruebas aceleradas y no aceleradas. Metodología sistemática, basada en la utilización de pruebas aceleradas y no aceleradas para simular un proceso de deterioro. Su aplicación requiere una gran cantidad de conocimientos de los procesos de deterioro y la utilización de pruebas de laboratorio. Presenta el riesgo de que las pruebas realizadas en laboratorio no representen las condiciones reales de funcionamiento y por lo tanto los resultados no sean representativos.
- Modelos del deterioro basados en procesos de deterioro. Enfoque de modelización teórica basado en una comprensión analítica de los procesos involucrados en el deterioro. Requiere el uso de técnicas estadísticas de simulación del deterioro utilizadas para predecir la vida útil de los elementos. Este enfoque implica la recopilación de los parámetros de deterioro e influencia y, así como el uso de los métodos estadísticos para estimar el deterioro en cualquier punto en el tiempo.

2.5.1 Modelos del deterioro basado en procesos

En los trabajos de Shohet y Laufer (2002),⁸⁹ Flores- Colen et al. (2012),⁹⁰ Garrido et al. (2012),⁹¹ Silva et al. (2015)⁹² y Ortega (2012).⁹³ Se han desarrollado métodos de predicción de vida útil basados en procesos de deterioro, para elementos exteriores de edificaciones, utilizando representaciones gráficas de los patrones de deterioro; la inspección visual de los componentes y la adopción de escalas de deterioro. Los métodos desarrollados se han clasificado en métodos deterministas, modelos estocásticos y modelos de ingeniería.

⁸⁹ Shohet , I., y Laufer, A., (2002). "Exterior cladding methods: a technoeconomic analysis," *Journal of Construction Engineering and Management*, no. September: 242–47.

⁹⁰ Flores-Colen y Brito, "Methodology for Proactive Maintenance of Current Buildings."

⁹¹ Garrido, M.A., Paulo, P.V., y Branco, F.A., (2012). "Service life prediction of facade paint coatings in old buildings," *Construction and Building Materials* 29: 394–402.

⁹² A. Silva et al.,(2015). "Probabilistic analysis of degradation of façade claddings using markov chain models," *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*.

⁹³ Ortega, "Propuesta Metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma ISO-15686."

a) Métodos determinísticos

Se basan en el estudio de los factores de degradación de los elementos bajo análisis y la comprensión de los mecanismos de degradación, su cuantificación se traduce en funciones de degradación que expresan su acción en el tiempo. Estos métodos son fáciles de entender y aplicar, pero han sido criticados debido a la simplificación de los factores que afectan la vida útil de los edificios.

Consiste en la recopilación en campo de la información sobre la degradación basada en la condición de las fachadas, que es convertido a un valor cuantitativo. La vida útil puede calcularse mediante un procedimiento gráfico y un análisis de la evolución de la degradación de los elementos en el tiempo. La evolución de la degradación es representada gráficamente por curvas de degradación que pueden asociarse con mecanismos de degradación específicos. El enfoque más conocido es el implementado en el método de los factores, expuesto en la Norma ISO 15686. En el Apéndice 2, se muestran los principales modelos determinísticos identificados y los factores considerados para su construcción.

b) Métodos estocásticos

Se trata de métodos probabilísticos para predecir la vida útil de los elementos. En ellos, se considera el deterioro como un proceso estocástico, donde se define la probabilidad de deterioro para cada propiedad durante un periodo de tiempo. Se definen conjunto de variables aleatorias que definen parámetros probabilísticos que afectan a la curva de deterioro. Estos métodos suelen ser bastante complejos y requieren una extensa recopilación de datos para obtener muestras suficientemente representativas, lo que no siempre es posible, debido a limitaciones de tiempo y costo.⁹⁴ El modelo más utilizado es para los métodos probabilísticos es el modelo de Markov.

c) Métodos de ingeniería

Se consideran una combinación entre los dos métodos anteriores, estos modelos son fáciles de implementar como los métodos determinísticos, pero permiten describir el proceso de degradación de una forma estocástica. Según Daniotti y Spagnolo (2008),

⁹⁴ Flores-Colen y De Brito, "Methodology for proactive maintenance of current buildings."

en los métodos de ingeniería se pueden utilizar métodos para identificar los fenómenos de degradación de una forma más analítica, pudiendo así controlarlos en proyectos a través de la planificación del mantenimiento.⁹⁵ Algunos de los métodos de ingeniería más conocidos son el análisis modal de fallos y efectos del proceso AMFE (*the failure modes and effects analysis*) y el método de los estados límites (*performance limits*).

2.6 Conclusiones

Luego de una etapa de abandono y deterioro, los monumentos históricos y en especial las ciudades históricas, se empiezan a considerar como un instrumento de desarrollo para las sociedades. A nivel nacional e internacional, se han firmado diversos acuerdos que buscan lograr su conservación, pero las políticas adoptadas son poco específicas, lo que impide desarrollar planes de conservación que logren el mejor uso de los recursos naturales y económicos empleados.

La mejor manera de conservar un edificio o conjunto de edificios, es a través de un plan de mantenimiento proactivo, basado en las condiciones de deterioro en que se encuentre el edificio. Sin embargo, los utilizados actualmente en México y específicamente en el Centro Histórico de Campeche (CHC), se basan en mantenimientos reactivos, implementados hasta que el edificio alcanza un nivel de falla considerable, lo cual incrementa los costos necesarios para implementar proyectos de conservación.

La complejidad de implementar planes programados se centra en poder determinar las condiciones de deterioro que se tendrán a través del tiempo. Para ello se pueden adoptar diversas metodologías como las basadas en las opiniones de expertos, el análisis de datos históricos, pruebas de laboratorios y los modelos de procesos de deterioro.

⁹⁵ Ibid.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En esta sección se presenta el procedimiento seguido para el desarrollo de la investigación. Se detallan los criterios adoptados para la obtención de la información necesaria para la construcción del modelo de estimación del deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche (CHC), objetivo general de esta investigación.

3.1 Tipo, alcance y diseño de la investigación

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, se basó en mediciones numéricas obtenidas en campo, que fueron procesados y analizados bajo métodos estadísticos para inferir la relación entre las variables de estudio seleccionadas. De hecho, la presente investigación tuvo un alcance correlacional. En este tipo de alcance, se busca deducir el comportamiento de uno o más variables, a partir del conocimiento de otras variables de estudio controlables o no controlables.⁹⁶ En esta investigación, la variable que se buscó estimar fue el nivel de deterioro (variable de respuesta) de las fachadas del CHC, a partir de las variables predictoras (no controlables) que influyen en el comportamiento de la variable de respuesta.

El procedimiento que se propuso para este trabajo de investigación, se basó en los trabajos previos de Teo y Harikrishna (2006), para recubrimientos de fachadas de edificios públicos en Singapur;⁹⁷ el estudio de Ortega (2012) para estimar la vida útil de servicio en las fachadas y cubiertas frecuentemente utilizadas en España,⁹⁸ así como la investigación conjunta de Silva, Brito y Gaspar (2016) en las metodologías para estimar la vida útil de servicio de las fachadas de edificios en Portugal.⁹⁹

⁹⁶ Hernandez, S R., Fernández, C. C., y Pilar, B.L.,(2010). *Metodología de la Investigación*, McGrawHill México.

⁹⁷ Teo, A. E., y Harikrishna, N., (2006). "A quantitative model for efficient maintenance of plastered and painted façades," *Construction management and economics* 24, 1283–93.

⁹⁸ Ortega, "Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma ISO-15686."

⁹⁹ Silva, De Brito, y Lima (2016). "Methodologies for service life prediction of buildings".

3.2 Unidad de análisis y población

La unidad de análisis para la presente investigación fueron las fachadas de los edificios ubicados en el CHC y que son considerados como de valor histórico. La población de estudio estuvo entonces conformada por los edificios dentro de la zona "A" de monumentos, definida por el Reglamento de Imagen Urbana para el Municipio de Campeche como: *"la zona que comprende por el lado norte, la calle 8; por el lado sur, la calle 18; por el lado oriente, calle 49-c; y por el lado poniente, la calle 18"*.¹⁰⁰ En el Apéndice 3, se muestra el mapa que la Institución ha emitido para ilustrar los límites de esta zona. Con base en este mapa se identificó el tamaño de la población. Se contabilizó un total de 1083 edificios distribuidos en 40 manzanas. El número de edificios por manzana se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Distribución del número de edificios en la zona "A" del CHC
Fuente: Elaboración propia

Manzana	No. de edificios	Manzana	No. de edificios
Manzana 1	14	Manzana 22	30
Manzana 2	9	Manzana 23	26
Manzana 3	17	Manzana 24	33
Manzana 4	14	Manzana 25	43
Manzana 5	14	Manzana 26	33
Manzana 6	18	Manzana 29	34
Manzana 7	19	Manzana 30	37
Manzana 9	11	Manzana 31	39
Manzana 10	2	Manzana 32	28
Manzana 11	25	Manzana 33	36
Manzana 12	21	Manzana 34	34
Manzana 13	17	Manzana 35	43
Manzana 14	11	Manzana 36	42
Manzana 15	21	Manzana 37	27
Manzana 16	22	Manzana 38	30
Manzana 17	16	Manzana 39	33
Manzana 18	43	Manzana 40	32
Manzana 19	41	Manzana 41	29
Manzana 20	41	Manzana 42	29
Manzana 21	40	Manzana 43	31

¹⁰⁰ H. Ayuntamiento de Campeche. (1993) "Reglamento de Imagen Urbana del Municipio de Campeche."

3.3 Procedimiento para el desarrollo de la investigación

En la Figura 3 se puede observar el diagrama de flujo de los pasos metodológicos que se siguieron para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, mismos que serán detallados en las siguientes secciones.

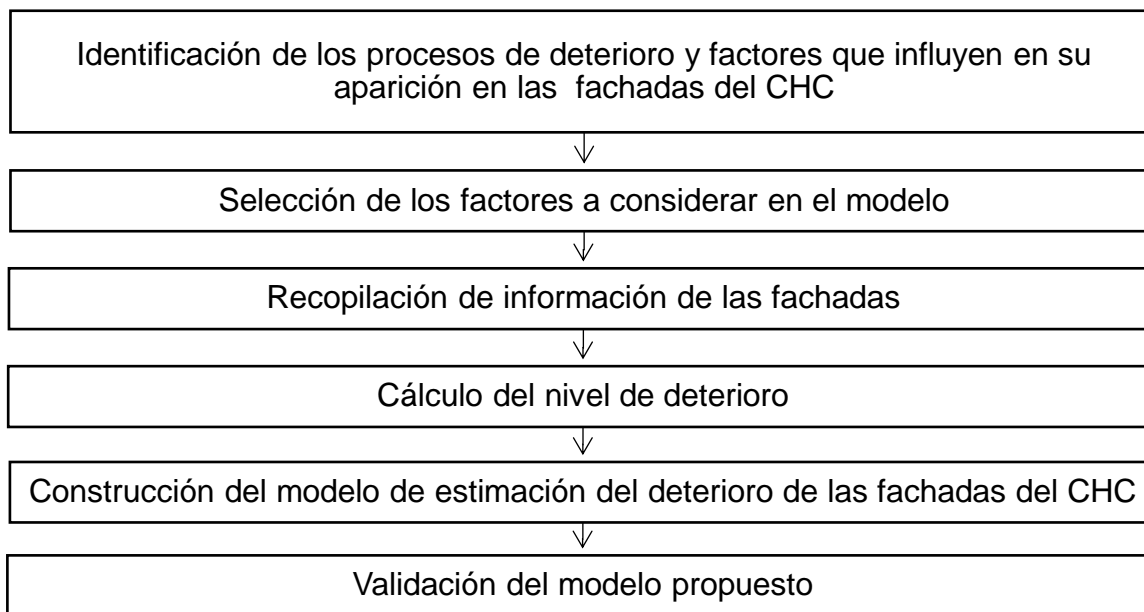


Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Identificación de los procesos de deterioro y los factores que influyen en su aparición en las fachadas del CHC

Para la identificación de los principales procesos de deterioro que se presentan en las fachadas del Centro Histórico de Campeche (CHC) y los factores que influyen en su aparición, se optó por la aplicación del método de Delphi. El método Delphi es una técnica basada en el principio de inteligencia colectiva y que trata de lograr un consenso de opiniones, expresadas individualmente por un grupo de expertos calificados, por medio de la iteración sucesiva de un cuestionario retroalimentado.¹⁰¹

¹⁰¹ Parisca, S., (1995). "El método delphi. gestión tecnológica y competitividad. en parisca, s. estrategia y filosofía para alcanzar la calidad total y el éxito en la gestión impresional.," *La Habana: Academia*, 129–41.

En el caso de fachadas de edificios, el método Delphi ha sido aplicado por Ortega et al. (2012) en su estudio para determinar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y azoteas en España, obteniendo una caracterización de los procesos de deterioro que el grupo de expertos seleccionado consideraba tenían una mayor relevancia en torno a puntos como seguridad, frecuencia, costo de inversión para su reparación y vida útil.¹⁰² También el método ha sido aplicado por la asociación canadiense de vivienda para establecer rangos de durabilidad de elementos constructivos.¹⁰³

La literatura expresa que el método posee una estructura secuencial definida en etapas.¹⁰⁴ La Figura 2, muestra el diagrama de proceso adoptado para la implementación del método en esta investigación, el cual fue dividido en cuatro fases.

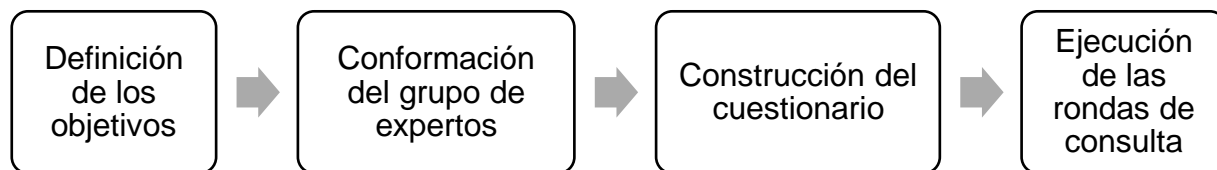


Figura 4. Fases del método Delphi
Fuente: Elaboración a partir de Parisca, S.,1995

a) *Definición de los objetivos del método Delphi*

Para la correcta ejecución del método, fue necesario definir claramente sus objetivos, los cuales guiaron las acciones ejecutadas en la implementación. Basados en estos objetivos, fue posible identificar las fuentes de información y los expertos con suficiente experiencia en el tema. A continuación, se exponen los principales objetivos planteados del método Delphi.

- Identificar los procesos de deterioro que con mayor frecuencia ocurren en las fachadas del CHC.

¹⁰² Ortega, S., y Fran-Bretones, J., "Identificación de procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas en España a partir del método Delphi."

¹⁰³ Canada Mortgage and Housing Corporation, (2010). "Service life of multi-unit residence building, elements and equipment.," *Ontario CMHC*.

¹⁰⁴ Torrado, F. M., (2006) "El método Delphi," *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació* : 87–102.

- Determinar el nivel de contribución que cada proceso de deterioro tiene en el deterioro general de las fachadas del CHC.
- Determinar el nivel de contribución que cada proceso de deterioro tiene en el costo de mantenimiento de las fachadas del CHC.
- Establecer una ponderación para cada proceso de deterioro según su contribución al deterioro general de una fachada del CHC.
- Identificar los factores que contribuyen a la aparición de los procesos de deterioro en las fachadas del CHC.

b) Conformación del grupo de expertos

El éxito y la obtención del máximo provecho en la aplicación de este método se basan en la selección del grupo de expertos. Para esto, primeramente, se identificaron las principales partes involucradas en la conservación y mantenimiento del CHC, incluyendo las siguientes:

- Dependencias reguladoras de los trabajos de conservación y mantenimiento de edificios históricos.
- Dependencias ejecutoras de los trabajos de mantenimiento en el CHC.
- Asociaciones locales, nacionales e internacionales que procuran la conservación de los edificios históricos del CHC.
- Universidades y centros de investigación que realizan trabajos en el CHC.
- Constructores que realizan trabajos de conservación y mantenimiento en edificios históricos.

Además de pertenecer a alguna de estas partes, los expertos seleccionados debieron cumplir con alguno de los siguientes perfiles:

- Arquitectos o ingenieros civiles con una amplia experiencia en patologías, funcionamiento y mantenimiento de edificios históricos en Campeche y otras ciudades.
- Profesionales que desarrollen actividades relacionadas al mantenimiento del centro histórico, a través de dependencias gubernamentales reguladoras y ejecutoras, empresas constructoras o investigación académica.

De esta manera, se identificaron nueve expertos, los cuales fueron formalmente invitados a participar en este estudio. Sin embargo, se recibieron solo seis respuestas durante la primera ronda y cinco respuestas durante la segunda ronda. Las referencias de los expertos consultados se describen en el Apéndice 4.

Debido a las limitaciones de tiempo y recursos, se consideró que los expertos consultados conforman un número suficiente para los propósitos de esta investigación. Aunque diversos autores aconsejan que al aplicar el método Delphi se incluya entre siete y treinta expertos, también reconocen que no hay una manera específica para determinar un número óptimo de participantes.¹⁰⁵ De hecho, autores como Biafore (2004)¹⁰⁶ y Gordon (2006)¹⁰⁷, han argumentado que no se requiere de una participación nutrida, sino calificada; por lo que consideran que es posible aplicar correctamente el método incluso con un mínimo de cinco expertos.

c) Construcción del cuestionario

Comprende la elaboración del instrumento de consulta, que para esta investigación se utilizó la técnica del cuestionario. Para su construcción, primeramente, fue necesario realizar una extensa consulta a la literatura, e identificar los principales procesos de deterioro y factores que influyen en su aparición, documentados en estudios similares a nivel local, nacional e internacional. Se puso especial atención en aquellos estudios desarrollados en zonas con características constructivas y de ambiente similares a las del CHC.

A partir de la revisión de la literatura fue posible agrupar los procesos de deterioro que con mayor frecuencia ocurren en los edificios, dichos elementos fueron abordados en el Marco Teórico y a manera de resumen se muestran nuevamente en la Tabla 3.

¹⁰⁵ Landeta, J., (199) *El método Delphi. Una técnica de previsión del futuro.*

¹⁰⁶ Biafore, T.S., y Stover, B., (2004) "*Gestión de proyectos en el mundo real*". Anaya Multimedia.

¹⁰⁷ Gordon, T., y Pease, A., (2006). "RT Delphi: an efficient, 'round-less' almost real time Delphi Method. T," *Technological Forecasting and Social Change*, 321–33.

Tabla 3. Procesos de deterioro comunes en fachadas de edificios históricos
Fuente: Elaboración propia

Tipo	Descripción	Proceso de deterioro
Físicos	Se produce a causa de fenómenos físicos como lluvia, viento, condensaciones, humedades, etc. Su evolución dependerá de la intensidad de estos fenómenos.	Humedad por capilaridad
		Humedad por condensación en el ambiente
		Humedad por filtración
		Erosión atmosférica
		Suciedad por depósito o lavado
Mecánicos	Predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos.	Erosión mecánica
		Deformaciones estructurales
		Grietas
		Fisuras
		Desprendimientos
		Piezas faltantes
Químicos	Se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico.	Eflorescencias
		Organismos
		Corrosiones y oxidaciones
		Cambio de color en capa de pintura
		Desprendimiento de pintura

De igual manera, fue posible documentar los factores que influyen en la aparición de los procesos de deterioro en las fachadas de edificios. Estos factores son los que generan los procesos de deterioro, tales como los enlistados en la Tabla 3. Como resultado de la revisión de la literatura, se realizó una clasificación tomando como criterio la naturaleza del factor. Los principales factores encontrados se presentan en la Tabla 4.

Luego de identificar los procesos de deterioro y los factores de influencia, y de acuerdo a los objetivos del método; el siguiente paso fue la elaboración del cuestionario. Para la presente investigación se definió utilizar preguntas del tipo cerradas y basadas en una escala numérica tipo Likert, pero facilitando al experto consultado poder emitir sus opiniones sobre el tema en cuestión. La redacción de las preguntas se realizó de manera clara, objetiva y buscando no incidir en la respuesta. Se utilizó como base la

herramienta desarrollada por Ortega¹⁰⁸ y Flores-Collen¹⁰⁹, adaptada a los objetivos específicos esta investigación.

Tabla 4. Principales factores que influyen en la aparición de procesos de deterioro en las fachadas de edificios históricos. Fuente: Elaboración propia

Factores directos	Factores indirectos
<p>Todos los factores imputables al edificio y su construcción, se deben casi siempre a un diseño defectuoso o a una mala selección.</p>	<p>Suelen ser causas ajenas al edificio y su construcción, englobando sobre todo factores atmosféricos o de ambiente.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Elección de los elementos constructivos de proyecto. • Ejecución de los proyectos de mantenimiento. • Elección de los materiales de proyecto. • Regularidad del mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Factores asociados a esfuerzos mecánicos. • Efecto de la lluvia. • Diversa exposición al sol. • Posición de la fachada con respecto a los vientos. • Cambios de temperatura en el ambiente. • Grado de contaminación atmosférica. • Ataques de microorganismos. • Cercanía con el mar.

Se definieron cuatro preguntas, suficientes para obtener la información requerida, tal como se muestra en la Tabla 5. En las primeras tres preguntas se enlistan los procesos de deterioro identificados y documentados en la revisión de la literatura. Con base en esta lista de procesos de deterioro, se solicitó al experto asignar un valor de acuerdo a su contribución y según la escala numérica especificada. Esta escala incluyó valores numéricos del 1 al 5, donde el 5 indica la mayor contribución y el 1 la menor

¹⁰⁸ Ortega, "Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma ISO-15686."

¹⁰⁹ Flores-Colen, I., De Brito J., y Freitas, V., (2010). "Discussion of criteria for prioritization of predictive maintenance of building façades: survey of 30 experts," *Journal of performance of constructed facilities* 24, no. 4: 337–44.

contribución; definida de esta manera para facilitar la consulta y el posterior análisis de datos.

Adicionalmente, se le agregó el 0, valor que pudo ser seleccionado en caso de que experto considerara que el proceso de deterioro no fuese relevante o no se presente en las fachadas del CHC. Para la pregunta 4 se dio un tratamiento similar, se presentaron al experto los factores identificados que contribuyen a la aparición de los procesos de deterioro y se utilizó una escala del 1 al 5.

Tabla 5. Objetivos definidos para cada pregunta del método Delphi.
Fuente: Elaboración propia

Objetivo	Pregunta
<ul style="list-style-type: none"> Identificar los procesos de deterioro que con mayor frecuencia ocurren en las fachadas del CHC 	<p>Pregunta 1. Basado en su experiencia, ¿qué procesos de deterioro se producen con mayor frecuencia en las fachadas del CHC?</p>
<ul style="list-style-type: none"> Determinar el grado de contribución que cada proceso de deterioro tiene en el deterioro general de las fachadas del CHC. Establecer una ponderación para cada proceso de deterioro según su contribución al deterioro general de una fachada. 	<p>Pregunta 2. De acuerdo con su experiencia, ¿en qué medida contribuyen los siguientes procesos en el deterioro general de una fachada del CHC?</p>
<ul style="list-style-type: none"> Determinar en qué medida contribuye cada proceso de deterioro al costo de reparación de las fachadas del CHC. 	<p>Pregunta 3. De acuerdo con su experiencia, ¿en qué medida contribuyen los siguientes procesos de deterioro al incremento del costo de mantenimiento de una fachada del CHC?</p>
<ul style="list-style-type: none"> Identificar los factores que contribuyen al deterioro de las fachadas del CHC. 	<p>Pregunta 4. Basado en su experiencia, ¿qué factores considera usted que contribuyen al deterioro de las fachadas del CHC?</p>

En las cuatro preguntas se le dio la oportunidad al experto de anexar procesos de deterioro y factores que no se encontraban enlistados. Anexas a esta herramienta, se presentaron las descripciones que fueron formuladas a partir de la revisión exhaustiva de los estudios analizados, estas descripciones pueden ser consultadas en el Anexo 1 y Anexo 2 del Cuestionario. Entonces se solicitó al experto analizar los alcances y la veracidad de estas descripciones, y en caso de que lo considere necesario, complementarlas. De esta manera se permitió tener una mayor retroalimentación en la herramienta desarrollada.

Para establecer la ponderación para cada proceso de deterioro, según su contribución al deterioro general de una fachada, y que resulta necesaria para el cálculo del nivel de deterioro, se utilizó las respuestas dadas en la Pregunta 2. Estas respuestas fueron sometidas a una medida de centralización conocida como la media ponderada, la cual permite dar una importancia relativa o peso a un dato en específico, con respecto a un conjunto de datos.¹¹⁰

Teniendo definido una primera versión del cuestionario, se procedió a la aplicación de una prueba piloto, con la finalidad de evaluar la eficacia de la herramienta de acuerdo con la percepción de los expertos. Finalmente, se obtuvo la versión final, la herramienta completa y sus Anexos pueden ser consultados en el Apéndice 5.

d) Ejecución de rondas de consulta

En esta sección se detallan las ejecuciones de las dos rondas de consultas que fueron necesarias para la correcta aplicación del método, así como la manera en que se analizaron las respuestas y la forma en que se presentan los resultados.

d.1) Primera aplicación del cuestionario

Como se ha mencionado anteriormente, habiendo definido al grupo de expertos e invitándolos de manera formal, se procedió a la entrega de la herramienta a un total de nueve personas. Se obtuvo en la primera ronda la respuesta de seis expertos; los cuales conformarían el grupo inicial para la aplicación del método. Laboralmente, todos estos desempeñan funciones en dependencias ejecutoras de proyectos de

¹¹⁰ Mario Triola, *Estadística. Décima Edición*, 2009.

mantenimiento, tales como el H. Ayuntamiento de Campeche y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno del Estado de Campeche; dependencias reguladoras como el Centro INAH Campeche; organismos de protección y universidades estatales. Además, todos ellos con una experiencia profesional mayor a 15 años. A pesar de haber contactado a empresas constructoras locales no se obtuvo respuesta por parte de ninguna.

Tras la recepción de las respuestas de la primera ronda, se procedió a su análisis estadístico. Los estadísticos que se emplearon en el estudio fueron la media, la moda, el valor máximo, valor mínimo y la desviación estándar. Para medir el consenso en los resultados existen varios criterios que se deben de adoptar según los alcances y objetivos de la investigación. En este caso se utilizó el coeficiente de variación, el cual relaciona la desviación típica y la media de las respuestas obtenidas, tal como expresa la Ecuación 1.

$$C.V. = \frac{\delta}{\mu} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

C. V.= Coeficiente de variación

δ = Desviación típica de la distribución

μ = Media estadística

d.2) Segunda aplicación del cuestionario

Luego del análisis de las respuestas de la primera ronda de aplicación, se inició la segunda aplicación, presentando las respuestas anteriores de una manera ágil y comprensible, que permita al experto analizar las opiniones del grupo y emitir un nuevo juicio. Se resolvió presentar el valor de la moda, es decir el valor con mayor frecuencia dentro de los datos, así como los valores máximo y mínimo registrados en las respuestas.

Para esta ronda se recibieron solamente cinco respuestas de las seis esperadas, fenómeno que es descrito en la literatura como como abandono de experto. Por lo tanto, el análisis estadístico se realizó solamente con las cinco respuestas obtenidas.

En esta fase fue necesario determinar arbitrariamente un valor del coeficiente de variación que estipulara la finalización del método. Para ello se siguió la recomendación dada por Ortega (2008), quien sugiere que se debe buscar que el coeficiente de variación (C.V), sea menor al 40% para cada uno de los ítems que conforman la consulta.¹¹¹

Se dio por concluido el método al haber obtenido el grado de consenso deseado en las respuestas de los expertos. A pesar de tener coeficientes de variación bajos en las respuestas de la primera ronda se ejecutó la segunda ronda de preguntas, esto con la finalidad de lograr la convergencia de opiniones. Con esta acción se tuvo una disminución de los coeficientes de variación a niveles cercanos al 30%, suficientemente bueno para finalizar el método. Al respecto, la literatura afirma que un número muy grande de rondas de consultas tienden a mostrar muy pocos cambios, y que la repetición excesiva es inaceptable para los participantes. Las deducciones del método son presentadas en la sección de Resultados de esta tesis, de igual manera, las respuestas en cada una de las rondas se presentan en el Apéndice 6.

Los resultados del método Delphi también fueron utilizados para establecer la influencia de cada proceso en el deterioro general de la fachada y con ello determinar el peso relativo de cada uno. Las siguientes ecuaciones fueron aplicadas para calcular el peso relativo de cada proceso de deterioro, basados en las respuestas de la Pregunta 2.

$$w^{ci} = \frac{\sum_{k=0}^{k=5} n_k * r_k^f}{15} \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$w_r^{ci} = \frac{w^{ci}}{\max w^{ci}} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

w^{ci} = Peso de cada proceso de deterioro

k = número de factores de calificación de importancia en las encuestas

n_k = suma de las respuestas que elija cada factor de clasificación k

r_k^f = valor de cada factor de calificación (0,1,2,3,4,5)

¹¹¹ Ortega, M. F., (2008). "El método Delphi , prospectiva en ciencias sociales," *Revista EAN*, no. 64: 31–54.

w_r^{ci} = peso relativo de importancia de cada criterio en relación con el peso máximo

$\max w^{ci}$ = valor máximo calculado para los 17 criterios

Con estas fórmulas fue posible obtener los pesos relativos o ponderación para los procesos de deterioro más comunes en las fachadas del CHC, y con ello cumplir con el tercer objetivo del método Delphi.

3.3.2 Selección de los factores de deterioro a considerar en el modelo

Como parte de los resultados del método Delphi y la revisión de la literatura, se identificaron los factores que propician la aparición de los procesos de deterioro. A continuación, se enlistan los factores identificados según los resultados del método Delphi.

1. Regularidad del mantenimiento
2. Cercanía con el mar
3. Elección de los elementos constructivos
4. Elección de los materiales
5. Ejecución de los proyectos
6. Factores humanos
7. Uso del edificio
8. Efecto de la lluvia
9. Diversa exposición al sol
10. Posición de la fachada con respecto a los vientos
11. Cambios de temperatura
12. Ataques de microorganismos
13. Grado de contaminación atmosférica
14. Factores asociados a los esfuerzos mecánicos

Al analizar estos factores, fue posible identificar aquellos que pudieron ser considerados para la construcción del modelo, teniendo como criterio, aquellas cuya verificación pudiese ser realizado con los medios disponibles y que, además, tuvieran variaciones significativas en los diferentes edificios del CHC. En las siguientes secciones se justifica la elección de cada factor considerado.

a) *Factores no considerados en el modelo*

- Los factores asociados a los proyectos de mantenimiento como la elección de los elementos constructivos, elección de los materiales y ejecución de los proyectos, quedaron fuera del alcance de esta investigación, pese a haber sido identificados como los principales responsables en la aparición de los procesos de deterioro. Esto debido a que la información que poseen las dependencias no fue suficiente para establecer los niveles de mantenimiento que se alcanzan durante la ejecución de los proyectos. En futuras investigaciones, es necesario identificar el tipo de materiales utilizados y los procedimientos constructivos empleados con el objetivo de mejorar la forma en que se desarrollan los proyectos de mantenimiento.
- La cercanía con el mar es un factor directamente asociado a la degradación de los edificios y ampliamente investigado por diversos autores. La ciudad y puerto de Campeche se encuentra en la costa del Golfo de México, su centro histórico se desarrolló en gran medida por los intercambios comerciales marítimos que se realizaron durante la colonia, teniendo su punto más alejado una distancia menor a 1 kilómetro de la línea de costa actual; razón por la cual se ha considerado que los efectos de la cercanía con el mar actúan de manera uniforme en el conjunto de edificios del área bajo estudio, por lo que no existen variaciones de un edificio a otro.
- Los efectos de la lluvia se identifican como los factores ambientales con mayor incidencia en los procesos de deterioro sobre las fachadas.¹¹² La lluvia, en ocasiones actúa como un agente limpiador y erosivo, pero también actúa como un agente transportador de microorganismos que detonan procesos físicos y químicos. La ciudad de Campeche presenta un clima cálido húmedo con lluvias en verano y una precipitación anual promedio de 1036.1 mm, para esta investigación se consideró que este factor actúa de manera homogénea para toda el área bajo estudio.

¹¹² Ravelo, G., (2011). "Influencia de Los elementos climáticos en el deterioro de las fachadas de edificaciones del barrio Colón, Cuba" Revista XXXII .

- En entornos urbanos, la decadencia de los edificios históricos está fuertemente influenciada por ataques de microorganismos. La presencia de estos microorganismos se debe principalmente a actividades biológicas, el viento y el flujo del agua. Esto tiene como consecuencia la colonización del edificio por insectos, plantas y aves. Para el estudio de la contaminación atmosférica y el ataque de microorganismos, es necesario realizar estudios especializados de microanálisis morfológicos,¹¹³ los cuales quedan fuera del alcance de esta investigación.
- El grado de contaminación atmosférica tiene una mayor relación con el deterioro de edificios sobre todo en ciudades con gran presencia de contaminantes atmosféricos como SO² en el entorno. En el caso de Campeche, no existen industrias pesadas instaladas cercanas al centro histórico, excepto por una planta de energía ubicada en el poblado de Lerma, a unos 6 km al suroeste del centro.¹¹⁴ Bajo estas condiciones, los principales niveles de contaminación atmosférica están asociadas al desarrollo urbano y al número de vehículos que circulan en el centro histórico, que según estimaciones en el año 2012 eran 62,161 unidades en toda la ciudad.¹¹⁵ Por esta razón, su análisis se ha descartado en este estudio.

b) Factores considerados en el modelo

A continuación, se enuncian las variables que se consideraron para la construcción del modelo.

- Regularidad del mantenimiento. El deterioro de un edificio se debe a su interacción con el medio, un plan de mantenimiento es necesario para evitar que se deterioren con el tiempo y alargar su vida útil. En el caso del CHC, se han implementado programas para la conservación de las fachadas de los edificios. El tiempo que ha transcurrido a partir de la última acción de mantenimiento realizada en la fachada ha sido utilizada para medir la regularidad del mantenimiento, que, para los

¹¹³ Reyes, J., y Quintana, P., (2015). Chemical characterization of crusts formed in mortars of historical Buildings in San Francisco de Campeche," *ReseachGate*.

¹¹⁴ Reyes, J., et al., (2011). "Influence of air pollution on degradation of historic buildings at the urban tropical atmosphere of San Francisco de Campeche City , México," *INTECH*.

¹¹⁵ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático,(2012). "Estudio de emisiones y actividad vehiculares en Campeche , Campeche .," vol. 52.

propósitos de esta investigación, este factor es nombrado la edad de la última intervención y es expresada en término de meses.

- Orientación. La diversa exposición al sol y posición de la fachada con respecto a los vientos fue asociada a la orientación. El asoleamiento o incidencia directa del sol define la aparición o no de sistemas de vida parásita, así como la temperatura superficial de los materiales, fenómeno directamente relacionado con el deterioro de fachadas.
- Uso del edificio. Mediante un adecuado uso es posible conservar en buen estado un edificio. Además, diferentes usos conllevan diferentes solicitudes a las que se somete un edificio, lo cual puede provocar un deterioro acelerado.
- Color de la fachada. El color es un factor importante en los revestimientos ya que se ha demostrado influye en el comportamiento térmico de la envolvente.¹¹⁶ En algunas ciudades se presenta una diferencia térmica alta entre el día y la noche, o entre los inviernos y veranos. El clima cálido de la ciudad de Campeche con una temperatura máxima media de 32.7 grados, no presenta este tipo de variaciones. Sin embargo, debido a la combinación entre el almacenamiento térmico de radiación solar y las propiedades ópticas de los materiales, durante el día aumenta el porcentaje de radiación solar absorbida por los materiales que componen las superficies exteriores del edificio.¹¹⁷

3.3.3 Recopilación de información de las fachadas

En esta sección se detalla el procedimiento seguido para la obtención de la información de las fachadas de una muestra representativa del CHC. Primeramente, se propone un instrumento para realizar inspecciones visuales en el CHC y con ello obtener la información necesaria para la construcción del modelo. Luego, dicho formato es aplicado a una muestra aleatoriamente elegida en la zona “A” del CHC, teniendo las consideraciones que esta sección se especifican.

¹¹⁶ Alchapar, N., y Correa, E., (2015). “Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas,” *Informes de la construcción* 67.

¹¹⁷ Al-homoud, M. S., (2015). “Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials,” *Elsevier* 40: 353–66.

a) *Construcción del instrumento para la recopilación de información*

consistió en elaborar de un instrumento que facilite, a través de una inspección visual, documentar la información relevante, los datos de deterioro y estimar el nivel de deterioro sobre las fachadas del CHC. Este instrumento se denominó como “Formato de inspección de fachadas del Centro Histórico de Campeche”.

Primeramente, fue necesario identificar los procedimientos desarrollados en estudios nacionales e internacionales para realizar inspecciones visuales en fachadas de edificios. Las publicaciones que sirvieron como base para el desarrollo del instrumento principalmente fueron la *ASTM-E2270-14-Standard Practice for Periodic Inspection of Building Facades for Unsafe Condition*,¹¹⁸ así como, la Inspección Técnica de Edificios del Gobierno Español (I.T.E.),¹¹⁹ las cuales fueron detalladas durante la revisión de la literatura.

Basado en el análisis de los diferentes formatos consultados y buscando que el instrumento cumpla con los objetivos de la investigación, se consideró necesario que se conforme por las siguientes secciones.

Sección 1. Datos generales: Busca documentar la información relevante de la fachada y del edificio bajo análisis. Se pide proporcionar datos referentes a la localización del edificio (calle, entrecalles, manzana, número), datos de identificación (uso actual, nombre del conjunto), características (color de la fachada, tipo de recubrimiento, niveles, época aproximada de construcción, orientación) y los datos de inspección de la fachada (nombre del inspector, fecha de inspección y folio). Se complementa con un croquis de ubicación y una fotografía reciente del edificio.

Sección 2. Datos Físicos: Espacio para la colocación de los planos en alzado y el reporte fotográfico de la situación actual de la fachada. Esta sección, sirve también para evidenciar los procesos de deterioro encontrados.

¹¹⁸ ASTM International, “ASTM E2270-14, Standard practice for periodic inspection of building facades for unsafe conditions.”

¹¹⁹ Decreto 8/2011, Inspección Técnica de Edificios (I.T.E.). *Guía metodológica*.

Sección 3. Inspección detallada. En ella se busca observar de manera específica las zonas donde se concentran los mayores procesos de deterioro. Se compone además de una sección que describe los elementos característicos de la fachada, como el tipo de revestimiento, la existencia de elementos arquitectónicos, las dimensiones de carpintería y herrería.

En el cuadro de deterioros de esta sección, se debe colocar las mediciones de las áreas hechas de los procesos de deterioro hechas en campo, estas áreas al ser afectados por la ponderación propuesta para cada proceso de deterioro y definidos como conclusión del método Delphi, permiten estimar una aproximación del nivel de deterioro.

Sección 4. Conclusiones y observaciones: Espacio destinado para que el ejecutor de la inspección visual pueda emitir sus observaciones y recomendaciones en torno a la fachada. También, en esta sección se puede anotar si fuese necesario realizar alguna acción específica en la fachada.

Para validar el instrumento construido, se realizaron pruebas pilotos en fachadas del CHC, luego de las correcciones necesarias se obtuvo la versión final. En el Apéndice 7 se presenta el formato propuesto para la inspección de las fachadas del CHC.

b) Selección de la muestra

Para el cálculo de la muestra, primero se identificó el tamaño de la población, para ello se utilizaron los planos que el Gobierno del Estado de Campeche emitió sobre el CHC. Se identificó un total de 1083 edificios dentro de la zona A del área de monumentos históricos.

Debido a la diferente orientación, los edificios encontrados en esquinas fueron considerados como dos fachadas diferentes. También se eliminaron fachadas cuyas características constructivas son diferentes a las del resto de la población. En total fueron consideradas 1224 fachadas para el análisis.

Una vez calculada el tamaño de la población de fachadas, se procedió a calcular el tamaño de la muestra mediante la Ecuación 4.

$$n = \frac{z^2 p q N}{NE^2 + Z p q} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde z es nivel de confianza, N es la población de estudio, p el factor de probabilidad a favor, q el factor en contra, e el error de estimación y n el tamaño de la muestra. Con los valores propuestos se obtuvieron los resultados de la Tabla 6.

Tabla 6. Cálculo de la muestra
Fuente: Elaboración propia

Nivel de confianza	85%
Error permitido	10%
Tamaño de la población	1224
Muestra	50

La muestra fue entonces seleccionada de manera aleatoria a partir de la numeración de las fachadas del CHC presentada en el Apéndice 3. Primeramente, con base el plano del CHC se identificó la cantidad de manzanas que comprende dicha área, que en este caso fue 42. Posteriormente, de entre estas 42 manzanas se seleccionó aleatoriamente una manzana, utilizando una aplicación que genera números aleatorios a través del celular. Entonces, una vez seleccionada la manzana se procedió a seleccionar aleatoriamente una fachada de entre todas las que comprende la manzana. De esta manera, se fueron seleccionando las fachadas a estudiar hasta completar la muestra de cincuenta.

La Tabla 7 identifica la muestra completa de fachadas, donde, la letra “M” indica el número de la manzana, la letra “E” el número de edificio y en el caso de fachadas en intersecciones, la letra “C” indica la calle en la que se ubica la fachada. Por ejemplo, la muestra 1, resultó de haber salido seleccionada la manzana #1 dentro del total de 42, y luego el edificio #9 de entre el total de 29 edificios que comprende dicha manzana. En el Apéndice 8 del presente reporte, se presenta el croquis de la muestra seleccionada.

c) Aplicación del instrumento

Para determinar el nivel de deterioro presente en una fachada, fue necesario realizar una correcta evaluación de los principales procesos de deterioro que la afectan. Para ello se realizó una inspección visual de las fachadas seleccionadas en la muestra y se

documentaron sus condiciones de deterioro, utilizando el formato desarrollado para tal propósito.

Tabla 7. Resumen de la muestra seleccionada
Fuente: Elaboración propia

ID	FACHADA	ID	FACHADA	ID	FACHADA	ID	FACHADA
1	M1-E9	14	M13-E6	27	M21-E26	39	M32-E1-C14
2	M2-E2	15	M14-E3	28	M22E-2	40	M32-E16-C16
3	M3-E4	16	M16-E21	29	M22-E10	41	M32-E16-C61
4	M3-E14	17	M18-E32	30	M23-E13-C57	42	M33-E11
5	M4-E3	18	M18-E38	31	M23-E13-C14	43	M34-E34
6	M5-E8-C55	19	M18-E41	32	M24-E2	44	M36-E40
7	M5-E8-C8	20	M19-E3	33	M25-E2	45	M37-E13
8	M6-E2	21	M20-E15	34	M25-E30	46	M38-E10
9	M7-E5	22	M20-E26	35	M26-E4	47	M39-E31
10	M7-E19	23	M20-E28-C61	36	M26-E19	48	M41-E27
11	M11-E8-C10	24	M20-E28-C16	37	M30-E12	49	M42-E4
12	M11-E8-C63	25	M21-E9	38	M32-E1-C59	50	M42-E13
13	M12-E19	26	M21-E13				

El siguiente paso consistió en realizar las inspecciones visuales en las fachadas de los edificios. El procedimiento general fue basado en la Norma *ASTM-E2270-14*, y desarrollado con el apoyo del personal encargado del mantenimiento. A continuación, se describe la forma en que se realizaron las inspecciones visuales.

1. Observación general de las fachadas del edificio seleccionado, con el apoyo de personal especializado en los trabajos de mantenimiento.
2. Toma de imágenes digitales de las fachadas y de sus detalles arquitectónicos, enfocándose en las zonas donde se identifiquen los mayores procesos de deterioro.
3. Identificación general de los procesos de deterioro que se presentan en cada fachada, apoyándose en los planos y fotografías, previamente obtenidas.
4. Ejecución de la inspección detallada de cada fachada por medio de la observación visual, con el fin de verificar la existencia de procesos de deterioro.

Posteriormente, se realizó el procesamiento de los datos recolectados en campo. Con el objetivo de facilitar los trabajos de medición de los procesos de deterioro, se utilizaron técnicas de fotogrametría arquitectónica y métodos avanzados de modelado de información 3D, herramientas cuya aplicación en la conservación del patrimonio arquitectónico ha sido estudiada, demostrando que la estos facilitan y aceleran la tarea del procesamiento de la información.¹²⁰

- El software seleccionado para realizar este tipo de levantamientos fue Autodesk Recap 2017. Este software permite, a través de una serie de fotos, crear una nube de puntos en un formato. Rcm.
- La nube de puntos puede ser escalada en el software de autoría Revit 2017, según las dimensiones reales de algún elemento de la fachada, y con ello obtener las medidas totales de la fachada, así como de sus principales componentes; situación que posibilita la documentación del edificio histórico y sus condiciones al momento de la inspección.
- Dentro de esta herramienta, fue posible realizar las mediciones de los procesos de deterioro presentes en la fachada e identificados durante las inspecciones visuales.

Previa selección del método, se realizaron pruebas en el CHC, para comprobar la funcionalidad de la nube de puntos y las mediciones que se pueden realizar en ellas. Posterior a la obtención de las mediciones, fue posible utilizar la metodología propuesta para estimar el nivel de deterioro y que será detallada en la Sección 3.3.4.

El formato desarrollado se realizó acorde a las recomendaciones dadas por las Normas consultadas. Sin embargo, siguiendo los objetivos para la construcción del modelo, se centró la obtención de los datos en los factores de deterioro seleccionados, es decir, la edad o fecha de la última intervención, la orientación, el uso del edificio y el color de la fachada. En las siguientes secciones se detalla la forma utilizada para estimar dichos factores.

¹²⁰ A. Baik, "Digital Heritage Documentation Via TLS And Photogrammetry Case Study," *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 2017.

c.1) Edad de la última intervención

Se refiere a las fechas en que se hayan realizado los trabajos de mantenimiento más recientes. Los niveles de gobierno realizan programas de conservación del patrimonio cultural del CHC. Específicamente, desde el año 2009 el Gobierno del Estado de Campeche, implementa el programa de “Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico y barrios tradicionales”. En la Tabla 8 se enlistan los programas ejecutados en los últimos años, así como sus alcances en las zonas intervenidas y el tipo de contratación del proyecto.

Tabla 8. Programas de mantenimiento administrados por el Gobierno del Estado de Campeche. Fuente: Elaboración propia

ID	Nombre	Alcances	Modalidad	Periodo
1	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico y barrio de San Francisco	Calle 8, 10 y 12 entre 49 y 67	Administración directa	Julio-septiembre 2012
2	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico y barrio de San Francisco	Calle 12,14,16 y 18 entre 59 y 67	Administración directa	Octubre-diciembre 2013
3	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico y barrio de San Francisco	Calle 12,14,16 y 18 entre 49 y 59.	Contratada	Agosto-noviembre 2014
4	Mejoramiento de imagen urbana en Calle 12 del Centro Histórico	Calle 12 entre 49 y 6	Administración directa	Abril-mayo 2015
5	Mejoramiento de imagen urbana en Calle 10 del Centro Histórico	Calle 10 entre 49 y 6	Administración directa	Agosto-septiembre 2015
6	Mantenimiento de fachadas en centro histórico	Calle 67 entre 12 y 14. Calle 12 entre 53 y 51.	Contratada	Agosto 2016

De manera complementaria, en el Apéndice 9, se presenta el croquis general de cada uno de los proyectos de mantenimiento ejecutados en los últimos años en el CHC.

Para la construcción del modelo, esta edad de última intervención fue establecida en meses, y estimada a partir del análisis de las bitácoras de obra y la información disponible en los expedientes correspondientes que posee la Institución.

c.2) Orientación de la fachada

La orientación de la fachada es un factor que combina varios agentes de degradación, tales como la cantidad de lluvia y las horas de asoleamiento. La orientación también influye en la incidencia del viento, que juega un papel como transportador de contaminantes, aerosoles marinos y humedad.¹²¹ Según los datos de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto la ciudad, la dirección predominante de los vientos en la ciudad de Campeche es de Este a Sureste y una pequeña presencia de vientos de Norte a Noreste, con una velocidad de 2.80 m/s, variando según las estaciones del año.

Para clasificar este factor, se utilizó como criterio la ubicación del norte (315° a 45°), este (45° a 135°), sur (135° a 225°) y oeste (225° a 315°).

c.3) Uso del edificio

El sistema nacional de protección civil ha emitido una categorización de los usos más comunes de edificios, según las solicitudes a la estructura.¹²² De la misma manera, el Reglamento de Construcciones para el Municipio de Campeche emite una sistematización.¹²³ Basadas en estas publicaciones, se propuso una clasificación para esta investigación. Esta clasificación se presenta en la Tabla 9, donde se observan siete categorías principales, asociadas en tres grupos, de manera que se facilitara la construcción del modelo.

¹²¹ Cláudia Sofia and Pinto Moreno, "Degradation Management Models Applied to Old Building Stone Facades" 1, no. October (2013): 1–15.

¹²² Sistema Nacional de Protección Civil, *Manual Del Formato de Captura de Datos Para Evaluación Estructural.*, 2011.

¹²³ H.Ayuntamiento de Campeche, "Reglamento de Construcciones Del Municipio de Campeche," *Periódico Oficial Del Gobierno Del Estado.*, 2009, 1–116.

Tabla 9. Clasificación de usos en edificios
Fuente: Elaboración propia

Grupo	Categoría	Tipo
1) Habitacional	Habitacional. Estructuras para albergar personas donde hacen sus actividades cotidianas y de convivencia familiar y lugares donde esta población pernocta.	<ul style="list-style-type: none"> • Vivienda • Multifamiliar • Hotel
2) Servicios	Oficinas / Comercio. Edificios destinados a uso comercial, donde o donde se cuente con el tipo de cargas debidas a mobiliario de oficina	<ul style="list-style-type: none"> • Oficinas • Tienda • Restaurantes
	Educativo. Edificios para la reunión en aulas de grupos de personas de diferentes edades.	<ul style="list-style-type: none"> • Primaria/secundaria • Superior • Biblioteca
	Salud/social. Edificaciones del sector salud o instituciones para asistencia social con alojamiento de personas enfermas, bebes, ancianos, o niños pequeños.	<ul style="list-style-type: none"> • Hospital • Clínica • Asilo • Estancia Infantil
	Reunión. Construcciones destinadas a reunir grandes concentraciones de personas (200 personas o más) para eventos de duración específica	<ul style="list-style-type: none"> • Centro social • Templo religioso • Gimnasio • Salón de baile
	Industrial. Edificios destinados a la obtención, reparación, mantenimiento, transformación o reutilización de productos de toda índole.	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrica • Bodega • Taller • Almacén
	Comunicaciones y transportes	<ul style="list-style-type: none"> • Terminal de pasajeros • Terminal de carga • Estacionamiento • Antena transmisora
3) Desocupado	Edificio que ha sido abandonado o donde las actividades han sido suspendidas por un tiempo indeterminado.	

c.4) Color de la fachada

Con el objetivo de regular los colores utilizados en el CHC, el Gobierno del Estado de Campeche ha emitido una paleta de colores usados en los proyectos de mantenimiento de fachadas realizados en el dicho centro. Estos colores han sido aprobados por la dependencia reguladora, misma que asigna los colores específicos de cada fachada según diferentes criterios como el uso y la época constructiva del edificio. Además, para el cambio en los colores, es necesario solicitar un permiso otorgado por la misma dependencia. Dicha gama de colores y sus códigos Pantone se muestra en la Figura 5.














	Amarillo portales PQ14-0850 TCX		Verde pepín PQ- 583 C		Rojo óxido PQ-1685 C
	Amarillo ocre PQ-144 C		Verde oscuro PQ-361 C		Terracota claro 16-1336 TPG
	Amarillo claro 12-0824 TPG		Verde claro PQ-7492 C		Terracota oscuro PQ-18-1244 TCX
	Rosado PQ-694 C		Azul oscuro PQ-2727 C		
	Beige 12-0703 TCX		Azul claro PQ-278 C		

Figura 5. Gama de colores utilizados en el programa de Mejoramiento de Imagen Urbana en el CHC. Fuente: Elaboración propia

Debido a que no se identificaron estudios específicos sobre el comportamiento térmico para los materiales utilizados, se propuso una clasificación basada en el modelo Natural Color System (NCS), desarrollado por el Instituto Escandinavo del Color, el cual reduce los colores visibles a cuatro únicos tonos, amarillo, rojo, verde, azul; además del negro y blanco.¹²⁴

¹²⁴ Hgrd, A., y Sivik, L., (1981). "NCS-natural color system : a swedish standard for color notation," *Color Research & Application* 6, no. 3.

En la Tabla 10, se presenta la agrupación de colores propuesta para este estudio, el cual concentra los colores usados en el CHC en cinco grupos, esto para facilitar la construcción del modelo.

Tabla 10. Clasificación de colores propuesto para el CHC
Fuente: Elaboración propia

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Terracota claro <i>16-1336 TPG</i>	Amarillo claro <i>12-0824 TPG</i>	Verde claro <i>PQ-7492 C</i>	Azul claro <i>PQ-278 C</i>	Beige <i>12-0703 TCX</i>
Terracota oscuro <i>PQ-18-1244 TCX</i>	Amarillo portales <i>PQ14-0850 TCX</i>	Verde oscuro <i>PQ-361 C</i>	Azul oscuro <i>PQ-2727 C</i>	Rosado <i>PQ-694 C</i>
Rojo óxido <i>PQ-1685 C</i>	Amarillo ocre <i>PQ-144 C</i>	Verde pepín <i>PQ- 583 C</i>		

3.3.4 Cálculo del nivel de deterioro de las fachadas

Para establecer el nivel de deterioro, se utilizó como base la metodología propuesta por Silva et al (2016). Según esta metodología, el indicador numérico que expresa el nivel de deterioro de una fachada, debe depender principalmente de los siguientes elementos.¹²⁵

- El área afectada por los diferentes procesos de deterioro encontrados.
- El peso relativo correspondiente a la importancia de cada proceso de deterioro.

Las áreas afectadas para cada proceso de deterioro fueron identificadas durante las inspecciones visuales y, al procesar los datos fue posible estimar sus dimensiones.

Los resultados del método Delphi fueron utilizados para establecer la influencia de cada proceso en el deterioro general de la fachada y con ello determinar el peso relativo de cada uno. Para ello se utilizaron las respuestas dadas en la Pregunta 2, dicho cálculo es presentado de manera detallada en la sección Resultados de esta

¹²⁵ Silva, De Brito, y Gaspar, (2016). "Methodologies for service life prediction of buildings".

tesis. En la Tabla 11 se enlistan los procesos de deterioro y sus correspondientes pesos relativos, calculados según las respuestas del grupo de expertos.

Tabla 11. Pesos relativos de los procesos de deterioro
Fuente: Elaboración propia

Id	Proceso de deterioro	Peso relativo
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	<i>0.92</i>
D2	Humedad por condensación en el ambiente	<i>0.83</i>
D3	Humedad por filtración	<i>0.83</i>
D4	Erosión atmosférica	<i>0.74</i>
D5	Erosión mecánica	<i>0.39</i>
D6	Suciedad por depósito o lavado	<i>0.70</i>
D7	Deformaciones estructurales	<i>0.92</i>
D8	Grietas	<i>0.87</i>
D9	Fisuras	<i>0.78</i>
D10	Desprendimientos	<i>1.00</i>
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	<i>0.78</i>
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	<i>0.87</i>
D13	Eflorescencias	<i>0.96</i>
D14	Organismos	<i>0.92</i>
D16	Cambio de color en capa de pintura	<i>0.57</i>
D17	Desprendimiento de pintura	<i>0.65</i>

Dado que esta metodología se centra en los recubrimientos de fachadas a base de morteros y pinturas, fueron descartados del análisis los procesos de deterioro D15 y D18, correspondientes a las corrosiones en las herrerías y el estado de los elementos de carpintería, respectivamente. Esto también debido a que el mantenimiento dado en los elementos de carpintería y herrería es diferente al resto de la fachada.

Teniendo las medidas de cada proceso de deterioro y sus correspondientes pesos relativos, fue posible obtener la estimación del nivel de deterioro. Un ejemplo de estimación se muestra en la siguiente sección.

a) *Procedimiento del cálculo del nivel de deterioro*

A continuación, se explica paso a paso el procedimiento seguido para estimar el nivel de deterioro en la muestra seleccionada. Como ejemplo, se muestra la obtención del nivel de deterioro para la fachada M20-E28-C61. Este mismo procedimiento fue seguido para cada una de las cincuenta fachadas estudiadas, así como las utilizadas para la validación del modelo.

Paso 1. Se abstrae la nube de puntos y la identificación de los procesos de deterioro, previamente obtenidos durante las inspecciones visuales realizadas a los elementos dentro de la muestra. (Ver Figura 6).

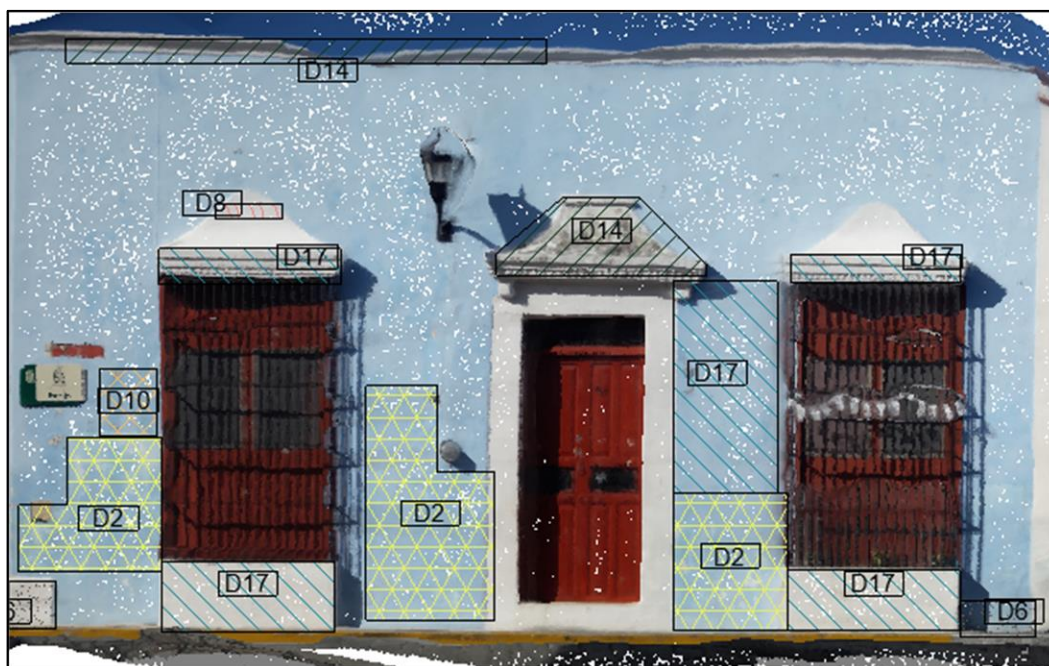


Figura 6. Ejemplo de nube de puntos y mediciones

Paso 2. Se recopila la cuantificación total correspondiente a cada uno de los procesos de deterioro medidos en la nube de puntos. Estos procesos de deterioro se encuentran señalados en la nube de puntos y su cuantificación se realiza de manera automática en el software utilizado. (Ver Figura 7)

Type	Description	LargoD	AltoD	AreaD
D2	Humedad por Condensacion	1.50	0.00	1.77
D2	Humedad por Condensacion	1.35	0.00	2.77
D2	Humedad por Condensacion	1.19	1.43	1.71
D2: 3				6.25
D6	Suciedad por Depósito	0.51	0.49	0.25
D6	Suciedad por Depósito	0.79	0.37	0.30
D6: 2				0.55
D8	Grietas	0.93	0.16	0.15
D8: 1				0.15
D10	Desprendimientos de Aplanado	0.70	0.60	0.42
D10: 1				0.42
D14	Organismos	2.20		1.36
D14	Organismos	5.02	0.26	1.29
D14: 2				2.65
D17	Desprendimiento de Pintura	1.10	2.21	2.43
D17	Desprendimiento de Pintura	1.79	0.74	1.33
D17	Desprendimiento de Pintura	1.80	0.62	1.27
D17	Desprendimiento de Pintura	1.90	0.37	0.71
D17	Desprendimiento de Pintura	1.77	0.29	0.51
D17: 5				6.25

Figura 7. Ejemplo cuantificación procesos deterioro

Paso 3. Utilizando la tabla propuesta en la Sección 3 del “Formato de Inspección de Fachadas del CHC”, anteriormente descrito, se afectan las mediciones por los factores de peso de cada proceso de deterioro, estas ponderaciones fueron presentadas en la Tabla 11 y son obtenidos de los resultados del método Delphi. En la Tabla 12, se presenta el ejemplo de aplicación para la muestra M20-E28-C61.

Tabla 12. Ejemplo utilización cuadro de deterioros para la muestra M20-E28-C61
Fuente: Elaboración propia

Cuadro de deterioros					
Proceso de deterioro	Mediciones		Área neta	Factor de peso	Área ponderada
D2- Humedad por condensación	1.77 m ²	1.71 m ²	6.25	0.83	5.19
	2.77 m ²				
D6- Suciedad	0.25 m ²		0.55	0.70	0.21
	0.30 m ²				
D8- Grietas	0.15 m ²		0.15	0.87	0.13
D10- Desprendimiento	0.42 m ²		0.42	1.00	0.42
D14- Organismos	1.35 m ²		2.65	0.92	2.44
	1.29 m ²				
D17- Desprendimiento pintura	2.43 m ²	0.51 m ²	6.25	0.65	4.06
	1.33 m ²	0.71 m ²			
	1.27 m ²				

Paso 4. A continuación, es necesaria la información documentada en la Sección 2 del “Formato de Inspección de Fachadas del CHC”, que corresponde a las medidas de la fachada y de sus componentes, tal como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Ejemplo utilización cuadro de medidas para la muestra M20-E28-C61
Fuente: Elaboración propia

Longitud	Altura	Área
10.4 m	5.9 m	61.36 m ²
Área vanos		14.24 m ²
Área Muros		47.11 m ²

Paso 5. Por último, se establece la relación entre el área afectada con los factores de peso y el área total de muros en la fachada, esta estimación del nivel de deterioro es dada en porcentajes, tal como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Ejemplo de obtención nivel de deterioro para la muestra M20-E28-C61
Fuente: Elaboración propia

Área deterioro ponderada	9.12 m ²
Área total	47.11 m ²
Nivel de deterioro	26.43 %

3.3.5. Construcción del modelo de estimación del deterioro de las fachadas del CHC

Para estimar el nivel de deterioro en las fachadas del CHC, se esta investigación se utilizó un modelo regresión lineal. La regresión lineal es un modelo matemático usado para aproximar la dependencia entre una variable de respuesta y , con un conjunto de variables predictoras x_1, x_2, x_3 y tiene la forma mostrada en la Ecuación 5. ¹²⁶

$$\hat{y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots \dots + b_nX_n \quad \text{ó} \quad \sum_{i=1}^n b_i X_i \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

\hat{y} = Variable de respuesta.

X = Variables predictoras.

b = Multiplicadores que describen el tamaño del efecto que las variables independientes tienen en la variable dependiente. (b_1, b_2, b_n)

El caso básico trata aquellos problemas en los que existe una variable predictora y una variable respuesta y se denomina regresión lineal simple. En casos en que existen varias variables predictoras, pero sólo una de respuesta el problema se denomina regresión múltiple. Por último, cuando el problema involucra varias variables predictoras y, al mismo tiempo, varias variables respuesta se denomina regresión multivariada. En este trabajo se utilizó únicamente la regresión lineal múltiple y simple, construidos utilizando el software de estadístico SPSS 23.

Se consideró el nivel de deterioro de la fachada como la variable de respuesta. Las variables predictoras fueron, la edad de la última intervención, la orientación de la fachada, el uso del edificio y el color de la fachada. La forma en que fueron estimadas las variables de respuesta y predictoras se detalló en las secciones anteriores.

¹²⁶ Triola, *Estadística. Décima Edición.*

Para estimar la correlación entre las variables consideradas, George (2004) propone los niveles mínimos aceptables a través del coeficiente de correlación R^2 , los cuales son mostrados en la Tabla 15.¹²⁷

Tabla 15. Clasificación del Nivel de Correlación
Fuente: Elaboración propia a partir de D. George y P. Mallery, 2004

Coeficiente de Correlación	Nivel de Correlación.
<i>Mayor a 0.90</i>	<i>Excelente</i>
<i>De 0.80 a 0.89</i>	<i>Bueno</i>
<i>De 0.70 a 0.79</i>	<i>Aceptable</i>
<i>De 0.60 a 0.69</i>	<i>Cuestionable</i>
<i>De 0.50 a 0.59</i>	<i>Pobre</i>
<i>Menor a 0.50</i>	<i>No aceptable</i>

a) Modelo de regresión lineal múltiple

El primer análisis realizado fue el de regresión lineal múltiple, es decir, aquel que integra todas las variables predictoras y la variable de respuesta en un solo modelo. Dichas variables fueron predictoras fueron la edad de última intervención, la orientación de la fachada, el uso del edificio y el color; y la variable de respuesta fue el nivel de deterioro en una fachada.

Para su construcción se utilizó el software SPSS 23, en el cual se selecciona el método paso a paso; en este método durante cada paso se introduce la variable independiente que no se encuentre ya en la ecuación y que tenga la probabilidad para F más pequeña y, si esa probabilidad es suficientemente pequeña. Las variables ya introducidas en la ecuación de regresión se eliminan de ella si su probabilidad F llega a ser suficientemente grande. El método termina cuando ya no hay más variables candidatas a ser incluidas o eliminadas. Debido a que este modelo es en más de dos dimensiones, no es posible realizar el análisis gráfico.

¹²⁷ D. George and P. Mallery, "SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference," *Allyn & Bacon* 4th Editio (2004).

b) Modelos de regresión lineal simple

Se realizó el estudio de la correlación considerando únicamente la variable predictora con la mayor significancia dentro del modelo de regresión múltiple. Con ello, se obtuvo el diagrama de dispersión para todos los elementos dentro de la muestra. En este gráfico, la variable a estimada (y), se presenta en el eje de las ordenadas, la variable predictora (x), en el eje de las abscisas y los pares (x_i, y_i) se presentan como una nube de puntos. Con esto es posible visualizar la relación que existe entre ambas variables. En este caso se buscó estimar el nivel de deterioro, a partir de la edad de la última intervención.

Con el modelo obtenido, fue posible estimar una vida útil de servicio según los diferentes niveles máximos permisibles. Para ello, se propusieron niveles máximos de 20% y 30%, considerados por la literatura como los niveles en que el mantenimiento debe ser realizado y evitar se incremente el costo.

c) Modelos de regresión lineal simple en diferentes escenarios.

De la misma manera, se realizaron los estudios de la regresión lineal en diferentes escenarios. Los factores característicos de la fachada, tales como, la orientación, uso del edificio y color de la fachada fueron entonces estos escenarios. Para el análisis, se agrupó a la muestra según estos factores y sus correspondientes clasificaciones, tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Agrupaciones según las características de la fachada

Factor asociado		% Casos (número de casos)
Orientación	Norte	30 (15)
	Este	22 (11)
	Sur	18 (9)
	Oeste	30 (15)
Uso	Desocupado	24 (12)
	Habitacional	40 (20)
	Comercial	36 (18)
Color	Beige/Rosado	22 (12)
	Amarillo	16 (8)
	Terracota/Rojo	18 (9)
	Azul	14 (7)
	Verde	28 (14)

Con el objetivo de comparar el deterioro de las fachadas según diferentes factores, se construyeron modelos de regresión lineal simple para cada agrupación. Para cada uno de los modelos se obtuvo una gráfica de deterioro, en el cual, la variable a estimar (y) se presenta en el eje de las ordenadas, la variable predictora (x) en el eje de las abscisas y los pares (x_i, y_i) se presentan como una nube de puntos.

La vida se servicio estimada fue calculada según los niveles máximos de deterioro permitido en la fachada. Dichos valores han sido estudiados por otros autores y adoptados en esta investigación, los cuales corresponden a niveles de 10%, 20% y 30%.

3.3.6. Validación del modelo propuesto

A partir de los resultados del análisis de regresión lineal, fue posible construir un modelo de predicción del deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche. Posterior a la construcción, se estableció la necesidad de validar el modelo para comprobar su precisión. Para ello, se realizó una validación interna y una validación externa del modelo, mismas que son detalladas en las siguientes secciones.

a) Validación interna

Con el modelo regresión lineal simple obtenido con el total de la muestra, se sustituyeron datos correspondientes a la edad de la última intervención y se observó la variación con respecto al nivel de deterioro medido en campo.

La literatura afirma que el modelo se puede considerar como aceptable si la magnitud media del error relativo (MMER) es menor al 25% y, entre menor sea el MMER, mejor es el conjunto de predicciones obtenidas con el modelo.¹²⁸ Este error se obtuvo al comparar el nivel de deterioro medido en campo de las 50 fachadas que conforman la muestra y el que se obtiene al sustituir los valores en el modelo propuesto.

¹²⁸ Fernández, A., (2003) "Ajuste a modelos de estimación. Un modelo de estimación para el caso de aplicación," *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*,

b) Validación externa

Para validar el modelo de manera externa, se eligieron aleatoriamente 10 fachadas dentro de la población bajo estudio con el mismo procedimiento con el que se obtuvo la muestra. Se realizaron inspecciones visuales para obtener los datos de las variables predictoras incluidas en el modelo y se realizó la medición del nivel de deterioro, utilizando el procedimiento propuesto en esta investigación. Los datos de las fachadas seleccionadas se sustituyeron en el modelo construido y se analizó su comportamiento.

La precisión del modelo fue calculada al obtener la MMER dado por el valor estimado del nivel de deterioro y lo observado a través de las inspecciones visuales, tal como lo muestra la Ecuación 6.

$$MMER = \frac{NivDet_{Medido} - NivDet_{Calculado}}{NivDet_{Medido}} \times 100$$

Ecuación 6.

Donde:

$NivDet_{Medido}$ = Nivel de deterioro medido en campo

$NivDet_{Calculado}$ = Nivel de deterioro calculado con el modelo

Al igual que lo ocurrido en la validación interna, el modelo se puede considerar como aceptable si la MMER es menor al 25%.

4.RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación. Primero se presentan los resultados de la identificación de los procesos de deterioro y factores que influyen en su aparición en las fachadas del Centro Histórico de Campeche, esto como resultado de la aplicación del método Delphi. Luego, se presenta la información estadística más relevante de las inspecciones visuales en la muestra de cincuenta fachadas seleccionada del CHC. Con esta información fue posible construir los modelos de estimación del deterioro de las fachadas del CHC, a través de un análisis de regresión lineal. Por último, se presenta la validación interna y externa del modelo propuesto.

4.1 Identificación de los procesos de deterioro y factores que influyen su aparición en las fachadas de los edificios del CHC

Los resultados de la aplicación del método Delphi se presentan respecto a dos ámbitos diferentes; primero se presentan los resultados en las preguntas relacionados a los procesos de deterioro, según la frecuencia de ocurrencia, su contribución en el deterioro general de la fachada y al costo de mantenimiento. Luego, se presentan los factores que propician la aparición de estos procesos de deterioro en las fachadas del CHC. Para ambos casos, se presenta el coeficiente de variación (C.V.) obtenido en cada ronda de consulta y un orden de importancia según la media en las respuestas dadas.

Otras medidas de tendencia, tales como la moda, el valor máximo y mínimo; así como cada una de las respuestas dadas por los integrantes del grupo de expertos, son detallados en el Apéndice 6.

4.1.1 Identificación de los procesos de deterioro

La siguiente sección fue desarrollada con la información obtenida como conclusión del método Delphi, específicamente en las respuestas dada para las tres primeras preguntas. Dichas preguntas fueron realizadas entorno a el nivel de frecuencia, la

contribución al deterioro general de la fachada y el incremento en el costo de mantenimiento para cada uno de los procesos de deterioro.

a) Procesos de deterioro más frecuentes en las fachadas del CHC

En la Tabla 17, se presenta la comparación de los coeficientes de variación (C.V.) obtenidos en las dos rondas realizadas para la Pregunta 1, cuyo objetivo fue identificar aquellos procesos de deterioro que se presentan con mayor frecuencia en las fachadas del CHC. En esta tabla se puede observar que en la primera ronda se obtuvieron respuestas, con un C.V. promedio del 35.0%, lo cual, según la literatura, es suficientemente bueno. Luego de la aplicación de la segunda ronda, el C.V. promedio fue de solo 25.9%, es decir, 9.1% menor que en la primera ronda.

Tabla 17. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 1
Fuente: Elaboración propia

Clave	Proceso de deterioro	C.V. Ronda 1	C.V. Ronda 2	Variación
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	18.6%	11.2%	7.4%
D2	Humedad por condensación en el ambiente	37.3%	23.9%	13.4%
D3	Humedad por filtración	29.8%	26.4%	3.4%
D4	Erosión atmosférica	42.0%	28.3%	13.7%
D5	Erosión mecánica	44.7%	44.7%	0.0%
D6	Suciedad por depósito o lavado	41.0%	29.8%	11.2%
D7	Deformaciones estructurales	51.9%	0.0%	51.9%
D8	Grietas	47.1%	31.4%	15.8%
D9	Fisuras	41.0%	26.4%	14.6%
D10	Desprendimientos	30.5%	23.9%	6.6%
D11	Elementos arq. en mal estado	34.7%	31.4%	3.3%
D12	Elementos arq. Faltantes	33.5%	19.2%	14.3%
D13	Eflorescencias	27.4%	31.6%	4.2%
D14	Organismos	23.6%	30.0%	6.4%
D15	Corrosiones y oxidaciones	43.3%	30.0%	13.3%
D16	Cambio de color en capa de pintura	31.0%	26.4%	4.6%
D17	Desprendimiento de pintura	31.0%	23.9%	7.1%
D18	Mal estado en carpintería	21.9%	28.3%	6.4%
	Media	35.0%	25.9%	9.1%

C.V: Coeficiente de variación

Con base en los resultados, se asumió la convergencia en las opiniones del grupo de expertos, a pesar de que para los procesos de deterioro que se refieren a eflorescencias (D13), organismos (D14) y mal estado de la carpintería (D18), el consenso fue mejor en la primera ronda. Además, se toleró que uno de los ítems (D5) tuviera un coeficiente de variación mayor al 40%, lo cual es pertinente de acuerdo con la literatura, puesto que la mayoría de los ítems tienen valores menores al nivel prefijado.¹²⁹ En la Tabla 18, se muestra una jerarquización que agrupa los procesos de deterioro que, de acuerdo a las respuestas de los expertos, resultaron con medias similares.

Tabla 18. Resultados los procesos de deterioro según su frecuencia de aparición en las fachadas del CHC. Fuente: Elaboración propia

Posición	Media	Clave	Proceso de Deterioro
1	4.00	D1	Humedad por capilaridad en los aplanados
2	3.50	D2	Humedad por condensación en el ambiente
		D10	Desprendimientos de aplanados
		D17	Desprendimiento de pintura
3	3.33	D14	Organismos
		D15	Corrosiones y oxidaciones
4	3.17	D3	Humedad por filtración
		D9	Fisuras
		D16	Cambio de color en capa de pintura
5	3.00	D6	Suciedad por depósito o lavado
6	2.83	D13	Eflorescencias
7	2.67	D8	Grietas
8	2.67	D11	Elementos arquitectónicos en mal estado
9	2.50	D4	Erosión atmosférica
		D7	Deformaciones estructurales
		D18	Mal estado en carpintería
10	2.33	D12	Elementos arquitectónicos faltantes
11	2.00	D5	Erosión mecánica

¹²⁹ Ortega Mohedano, "El Método Delphi , Prospectiva En Ciencias Sociales."

La jerarquización mostrada en la Tabla 18, se realizó basada en la escala definida para el cuestionario, donde se consideró el valor de “5”, como aquellos procesos con mayor frecuencia; en contraparte, el “1” es considerado como de menor frecuencia. La tabla con los resultados completos del método Delphi son mostrados en el Apéndice 6.

Según la percepción del grupo de expertos consultados, la humedad por capilaridad (D1), es el proceso de deterioro que se presenta con mayor frecuencia. Seguidamente se tiene a la humedad por condensación en el ambiente (D2), el desprendimiento de aplanados (D10) y el desprendimiento de pintura (D17), como los procesos más frecuentes en las fachadas del CHC. En contraparte, la erosión mecánica (D5) resultó el menos frecuente de los procesos de deterioro estudiados.

b) Contribución de los procesos al deterioro general de las fachadas del CHC

El objetivo de la Pregunta 2, fue determinar los niveles de contribución de cada proceso en el deterioro general de la fachada bajo estudio. De la misma manera, dos rondas de consulta fueron realizadas en búsqueda de mejorar el grado de consenso y la convergencia de opiniones. Las respuestas dadas entre las rondas de consulta se muestran en la Tabla 19. La variación entre estas rondas, la cual corresponde a la diferencia entre los C.V. obtenidos en cada aplicación se muestra en la última columna.

Al finalizar la segunda ronda se obtuvo un coeficiente de variación del 21%, lo cual, dado que éste valor debe tender al mínimo, se muestra la existencia de un alto consenso en las respuestas del grupo de expertos. Además, solo el proceso de grietas (D8), presentó un C.V. mayor en la segunda ronda con respecto a la primera; incluso este valor de 30.6%, correspondió al C.V. más alto de los resultados en la segunda ronda. En el caso del desprendimiento de pintura (D17), la variación fue de cero, debido a que todos los expertos coincidieron la misma respuesta según la escala establecida.

Tabla 19. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 2
Fuente: Elaboración propia

Clave	Proceso de deterioro	C.V. Ronda 1	C.V. Ronda 2	Variación
D1	Humedad por capilaridad	37.7%	26.1%	11.6%
D2	Humedad por condensación	46.9%	22.0%	24.9%
D3	Humedad por filtración	41.0%	22.0%	19.0%
D4	Erosión atmosférica	42.0%	26.3%	15.7%
D5	Erosión mecánica	54.0%	24.8%	29.1%
D6	Suciedad por depósito o lavado	41.0%	26.1%	14.8%
D7	Deformaciones estructurales	30.5%	19.9%	10.6%
D8	Grietas	27.2%	30.6%	3.4%
D9	Fisuras	31.6%	24.8%	6.8%
D10	Desprendimientos	18.8%	11.9%	6.9%
D11	Elementos arq. en mal estado.	30.5%	24.8%	5.7%
D12	Elementos arq. faltantes	25.6%	17.7%	8.0%
D13	Eflorescencias	23.6%	20.3%	3.3%
D14	Organismos	23.8%	19.9%	3.9%
D15	Corrosiones y oxidaciones	30.5%	17.7%	12.8%
D16	Cambio de color en pintura	64.5%	21.1%	43.5%
D17	Desprendimiento de pintura	44.7%	0.0%	44.7%
D18	Mal estado en carpintería	38.7%	21.1%	17.7%
Media		36.3%	21.0%	15.3%

C.V: Coeficiente de variación

Tal como se muestra en la Tabla 20, los resultados de la segunda pregunta se clasificaron según las respuestas obtenidas en cada proceso de deterioro. Once niveles de clasificación fueron realizados, de acuerdo con el valor medio de la respuesta en la escala establecida. La tabla con los resultados completos del método Delphi son mostrados en el Apéndice 6.

Se observa que el desprendimiento de aplanados (D10) es el proceso de deterioro que, según la percepción del grupo de expertos, tiene una mayor contribución al deterioro general de una fachada. Seguidamente se catalogan las eflorescencias (D13), la humedad por capilaridad (D1), los organismos (D14) y las deformaciones estructurales (D7). La erosión mecánica, además de ser el de menor frecuencia, también fue identificado como el proceso con menor contribución al deterioro de la fachada.

Tabla 20. Resultados los procesos de deterioro según su nivel de contribución al deterioro general de las fachadas del CHC. Fuente: Elaboración propia

Posición	Media	Clave	Proceso de deterioro
1	4.60	D10	Desprendimiento de aplanados
2	4.40	D13	Eflorescencias
3	4.20	D1	Humedad por capilaridad en los aplanados
		D7	Deformaciones estructurales
		D14	Organismos
4	4.00	D8	Grietas
		D12	Elementos arquitectónicos faltantes
		D15	Corrosiones y oxidaciones
5	3.80	D2	Humedad por condensación en el ambiente
		D3	Humedad por filtración
6	3.60	D9	Fisuras
		D11	Elementos arquitectónicos en mal estado
7	3.40	D4	Erosión atmosférica.
8	3.20	D6	Suciedad por depósito o lavado
9	3.00	D17	Desprendimiento de pintura
10	2.60	D16	Cambio de color en capa de pintura
		D18	Mal estado en carpintería
11	1.80	D5	Erosión mecánica

Para utilizar la metodología empleada en el cálculo del nivel de deterioro, fue necesario hacer una ponderación para cada proceso, mismo que sería multiplicado por el área afectada en la fachada. Para ello se utilizó la fórmula del promedio ponderado, dicha fórmula multiplica cada una de las respuestas obtenidas en el grupo por su nivel en la escala, con ello se obtiene un peso absoluto. Este peso absoluto, al compararlo con el mayor peso obtenido entre los procesos de deterioro, se obtiene un peso relativo. En la Tabla 21, se observan los valores obtenidos para cada uno de los procesos de deterioro.

Tal como se muestra en la tabla, el desprendimiento de aplanados (D10), es el proceso de deterioro con un mayor peso relativo, es decir, el que tiene un mayor impacto en el deterioro de la fachada. También de importancia se tienen a las eflorescencias (D13)

y humedades (D2). Estos pesos relativos fueron utilizados en el cálculo del nivel de deterioro, necesario para la construcción del modelo.

Tabla 21. Cálculo de los factores de ponderación para cada proceso de deterioro
Fuente: Elaboración propia

Proceso de deterioro	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Peso absoluto	Peso Relativo
D1	0	0	2	0	3	1.40	0.92
D2	0	0	2	2	1	1.27	0.83
D3	0	0	2	2	1	1.27	0.83
D4	0	1	1	3	0	1.13	0.74
D5	1	4	0	0	0	0.60	0.39
D6	0	1	2	2	0	1.07	0.70
D7	0	0	1	2	2	1.40	0.92
D8	0	1	0	2	2	1.33	0.87
D9	0	0	3	1	1	1.20	0.78
D10	0	0	0	2	3	1.53	1.00
D11	0	0	3	1	1	1.20	0.78
D12	0	0	1	3	1	1.33	0.87
D13	0	0	1	1	3	1.47	0.96
D14	0	0	1	2	2	1.40	0.92
D16	0	2	3	0	0	0.87	0.57
D17	0	0	5	0	0	1.00	0.65

Dado que esta metodología se centra en los recubrimientos de fachadas a base de morteros y pinturas, fueron descartados del análisis los procesos de deterioro D15 y D18, correspondientes a las corrosiones en las herrerías y el estado de los elementos de carpintería, respectivamente. Esto también debido a que el mantenimiento dado en los elementos de carpintería y herrería es diferente a lo que se tiene en el resto de la fachada.

c) Contribución de los procesos de deterioro al costo de mantenimiento de las fachadas del CHC

En nivel de contribución al incremento del costo de mantenimiento de las fachadas del CHC, según la aparición de los procesos de deterioro, fue estimado a partir de las respuestas en la Pregunta 3. La variación entre las respuestas de cada ronda de aplicación se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 3
Fuente: Elaboración propia

Clave	Proceso de deterioro	C.V. Ronda 1	C.V. Ronda 2	Variación
D1	Humedad por capilaridad	41.8%	23.3%	18.5%
D2	Humedad por condensación	42.0%	26.4%	15.6%
D3	Humedad por filtración	27.4%	23.9%	3.5%
D4	Erosión atmosférica	36.5%	35.9%	0.7%
D5	Erosión mecánica	52.0%	31.4%	20.6%
D6	Suciedad por depósito o lavado	36.9%	26.4%	10.5%
D7	Deformaciones estructurales	17.5%	23.3%	5.8%
D8	Grietas	12.2%	21.2%	9.0%
D9	Fisuras	22.4%	26.4%	4.1%
D10	Desprendimiento de aplanados	18.8%	14.3%	4.6%
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	18.1%	23.9%	5.8%
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	8.4%	0.0%	8.4%
D13	Eflorescencias	19.6%	14.1%	5.5%
D14	Organismos	30.0%	18.3%	11.7%
D15	Corrosiones y oxidaciones	18.1%	26.4%	8.4%
D16	Cambio de color en capa de pintura	35.0%	26.4%	8.6%
D17	Desprendimiento de pintura	26.6%	31.4%	4.8%
D18	Mal estado en carpintería	30.5%	24.4%	6.1%
Media		27.4%	23.2%	4.2%

C.V: Coeficiente de variación

En este caso, el coeficiente de variación de la primera ronda no se redujo significativamente al concluir la segunda ronda, teniendo una variación entre ambas rondas de solo el 4.2%. De hecho, existieron seis ítems en los que el coeficiente de variación fue menor en la primera ronda de aplicación, estos procesos corresponden a las deformaciones estructurales (D7), las grietas (D8), las fisuras (D9), los elementos arquitectónicos en mal estado (D11), las corrosiones (D15) y el desprendimiento de pintura (D17). Por otra parte, en el caso de los elementos arquitectónicos faltantes (D12), todos los expertos consultados tuvieron la misma respuesta.

Al tener la mayoría de los ítems consultados coeficientes de variación menores al 30%, fue posible asumir el consenso entre el grupo de expertos, y de acuerdo con la

literatura, concluir la fase de aplicación del cuestionario. En la Tabla 23, se muestran los resultados y una jerarquización que agrupa los procesos de deterioro con medias similares. La tabla con los resultados completos del método Delphi son mostrados en el Apéndice 6.

Tabla 23. Resultados los procesos de deterioro según su nivel de contribución al incremento del costo de mantenimiento de las fachadas del CHC.

Fuente: Elaboración propia

Posición	Media	Clave	Proceso de deterioro
1	4.17	D12	Elementos arquitectónicos faltantes
2	3.83	D1	Humedad por capilaridad
		D7	Deformaciones estructurales
		D10	Desprendimientos de aplanado
3	3.67	D18	Mal estado en carpintería
4	3.50	D3	Humedad por filtración
		D11	Elementos arquitectónicos en mal estado
5	3.33	D8	Grietas
6	3.17	D2	Humedad por condensación
		D6	Suciedad por depósito o lavado
		D9	Fisuras
		D13	Eflorescencias
		D15	Corrosiones y oxidaciones
		D16	Cambio de color en capa de pintura
7	3.00	D14	Organismos
8	2.67	D5	Erosión mecánica
		D17	Desprendimiento de pintura
9	2.33	D4	Erosión atmosférica

El proceso de deterioro correspondiente a los elementos arquitectónicos faltantes (D12), fue considerado por el grupo de expertos como el proceso de deterioro con una mayor influencia al incremento del costo de mantenimiento. Seguidamente se clasifican a los procesos de deterioro de humedad por capilaridad (D1), las deformaciones estructurales (D7) y el desprendimiento de aplanados (D10) por su nivel

de influencia en el costo de mantenimiento. En contraparte, la erosión atmosférica (D4) es considerado como el proceso con menor impacto.

4.1.2 Factores que contribuyen al deterioro de las fachadas del CHC

A través de la Pregunta 4, se buscó identificar aquellos factores o causas que tienen la mayor contribución en la aparición de los procesos de deterioro en las fachadas del CHC. Una lista inicial de doce factores internos y externos fueron presentados en la primera ronda. En la Tabla 24. se presentan las variaciones de las rondas por cada uno de los factores cuestionado.

Tabla 24. Variación entre las rondas de consulta para la Pregunta 4
Fuente: Elaboración propia

Clave	Factor de deterioro	C.V. Ronda 1	C.V. Ronda 2	Variación
FD1	Elección de los elementos constructivos de proyecto	41.8%	24.4%	17.4%
FD2	Ejecución de los proyectos de mantenimiento	42.0%	31.3%	10.7%
FD3	Elección de los materiales de proyecto	27.4%	24.4%	3.0%
FD4	Factores asociados a esfuerzos mecánicos	36.5%	0.0%	36.5%
FD5	Efecto de la lluvia	52.0%	26.4%	25.5%
FD6	Diversa exposición al sol	36.9%	26.4%	10.5%
FD7	Posición de la fachada con respecto a los vientos	17.5%	18.3%	0.8%
FD8	Cambios de temperatura en el ambiente	12.2%	19.3%	7.2%
FD9	Grado de contaminación atmosférica	22.4%	19.3%	3.0%
FD10	Ataques de microorganismos	18.8%	18.3%	0.6%
FD11	Cercanía con el mar	18.1%	23.9%	5.8%
FD12	Regularidad del mantenimiento	8.4%	11.2%	2.7%
FD13	Factores humanos		22.0%	17.7%
FD14	Uso dado al edificio		11.8%	11.8%
Media		27.8%	19.8%	8.4%

C.V: Coeficiente de variación

Para esta pregunta, se tuvo un coeficiente de variación promedio de 27.8% en la primera ronda y de 19.8% al concluir la segunda ronda, teniendo una disminución, resultado de la convergencia de opiniones, de 8.4%. En el caso de los factores asociados a los esfuerzos mecánicos (FD8), todos los expertos tuvieron la misma respuesta en la segunda ronda, por lo tanto, se presentó un coeficiente de variación de cero. El coeficiente de variación más alto se presentó en el factor referente a la ejecución de los proyectos de mantenimiento (FD2) con un C.V. de 31.3 %.

En la segunda ronda, los factores humanos (FD13) y uso dado al edificio (FD14) fueron añadidos, esto como parte de las sugerencias realizadas por el grupo de expertos. Al concluir la segunda ronda ambos factores tuvieron C.V. menores al 20%, lo que indica un grado conceso alto, este valor ha sido predeterminado. Se finalizó el método teniendo en la mayoría de los ítems coeficientes de variación menores al 30%. Con las respuestas dadas, fue posible realizar una jerarquización de los factores asociados al deterioro de las fachadas, dicha clasificación se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultado de los factores que contribuyen a la aparición de los procesos de deterioro en las fachadas del CHC.

Fuente: Elaboración propia

Posición	Media	Clave	Factores
1	4.00	FD12	Regularidad del mantenimiento.
2	3.80	FD13	Factores humanos
		FD14	Uso dado al edificio
3	3.66	FD1	Elección de los elementos constructivos de proyecto.
		FD3	Elección de los materiales de proyecto
4	3.50	FD2	Ejecución de los proyectos de mantenimiento
		FD11	Cercanía con el mar
5	3.16	FD5	Efecto de la lluvia
		FD6	Diversa exposición al sol
6	3.00	FD7	Posición con respecto a los vientos
		FD10	Ataques de microorganismos
7	2.83	FD8	Cambios de temperatura en el ambiente
		FD9	Grado de contaminación atmosférica
8	2.50	FD4	Factores asociados a esfuerzos mecánicos

Basado en la percepción del grupo de expertos consultado, y tal como se muestra en la tabla, la regularidad del mantenimiento (FD12) es el factor que contribuye en mayor medida a la aparición de los procesos de deterioro. La lista continua con los factores humanos (FD13) y el uso dado al edificio (FD14). La elección de los elementos constructivos (FD1), materiales (FD2) y la ejecución (FD3), inherentes a los proyectos de mantenimiento y su ejecución, fueron catalogados en segundo término. Las principales causas ambientales identificadas fueron la cercanía con el mar (FD11), el efecto de la lluvia (FD5) y la diversa exposición al sol (FD6), dichos factores son asociados en la literatura a la aparición de procesos de deterioro, tales como las humedades y desprendimientos. El esfuerzo mecánico (FD4), fue clasificado como el factor de menor contribución en el deterioro de las fachadas del CHC.

4.2 Resultados de la recopilación de información de las fachadas

Con el apoyo del “Formato de inspección de fachadas del Centro Histórico de Campeche”, desarrollado en esta investigación, se realizó la inspección en campo a las 50 fachadas que formaron parte de la muestra. Dicho formato, fue construido siguiendo las recomendaciones dadas por la Norma ASTM-E2270 y la Inspección Técnica de Edificios de España (ITE). El formato se compone de cuatro secciones, la Sección 1 corresponde a los Datos Generales del edificio, tales como, la ubicación, la orientación, el uso actual, el color, entre otros. En la Sección 2, se presentan los Datos Físicos, en el cual se plasman los alzados y se presentan las dimensiones de la fachada. En la Sección 3, se realiza el cálculo del nivel de deterioro, basado en los procesos de deterioro encontrados y siguiendo la metodología propuesta. Por último, en la Sección 4 se presentan las conclusiones de la inspección realizada.

La información recolectada se presenta de manera sintetizada en la tabla incluida en el Apéndice 9. En las siguientes secciones se presenta únicamente los factores que fueron seleccionados para incluir en el modelo debido a las características y alcances de la investigación. Se describen los valores observados en campo y se muestran los principales datos estadísticos. Dichas variables fueron, la edad de la última intervención, la orientación en de la fachada, el uso dado al edificio y el color de la

fachada. Las informaciones sobre estos factores para la muestra seleccionada son mostradas en la Tabla 26.

Tabla 26. Resultados de las inspecciones visuales
Fuente: Elaboración propia

Id	Código	Edad intervención	Orientación	Uso	Color
1	C1-9	29	Sur	Comercial	Azul claro
2	C2-2	17	Norte	Comercial	Verde oscuro
3	C3-4	38	Norte	Desocupada	Terracota oscuro
4	C3-14	29	Sur	Desocupada	Verde Pepín
5	C4-3	38	Norte	Comercial	Verde oscuro
6	C5-8-55	38	Oeste	Comercial	Rojo oxido
7	C5-8-8	38	Norte	Comercial	Rojo oxido
8	C6-2	38	Norte	Comercial	Verde Pepín
9	C7-5	38	Oeste	Desocupada	Azul claro
10	C7-19	65	Este	Desocupada	Verde oscuro
11	C11-8-10	29	Norte	Desocupada	Verde oscuro
12	C11-8-63	29	Oeste	Desocupada	Verde oscuro
13	C12-19	66	Norte	Comercial	Rosado
14	C13-6	66	Oeste	Comercial	Beige
15	C14-3	65	Oeste	Comercial	Verde oscuro
16	C16-21	64	Este	Comercial	Terracota oscuro
17	C18-32	49	Sur	Habitacional	Beige
18	C18-38	49	Este	Habitacional	Rosado
19	C18-41	48	Este	Habitacional	Amarillo claro
20	C19-3	33	Norte	Desocupada	Amarillo portales
21	C20-15	49	Oeste	Comercial	Beige
22	C20-26	49	Sur	Habitacional	Verde Pepín
23	C20-28-61	49	Este	Habitacional	Azul claro
24	C20-28-16	49	Sur	Habitacional	Azul claro
25	C21-9	49	Oeste	Desocupada	Verde Pepín
26	C21-13	49	Oeste	Comercial	Verde oscuro
27	C21-26	49	Sur	Habitacional	Amarillo portales

Continuación de la Tabla 26

Id	Código	Edad intervención	Orientación	Uso	Color
28	C22-2	32	Norte	Comercial	Amarillo portales
29	C22-10	38	Oeste	Habitacional	Beige
30	C23-13-57	39	Oeste	Habitacional	Azul claro
31	C23-13-14	39	Sur	Habitacional	Azul claro
32	C24-2	32	Norte	Desocupada	Verde oscuro
33	C25-2	5	Norte	Habitacional	Rojo oxido
34	C25-30	41	Sur	Desocupada	Amarillo portales
35	C26-4	32	Norte	Habitacional	Azul claro
36	C26-19	41	Este	Desocupada	Amarillo claro
37	C30-12	50	Oeste	Habitacional	Amarillo portales
38	C32-1-59	38	Este	Comercial	Beige
39	C32-1-14	38	Norte	Comercial	Beige
40	C32-16-16	50	Sur	Habitacional	Rosado
41	C32-16-61	50	Oeste	Habitacional	Rosado
42	C33-11	39	Oeste	Desocupada	Terracota claro
43	C34-34	39	Este	Comercial	Verde Pepín
44	C36-40	41	Este	Habitacional	Amarillo portales
45	C37-13	41	Oeste	Comercial	Terracota oscuro
46	C38-10	51	Norte	Habitacional	Terracota claro
47	C39-31	51	Este	Habitacional	Beige
48	C41-27	39	Este	Habitacional	Verde oscuro
49	C42-4	39	Norte	Habitacional	Terracota oscuro
50	C42-13	39	Oeste	Comercial	Rosado

4.2.1 Edad de última intervención

Se refiere a las fechas en que se hayan realizado los trabajos de mantenimiento más recientes. De acuerdo a las fechas encontradas en los archivos de los programas de mantenimiento realizados por la el Gobierno del Estado de Campeche y mostrados en el Apéndice 9. Al consultar los expedientes de obra, se obtuvo la edad de la última intervención en las fachadas del CHC, medida en meses. Esta edad se muestra en la Tabla 26, y presenta variaciones de 66 a 5 meses, con una media de 42.26 y desviación estándar de 11.76.

4.2.2 Orientación de la fachada

De las 50 fachadas que forman parte de la muestra, y considerando las cuatro clasificaciones propuestas (norte, sur, este, oeste), se tiene la distribución que se muestra en la Figura 8. Para clasificar este factor, se utilizó como criterio la ubicación del norte (315° a 45°), este (45° a 135°), sur (135° a 225°) y oeste (225° a 315°).

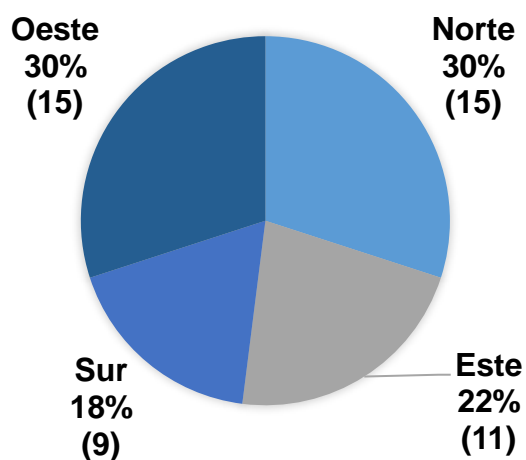


Figura 8. Porcentajes de la clasificación por orientación

4.2.3 Uso del edificio

Utilizando la clasificación propuesta, la cual divide los diferentes usos de los edificios en tres grupos principales, se obtuvo que, del total de las fachadas bajo análisis, 40% tienen un uso habitacional, 36% un uso comercial y 24% se encuentran desocupadas. La distribución de los usos según las tres agrupaciones propuestas se muestra en la Figura 9.

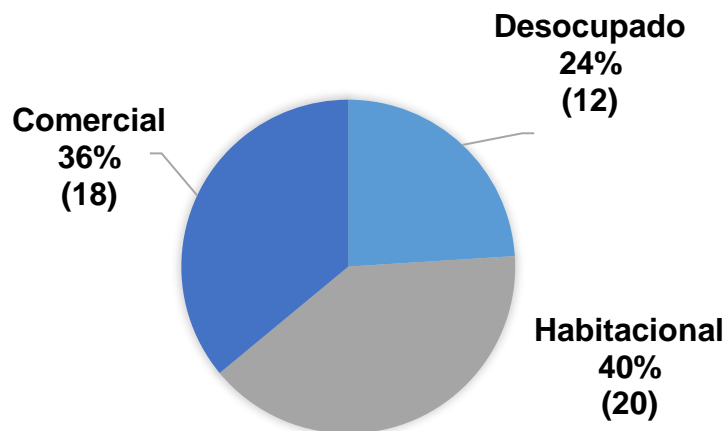


Figura 9. Porcentajes de la clasificación por uso

4.2.4 Color de la fachada

Utilizando la clasificación de la gama de colores usadas en los proyectos de mantenimiento mostrada en la Tala 10, se obtuvo una distribución en la muestra seleccionada, la cual se resume en la Figura 10. En esta figura se observan las seis clasificaciones propuestas y el número de fachadas en esa categoría.

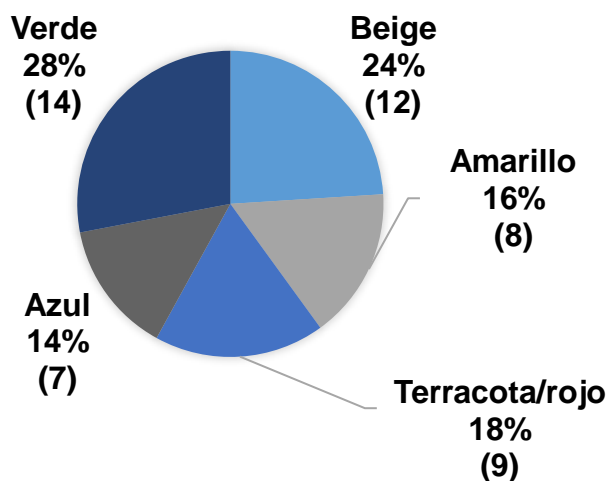


Figura 10. Clasificación por color

4.3 Resultados del cálculo del nivel de deterioro

Durante las inspecciones visuales se recopiló información sobre los procesos de deterioro presentes en cada una de las cincuenta fachadas. Luego, utilizando los softwares Autodesk Recap 2017 y Autodesk Revit 2017, se procesaron las imágenes tomadas de las fachadas para estimar sus respectivas áreas de deterioro. En la Sección 3 del formato, se realizó el cálculo del nivel de deterioro, utilizando el procedimiento descrito en la Metodología. Según esta metodología, el indicador numérico que expresa el nivel de deterioro de una fachada se expresa en porcentajes, y relaciona el área total de muro y el área afectada por algún proceso de deterioro.

La Tabla 27, muestra los resultados del área total que se estimó para cada uno de los procesos de deterioro, así como los porcentajes en relación con las mediciones totales. En la tabla es posible apreciar que el desprendimiento de pintura (D17) es el proceso que con mayor área total estimada en las fachadas que componen la muestra, teniendo el 31.5% de las mediciones totales. Seguidamente se tienen al desprendimiento de aplanados (D10), humedad por condensación (D12) y organismos (D14) con el 15.19%, 15.57% y 11.45% respectivamente.

Estos resultados son coincidentes con las opiniones emitidas por el grupo de expertos consultados en el método Delphi, donde se ubicaron a los mismos procesos en los identificados con mayor frecuencia de ocurrencia. En el caso de las deformaciones estructurales (D7) no se observó en ninguna de las fachadas bajo análisis, lo cual también es coincidente con los resultados del método Delphi, al ser considerado por el grupo de expertos como uno de los procesos con menor frecuencia de ocurrencia en las fachadas del CHC.

Tabla 27. Áreas totales estimadas para cada proceso de deterioro
Fuente: Elaboración propia

Id	Proceso de deterioro	Medición (m²)	Porcentaje
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	5.11	0.43%
D2	Humedad por condensación en el ambiente	186.0	15.57 %
D3	Humedad por filtración	19.63	1.64 %
D4	Erosión atmosférica	21.35	1.79%
D5	Erosión mecánica	7.06	0.59 %
D6	Suciedad por depósito o lavado	114.40	9.24 %
D7	Deformaciones estructurales	0	0%
D8	Grietas	6.38	0.53 %
D9	Fisuras	2.85	0.24 %
D10	Desprendimientos	181.57	15.19 %
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	16.37	1.37 %
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	0	0 %
D13	Eflorescencias	18.94	1.58 %
D14	Organismos	136.89	11.45 %
D15	Corrosiones y oxidaciones	0	0%
D16	Cambio de color en capa de pintura	105.4	8.82 %
D17	Desprendimiento de pintura	377.06	31.55 %

Al afectar las mediciones de los procesos de deterioro por las ponderaciones resultantes del método Delphi y su relación con el área total de la fachada, fue posible obtener el nivel de deterioro para cada elemento de la muestra. En la Tabla 28, se muestran los resultados del nivel de deterioro de cada fachada, de igual manera, en el Apéndice 11 se muestran la información adicional, así como, los procesos de deterioro medidos y las imágenes referentes a la nube de puntos obtenidas y analizadas.

Dado que el nivel de deterioro fue la variable a estimada, se comprobó su normalidad. El histograma de frecuencia obtenido de las mediciones se presenta en la Figura 11, en ella se observa que la distribución de las mediciones tiene un comportamiento normal. Para la muestra de las 50 fachadas bajo estudio, el nivel de deterioro promedio fue de 25.67%, con una desviación estándar de 9.11%.

Tabla 28. Nivel de deterioro en la muestra seleccionada
Fuente: Elaboración propia

ID	Código	Nivel (%)
1	M1-E9	19.1
2	M2-E2	9.22
3	M3-E4	19
4	M3-E14	13.1
5	M4-E3	28.8
6	M5-E8-C55	23.1
7	M5-E8-C8	24.3
8	M6-E2	17.4
9	M7-E5	26.5
10	M7-E19	44.8
11	M11-E8-C10	20.4
12	M11-E8-C63	19.7
13	M12-E19	43.6
14	M13-E6	46.9
15	M14-E3	40.5
16	M16-E21	44.7
17	M18-E32	25.9
18	M18-E38	29.6
19	M18-E41	31.2
20	M19-E3	25.2
21	M20-E15	25.7
22	M20-E26	31.3
23	M20-E28-C61	26.4
24	M20-E28-C16	28.6
25	M21-E9	30.1
26	M21-E13	33.8

ID	Código	Nivel (%)
27	M21-E26	32.91
28	M22E-2	13.07
29	M22-E10	27.25
30	M23-E13-C57	19.08
31	M23-E13-C14	20.43
32	M24-E2	14.86
33	M25-E2	3.15
34	M25-E30	27.36
35	M26-E4	18.93
36	M26-E19	21.01
37	M30-E12	30.51
38	M32-E1-C59	18.31
39	M32-E1-C14	17.36
40	M32-E16-C16	32.97
41	M32-E16-C61	35.62
42	M33-E11	18.27
43	M34-E34	18.38
44	M36-E40	25.54
45	M37-E13	20.89
46	M38-E10	29.97
47	M39-E31	33.23
48	M41-E27	23.42
49	M42-E4	25.71
50	M42-E13	27.91

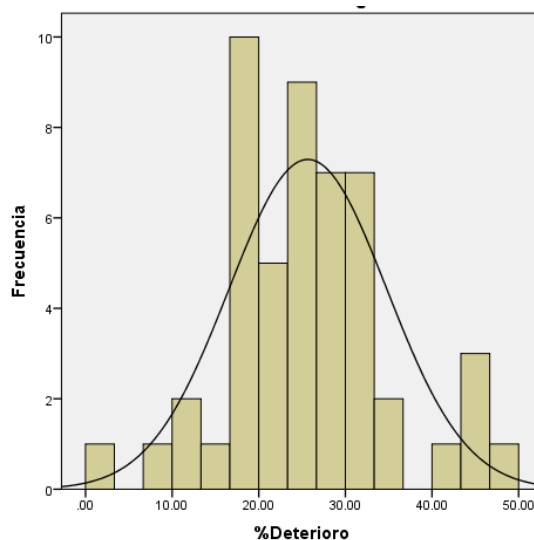


Figura 11. Histograma de frecuencias del nivel de deterioro

Además, se utilizó el valor estadístico de Saphiro Wilks, el cual mide la normalidad en muestras iguales o menores a 50 datos. Dado que el valor de la significancia es mayor a 0.05, se pudo concluir que los niveles de deterioro de las fachadas muestreadas se ajustan a la distribución normal. En la Tabla 29, se muestran los resultados de dichas pruebas.

Tabla 29. Pruebas de normalidad para la variable
Fuente: Elaboración propia

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Niv_Deterioro	0.113	50	0.145	0.973	50	0.296

Niv_Deterioro: Nivel de deterioro (%)

4.4 Construcción del modelo de estimación del deterioro de las fachadas del CHC

Para estimar el nivel de deterioro en las fachadas del CHC, en esta investigación se utilizó un modelo regresión lineal. Primero, se realizó la construcción de un modelo de correlación lineal múltiple, el cual integró las variables predictoras consideradas, siendo estas la edad de última intervención, orientación, uso del edificio y color de la fachada y, se buscó estimar el nivel de deterioro. Como resultado, se observó que la edad de la última intervención es la única variable que cumple con los criterios

estadísticos suficientes para ser incluidos en un modelo de regresión. Por este motivo, se utilizó un modelo de regresión simple, el cual incluye una sola variable predictora para estimar el valor de la variable de respuesta, en decir, se desarrolló un modelo para estimar el nivel de deterioro de la fachada según los valores de la edad de última intervención.

Para tener un mejor conocimiento del comportamiento del deterioro de las fachadas del CHC, se realizaron modelos de regresión lineal simple en diferentes escenarios, es decir, se agruparon las fachadas según las diferentes orientaciones, usos del edificio y colores de la fachada, obteniendo los modelos de regresión lineal simple para cada caso. El coeficiente de determinación R^2 se presenta, para mostrar la correlación entre el conjunto de datos.

4.4.1 Modelo de regresión lineal múltiple

Para desarrollar el modelo de regresión lineal múltiple se integraron los valores del nivel de deterioro estimado en todas las fachadas dentro de la muestra y, con ayuda del software estadístico SPSS 23 se utilizó el método por pasos para obtener el modelo. Los resultados del programa, y se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Variables excluidas
Fuente: Elaboración propia

Modelo	En beta	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticas de colinealidad Tolerancia
Orientación	0.026	0.447	0.657	0.065	0.917
Uso del Edificio	-0.028	-0.492	0.625	-0.072	0.977
Color fachada	0.028	0.490	0.627	0.071	0.983
Variable dependiente: Niv_Deterioro					

En este caso, las variables excluidas resultan ser la orientación, el uso del edificio y el color de la fachada, debido a sus niveles de significancia mayores a 0.05. De hecho, la única variable que cumple con los criterios para ser incluidos en el modelo es la variable correspondiente a la edad de la última intervención, tal como se observa en la Tabla 31.

Tabla 31. Variables de entrada
Fuente: Elaboración propia

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	Edad_Ultima	Orientación Uso del Edificio Color de la fachada	Por pasos (Criterios: Probabilidad-de-F-para-entrar \leq .050, Probabilidad-de-F-para-eliminar \geq .100).
Variable dependiente: Niv_Deterioro			

El modelo de regresión obtenido solo incluye la variable de última intervención y elimina las demás variables introducidas. En la Tabla 32, se muestran los valores del coeficiente de correlación R^2 , obtenidos con el software.

Tabla 32. Resumen del modelo
Fuente: Elaboración propia

Modelo	R	R^2	R^2 ajustado	Error estándar de la estimación
1	0.923	0.851	0.848	3.5098

Tal como se muestra en la tabla anterior, el modelo tiene una correlación buena con un valor de R^2 de 0.851. El modelo construido mediante el software se presenta en la Ecuación 7.

$$y = -4.547 + 0.715 (Ult_Int)$$

Ecuación 7.

Donde:

y: Nivel de deterioro estimado

Ult_Int: Edad de la última intervención

Con estos resultados, se acepta el modelo obtenido durante el análisis y se propone para estimar en nivel de deterioro de las fachadas

En la Tabla 33 se muestra la ANOVA presentada por el software.

Tabla 33. Tabla ANOVA modelo correlación múltiple
Fuente: Elaboración propia

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	3468.184	1	3468.184	275.04	.000b
	Residuo	605.254	48	12.609		
	Total	4073.439	49			

4.4.2 Análisis de regresión lineal simple

Se trata del caso básico, es decir, aquellos problemas en los que existe una variable predictora y una variable respuesta. Dado que los resultados del análisis de regresión múltiple sugieren solamente el uso de la fecha de última intervención para explicar el deterioro de las fachadas se utilizó este tipo de regresión y los análisis gráficos para conocer el comportamiento de la variable de respuesta. En este análisis, el valor de las abscisas está dado por la edad de la última intervención en meses y el valor de las ordenadas por el nivel del deterioro estimado según la metodología propuesta.

La Figura 12 presenta el análisis de regresión simple aplicado los 50 datos que componen la muestra. Utilizando el software SPSS 23, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 12, en los cuales se observa una correlación alta, explicando el 85.1% del comportamiento de la variable de respuesta, lo que según la literatura es considerado una correlación buena. Además, este valor es similar a lo obtenido con el análisis de regresión lineal múltiple. En este modelo, la variable predictora corresponde a la edad de la última intervención, es decir, el tiempo que se tiene desde la última acción de mantenimiento registrada.

Con el modelo obtenido, además, fue posible realizar estimaciones de la vida de servicio para los recubrimientos de la fachada. En la Tabla 34 se presenta los valores obtenidos en la regresión simple, utilizando niveles máximos de 10, 20 y 30%. Sin embargo, este valor no es diferente al obtenido al realizar una correlación lineal múltiple, presentado en la Ecuación 7. Por lo tanto, se asume que el modelo lineal simple es suficiente para estimar el valor de la variable independiente, en este caso el nivel de deterioro de las fachadas del CHC.

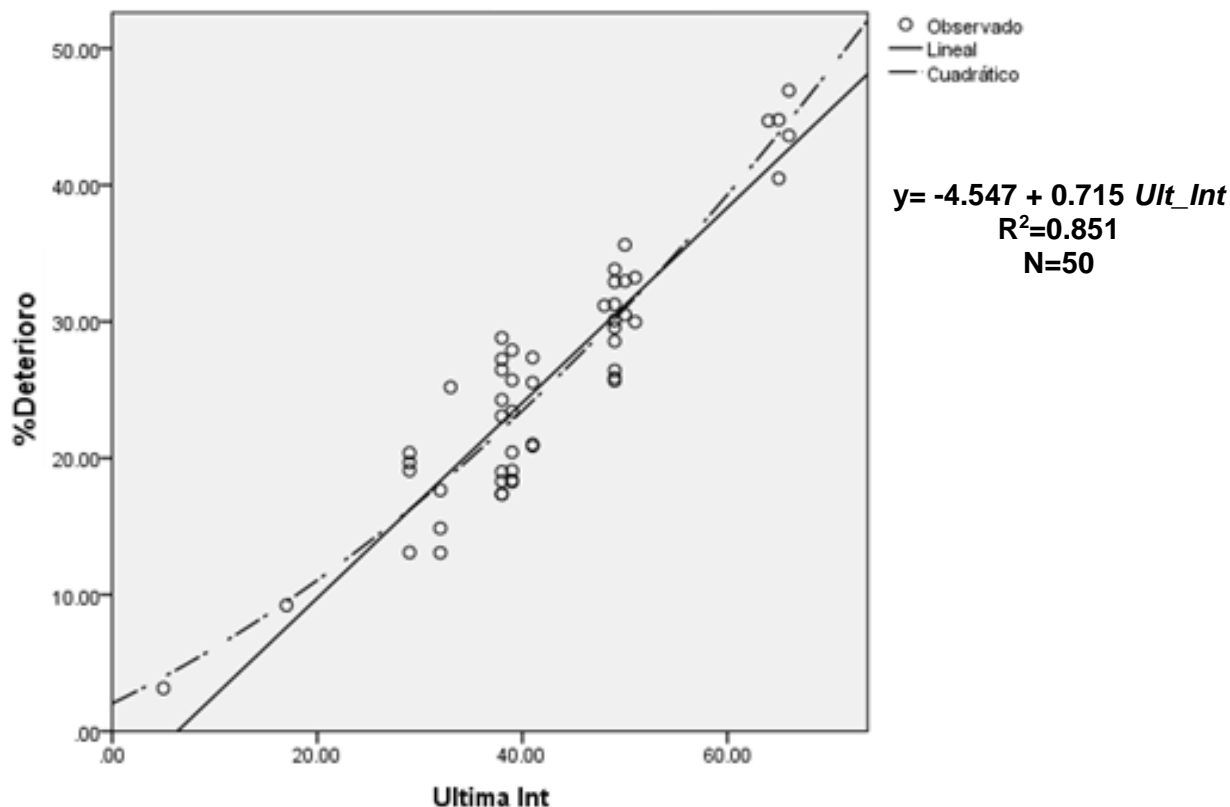


Figura 12. Modelo de regresión lineal simple para el total de la muestra

Específicamente el nivel de 30% es el propuesto por la literatura como el máximo permitido para realizar alguna acción de mantenimiento preventivo, a partir de este nivel, los costos de los trabajos se incrementan de una manera considerable debido a que los trabajos corresponden a acciones correctivas.

Tabla 34. Vida de servicio estimada
Fuente: Elaboración propia

Análisis de regresión lineal simple				
Vida de servicio estimada (meses)	Modelo lineal	Niveles máximo-permitidos		
	$y = -4.547 + 0.715 \text{ Ult_Int}$	10 %	20%	30%
	$R^2 = 0.851$	20.34	34.33	48.31

Ult_Int: Edad de la última intervención

Con el modelo lineal propuesto a partir de los datos de las 50 fachadas dentro de la muestra, la vida de servicio estimada considerando un nivel de deterioro máximo de

20% es de 34.33 meses. Si se considerase el nivel máximo de deterioro en un 30%, el valor de la vida de servicio es de 48.31 meses.

4.4.3 Análisis de regresión lineal simple en diferentes escenarios

Se proponen correlaciones lineales agrupando a la muestra según sus diferentes características de orientación, uso y color de la fachada. Con estas agrupaciones se correlacionan la variable del nivel de deterioro y la edad de la última intervención, esto para observar las variaciones del deterioro de las fachadas en los distintos escenarios.

a) Regresión lineal simple según la orientación de la fachada

La Figura 13 muestra la evolución del deterioro a través del tiempo según las diferentes orientaciones de la fachada. Para ello, se consideraron cuatro categorías correspondientes a norte, sur, este y oeste. De los resultados, es posible observar que existe una excelente correlación entre los valores de las fachadas este (0.941). Las fachadas norte (0.802) y sur (0.822), presentan una correlación buena. Las fachadas con orientación oeste (0.789), presentan una correlación aceptable.

Al utilizar los modelos obtenidos para realizar estimaciones de la vida de servicio, fue posible integrar la Tabla 35. En esta tabla se muestran la vida de servicio estimada para las diferentes orientaciones, utilizando niveles máximos de deterioro de 20 y 30%.

Tal como se muestra en la tabla, no existen diferencias significativas en los valores de la vida de servicio estimada según las diferentes orientaciones. Estos valores, además se acercan a las estimaciones realizadas utilizando todos los valores de la muestra. Teniendo un nivel de deterioro del 30%, se alcanzan valores máximos ligeramente más rápido en las fachadas orientadas al oeste. En contraparte, el valor máximo se alcanza en 50.30 meses al tener la orientación norte.

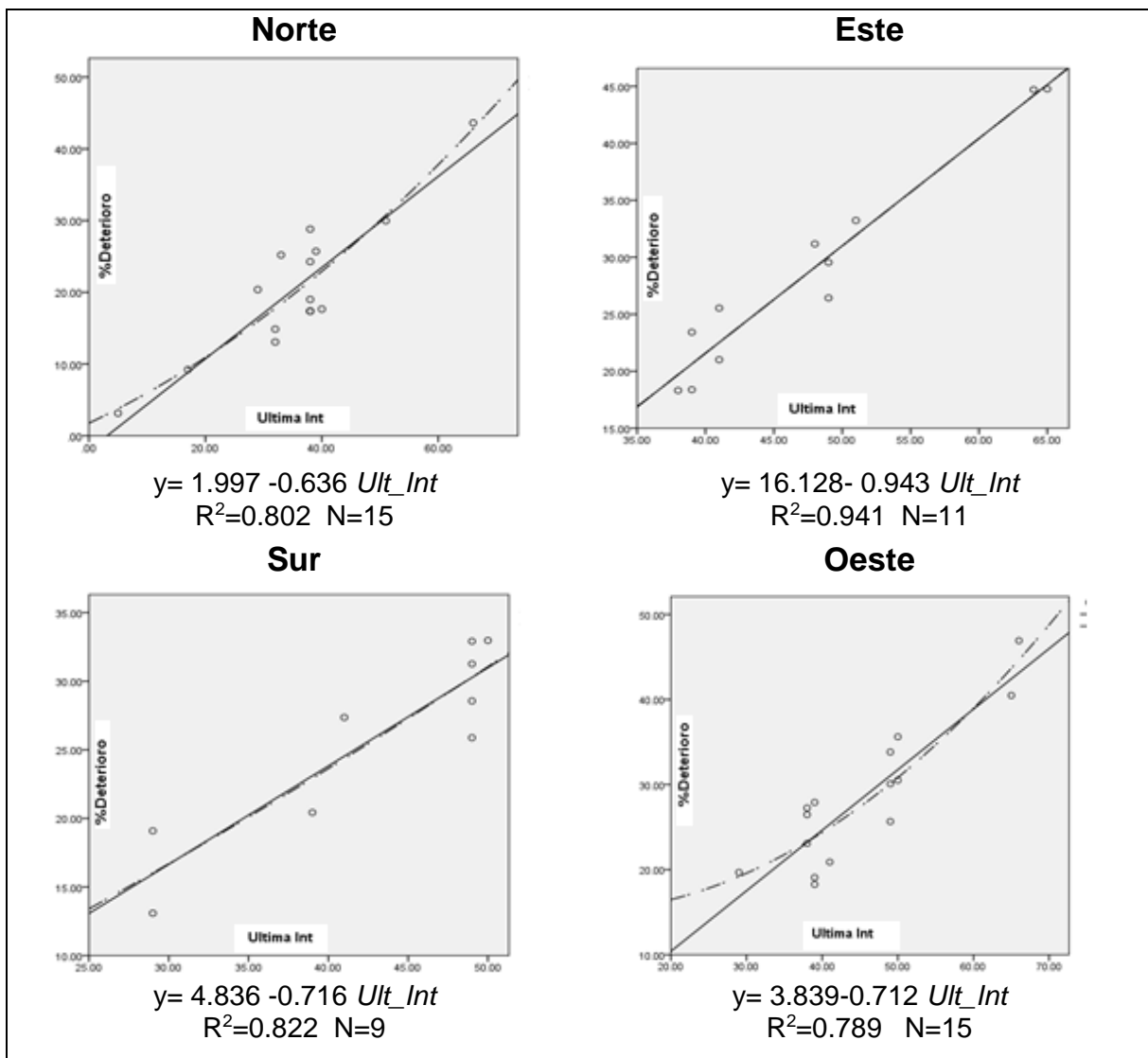


Figura 13. Modelos de regresión lineal simple según la orientación de la fachada

Tabla 35. Vida de servicio estimada según la orientación de la fachada

Fuente: Elaboración propia

Factor asociado		% Casos	Regresión lineal simple		
			Modelo	20%	30%
Orientación	Norte	30 (15)	$y = 1.997 - 0.636 \text{ Ult_Int}$ $R^2 = 0.802$	34.58	50.30
	Este	22 (11)	$y = 16.128 - 0.943 \text{ Ult_Int}$ $R^2 = 0.941$	38.30	48.91
	Sur	18 (9)	$y = 4.836 - 0.716 \text{ Ult_Int}$ $R^2 = 0.822$	34.68	48.65
	Oeste	30 (15)	$y = 3.839 - 0.712 \text{ Ult_Int}$ $R^2 = 0.789$	33.48	47.52

Ult_Int: Edad de la última intervención

b) Regresión lineal simple según el uso del *edificio*

Se clasificaron tres grupos según los usos del edificio, siendo estos, el desocupado, habitacional y comercial. La Figura 14. muestra los resultados obtenidos en el análisis de regresión simple para cada tipo de uso. Los resultados muestran que se tiene una correlación buena para los usos habitacional (0.865) y comercial (0.876). Para la clasificación desocupado, se tiene una correlación aceptable (0.782).

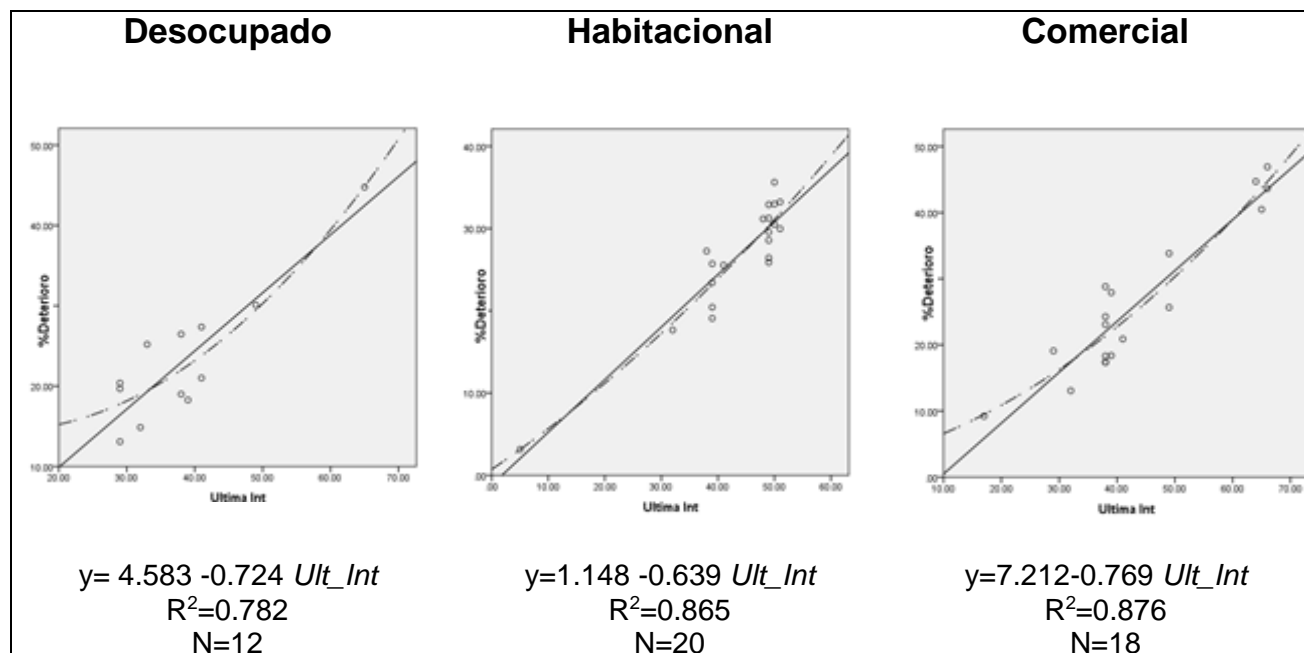


Figura 14. Modelos de regresión lineal simple según los usos del edificio

De la misma manera, se establecieron valores máximos de deterioro del 20 y 30%, y se analizó según los modelos obtenidos, estimando el tiempo, en meses, en los que se estima sean alcanzados dichos niveles. En la Tabla 36 se muestra la vida de servicio estimada para las diferentes usos y los modelos utilizados para su obtención.

En esta tabla es posible apreciar que, nuevamente no existen diferencias significativas en los valores de la vida de servicio estimada, según los diferentes usos. También, los valores estimados son apreciablemente cercanos a los obtenidos utilizando todos los valores dentro de la muestra.

Tabla 36. Vida de servicio estimada según los usos del edificio
Fuente: Elaboración propia

Factor asociado		% Casos (número de casos)	Regresión lineal simple		
			R2	20%	30%
Uso	Desocupado	24 (12)	$y = 4.583 - 0.724 \text{ Ult_Int}$ $R^2 = 0.782$	33.95	47.76
	Habitacional	40 (20)	$y = 1.148 - 0.639 \text{ Ult_Int}$ $R^2 = 0.865$	33.09	48.74
	Comercial	36 (18)	$y = 7.212 - 0.769 \text{ Ult_Int}$ $R^2 = 0.876$	35.38	48.39

Ult_Int: Edad de la última intervención

c) Regresión lineal simple según el color de la fachada

Se establecieron seis grupos para clasificar los colores usados en las fachadas del CHC acorde a la paleta autorizada. Los resultados del análisis de correlación lineal se muestran en la Figura 15, donde es posible observar que el color terracota, muestra una correlación excelente con un valor de 0.905; los colores beige y verde, presentan una correlación buena. Los colores amarillos y azul tienen correlaciones cuestionables, con 0.680 y 0.645 respectivamente, esto probablemente sea debido al poco número de datos para el análisis.

Se establecieron valores máximos de deterioro del 20 y 30%, y se estimó el tiempo, en meses, en los que estos niveles serían alcanzados. En la Tabla 37, se muestran la vida de servicio estimada para los diferentes colores.

Al igual que con los demás factores estudiados, no existen diferencias significativas en los valores de la vida de servicio estimada, según los diferentes colores. También, los valores estimados son apreciablemente cercanos a los obtenidos utilizando todos los valores dentro de la muestra.

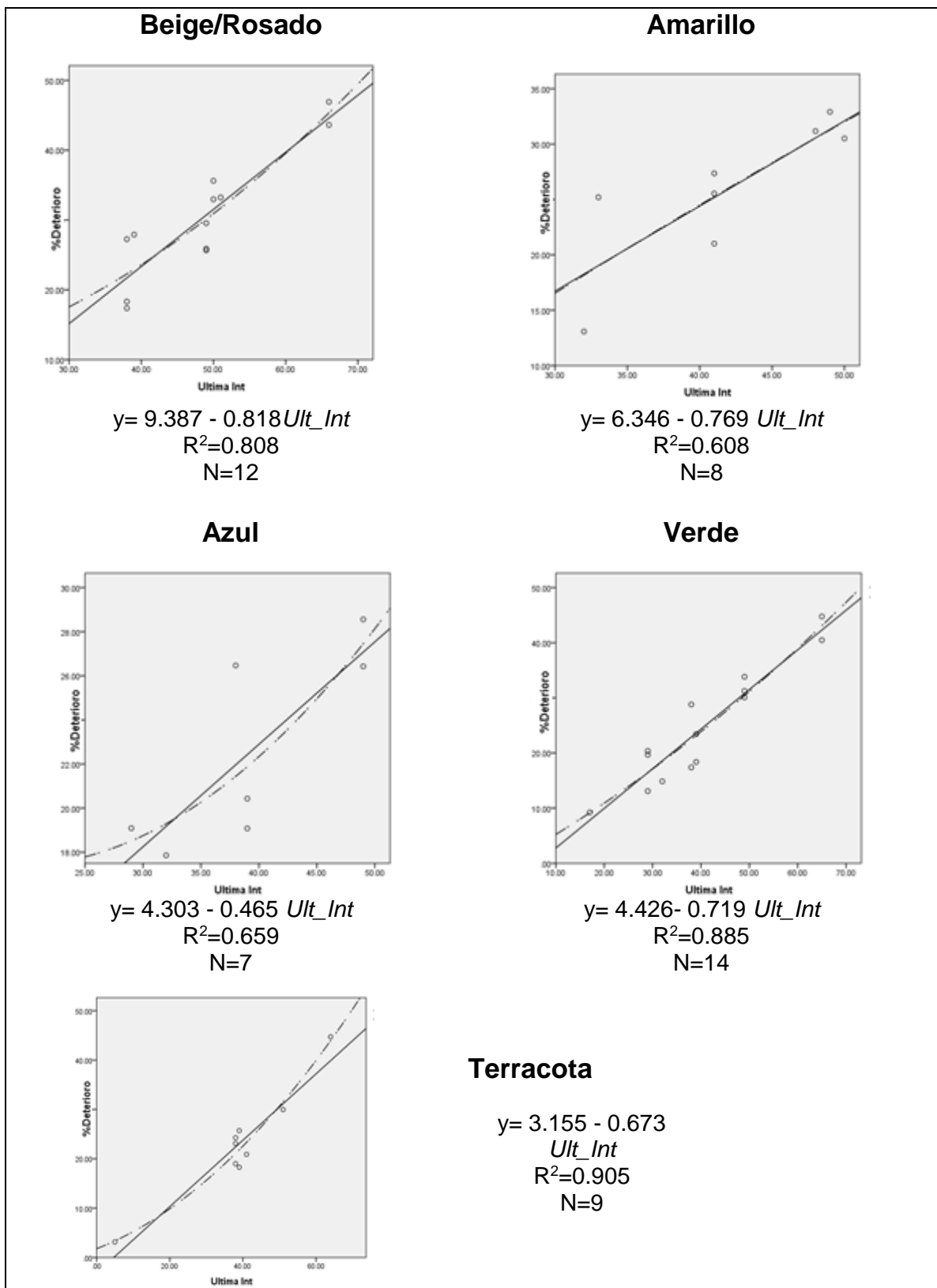


Figura 15. Modelos de regresión lineal simple según los colores de la fachada

Tabla 37. Vida de servicio estimada según el color de la fachada
Fuente: Elaboración propia

Factor asociado		% Casos (número de casos)	Regresión lineal simple		
			R ²	20%	30%
Color	Beige/Rosado	22 (12)	$y = 9.387 - 0.818 \text{Ult_Int}$ 0.808	35.92	48.15
	Amarillo	16 (8)	$y = 6.346 - 0.769 \text{Ult_Int}$ 0.680	34.26	47.26
	Terracota/Rojo	18 (9)	$y = 3.155 - 0.673 \text{Ult_Int}$ 0.905	34.40	49.26
	Azul	14 (7)	$y = 4.303 - 0.465 \text{Ult_Int}$ 0.645	33.75	55.26
	Verde	28 (14)	$y = 4.426 - 0.719 \text{Ult_Int}$ 0.885	33.97	47.88

Ult_Int: Edad de la última intervención

4.5 Validación del modelo propuesto

4.5.1 Validación interna

Para realizar la validación interna del modelo propuesto, se sustituyeron los valores de la muestra y su edad de última intervención. Con ello se obtuvo el valor de la magnitud media del error relativo (MMER). Los resultados de estos datos se presentan en la Tabla 38.

Al obtener la MMER se puede deducir el grado de predicción del modelo, en este caso el valor del error fue de 15.36%, lo cual, al compararlo con lo dicho en la literatura, se concluye que el modelo obtenido es bueno, debido a que MMER es menor al 25%.

4.5.2 Validación externa

Para realizar la validación externa del modelo, se realizaron diez nuevas mediciones dentro del CHC, las fachadas fueron elegidas aleatoriamente y se midieron en campo todas las variables con la metodología definida durante la investigación. Los resultados de estas nuevas mediciones se resumen en la Tabla 39. Las mediciones realizadas para obtener los datos son resumidas en el Apéndice 11.

Tabla 38. Validación interna del modelo
Fuente: Elaboración propia

ID	Niv. Det. medido (%)	Niv. Det. estimado (%)	Error relativo (%)
1	19.1	16.19	15
2	9.22	7.61	17
3	19	22.62	19
4	13.1	16.19	24
5	28.8	22.62	21
6	23.1	22.62	2
7	24.3	22.62	7
8	17.4	22.62	30
9	26.5	22.62	15
10	44.8	41.93	6
11	20.4	16.19	21
12	19.7	16.19	18
13	43.6	42.64	2
14	46.9	42.64	9
15	40.5	41.93	4
16	44.7	41.21	8
17	25.9	30.49	18
18	29.6	30.49	3
19	31.2	29.77	4
20	25.2	19.05	24
21	25.7	30.49	19
22	31.3	30.49	2
23	26.4	30.49	15
24	28.6	30.49	7
25	30.1	30.49	1
26	33.8	30.49	10

ID	Niv. Det. medido (%)	Niv. Det. estimado (%)	Error relativo (%)
27	32.91	30.49	7
28	13.07	18.33	40
29	27.25	22.62	17
30	19.08	23.34	22
31	20.43	23.34	14
32	14.86	18.33	23
33	3.15	0	100
34	27.36	24.77	9
35	18.93	18.33	4
36	21.01	24.77	18
37	30.51	31.20	2
38	18.31	22.62	24
39	17.36	22.62	30
40	32.97	31.20	5
41	35.62	31.20	12
42	18.27	23.34	31
43	18.38	23.34	27
44	25.54	24.77	3
45	20.89	24.77	19
46	29.97	31.92	6
47	33.23	31.92	4%
48	23.42	23.34	0%
49	25.71	23.34	9%
50	27.91	23.34	16%

Dado que el modelo solo requiere de la edad de la última intervención, este valor fue sustituido y con ello se obtuvo una estimación del valor del nivel de deterioro. El modelo validado se presentó en la Ecuación 7.

Tabla 39. Datos para la validación del modelo
Fuente: Elaboración propia

Id	Código	Niv_det	Ult_int	Orientación	Uso	Color
1	M7-E11	11.78	29.00	Sur	Comercial	Terracota
2	M12-E8	46.79	66.00	Oeste	Habitacional	Verde
3	M18-E22	33.91	49.00	Sur	Habitacional	Azul
4	M19-E24	26.80	49.00	Sur	Habitacional	Amarillo
5	M22-E5	23.60	38.00	Oeste	Desocupada	Amarillo
6	M33-E12	19.73	39.00	Oeste	Desocupada	Verde
7	M36-E37	19.81	41.00	Sur	Habitacional	Terracota
8	M38-E12	26.47	51.00	Norte	Habitacional	Verde
9	M39-E11	34.36	51.00	Norte	Habitacional	Verde
10	M40-E20	32.10	49.00	Oeste	Habitacional	Amarillo

Al comparar el valor del nivel de deterioro medido en campo y el nivel estimado, fue posible calcular la magnitud media del error relativo, estos cálculos se presentan en la Tabla 40.

Los resultados de la validación del modelo, muestran una diferencia del 22.60 % entre los valores estimados y lo observado en campo, al ser este valor menor al 25%, se comprueba que el modelo es confiable y su aplicación puede ser realizada para obtener los valores estimados del nivel de deterioro en las fachadas del CHC.

Tal como se documenta en la literatura, el error promedio en la validación externa tiende a ser mayor que el obtenido en la validación interna, siendo esta diferencia del 7.24%, esto debido al conjunto de datos con los que se obtienen las diferentes validaciones.

Tabla 40. Validación externa
Fuente: Elaboración propia

ID	Código	Edad de última int.(meses)	Nivel deterioro medido (%)	Nivel de deterioro estimado (%)	Error relativo (%)
1	M7-E11	29.00	12.41	16.18	30
2	M12-E8	66.00	48.46	42.64	12
3	M18-E22	49.00	37.05	30.48	18
4	M19-E24	49.00	38.20	30.48	20
5	M22-E5	38.00	28.29	22.62	20
6	M33-E12	39.00	19.15	23.33	22
7	M36-E37	41.00	17.37	24.76	43
8	M38-E12	51.00	23.78	31.91	34
9	M39-E11	51.00	28.17	31.91	13
10	M40-E20	49.00	35.39	30.48	14

5.DISCUSIÓN

Un adecuado mantenimiento en edificios puede significar un mejor aprovechamiento de los recursos invertidos, en contraparte, la falta de estas acciones provoca un deterioro prematuro de los elementos que lo conforman.¹³⁰ Para lograr un adecuado plan de mantenimiento, es necesario desarrollar procedimientos y herramientas que guíen las acciones del equipo administrador del edificio. Con la metodología propuesta fue posible desarrollar algunas herramientas que pueden asistir en las acciones de mantenimiento ejecutadas en el CHC y en otras ciudades.

Forster (2009) menciona que los mantenimientos preventivos y predictivos son económicamente más rentables y fundamentales para una buena conservación.¹³¹ Por otro lado, Camacho (2013), considera que un plan de mantenimiento de edificios no debe basarse únicamente en trabajos de manera preventiva, sino que debe de involucrar elementos del tipo correctivo, para lograr atender de forma eficiente las fallas que se presenten.¹³² Además, Sondagi et al. (2011) en su estudio concluye que los mantenimientos correctivos y reactivos son más comunes en la gestión que hacen los gobiernos en la conservación de edificios patrimoniales.¹³³

Lo expuesto anteriormente resulta coincidente con esta investigación, puesto que, durante el primer acercamiento a las actividades de mantenimiento y los expedientes de obra del CHC consultados, se encontró que los programas se realizan de una manera correctiva, es decir, cuando los elementos presentan un deterioro evidente y son próximos a alcanzar una vida útil de servicio. En el CHC, no existe un programa de mantenimiento planificado, el cual guíe las acciones y estime los recursos necesarios para realizar estos trabajos. Además, en ocasiones estos trabajos son programados en edificios sin un deterioro significativo. Por esta razón, se buscó

¹³⁰ Pablo Camacho, "Diseño de un plan modelo de mantenimiento para edificios del ICE abstract resumen," 2009.

¹³¹ Forster y Kayan, "Maintenance for historic buildings: a current perspective."

¹³² Camacho, "Diseño de un plan modelo de mantenimiento para edificios del ice abstract resumen."

¹³³ Sodangi, Idrus, and Khamidi, "Examining the maintenance management practices for conservation of heritage buildings in Malaysia."

mejorar el conocimiento del deterioro de las fachadas en el CHC y generar herramientas que para facilitar la planeación de los trabajos de mantenimiento.

Como parte de la metodología propuesta, se aplicó el método Delphi con el objetivo de conocer los procesos de deterioro más frecuentes en las fachadas del CHC y los factores que provocan su aparición, así como establecer una ponderación basada en el impacto que tiene cada proceso en el deterioro general de una fachada.

Como resultado, en esta investigación se encontró que los factores causantes del deterioro en las fachadas, según la percepción del grupo de expertos consultados, corresponden a factores internos, tales como los materiales utilizados en los proyectos, los defectos en la ejecución, y la falta de mantenimiento. Estos resultados coinciden con los documentados en la investigación de Ortega (2012), en la cual también utilizó el método Delphi para identificar los factores que inciden en el deterioro temprano de las fachadas de ciudades españolas.¹³⁴

En el caso de los factores ambientales, en la investigación realizada por Ravelo (2011), se identificó que la acción del agua, el viento y el asoleamiento, son los que principalmente inciden en el deterioro de las fachadas del barrio histórico de Colón, en Cuba.¹³⁵ De igual manera, en la investigación de Ortega, se reportó que los factores considerados como externos o de ambiente son los que tienen menor influencia en la aparición de procesos de deterioro. Lo anterior es consistente con lo obtenido en esta investigación, ya que se identificó que el efecto de la lluvia, la diversa exposición al sol, y la posición con respecto a los vientos, como los principales factores ambientales que afectan a las fachadas. Sin embargo, el factor ambiental identificado como el de mayor incidencia resultó ser la cercanía del CHC al mar. Estos resultados fueron de trascendencia en la elección de los factores considerados en la construcción del modelo propuesto.

¹³⁴ Ortega Serrano-Lanzarote, B., Fran-Bretones, J., "Identificación de procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas en España a partir del método Delphi."

¹³⁵ Ravelo, "Influencia de los elementos climáticos en el deterioro de las fachadas de edificaciones del barrio Colón."

Los procesos de deterioro identificados como los de mayor relevancia en el deterioro general de la fachada, según la percepción del grupo de expertos consultados en esta investigación, fueron los desprendimientos de aplanados, las eflorescencias, así como las humedades. Esto es similar a lo reportado en el trabajo de Ortega, pues identificó a los desprendimientos de aplanados y humedades como los procesos de deterioro de mayor relevancia.¹³⁶ De la igual manera, en la investigación presentada por Silva et al. (2016), el desprendimiento de aplanados también fue identificado como el proceso de deterioro que más se presenta en las fachadas.¹³⁷

En esta investigación se propone una herramienta de inspección visual que permite documentar la principal información de las fachadas, así como los procesos de deterioro presentes. Dicha herramienta se realizó siguiendo las recomendaciones dadas por la Inspección Técnica de Edificios de España (ITE) y la Norma ASTM-E2270-14. Sin embargo, la ITE recomienda no solo considerar las fachadas, sino también otros elementos, como las techumbres y cimentaciones para lograr una mejor conservación del edificio,¹³⁸ En esta investigación no se incluyó el estudio de estos elementos, ya que actualmente no son intervenidos durante los proyectos de mantenimiento. Por lo tanto, es necesario plantear acciones en otros elementos importantes de los edificios del CHC, con el objetivo de procurar la conservación del conjunto y no solo de los elementos en fachadas.

Por otro lado, este estudio se apoyó en modelos tridimensionales de cada fachada, obtenidos por medio de los Softwares Autodesk Revit 2017 y Autodesk ReCap 2017. Esto incluyó la obtención de nubes de puntos generadas a partir de una serie de fotografías tomadas a las fachadas. En este sentido, desde años atrás Rushlow (1994) ya había planteado la necesidad de utilizar herramientas informáticas para el manejo de la gran cantidad de información generada durante la gestión del mantenimiento de

¹³⁶ Ortega, "Propuesta metodológica para una aproximación energética-patrimonial a la ciudad histórica," 2010.

¹³⁷ Silva, "Methodology for service life prediction of architectural concrete facades," *Construction and Building Materials* 133 (2017): 261–74.

¹³⁸ Gobierno Vasco, "Guía Metodológica Para La Inspección Técnica de Edificios," *Vitoria-Gasteiz*, 2001.

edificios.¹³⁹ Además, Volk (2004), puntualiza las ventajas de utilizar estas herramientas recientemente desarrolladas, frente a los métodos tradicionales y ampliamente utilizados por los administradores de edificios en los trabajos de mantenimiento.¹⁴⁰ Sin embargo, el personal que actualmente está a cargo del mantenimiento en el CHC, no ha sido capacitado para el uso de este tipo de herramientas.

La metodología también incluyó un análisis de regresión múltiple donde se analizó la influencia en el deterioro de las fachadas que tienen las variables de orientación, color y uso del edificio, previamente seleccionadas. Como resultado, se obtuvo que estas variables no cumplen con los criterios de significancia estadística y son excluidos del modelo de regresión múltiple con el método paso a paso. En esta investigación se encontró que, la edad de última intervención es el factor que mejor describe el comportamiento del deterioro de las fachadas en el CHC, con un valor R^2 de 0.851, y que dicho modelo no tiene mejora al incluir otras variables.

Estos resultados fueron diferentes a los encontrados por Silva, quien realizó un análisis de regresión lineal múltiple, con el objetivo de identificar el nivel de influencia de ciertas variables en el deterioro de las fachadas. En dicho estudio, se obtuvo que la edad de última intervención, orientación, color y la distancia al mar corresponden a las variables con mayor influencia, obteniendo un modelo de regresión múltiple con un valor de R^2 de 0.836. También fueron analizadas otras variables como el tipo de recubrimiento, tipo de acabado, acción del viento, exposición a la humedad, distancia a las fuentes de contaminación, uso del edificio y altura del edificio; siendo los que tienen una mayor influencia al deterioro de edificios.

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de regresión múltiple los cuales sugieren que la variable de respuesta se explica con el uso de una sola variable predictora, se planteó el realizar un análisis de regresión lineal considerando únicamente la edad de la última intervención y el nivel de deterioro, teniendo como

¹³⁹ Rushlow, *Proactive maintenance planning for historic building*.

¹⁴⁰ Volk, Stengel, and Schultmann, "Building information modeling (bim) for existing buildings - literature review and future needs."

resultado un modelo similar al obtenido con la regresión múltiple y que se propone para describir el deterioro de las fachadas en el CHC.

Siguiendo las recomendaciones dadas en la literatura, se estableció un valor del nivel de deterioro máximo permitido en 30% (el cual representa el límite entre un mantenimiento preventivo y uno correctivo). Utilizando el modelo y las gráficas resultantes del estudio de una muestra aleatoria de 50 fachadas en el CHC, se estimó que el nivel máximo de deterioro de 30% se alcanza en 4.02 años.

En el estudio realizado por Silva et al. con una muestra de 220 fachadas de edificios en Portugal, con recubrimientos de pintura y edades de construcción menores a 60 años, el nivel de deterioro del 30% es alcanzado en 11 años. La diferencia tan significativa entre el tiempo en que se alcanza el nivel máximo de deterioro (30%) en ambos estudios, puede ser atribuida a que en el caso del CHC se realizó el estudio en fachadas construidas entre los siglos XVI y XVIII, mientras que las fachadas estudiadas en Portugal corresponden a edificios de construcción más reciente y con procedimientos constructivos diferentes a los encontrados en el CHC.

De estos resultados, también llama la atención que, aunque las fachadas del CHC han sido intervenidas en múltiples proyectos de mantenimiento, el tiempo en el que se alcanza el nivel máximo de deterioro (30%) fue menor a lo esperado. Por lo que se considera necesario revisar los procedimientos constructivos, materiales y mano de obra empleados en los trabajos de mantenimiento del CHC, con la finalidad de reducir la frecuencia entre los trabajos de mantenimiento y aumentar la vida de útil de los trabajos en las fachadas. Ya que, además, el realizar trabajos de mantenimiento de manera frecuente puede dañar la autenticidad e integridad del edificio histórico. Sobre esto último, la ICOMOS recomienda que en edificios con valor histórico se debe buscar que estas intervenciones sean las mínimas necesarias, con el fin de garantizar la estabilidad física y estructural del edificio.¹⁴¹

¹⁴¹ ICOMOS, "Criterios de conservación del patrimonio arquitectónico del siglo XX.," 2011, 3–7.

6. CONCLUSIONES

La planeación del mantenimiento en edificios evita gastos innecesarios y reduce los costos al realizar estos trabajos. Al ejecutar acciones de mantenimiento antes de que se presente un deterioro importante, se requiere una menor cantidad de recursos económicos y naturales. Bajo esta problemática, se planteó la necesidad de desarrollar la investigación sobre el deterioro de las fachadas del CHC, mismo que contribuya al desarrollo e implementación de planes de mantenimiento en edificios, y particularmente en las fachadas del CHC, donde actualmente no existe una metodología definida y se trabaja bajo un sistema correctivo.

La finalidad de esta investigación fue brindarles a los administradores del CHC un documento técnico donde se muestren modelos que emulen el deterioro de las fachadas y tener un mejor conocimiento del sistema que conforma el CHC. La propuesta, basada en los procedimientos e investigaciones desarrolladas en otras partes del mundo, puede ser utilizada para desarrollar planes de mantenimiento que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos invertidos.

Esta investigación es un primer paso para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para las fachadas del CHC. En futuras investigaciones es necesario integrar herramientas que para obtener la cantidad de materiales y el costo del mantenimiento de edificios. Además, la metodología propuesta, puede ser adaptada para otros centros históricos, en búsqueda de mejorar la planeación del mantenimiento, así como en los edificios no históricos que requieran de un mantenimiento sistemático.

Con la presente investigación fue posible construir un modelo para estimar el nivel de deterioro de las fachadas del CHC. Este modelo fue desarrollado gracias a los registros históricos de los planes de mantenimiento que se han ejecutado durante los últimos años, el estudio de las características particulares de cada edificio bajo una muestra probabilística y la participación de profesionales vinculados al mantenimiento del CHC. Con ello se logró documentar la base técnica de los procedimientos y herramientas para mejorar la conservación del CHC.

Para diagnosticar el comportamiento de un edificio es necesario realizar inspecciones con periodicidad, con esta finalidad se propuso una herramienta que facilite estas

inspecciones basados en guías y manuales, que proporcionen las directrices necesarias. Se desarrolló una herramienta para la inspección técnica de edificios a partir de observaciones visuales, misma que cumple con las recomendaciones dadas por la *ASTM-E2270-14-Standard Practice for Periodic Inspection of Building Facades for Unsafe Condition* y la Inspección Técnica de Edificios (ITE) de España, y que se identifican como las principales herramientas para planificar el mantenimiento. Esta herramienta puede ser utilizada por los administradores del CHC para documentar el estado de deterioro de las fachadas y estimar las necesidades de mantenimiento de un elemento.

Con la finalidad de identificar los factores asociados al deterioro de las fachadas del CHC, así como, determinar aquellos procesos de deterioro que producen un mayor daño en las fachadas del CHC, se realizó la aplicación del método Delphi con personal relacionado con el mantenimiento de edificios en el CHC. De la implementación del método Delphi, se pueden concluir los siguientes puntos:

- Según la percepción del grupo de expertos consultados, los factores que tienen una mayor influencia en el deterioro de las fachadas del CHC son los factores internos del edificio, estos factores son principalmente asociados a la periodicidad del mantenimiento, la calidad de los trabajos, los materiales y la mano de obra. Los factores externos, asociados a las condiciones ambientales y de entorno, contribuyen en menor medida al deterioro de las fachadas.
- Según la percepción del grupo de expertos consultados, dentro de los procesos de deterioro comunes en las fachadas del CHC, los desprendimientos de aplanados, eflorescencias y humedades, son los procesos que contribuye en mayor medida al deterioro de las fachadas. Esta información resultó útil para comparar los procesos de deterioro, realizar una clasificación y estimar el efecto de la aparición de cada uno de ellos en el deterioro de la fachada.

Se realizó el estudio del deterioro en una muestra aleatoria de cincuenta fachadas en el CHC. Para realizar el estudio de deterioro, se utilizaron herramientas de modelado fotogramétrico, con las cuales se obtuvieron nubes de puntos para cada una de las fachadas que conformaron la muestra. Luego, se procesó la información en un modelo

en tres dimensiones. De estas acciones se concluye que es posible la utilización de herramientas de reciente desarrollo para facilitar la documentación de los edificios históricos y asistir en la planeación del mantenimiento de edificios.

Como resultado de las estimaciones de deterioro en las fachadas dentro de la muestra, se obtuvo un modelo estadístico de regresión lineal. Dicho modelo, fue elaborado considerando una variable a estimar correspondiente al nivel de deterioro, y cuatro variables predictoras. Las variables predictoras fueron seleccionadas a partir de la revisión de la literatura, los resultados del método Delphi, la posibilidad de ser estimados con las herramientas disponibles, así como, sus variaciones entre los edificios, evitando que estas se comportaran de manera homogénea en todo el sistema. Como resultado, fueron estimados los efectos de la edad de última intervención, la orientación de la fachada, el uso y el color del edificio. De la obtención del modelo se pueden concluir los siguientes puntos:

- La edad de la última intervención fue la variable predictora analizada que cumplió con los criterios para ser incluidos en un modelo estadístico de regresión. Con sus valores es posible obtener un modelo para estimar el nivel de deterioro en las fachadas del CHC, con un nivel de correlación bueno según su valor R^2 .
- Otros factores como la orientación, el uso y el color del edificio, no contribuyen de manera significativa en el deterioro de las fachadas del CHC que formaron parte de la muestra analizada, por lo tanto, no fueron incluidas en el modelo propuesto.

Utilizando el modelo propuesto en esta investigación y estableciendo niveles máximos permisibles de deterioro, según las recomendaciones dadas en la literatura, fue posible estimar una vida útil de los trabajos de mantenimiento. Esta vida útil correspondió a un nivel de 30% de deterioro en la fachada. Sin embargo, tal como lo especifica la literatura, el establecimiento de estos niveles dependerá de las decisiones que los administradores del sistema de edificios consideren y los estándares de servicio adoptados, ambos basados en la finalidad de establecer un ciclo de mantenimiento basado en la vida útil de servicio. A partir de las consideraciones hechas se pueden concluir los siguientes puntos:

- Un nivel de deterioro del 20% en la fachada es alcanzado en un tiempo de 34.33 meses.
- Un nivel de deterioro máximo de 30% es alcanzado en un periodo de 48.31 meses.
- No existen variaciones en los tiempos en que fueron alcanzados los niveles de deterioro máximos, según las diferentes orientaciones, usos, y colores en las fachadas que conformaron la muestra.

Estos niveles son alcanzados en un periodo de tiempo menor a lo documentado en otros estudios similares y las recomendaciones dadas para la protección de edificios históricos, por lo tanto, es necesario la mejorar la conservación de las fachadas del CHC, específicamente a los proyectos de mantenimiento y su ejecución, identificados como los de mayor contribución al deterioro.

Al elaborar el estudio, se ha podido conocer el comportamiento del deterioro en las fachadas del CHC. Con la información obtenida, se contribuye al desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo, la mejora en la planeación de los proyectos ejecutados y el mejor aprovechamiento de los recursos empleados en las fachadas del CHC.

7. RECOMENDACIONES

Como resultado del desarrollo de esta investigación, el análisis de los trabajos previos consultados y con el objetivo de mejorar el mantenimiento de las fachadas y edificios del CHC, se hacen las siguientes recomendaciones.

Se plantea la necesidad de desarrollar planes de mantenimiento a largo plazo en el CHC, basados en los tipos de mantenimientos preventivo y predictivo. Estos tipos de mantenimiento han sido ampliamente comprobados como aquellos que permiten hacer un mejor uso de los recursos disponibles, tal como se documenta en la literatura, además de que permiten estimar los recursos necesarios para desarrollar los proyectos mejorando la planeación.

Revisar los procedimientos constructivos, materiales, y mano de obra empleados durante los proyectos de mantenimiento del CHC, con la finalidad de mejorarlos y extender la vida útil de servicio estimada. Esto lograría conservar la autenticidad de los elementos y minimizar las intervenciones necesarias para la conservación del CHC.

Analizar la posibilidad de incluir otros elementos del edificio durante los proyectos de mantenimiento, y no enfocarse en solamente en las fachadas. La conservación solamente de la fachada del edificio y el deterioro de los elementos en su interior contribuye a la pérdida de nuestra herencia cultural.

Crear una oficina encargada de la conservación del CHC, que desarrolle los programas de mantenimiento y de seguimiento a estos trabajos. Esta oficina deberá estar involucrada con los organismos públicos y privados, con el objetivo de trabajar conjuntamente para mejorar las condiciones del CHC. Además, el personal deberá tener alto conocimiento del patrimonio cultural, procedimientos constructivos y la normativa regulatoria vigente.

Capacitar al personal que desarrolla los trabajos de mantenimiento en la utilización de tecnología de reciente creación. Esto con la finalidad de facilitar el manejo de la gran cantidad de información generada durante los proyectos, la documentación de las intervenciones y mejorar el flujo de información. Con el resguardo de esta información,

y de su análisis, es posible desarrollar investigaciones con un mayor sustento y, como resultado, la mejora de los procedimientos en el CHC.

Realizar un monitoreo a través de inspecciones visuales de manera periódica en los edificios del CHC. Esto con el objetivo de dar seguimiento al estado de conservación del edificio y evaluar los trabajos de mantenimiento realizados. Llevar a cabo estas tareas permitiría tener una mejor documentación del deterioro de las fachadas a través del tiempo, información que es necesaria durante el desarrollo de los planes de mantenimiento. En esta investigación se desarrolló una herramienta metodológica que pudiese ser utilizada para estimar el nivel de deterioro de las fachadas y facilitar las inspecciones visuales del CHC, otros centros históricos y edificios con necesidad de un mantenimiento sistemático.

Realizar el estudio del deterioro en distintas muestras de la población total para verificar el comportamiento de las fachadas del CHC y los resultados del modelo propuesto. Además, se plantea la necesidad extender la población a la zona de transición del CHC y que en ocasiones ha sido intervenido durante los proyectos de mantenimiento, lo que permitiría el mejor conocimiento del deterioro de los edificios a través del tiempo y según sus características particulares.

El modelo y herramientas desarrolladas en esta investigación corresponden a un primer paso en el desarrollo de planes de mantenimiento y el análisis del deterioro de las fachadas del CHC. A pesar de ello, la estructura metodológica puede ser adaptada para incorporar otro tipo de datos. Es necesario avanzar en esta línea para tomar en cuenta información de que permita el análisis de otros aspectos fundamentales como los recursos económicos necesarios para las intervenciones.

Por último, se recomienda continuar con los trabajos de conservación en el CHC, puesto que su valor arquitectónico y cultural es incuestionable, y corresponde a uno de los patrimonios edificados de mayor relevancia en la república mexicana.

BIBLIOGRAFÍA

- 8/2011, Real Decreto-ley. *Inspección Técnica de Edificios (I.T.E.). Guía Metodológica*, 2014.
- Al-homoud, Mohammad S. "Performance Characteristics and Practical Applications of Common Building Thermal Insulation Materials." *Elsevier* 40 (2005): 353–66. doi:10.1016/j.buildenv.2004.05.013.
- Alchapar, N, and E Correa. "Reflectancia Solar de Las Envolventes Opacas de La Ciudad y Su Efecto Sobre Las Temperaturas Urbanas." *Informes de La Construcción* 67 (2015).
- "Asociación Nacional de Ciudades Mexicanas Patrimonio Mundial." Accessed October 26, 2016. <http://ciudadespatrimonio.mx/ancmpm/nuestra-asociacion/>.
- ASTM International. "ASTM E2270-14, Standard Practice for Periodic Inspection of Building Facades for Unsafe Conditions." *West Conshohocken, PA*, 2014.
- Baik, A. "Digital Heritage Documentation Via TLS And Photogrammetry Case Study." *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 2017.
- Biafore, B., & Stover, T. S. *Gestión de Proyectos En El Mundo Real*. Edited by Anaya Multimedia, 2004.
- Camacho, Pablo. "Diseño de Un Plan Modelo de Mantenimiento Para Edificios Del ICE Abstract Resumen," 2009.
- Campeche, H. Ayuntamiento de. "Reglamento de Construcciones Del Municipio de Campeche." *Periódico Oficial Del Gobierno Del Estado.*, 2009, 1–116.
- . "Reglamento de Imagen Urbana Del Municipio de Campeche." *Periódico Oficial Del Gobierno Del Estado.*, 1993.
- Canada's Historic Places. *Standards and Guidelines for the Conservation of Historic Places in Canada*. Cánada., 2010.
- Canada Mortgage and Housing Corporation. "Service Life of Multi-Unit Residence Building, Elements and Equipament." *Ontario CMHC*, 2000.

- Cantero Martínez, Josefa, and Miguel Sánchez Morón. "Régimen Jurídico de La Función Pública," 2013.
- Canto, Raúl Rivero. "Arquitectura Histórica y Patrimonio Cultural." *Revista de La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Universidad de Cuenca.*, 2015.
- Clifton, J., and J. Pommersheim. "Prediction of Concrete Service-Life." *ACI Materials Journal*, 1993.
- CONACULTA. "Nuevos Caminos En Campeche." *Guias de Turismo Cultural*, 2009, 1.
- "Coordinacion Nacional de Patrimonio Cultural y Turismo." Accessed October 24, 2016. http://www.cultura.gob.mx/turismocultural/patrimonio_cultural/.
- Coulomb, René. "Modelos de Gestión En Los Centros Históricos de América Latina y El Caribe En Busca de La Integralidad , La Gobernabilidad Democrática y La Sostenibilidad." *La Ciudad Construida.*, 2001, 77–95.
- Dann, Nigel, Derek Worthing, and Stephen Bond. "Conservation Maintenance Management: Establishing a Research Agenda." *Structural Survey* 17, no. 3 (1998): 143–53.
- Egusquiza Ortega, Aitziber. "Propuesta Metodológica Para Una Aproximación Energética-Patrimonial a La Ciudad Histórica," 2010.
- . *Propuesta Metodológica Para Una Aproximación Energética Patrimonial a La Ciudad Histórica. Tesis de Master. Universidad Politécnica de Cataluña*, 2010.
- "Evaluación Del Deterioro de Las Construcciones Del Centro Histórico de Mérida." *Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán*, 1994.
- Fernández, Aguerre. "Ajuste a Modelos de Estimación.Un Modelo de Estimación Para El Caso de Aplicación." *Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio En Educación*, 2003.
- Flores-Colen, I., J. de Brito, and V. Freitas. "Discussion of Criteria for Prioritization of Predictive Maintenance of Building Façades: Survey of 30 Experts." *Journal of Performance of Constructed Facilities* 24, no. 4 (2010): 337–44.
- Flores-Colen, I, and J D Brito. "Discussion of Proactive Maintenance Strategies in

- Façades' Coatings of Social Housing." *Journal of Building Appraisal* 5, no. 3 (2010): 223–40.
- Flores-Colen, Inês, and Jorge de Brito. "Methodology for Proactive Maintenance of Current Buildings." *XXX IAHS 31 World Congress on Housing Housing Process & Product*, 2003.
- Forster, Alan M., and Brit Kayan. "Maintenance for Historic Buildings: A Current Perspective." *Structural Survey* 27, no. 3 (2009): 210–29.
- Garrido, M. A., P. V. Paulo, and F. A. Branco. "Service Life Prediction of Facade Paint Coatings in Old Buildings." *Construction and Building Materials* 29 (2012): 394–402.
- George, D., and P. Mallery. "SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference." *Allyn & Bacon* 4th Editio (2004).
- Gobierno de la Ciudad de México. "Manual Ciudadano Para El Cuidado Del Centro Histórico." *Fideicomiso Centro Histórico de La Ciudad de México.*, 2014, 95.
- Gobierno del Estado de Campeche 2009-2015. "Sexto Informe de Gobierno," 2015.
- Gómez Porter, Pablo Francisco. "La Gestión Urbana de Los Centros Históricos." *Estudios Sobre Conservación, Restauración y Museología. Volumen I* 11 (2010): 156–66.
- González Medina, Raúl, and Aurelio Sánchez Suárez. "Patrimonio Histórico versus Patrimonio Moderno: Problemática de Conservación Del Edificio de Los Poderes de Campeche, México." *Intervención (México DF)* 6, no. 11 (2015): 61–72.
- Gordon, T., and A. Pease. "RT Delphi: An Efficient, 'Round-Less' Almost Real Time Delphi Method. T." *Technological Forecasting and Social Change*, 2006, 321–33.
- H. Congreso de la Unión. "Ley Federal Sobre Monumentos Y Zonas Arqueológicas , Artísticos E Ley Federal Sobre Monumentos Y Zonas Arqueologicos , Artisticos E Historicos." *Diario Oficial de La Federación*, 2012, 1–15.
- Hernandez Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, and Lucio Pilar Baptista. *Metodología de La Investigación*. McGrawHill. México, 2010.

- Hgrd, Anders, and Lars Sivik. "NCS-Natural Color System: A Swedish Standard for Color Notation." *Color Research & Application* 6, no. 3 (1981).
- Hovde, P J, and K Moser. *Performance Based Methods for Service Life Prediction. State of the Art Reports, CIB Report: Publication*. Vol. 294, 2004.
- ICOMOS. "Carta de Venecia." *Carta Internacional Sobre La Conservación y La Resturación de Monumentos y Sitio.*, 1964.
- . "Criterios de Conservación Del Patrimonio Arquitectónico Del Siglo XX.," 2011, 3–7.
- . "Reseña Histórica de ICOMOS México." *Consejo Internacional de Monumentos y Sitios*, 2010.
- "Instituto Nacional de Antropología e Historia.," n.d. <http://www.inah.gob.mx/es/quienes-somos>.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. *Manual General de Mantenimiento de Monumentos Históricos*, 1990.
- "Instituto Nacional de Bellas Artes." Accessed January 1, 2016. <http://www.inba.gob.mx/ConoceInba>.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. "Estudio de Emisiones y Actividad Vehiculares En Campeche , Campeche ." Vol. 52, 2012.
- Jonathan, Hernández Omaña. "Metodología de Indicadores Tangibles Para Medir El Deterioro Del Patrimonio Cultural de Toluca." *Coloquio de Diseño Fuademex*, 2014.
- Krstić, Hrvoje, and Saša Marenjak. "Analysis of Buildings Operation and Maintenance Costs." *Građevinar* 64, no. 4 (2012): 293–303.
- la Calle Vaquero, Manuel De, and María García Hernández. "Ciudades Históricas: Patrimonio Cultural y Recurso Turístico." *Ería*. Ería Revista Cuatrimestral de Geografía, 1998.
- Landeta, J. *El Método Delphi. Una Técnica de Previsión Del Futuro.*, 1999.

- Luque, Emilio. "Novedades y Retos En La Gestion de Centros Históricos de Europa, Latinoamérica y El Caribe (1980-2015)." *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, no. 1996 (2007).
- Mantecón, Ana Rosas. "Usos y Desusos Del Patrimonio Cultural: Retos Para La Inclusión Social En La Ciudad de México." *Anais Do Museu Paulista* 13, no. 2 (2005): 235–56. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27313207>.
- Melé, Patrice. "La Construcción Jurídica de Los Centros Históricos: Patrimonio y Políticas Urbanas En México." *Instituto de Investigaciones Sociales de La Universidad Nacional Autónoma de México* 57, no. 1 (1995).
- Mercado Lopez, Eugenio. "Políticas Públicas Para La Conservación Del Patrimonio Edificado: Michoacán, Caso de Estudio." *Memorias Del 4º Foro Académico 2011 EMCRyM*, 2011, 145–50.
- Morales, Francisco Javier López. "Campeche, Centro Histórico Fortificado." *Revistas Javeriana* 17, no. 12 (1986).
- Neelamkavil, Joseph. "Condition-Based Maintenance in Facilities Management," 2011, 33–40.
- Negrín Muñoz, Alejandro. *Campeche Textos de Su Historia*. Edited by Gobierno del Estado Campeche, 1991.
- Ortega Serrano-Lanzarote, B., Fran-Bretones, J., L. "Identificación de Procesos Patológicos Más Frecuentes En Fachadas y Cubiertas En España a Partir Del Método Delphi." *Informes de La Construcción* 67, no. 537 (2015). doi:10.3989/ic.13.144.
- Ortega, Leticia. "Propuesta Metodológica Para Estimar La Vida Útil De Los Sistemas Constructivos De Fachadas Y Cubiertas Utilizados Actualmente Con Más Frecuencia En La Edificación Española a Partir Del Método Propuesto Por La Norma Iso-15686." *Universidad Politécnica de Valencia*, 2012, 265.
- Ortega Mohedano, Felix. "El Método Delphi , Prospectiva En Ciencias Sociales." *Revista EAN*, no. 64 (2008): 31–54.

- Pardo, Hiriart, Chanfón Olmos, and Carlos Alberto. "El Centro Histórico De Morelia ; Su Revitalización Y Los Retos Y Estrategias Para Su Conservación Integral." *Estrategias Relativas Al Patrimonio Cultural Mundial. La Salvaguarda En Un Mundo Globalizado. Principios, Practicas y Perspectivas*, 2002, 239–42.
- PARISCA, S. "El Método Delphi. Gestión Tecnológica y Competitividad. En Parisca, S. Estrategia y Filosofía Para Alcanzar La Calidad Total y El Éxito En La Gestión Impresional." *La Habana: Academia*, 1995, 129–41.
- Pendlebury, John. "The Conservation of Historic Areas in the UK. A Case Study of 'Grainger Town', Newcastle upon Tyne." *Cities* 16, no. 6 (1999): 423–33.
- Pereira Roders, Ana Rita Gomes Mendes Martins, and Ron van Oers. "World Heritage Cities Management." *Facilities* 29, no. 7/8 (2011): 276–85.
- Pol, Francisco. "La Recuperacion de Los Centros Historicos En España.," 1993.
- Quintero, Mario Santana, Bill Blake, and Rand Eppich. "Conservation of Architectural Heritage:The Role of Digital Documentation Tools." *International Journal of Architectural Computing* 5, no. 2 (2007): 240–53.
- Ravelo, Gisela. "Influencia de Los Elementos Climáticos En El Deterioro de Las Fachadas de Edificaciones Del Barrio Colón" XXXII (2011).
- Republica, Gobierno de la. "Diario Oficial de La Federación." *DOF*, 1986.
- Reye, Javier, and Patricia Quintana. "Chemical Characterization of Crusts Formed in Mortars of Historical Buildings in San Francisco De." *ReseachGate*, no. July 2015 (2015).
- Reyes, Javier, Francisco Corvo, Yolanda Espinosa, and Tezozomoc Perez. "Influence of Air Pollution on Degradation of Historic Buildings at the Urban Tropical Atmosphere of San Francisco de Campeche City , México." *INTECH*, 2011.
- Rushlow, Frederick J. *Proactive Maintenance Planning for Historic Building*. Edited by USArmy of Engineer Construction Engineering Research Laboratories. Corps, 1994.
- Sarja, A., and E. Vesikari. "Durability Design of Concrete Structures." *E & FN*, 1996.

- Secretaría de Desarrollo Social. "Guía Metodológica Para La Formulación, Seguimiento y Evaluación de Planes de Manejo Para Las Ciudades Mexicanas Patrimonio de La Humanidad y Los Centros Históricos y Tradicionales Del País." *Gobierno Federal México*, 2010.
- Serralheiro, Maria Inês, Jorge de Brito, and Ana Silva. "Methodology for Service Life Prediction of Architectural Concrete Facades." *Construction and Building Materials* 133 (2017): 261–74.
- Shohet, Igal, and Alexander Laufer. "Exterior Cladding Methods: A Technoeconomic Analysis." *Journal of Construction Engineering and Management*, no. September (1996): 242–47.
- Silva, a., J. L. Dias, P. L. Gaspar, and J. de Brito. "Service Life Prediction Models for Exterior Stone Cladding." *Building Research & Information* 39, no. 6 (2011): 637–53. doi:10.1080/09613218.2011.617095.
- Silva, A., P.L. Gaspar, J. de Brito, and L.C. Neves. "Probabilistic Analysis of Degradation of Façade Claddings Using Markov Chain Models." *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 2015.
- Silva, Ana, Jorge de Brito, and Pedro Lima Gaspar. *Methodologies for Service Life Prediction of Buildings*. Springer., 2016.
- . "Methodologies for Service Life Prediction of Buildings," 2016. doi:10.1007/978-3-319-33290-1.
- Sirisrisak, Tiamsoon. "Conservation of Bangkok Old Town." *Habitat International* 33, no. 4 (2009): 405–11. doi:10.1016/j.habitatint.2008.12.002.
- Sistema Nacional de Protección Civil. *Manual Del Formato de Captura de Datos Para Evaluación Estructural.*, 2011.
- Sodangi, Mahmoud, Arazi Bin Idrus, and Faris M. Khamidi. "Examining the Maintenance Management Practices for Conservation of Heritage Buildings in Malaysia." *National Postgraduate Conference - Energy and Sustainability.*, 2011, 1–7.

- Sofia, Cláudia, and Pinto Moreno. "Degradation Management Models Applied to Old Building Stone Facades" 1, no. October (2013): 1–15.
- Standard, International. "ISO 15686." *Time* 2014 (2014).
- Statement, Planning Policy. "Planning Policy Statement 5." *The Stationery Office* 159, no. 3 (2010): 129–39.
- Steinberg, Florian. "Conservation and Reahabilittion of Urban Heritage in Developing Countries." *Habitat International* 20, no. 3 (1996): 463–75.
- Teo, Evelyn Ai-Lin, and N. Harikrishna. "A Quantitative Model for Efficient Maintenance of Plastered and Painted Façades." *Construction Management and Economics* 24, no. January 2015 (2006): 1283–93. doi:10.1080/01446190600987704.
- Torrado-fonseca, Mercedes Reguant-álvarez Mercedes. "El Método Delphi." *El Método Delphi. REIRE, Revista d'Innovació i Recerca En Educació* 9 (2016): 87–102.
- Triola, Mario. *Estadística. Décima Edición*, 2009.
- Troitiño Vinuesa, Miguel Ángel. "La Protección, Recuperación y Revitalización Funcional de Los Centros Históricos." *Colección Mediterráneo Económico: "Ciudades, Arquitectura y Espacio Urbano,"* no. 3 (2003): 131–60.
- UNAM. "Cronologia de La Inscricion de Campeche." *Revista de Arquitectura*, 2003, 80–82.
- UNESCO. "Convención Sobre La Protección Del Patrimonio Mundial , Cultural y Natural," 1972, 16.
- . "Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention." *World Heritage Centre*, 2012.
- Vasco, Gobierno. "Guía Metodológica Para La Inspección Tecnica de Edificios." *Vitoria-Gasteiz*, 2001.
- Volk, Rebekka, Julian Stengel, and Frank Schultmann. "Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings - Literature Review and Future Needs." *Automation in Construction* 38 (2014): 109–27.

Worthing, Derek, and Stephen Bond. "Understanding Historic Building Conservation."
John Wiley. Inlaterra, 2013.

APÉNDICES

Apéndice 1

Principales procesos de deterioro identificados en diferentes estudios

PROCESOS DE DETERIORO FÍSICOS			
Problemática patológica que se produce a causa de fenómenos físicos como lluvia, viento, condensaciones, humedades, etc. Su evolución dependerá de la intensidad de estos fenómenos.			<i>Monjo (2001)</i> <i>Broto (2005)</i>
Humedades	Se produce cuando hay una presencia de agua en un porcentaje mayor al considerado como normal en un material o elemento constructivo.	Humedad por capilaridad en los aplanados. Se refiere a la humedad causada por el agua presente en el suelo o terreno, y que asciende de manera vertical por los muros y otros elementos, hasta cierta altura. Se da una mayor presencia en zonas con un nivel freático alto.	<i>Álvarez (2003)</i> <i>Broto (2005)</i> <i>López (2004)</i> <i>Alcántara (2015)</i>
		Humedad por condensación en el ambiente. Producida por la humedad excesiva en el ambiente y las variaciones de vapor de agua contenido en el aire, sobre las superficies de la fachada. Frecuente en zonas poco ventiladas.	<i>Álvarez (2003)</i> <i>Broto (2005)</i> <i>Alcántara (2015)</i>
		Humedad por filtración. Procedente del exterior y penetra de forma directa en el interior del edificio, a través de las fachadas y azoteas. Principalmente por el agua que se desliza a través de los bajantes.	<i>Monjo (2001)</i> <i>López (2004)</i> <i>Broto (2005)</i> <i>Alcántara (2015)</i>
Erosión	Pérdida o transformación total o parcial de un material. Se identifica por la pérdida de masa, que forma superficies irregulares o formas salientes.	Erosión atmosférica. Producida por la acción física de los agentes atmosféricos como la lluvia, el viento y el sol. También depende de las características de los materiales sobre los que actúa.	<i>Ravelo (2011)</i> <i>Monjo (2001)</i> <i>Broto (2005)</i>
Suciedad	Depósito de partículas en suspensión sobre	Suciedad por depósito: es el producido por la simple acción de la gravedad sobre	<i>Broto (2005)</i> <i>Vallejo</i>

	la superficie de la fachada, sin llegar a producir reacciones químicas entre ellas. Fundamentalmente y sobretodo en medios urbanos e industriales	las partículas en suspensión en la atmósfera.	(2012) Alfonso (1997)
		Suciedad por lavado diferencial. es el producido por partículas que penetran en el poro superficial del material por la acción del agua de lluvia	Ravelo (2011) Monjo (2001) Vallejo (1990)
PROCESOS DE DETERIORO MECÁNICOS			
Aquellos en los que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. Puede ser considerado una consecuencia de las acciones físicas.			Broto (2005) Monjo (2001)
Deformación	Cualquier variación en la forma del material, sufrido tanto en elementos estructurales y no estructurales. Principalmente consecuencia de esfuerzos mecánicos al someter al edificio a una carga mayor a la de diseño.	Flechas. Flexión de elementos horizontales debido a cargas verticales	Alcántara (2015) Monjo (2001)
		Pandeo. deformación lateral curva de un elemento trabajando en compresión. Desplomes perdida de verticalidad en muros, asentamientos, entre otros.	Monjo (2001) Alcántara (2015)
Grietas	Aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo.	Grieta estructural. Imposibilita al elemento (columnas, vigas, muros, entre otros), para cumplir su función estructural. Principalmente causados por excesos de carga, dilataciones y contracciones en las juntas y movimientos estructurales no previstos.	Ravelo (2011) Monjo (2001) López (2004)
Fisuras	Aberturas longitudinales que afectan únicamente el acabado superficial del elemento constructivo y de espesores menores a 1 mm.	Debido al soporte (falta de adherencia, junta o discontinuidad constructiva). Inherente al acabado (por movimientos de dilatación y contracción).	Ravelo (2011) Monjo (2001) Broto (2005)
Desprendimientos	Separación entre un material de acabado y el soporte al que está aplicado por falta	Incipiente. por fisuras o abombamientos.	Broto (2005) Alcántara (2015)

	de adherencia entre ambos, y suele producirse como consecuencias de lesiones previas, como humedades o grietas	Definitiva. desprendimiento total o parcial.	Vallejo (1990) Alfonso (1997)
Elementos arquitectónicos en mal estado.	Se refiere al deterioro de cornisas, guardapolvos o peanas característicos de la arquitectura de la zona.		Ravelo (2011) Hernández (2014)
PROCESOS DE DETERIORO QUÍMICOS			
Son las lesiones que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico. El origen de las lesiones químicas suele ser la presencia de sales o ácidos que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad			Broto (2005) Monjo (2001)
Eflorescencias	Suele ser resultado directo de la presencia de humedades. Consiste en la expulsión de las sales propias de los materiales por procesos de exudación del agua proveniente de dicha humedad.		Monjo (2001) López (2004) Broto (2005)
Organismos	Presencia no deseada de organismos animales y plantas, que segregan sustancias que alteran la estructura química del material donde se alojan y también pueden alterar la estructura física.	Animales. Insectos, aves o pequeños mamíferos que causan principalmente lesiones erosivas.	Monjo (2001)
		Plantas. Vegetación que crece en la fachada, de igual manera organismos microscópicos como mohos y hongos	Broto (2005) Trujeque (2016) Hernández (2014)
Erosiones químicas	Aquellas que, a causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias, producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos		Monjo (2001) Broto (2005)
Corrosiones y oxidaciones.	Conjunto de transformaciones moleculares que tiene como consecuencia la pérdida de material en la superficie de metales como el hierro y el acero.	Oxidación. es la transformación de los metales en óxido al entrar en contacto con el oxígeno.	Álvarez (2003) Ravelo (2011) Vallejo (2012)
		Corrosión. es la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal. Este proceso se debe a la acción en la cual el metal actuará polo negativo y perderá electrones a favor del polo positivo.	

Cambio de color en capa de pintura	En fachadas pintadas, afecta principalmente la apariencia estética de las pinturas, suele producirse en las primeras fechas luego de la aplicación.	Ravelo (2011) Silva (2016)
Desprendimiento de pintura	En fachadas pintadas, generalmente ocurre luego de la pérdida de brillo y provoca desprendimiento, desgaste y pérdida del material. El pigmento queda desligado del aglomerante, por lo que éste tiende a descolorarse, disgregarse y paulatinamente convertirse en polvo.	Ravelo (2003) López (2004) Silva (2016)
Mal estado en carpintería.	Deterioro general de piezas de carpintería como ventanas y puertas.	Ravelo (2011)

Trabajos citados en la tabla.

Año	Autor	Título
1990	Vallejo, F. J. L.	<i>Ensuciamiento de fachadas pétreas por la contaminación atmosférica. El caso de la ciudad de Valladolid, España.</i>
1997	Alfonso, J. I.	<i>Tratamiento de revestimientos continuos de mortero de cal enfoscados, revocos y estucos.</i>
2000	Azqueta, A. P. E.	<i>Las condensaciones de humedad en la construcción.</i>
2001	Monjo C. J., & Maldonado	<i>Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas.</i>
2003	Álvarez, R. O.	<i>Patología, diagnóstico y rehabilitación de edificaciones. Monografía</i>
2004	López, R. F., Rodríguez, R. V., Torreño, L. I., & Ubeda, M. P.	<i>Manual de patología de la edificación. Tomo 3. Lesiones debidas a las humedades. Lesiones en cubiertas y fachadas.</i>
2005	Reyes, J., González S., J., Barba, H., Huitz, C., Bernés, F.	<i>Estudios sobre Degradación del Patrimonio Histórico en el Estado de Campeche.</i>
2005	Broto, C.	<i>Enciclopedia Broto de Patologías de la construcción</i>
2011	Ravelo, G.	<i>Influencia de los elementos climáticos en el deterioro de las fachadas de edificaciones del barrio Colón</i>
2012	Vallejo, F. J. L.	<i>Patologías de fachadas urbanas. Jornadas sobre rehabilitación de edificios.</i>
2014	Hernández, O. J. H., & Rodríguez, M. R.	<i>Metodología de indicadores tangibles para medir el deterioro del patrimonio cultural de Toluca; un desafío para la participación social.</i>
2015	Alcántara, P. R. A. & Cabañas, M. M.	<i>Manual para rehabilitación de fachadas- Casco histórico de Córdoba. Técnicas de rehabilitación recomendadas</i>
2016	Trujeque, J. R., Rivera, J. M. C., Owen	<i>Weathering effects of an historic building in San Francisco de Campeche, Mexico. Intervención,</i>
2016	Silva, A., De Brito, J., & Gaspar, P. L.	<i>Methodologies for service life prediction of buildings: With a focus on façade claddings.</i>

Apéndice 2

Factores considerados en diferentes estudios para construir modelos de estimación del deterioro de fachadas

Titulo	Autor	Factores asociados
Influencia de los elementos climáticos en el deterioro de las fachadas de edificaciones del barrio Colón, Cuba.	Gisela Ravelo, 2011.	<ul style="list-style-type: none"> • Viento (intensidad de los vientos incidentes sobre la fachada, en función de su orientación). • Lluvia (asociada a la dirección del viento). • Radiación solar (Cantidad de horas sol recibida, en función de la orientación).
<i>Deterioration patterns for maintenance management a methodological approach</i>	I. M. Shohet, y. Rosenfeld, M: Puterman y E. Gilboa, 2004.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo (medido en años desde el ultimo mantenimiento del edificio).
<i>Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions</i>	I. M. Shohet y Monica Paciuk ,2004.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo (medido en años desde el ultimo mantenimiento del edificio).
<i>Evaluation of the Service Life of External Painted Surfaces Applying Statistical Tools</i>	Ana Silva, Pedro L. Gaspar, Jorge de Brito, 2015.	<p>Modelo de regresión lineal simple:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Severidad de la degradación (medido en una escala de 0-100) • Edad del Edificio (medido en años desde el ultimo mantenimiento del edificio). <p>Modelo de regresión lineal multiple:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distancia al mar (< 1km, entre 1 y 5 km, > 5 km) • Orientación (norte, este, sur, oeste).
<i>Service life prediction models for exterior stone cladding</i>	A.Silva, J.L.Dias, P.L. Gaspar, J. de Brito, 2016	<p>Modelo de regresión lineal multiple.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Severidad de la degradación (medido en una escala de 0-100). • Edad del Edificio (medido en años desde el ultimo mantenimiento del edificio). • Tamaño de la piedra (m2) • Tipo de superficie de piedra (acabado liso, acabado rugoso). • Distancia del edificio al mar (<5 km,> 5 km).

Titulo	Autor	Factores asociados
<i>Statistical models applied to service life prediction of rendered façades</i>	A. Silva a, J.L. Dias b, P.L. Gaspar c, J. de Brito, 2013	Modelo de regresión lineal múltiple: <ul style="list-style-type: none"> • Severidad de la degradación (medido en una escala de 0-100). • Edad del Edificio (medido en años desde el último mantenimiento del edificio). • Exposición a la humedad (desfavorable, normal, favorable). • Tipo de acabado (cemento y mortero a la cal, mortero de cemento, aglomerado a base de mármol). • Nivel de protección de la fachada (pobre, promedio, bueno)
<i>A quantitative model for efficient maintenance of plastered and painted facades</i>	Evelyn ai-lin teo, Harikrishna, 2005	Modelo conceptual: <ul style="list-style-type: none"> • Edad del edificio (años de construcción) • Fecha de repintado (años) • Numero de niveles • Diseño constructivo (regular, irregular) • Color de la pintura (brillante, tonos medios, oscuros) • Proximidad a la vegetación • Proximidad a las avenidas principales • Proximidad a áreas residenciales • Proximidad a zonas industriales • Proximidad del edificio al mar.
<i>Degradation management models applied to old building stone facades</i>	Cláudia Sofia Pinto Moreno Pinheiro, 2013	Modelo de Gumpertz: <ul style="list-style-type: none"> • Fecha de la última intervención, • Área con defecto (%) • Orientación solar (N, S, E, O) • Distancia desde el río.

Apéndice 3

Área de estudio para la investigación



Apéndice 4

Referencias de los expertos participantes en el método Delphi

ID	Empresa o dependencia	Cargo	Profesional en	Antigüedad en el cargo (años)	Experiencia profesional (años)
EXP1	Centro INAH Campeche	Gestor de Patrimonio	Arquitectura M.R.M.H.	1.5	17
EXP2	Centro INAH Campeche	Gestor de Patrimonio	Arquitectura. M.A.C.	22	25
EXP3	Facultad de Ingeniería-UACAM	Profesor Investigador	Ingeniería Civil. M.A.C.	10	32
EXP4	Secretaría de Desarrollo Urbano, Obras Públicas e infraestructura. Edo de Campeche	Director de área.	Arquitectura	6	35
EXP5	Obras Públicas H. Ayuntamiento de Campeche	Director de área.	Arquitectura	15	22
EXP6	Instituto Tecnológico de Campeche. ICOMOS	Profesor investigador. ICOMOS estatal	Arquitectura. Dr.	-	37

M.R.M.H: Maestría en restauración de monumentos históricos.

M.A.C.: Maestría en administración de la construcción.

Apéndice 5

Cuestionario 1. Identificación de los procesos de deterioro en el Centro Histórico de Campeche

INTRODUCCIÓN

La presente herramienta forma parte del trabajo de investigación titulado “Modelo de estimación del deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche”, que desarrollo como parte de la tesis de Maestría en Ingeniería en la Universidad Autónoma de Yucatán.

La herramienta busca identificar los procesos y factores de deterioro que con mayor frecuencia se presentan en las fachadas del CHC, según sus características propias; tales como la calidad de los materiales, las condiciones de uso, factores medioambientales, entre otros.

Todas las opiniones expresadas en la presente investigación serán totalmente confidenciales, y bajo ningún concepto serán utilizadas para otros fines que no sea la propia investigación.

De antemano externo mi agradecimiento por el tiempo y dedicación empleado en la resolución del presente.

Atte. Ing. Jesus Alejandro Chan May.

Estudiante de Maestría en Ingeniería- Opción Construcción.

PROCEDIMIENTO:

En esta investigación, los procesos y factores de deterioro en el sistema de fachadas del CHC se determinarán utilizando el método Delphi, método utilizado por diferentes autores para obtener información sobre situaciones de las que no se tienen datos previos, permitiendo a los expertos en una materia llegar a una solución consensuada.

Para la ejecución, un grupo de expertos será consultado a través del presente cuestionario sobre los procesos de deterioro en las fachadas del CHC. El cuestionario será aplicado de manera individual, y para lograr la convergencia de las opiniones será necesaria una iteración sucesiva de por lo menos dos aplicaciones. Los resultados de

la primera aplicación serán presentados al grupo seleccionado, lo que posibilitará al consultado tener un mejor panorama de respuesta durante la siguiente aplicación.

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: _____

Empresa o
dependencia: _____

Cargo: _____ Profesional
en: _____

Antigüedad en el cargo: _____ Años de experiencia
profesional: _____

Fecha: _____

CUESTIONARIO ESTRUCTURADO

OBJETIVO: Identificar los procesos y factores de deterioro que con mayor frecuencia se presentan en las fachadas del Centro Histórico de Campeche (CHC).

Pregunta 1.- Basado en su experiencia, ¿qué procesos de deterioro se producen con mayor frecuencia en las fachadas del CHC A continuación, se muestra una lista de procesos de deterioro documentados en diferentes estudios, seleccione por favor un grado de frecuencia según se indica.

Clave	Proceso de deterioro*	Seleccione una opción, considerando "5" como <i>muy frecuente</i> y "1" como <i>muy poco frecuente</i> . Si el proceso es <i>no relevante</i> , seleccione "0".					
D1	Humedad por capilaridad en los aplanado	1	2	3	4	5	0
D2	Humedad por condensación en el ambiente	1	2	3	4	5	0
D3	Humedad por filtración	1	2	3	4	5	0
D4	Erosión atmosférica	1	2	3	4	5	0
D5	Erosión mecánica	1	2	3	4	5	0
D6	Suciedad por depósito o lavado	1	2	3	4	5	0
D7	Deformaciones estructurales	1	2	3	4	5	0
D8	Grietas	1	2	3	4	5	0
D9	Fisuras	1	2	3	4	5	0
D10	Desprendimientos	1	2	3	4	5	0
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	1	2	3	4	5	0
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	1	2	3	4	5	0
D13	Eflorescencias	1	2	3	4	5	0
D14	Organismos	1	2	3	4	5	0
D15	Corrosiones y oxidaciones	1	2	3	4	5	0
D16	Cambio de color en capa de pintura	1	2	3	4	5	0
D17	Desprendimiento de pintura	1	2	3	4	5	0
D18	Mal estado en carpintería	1	2	3	4	5	0
	Otro**	1	2	3	4	5	0

*En el Anexo 1 se incluye la descripción de los procesos de deterioro enlistados. De la misma manera, en caso de considerarlo conveniente, puede complementar dichas descripciones.

** En caso de que considere pertinente incluir algún otro proceso deterioro no enlistado aquí; puede agregarlo y, para un mayor entendimiento, incluir una descripción en el Anexo 1.

Pregunta 2. De acuerdo a su experiencia, ¿en qué medida contribuyen los siguientes procesos en el deterioro general de una fachada del CHC?

Seleccione un grado de contribución según se indica.

Clave	Proceso de deterioro	Seleccione una opción, considerando "5" como <i>mayor contribución</i> y "1" como <i>menor contribución al deterioro de la fachada</i> . Si el proceso es <i>no relevante</i> , seleccione "0".					
		1	2	3	4	5	0
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	1	2	3	4	5	0
D2	Humedad por condensación en el ambiente	1	2	3	4	5	0
D3	Humedad por filtración	1	2	3	4	5	0
D4	Erosión atmosférica	1	2	3	4	5	0
D5	Erosión mecánica	1	2	3	4	5	0
D6	Suciedad por depósito o lavado	1	2	3	4	5	0
D7	Deformaciones estructurales	1	2	3	4	5	0
D8	Grietas	1	2	3	4	5	0
D9	Fisuras	1	2	3	4	5	0
D10	Desprendimientos	1	2	3	4	5	0
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	1	2	3	4	5	0
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	1	2	3	4	5	0
D13	Eflorescencias	1	2	3	4	5	0
D14	Organismos	1	2	3	4	5	0
D15	Corrosiones y oxidaciones	1	2	3	4	5	0
D16	Cambio de color en capa de pintura	1	2	3	4	5	0
D17	Desprendimiento de pintura	1	2	3	4	5	0
D18	Mal estado en carpintería	1	2	3	4	5	0
	Otro**	1	2	3	4	5	0

* En caso de que considere algún procedimiento de deterioro no enlistado; puede enlistar los que considere necesario.

Pregunta 3.- De acuerdo a su experiencia, ¿en qué medida contribuyen los siguientes procesos de deterioro al incremento del costo de reparación de una fachada del CHC
 Seleccione un grado de costo de reparación según se indica.

Clave	Proceso de deterioro	Seleccione una opción, considerando "5" como <i>mayor contribución</i> y "1" como <i>menor contribución al costo de reparación de la fachada</i> . Si el proceso es <i>no relevante</i> , seleccione "0".					
		1	2	3	4	5	0
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	1	2	3	4	5	0
D2	Humedad por condensación en el ambiente	1	2	3	4	5	0
D3	Humedad por filtración	1	2	3	4	5	0
D4	Erosión atmosférica	1	2	3	4	5	0
D5	Erosión mecánica	1	2	3	4	5	0
D6	Suciedad por depósito o lavado	1	2	3	4	5	0
D7	Deformaciones estructurales	1	2	3	4	5	0
D8	Grietas	1	2	3	4	5	0
D9	Fisuras	1	2	3	4	5	0
D10	Desprendimientos	1	2	3	4	5	0
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	1	2	3	4	5	0
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	1	2	3	4	5	0
D13	Eflorescencias	1	2	3	4	5	0
D14	Organismos	1	2	3	4	5	0
D15	Corrosiones y oxidaciones	1	2	3	4	5	0
D16	Cambio de color en capa de pintura	1	2	3	4	5	0
D17	Desprendimiento de pintura	1	2	3	4	5	0
D18	Mal estado en carpintería	1	2	3	4	5	0
	Otro**	1	2	3	4	5	0
		1	2	3	4	5	0

Pregunta 4.- Basado en su experiencia, ¿qué factores considera usted que contribuyen al deterioro de las fachadas del Centro Histórico de Campeche?

A continuación, se muestra una lista de los principales factores documentados en diferentes estudios, que posiblemente contribuyen en la aparición de procesos de deterioros en fachadas

Clave	Factor Asociado	Seleccione una opción, considerando "5" como <i>mayor contribución</i> y "1" como <i>menor contribución</i> . Si el factor es <i>no relevante</i> , seleccione "0".					
		1	2	3	4	5	0
FD1	Elección de los elementos constructivos de proyecto	1	2	3	4	5	0
FD2	Ejecución de los proyectos de mantenimiento	1	2	3	4	5	0
FD3	Elección de los materiales de proyecto	1	2	3	4	5	0
FD4	Factores asociados a esfuerzos mecánicos	1	2	3	4	5	0
FD5	Efecto de la lluvia	1	2	3	4	5	0
FD6	Diversa exposición al sol	1	2	3	4	5	0
FD7	Posición de la fachada con respecto a los vientos	1	2	3	4	5	0
FD8	Cambios de temperatura en el ambiente	1	2	3	4	5	0
FD9	Grado de contaminación atmosférica	1	2	3	4	5	0
FD10	Ataques de microorganismos	1	2	3	4	5	0
FD11	Cercanía con el mar	1	2	3	4	5	0
FD12	Regularidad del mantenimiento	1	2	3	4	5	0
	Otro:	1	2	3	4	5	0
		1	2	3	4	5	0
		1	2	3	4	5	0

*En el Anexo 2, se presentan descripciones de estos factores.

** En caso de que considere algún factor de deterioro no enlistado, puede agregarlo.

ANEXO 1 DEL CUESTIONARIO

Descripción de los procesos de deterioro presentes en fachadas.

CLAVE	PROCESO DE DET.	DESCRIPCIÓN
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	Se refiere a la humedad causada por el agua presente en el suelo o terreno, y asciende de manera vertical por los muros y otros elementos, hasta cierta altura.
D2	Humedad por condensación en el ambiente	Producida por la humedad excesiva en el ambiente y las variaciones de vapor de agua contenido en el aire, sobre las superficies de la fachada.
D3	Humedad por filtración	Procedente del exterior y penetra de forma directa en el interior del edificio, a través de las fachadas y cubiertas.
D4	Erosión atmosférica	Transformación superficial progresiva, que puede darse de manera total o parcial, en un elemento constructivo. Producida por la acción física de agentes atmosféricos como la lluvia, el viento y el sol: y que también depende de las características de los materiales sobre los que actúa.
D5	Erosión mecánica	Pérdidas de material superficial debido a esfuerzos mecánicos, como golpes y rozaduras (partes bajas), o acción eólica (puntos altos de la fachada).
D6	Suciedad por depósito o lavado	Acumulación de partículas en suspensión de la atmosfera sobre la superficie de la fachada, sin llegar a presentar reacciones químicas entre ellas. Se identifican dos tipos: Por depósito (simple acción de la gravedad) y por lavado diferencial (penetración en el poro por acción de la lluvia).
D7	Deformaciones estructurales	Variación en la forma original de los elementos estructurales de la fachada como consecuencia de los esfuerzos mecánicos. Consisten principalmente en flechas (flexión de elementos horizontales debido a cargas verticales), pandeo (deformación lateral curva de un elemento trabajando en compresión), desplomes (pérdida de verticalidad en muros), asentamientos, entre otros.
D8	Grietas	Aberturas longitudinales que afectan todo el espesor del elemento (columnas, vigas, muros, entre otros), imposibilitándolo para cumplir su función estructural. Principalmente causados por excesos de carga, dilataciones y contracciones en las juntas y movimientos estructurales no previstos.
D9	Fisuras	Aberturas longitudinales que afectan únicamente el acabado superficial del elemento constructivo y de

		espesores menores a 1 mm. Principalmente debido al soporte (falta de adherencia, junta o discontinuidad constructiva) o inherente al acabado (por movimientos de dilatación y contracción).
D10	Desprendimientos	Separación entre un material de acabado y el soporte al que está aplicado por falta de adherencia entre ambos, y suele producirse como consecuencias de lesiones previas, como humedades o grietas. Puede ser del tipo incipiente (por fisuras o abombamientos), o definitiva (desprendimiento total o parcial).
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	Se refiere al deterioro de cornisas, guardapolvos o peanas característicos de la arquitectura presente en el centro histórico de Campeche.
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	Se refiere a la falta de elementos como cornisas, guardapolvos o peanas característicos de la arquitectura presente en el centro histórico de Campeche.
D13	Eflorescencias	Suele ser resultado directo de la presencia de humedades. Consiste en la expulsión de las sales propias de los materiales por procesos de exudación del agua proveniente de dicha humedad.
D14	Organismos	Presencia no deseada de organismos animales y plantas, que segregan sustancias que alteran la estructura química del material donde se alojan y también pueden alterar la estructura física.
D15	Corrosiones y oxidaciones	Conjunto de transformaciones moleculares que tiene como consecuencia la pérdida de materiales en la superficie de metales como el hierro y el acero. Puede ocurrir en elementos estructurales, pero sobre todo en elementos de herrería.
D16	Cambio de color en capa de pintura	En fachadas pintadas, afecta principalmente la apariencia estética de las pinturas, suele producirse en las primeras fechas luego de la aplicación.
D17	Desprendimiento de pintura	En fachadas pintadas, generalmente ocurre luego de la pérdida de brillo y provoca desprendimiento, desgaste y pérdida del material. El pigmento queda desligado del aglomerante, por lo que éste tiende a descolorarse, disgregarse y paulatinamente convertirse en polvo.
D18	Mal estado en carpintería	Deterioro general de piezas de carpintería como ventanas y puertas.
	Otro	

ANEXO 2 DEL CUESTIONARIO

Descripción de los factores de deterioro.

CLAVE	FACTOR DE DETERIORO	DESCRIPCIÓN
FD1	Elección de los elementos constructivos de proyecto	Se deben a errores en la elección de la técnica, el diseño o dosificación incorrecta de las mezclas, y la disposición de los distintos elementos constructivos.
FD2	Ejecución de los proyectos de mantenimiento	Defectuosa puesta en obra o errores durante la ejecución de la unidad constructiva.
FD3	Elección de los materiales de proyecto	Factores que proceden de errores durante la fabricación de un material determinado y que produce la pérdida de las características correctas de dicho material.
FD4	Factores asociados a esfuerzos mecánicos	Cargas no previstas, aplicadas a un elemento estructural, superior al que es capaz de soportar. Los procesos asociados a son las deformaciones, grietas y fisuras.
FD11	Falta de mantenimiento.	Son factores asociados al mal uso de un edificio, por falta de un mantenimiento periódico apropiado, por un uso diferente al que ha sido diseñado o desocupación.
	Otro	
	Otro	

Apéndice 6

Respuestas finales del cuestionario

Pregunta 1.- Basado en su experiencia, ¿qué procesos de deterioro se producen con mayor frecuencia en las fachadas del Centro Histórico de Campeche (CHC)?

ID	PROCESO DE DETERIORO	E1	E2	E4	E5	E6	MEDIDAS DE TENDENCIA			
							Min	Max	Media	S
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	5	5	5	5	4	4	5	4.00	0.45
D2	Humedad por condensación en el ambiente	4	3	4	5	5	3	5	3.50	0.84
D3	Humedad por filtración	4	4	5	3	3	3	5	3.17	0.84
D4	Erosión atmosférica	3	4	3	2	3	2	4	2.50	0.71
D5	Erosión mecánica	3	3	3	1	2	1	3	2.00	0.89
D6	Suciedad por depósito o lavado	3	5	3	4	3	3	5	3.00	0.89
D7	Deformaciones estructurales	3	3	3	3	3	3	3	2.50	0.00
D8	Grietas	4	4	3	2	3	2	4	2.67	0.84
D9	Fisuras	4	5	3	3	4	3	5	3.17	0.84
D10	Desprendimientos	4	5	4	5	3	3	5	3.50	0.84
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	4	4	3	2	3	2	4	2.67	0.84
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	3	3	3	3	2	2	3	2.33	0.45
D13	Eflorescencias	3	5	3	3	3	3	5	2.83	0.89
D14	Organismos	4	5	3	5	3	3	5	3.33	1.00
D15	Corrosiones y oxidaciones	3	5	4	5	3	3	5	3.33	1.00
D16	Cambio de color en capa de pintura	3	4	4	5	3	3	5	3.17	0.84
D17	Desprendimiento de pintura	3	5	4	5	4	3	5	3.50	0.84
D18	Mal estado en carpintería	3	4	3	3	2	2	2	2.50	0.71

4

3

Pregunta 2.- De acuerdo a su experiencia, de los procesos de deterioro que se producen con mayor frecuencia en las fachadas del CHC, ¿en qué medida contribuyen al deterioro general de la fachada?

ID	PROCESO DE DETERIORO	E1	E2	E4	E5	E6	MEDIDAS DE TENDENCIA			
							Min	Max	Media	S
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	5	5	5	3	3	3	5	4.00	0.45
D2	Humedad por condensación en el ambiente	4	3	4	5	3	3	5	3.50	0.84
D3	Humedad por filtración	5	4	3	3	4	3	5	3.17	0.84
D4	Erosión atmosférica	4	4	4	2	3	2	4	2.50	0.71
D5	Erosión mecánica	2	2	2	1	2	1	2	2.00	0.89
D6	Suciedad por depósito o lavado	4	2	3	4	3	2	4	3.00	0.89
D7	Deformaciones estructurales	5	5	4	3	4	3	5	2.50	0.00
D8	Grietas	5	4	4	2	5	2	5	2.67	0.84
D9	Fisuras	5	3	3	3	4	3	5	3.17	0.84
D10	Desprendimientos	5	4	4	5	5	4	5	3.50	0.84
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	5	3	3	3	4	3	5	2.67	0.84
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	4	4	3	4	5	3	5	2.33	0.45
D13	Eflorescencias	4	5	5	5	3	3	5	2.83	0.89
D14	Organismos	5	4	5	4	3	3	5	3.33	1.00
D15	Corrosiones y oxidaciones	4	4	4	5	3	3	5	3.33	1.00
D16	Cambio de color en capa de pintura	3	2	3	3	2	2	3	3.17	0.84
D17	Desprendimiento de pintura	3	3	3	3	3	3	3	3.50	0.84
D18	Mal estado en carpintería	3	2	3	3	2	2	3	2.50	0.71

Pregunta 3.- De acuerdo a su experiencia, ¿en qué medida contribuyen los siguientes procesos de deterioro al incremento del costo de reparación de una fachada del CHCC

ID	PROCESO DE DETERIORO	E1	E2	E4	E5	E6	MEDIDAS DE TENDENCIA			
							Min	Max	Media	S
D1	Humedad por capilaridad en los aplanados	5	5	5	5	3	3	5	3.83	0.89
D2	Humedad por condensación en el ambiente	4	3	3	5	4	3	5	3.17	0.84
D3	Humedad por filtración	5	5	4	3	4	3	5	3.50	0.84
D4	Erosión atmosférica	4	3	3	2	2	2	4	2.33	0.84
D5	Erosión mecánica	4	4	3	3	2	2	4	2.67	0.84
D6	Suciedad por depósito o lavado	3	5	4	4	3	3	5	3.17	0.84
D7	Deformaciones estructurales	5	5	5	3	5	3	5	3.83	0.89
D8	Grietas	5	3	4	4	4	3	5	3.33	0.71
D9	Fisuras	5	3	4	4	3	3	5	3.17	0.84
D10	Desprendimientos	5	4	5	4	5	4	5	3.83	0.55
D11	Elementos arquitectónicos en mal estado	4	5	5	3	4	3	5	3.50	0.84
D12	Elementos arquitectónicos faltantes	5	5	5	5	5	5	5	4.17	0.00
D13	Eflorescencias	4	4	4	3	4	3	4	3.17	0.45
D14	Organismos	4	4	4	3	3	3	4	3.00	0.55
D15	Corrosiones y oxidaciones	4	3	4	5	3	3	5	3.17	0.84
D16	Cambio de color en capa de pintura	4	3	4	5	3	3	5	3.17	0.84
D17	Desprendimiento de pintura	3	4	4	3	2	2	4	2.67	0.84
D18	Mal estado en carpintería	4	5	5	5	3	3	5	3.67	0.89

Pregunta 4.- Basado en su experiencia, ¿qué factores considera usted que contribuyen al deterioro de las fachadas del Centro Histórico de la Ciudad de Campeche?

ID	PROCESO DE DETERIORO	E1	E2	E4	E5	E6	MEDIDAS DE TENDENCIA			
							Min	Max	Media	S
FD1	Elección de los elementos constructivos de proyecto	5	5	4	3	5	3	5	3.67	0.89
FD2	Ejecución de los proyectos de mantenimiento	5	5	3	3	5	3	5	3.50	1.10
FD3	Elección de los materiales de proyecto	5	5	3	4	5	3	5	3.67	0.89
FD4	Factores asociados a esfuerzos mecánicos	3	3	3	3	3	3	3	2.50	0.00
FD5	Efecto de la lluvia	4	3	5	4	3	3	5	3.17	0.84
FD6	Diversa exposición al sol	4	3	4	5	3	3	5	3.17	0.84
FD7	Posición de la fachada con respecto a los vientos	3	4	4	4	3	3	4	3.00	0.55
FD8	Cambios de temperatura en el ambiente	3	4	4	3	3	3	4	2.83	0.55
FD9	Grado de contaminación atmosférica	4	3	4	3	3	3	4	2.83	0.55
FD10	Ataques de microorganismos	4	4	4	3	3	3	4	3.00	0.55
FD11	Cercanía con el mar	4	4	5	5	3	3	5	3.50	0.84
FD12	Falta de mantenimiento	5	5	4	5	5	4	5	4.00	0.45
FD13	Factores humanos	3	5	4	4	3	3	5	3.80	0.84
FD14	Uso dado al edificio	4	3	4	4	4	3	4	3.80	0.45

Apéndice 7

Formato de inspección de fachadas del Centro Histórico de Campeche

SECCIÓN 1. DATOS GENERALES

LOCALIZACIÓN

Municipio:		Localidad:	
Calle:		Entre Calles:	Número:
Colonia/barrio:		Manzana	

IDENTIFICACIÓN

Nombre del conjunto o edificio: _____ Uso actual: _____

Tipo de propiedad: Único Conjunto de propietarios Público Otro _____

Orientación: _____

CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

Tipo de Recubrimiento: _____ Color de macizo: _____

Composición de muros: _____ Color de detalles: _____

Ancho de muros: _____ Orientación: _____

No. De niveles: 1 2 ___ Tipo de cubierta: _____

Época de construcción:	XVII	XVIII	XIX	XX	POST. XX
------------------------	------	-------	-----	----	-------------

FOTOGRAFÍA ACTUAL	CROQUIS DE UBICACIÓN

DATOS DE INSPECCIÓN

Nombre del inspector: _____

Fecha de inspección : _____ Folio: _____

SECCION 2. DATOS FÍSICOS

PLANO DE SITUACIÓN
FOTOGRAFÍAS DE INSPECCIÓN

SECCION 3. INSPECCIÓN DETALLADA

ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS DE LA FACHADA

Tipo de revestimiento: Piedra cantera Celosía
 Revoco/estuco Otro: _____

Detalles arquitectónicos existentes:

<input type="checkbox"/>	Cornisa o moldura	<input type="checkbox"/>	Friso	<input type="checkbox"/>	Ménsula
<input type="checkbox"/>	Guardapolvo	<input type="checkbox"/>	Rodapié	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Marco/jamba	<input type="checkbox"/>	Peana	<input type="checkbox"/>	_____
<input type="checkbox"/>	Pilastra	<input type="checkbox"/>	Balcones	<input type="checkbox"/>	_____

Carpintería: No. Ventanas: _____ Color: _____ Área: _____
 No. Puertas: _____ Color: _____ Área: _____
 Otro: _____

Herrería Ventanas _____ Color: _____ Área: _____
 Puertas _____ Color: _____ Área: _____
 Otro: _____

DIMENSIONES

Longitud fachada: _____ Área de vanos: _____
 Altura fachada: _____ Área de total: _____ Área de muros: _____

CONSERVACIÓN

Fecha de última
intervención :

Estado físico de
conservación :

CUADRO DE DETERIOROS

Proceso de deterioro	Mediciones	An	F. R.	F. C	
	1.-				
	2.-				
	3.-				
	4.-				
	1.-				
	2.-				
	3.-				
	4.-				

$\sum An * FR$		S.W. =	
----------------	--	--------	--

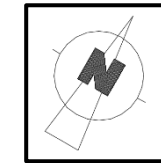
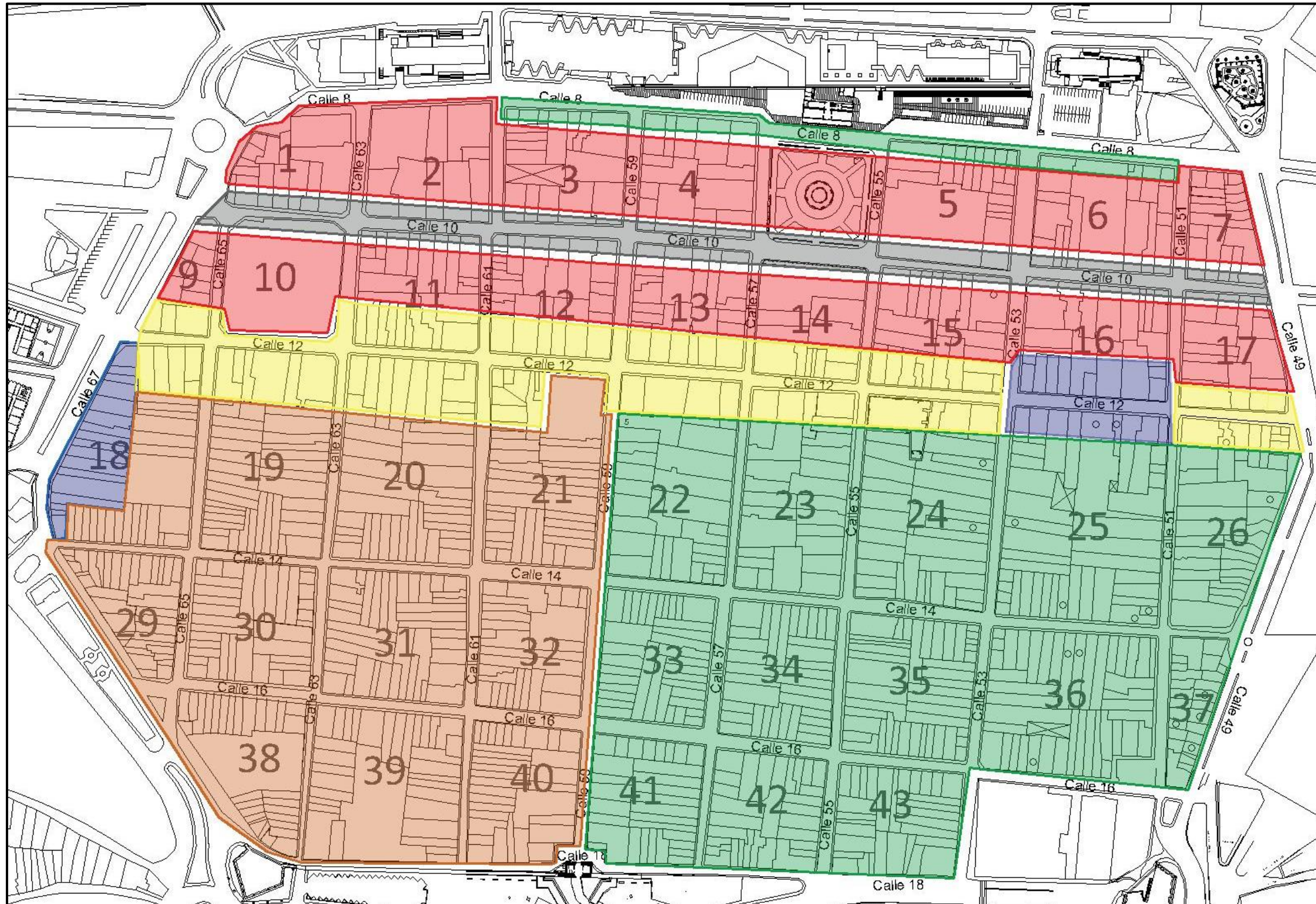
Apéndice 8

Edificios que conformaron la muestra en esta investigación



Apéndice 9

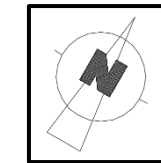
Proyectos de mantenimiento en el CHC



SIMBOLOGÍA	
	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico 2012
	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico 2013
	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico 2014
	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico- Calle 12
	Mejoramiento de imagen urbana en Centro Histórico- Calle 10
	Mantenimiento de fachadas en Centro Histórico 2016

Apéndice 10

Proyectos de mantenimiento en el CHC



SIMBOLOGÍA

Beige	Verde Oscuro
Rojo Oxido	Azul Oscuro
Terracota Claro	Verde Claro
Terracota Oscuro	Azul Claro
Amarillo Portales	Amarillo Claro
Amarillo Ocre	Rosado
Verde Pepin	

Apéndice 11.

Mediciones de la muestra seleccionada

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
1	M1-E9	<p>UBICACIÓN: Calle 10 entre 67 y 63</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><i>Longitud</i> 16.82 m</p> <p><i>Altura</i> 5.7 m</p> <p><i>Área</i> 95.874 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 26.58 m²</p> <p><i>Área Total</i> 69.29 m²</p>	<p><i>D2</i>= 11.64</p> <p><i>D10</i>= 0.63</p> <p><i>D16</i>=2.83</p>	
2	M2-E2	<p>UBICACIÓN: Calle 8 entre 63 y 65</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Verde Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><i>Longitud</i> 11.85 m</p> <p><i>Altura</i> 11.1 m</p> <p><i>Área</i> 131.53 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 20.59 m²</p> <p><i>Área Total</i> 110.94 m²</p>	<p><i>D2</i>= 7.39</p> <p><i>D10</i>=0.61</p> <p><i>D14</i>=3.79</p>	
3	M3-E4	<p>UBICACIÓN: Calle 8 entre 61 y 59</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitado</p> <p>COLOR: Terracota oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><i>Longitud</i> 15.13 m</p> <p><i>Altura</i> 9.33 m</p> <p><i>Área</i> 141.16 m²</p> <p><i>Área vanos:</i> 35.82 m²</p> <p><i>Área Total</i> 105.33 m²</p>	<p><i>D6</i>=10.91</p> <p><i>D16</i>=14.45</p> <p><i>D17</i>=3.49</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
4	M3-E14	<p>UBICACIÓN: Calle 10 entre 61 y 59</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitado</p> <p>COLOR: Verde Pepín</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><i>Longitud</i> 15.34 m</p> <p><i>Altura</i> 10.89 m</p> <p><i>Área</i> 167.05 m²</p> <p><i>Área vanos:</i> 27.86 m²</p> <p><i>Área Total:</i> 139.18 m²</p>	<p><i>D6=2.87</i></p> <p><i>D10=1.70</i></p> <p><i>D14=5.08</i></p> <p><i>D17=15.13</i></p>	
5	M4-E3	<p>UBICACIÓN: Calle 8 entre 59 y 57</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Verde Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><i>Longitud</i> 15.46 m</p> <p><i>Altura</i> 10.18 m</p> <p><i>Área</i> 157.38 m²</p> <p><i>Área vanos:</i> 33.96 m²</p> <p><i>Área Total:</i> 123.41 m²</p>	<p><i>D1=0.76</i></p> <p><i>D2=8.52</i></p> <p><i>D2=0.20</i></p> <p><i>D8=0.56</i></p> <p><i>D10=11.98</i></p> <p><i>D11=3.34</i></p> <p><i>D13=1.26</i></p> <p><i>D14=6.49</i></p> <p><i>D16=4.10</i></p> <p><i>D17=5.67</i></p>	
6	M5-E8-C55	<p>UBICACIÓN: Calle 55 entre 8 y 10</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Rojo óxido</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><i>Longitud</i> 20.15 m</p> <p><i>Altura</i> 11.31 m</p> <p><i>Área</i> 227.89 m²</p> <p><i>vanos</i> 32.34 m²</p> <p><i>Total muro:</i> 95.55 m²</p>	<p><i>D2=11.58</i></p> <p><i>D4=13.73</i></p> <p><i>D5=3.39</i></p> <p><i>D6=18.22</i></p> <p><i>D10=3.55</i></p> <p><i>D14=17.17</i></p> <p><i>D17=40.18</i></p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
7	M5-E8-C8	<p>UBICACIÓN: Calle 8 entre 55 y 53</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Rojo óxido</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 10.14 m</p> <p><u>Altura</u> 7.95 m</p> <p><u>Área</u> 80.61 m²</p> <p><u>Longitud</u> 26.86</p> <p><u>Altura</u> 11.31</p> <p><u>Área</u> 303.78 m²</p> <p><u>Vanos</u> 56.36 m²</p> <p><u>Total</u> muro 247.41 m²</p>	<p>D4=5.06</p> <p>D5=1.26</p> <p>D6=30.86</p> <p>D10=1.97</p> <p>D14=9.55</p> <p>D17=13.67</p>	
8	M6-E2	<p>UBICACIÓN: Calle 8 entre 63 y 61</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Verde Pepín</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 8.24 m</p> <p><u>Altura</u> 4.5 m</p> <p><u>Área</u> 37.08</p> <p><u>vanos</u> 7.79 m²</p> <p><u>Total</u> muro 29.28 m²</p>	<p>D2=0.48</p> <p>D3=0.96</p> <p>D6=0.15</p> <p>D8=2.92</p> <p>D10=0.25</p> <p>D14=0.19</p> <p>D17=1.27</p>	
9	M7-E5	<p>UBICACIÓN: Calle 51 entre 8 y 10</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitada</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 6.05 m</p> <p><u>Altura</u> 8.1 m</p> <p><u>Área</u> 49.00 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 12.63 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 36.36 m²</p>	<p>D2=2.70</p> <p>D10=1.09</p> <p>D14=0.62</p> <p>D17=3.61</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
10	M7-E19	<p>UBICACIÓN: Calle 49 entre 8 y 10</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitada</p> <p>COLOR: Verde Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><i>Longitud:</i> 6.3 m</p> <p><i>Altura</i> 5</p> <p><i>Área</i> 31.5 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 6.90 m²</p> <p><i>Área Total</i> 24.6 m²</p>	<p><i>D2=5.15</i></p> <p><i>D6=3.39</i></p> <p><i>D8=0.12</i></p> <p><i>D14=0.82</i></p>	
11	M11-E8-C10	<p>UBICACIÓN: Calle 10 entre 63 y 65</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitada</p> <p>COLOR: Verde Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><i>Longitud</i> 10.26</p> <p><i>Altura</i> 5.73</p> <p><i>Área</i> 58.78 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 13.06 m²</p> <p><i>Área Total</i> 45.72 m²</p>	<p><i>D3=1.01</i></p> <p><i>D9=0.72</i></p> <p><i>D10=1.31</i></p> <p><i>D14=1.31</i></p> <p><i>D17=8.71</i></p>	
12	M11-E8-C63	<p>UBICACIÓN: Calle 63 entre 10 y 12</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitada</p> <p>COLOR: Verde Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><i>Longitud</i> 10.46 m</p> <p><i>Altura</i> 5.6 m</p> <p><i>Área</i> 58.57 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 5.88 m²</p> <p><i>Área Total</i> 52.69 m²</p>	<p><i>D2=2.03</i></p> <p><i>D10=3.59</i></p> <p><i>D11=0.88</i></p> <p><i>D14=1.50</i></p> <p><i>D17=4.66</i></p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
13	M12-E19	<p>UBICACIÓN: Calle 59 entre 10 y 12</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Rosado</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><u>Longitud</u> 9.8 m</p> <p><u>Longitud</u> 7.23 m</p> <p><u>Área</u> 70.85 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 9.72 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 61.13 m²</p>	<p>D2=10.67</p> <p>D4=0.66</p> <p>D6=0.97</p> <p>D10=6.07</p> <p>D11=2.66</p> <p>D14=9.24</p>	
14	M13-E6	<p>UBICACIÓN: Calle 59 entre 10 y 12</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Beige/Terracota</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 10.23 m</p> <p><u>Altura</u> 9.52 m</p> <p><u>Área</u> 97.38 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 20.65 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 76.73 m²</p>	<p>D6=0.85</p> <p>D10=3.98</p> <p>D11=1.06</p> <p>D13=0.52</p> <p>D14=15.23</p> <p>D17=24.75</p>	
15	M14-E3	<p>UBICACIÓN: Calle 57 entre 10 y 12</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Verde</p> <p>OSCURO</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 9.53 m</p> <p><u>Altura</u> 5.17 m</p> <p><u>Área</u> 49.27 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 8.89 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 40.37 m²</p>	<p>D2=6.21</p> <p>D10=8.20</p> <p>D11=0.99</p> <p>D14=2.41</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
16	M16-E21	<p>UBICACIÓN: Calle 51 entre 10 y 12</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Terracota Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><i>Longitud</i> 20.9 m</p> <p><i>Altura</i> 5.6 m</p> <p><i>Área</i> 117.04 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 33.32 m²</p> <p><i>Área Total</i> 83.71 m²</p>	<p>D10=16.89</p> <p>D13=0.36</p> <p>D14=2.50</p> <p>D16=16.37</p> <p>D17=13.18</p>	
17	M18-E32	<p>UBICACIÓN: Calle 12 entre 67 y 65</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Beige/Rojo oxido</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><i>Longitud</i> 8.78 m</p> <p><i>Altura</i> 4.9 m</p> <p><i>Área</i> 43.02 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 6.12 m²</p> <p><i>Área Total</i> 39.17 m²</p>	<p>D10=6.41</p> <p>D13=0.43</p> <p>D16=2.82</p> <p>D17=4.17</p>	
18	M18-E38	<p>UBICACIÓN: Calle 65 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Rosado</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><i>Longitud</i> 9.51 m</p> <p><i>Altura</i> 5.59 m</p> <p><i>Área</i> 53.16 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 9.41 m²</p> <p><i>Área Total</i> 43.74 m²</p>	<p>D10=0.18</p> <p>D14=2.04</p> <p>D6=1.74</p> <p>D17=14.59</p> <p>D18=0.57</p>	
19	M18-E41	<p>UBICACIÓN: Calle 65 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional portales</p> <p>COLOR: Amarillo</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><i>Longitud</i> 17.27 m</p> <p><i>Altura</i> 5.25 m</p> <p><i>Área</i> 90.66 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 11.37 m²</p> <p><i>Área Total</i> 79.29 m²</p>	<p>D10=1.86</p> <p>D14=1.84</p> <p>D16=2.36</p> <p>D17=30.74</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
20	M19-E3	<p>UBICACIÓN: Calle 12 entre 65 y 63</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitado</p> <p>COLOR: Amarillo</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 17.27 m</p> <p><u>Altura</u> 5.25 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 90.66 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 36.74 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 53.92 m²</p>	<p>D6=18.13</p> <p>D10=4.99</p> <p>D14=5.44</p> <p>D17=0.25</p>	
21	M20-E15	<p>UBICACIÓN: Calle 63 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/comercio</p> <p>COLOR: Beige/terracota</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 9.9 m</p> <p><u>Altura</u> 6.5 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 64.35 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 12.89 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 51.45 m²</p>	<p>D2=11.76</p> <p>D10=3.27</p> <p>D16=0.19</p> <p>D17=5.18</p>	
22	M20-E26	<p>UBICACIÓN: Calle 14 entre 63 y 61</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Verde Pepín</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 6.28 m</p> <p><u>Altura</u> 5.05 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 31.71 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 5.32 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 26.39 m²</p>	<p>D2=1.46</p> <p>D6=5.93</p> <p>D8=0.30</p> <p>D17=2.162</p>	
23	M20-E28-C61	<p>UBICACIÓN: Calle 61 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><u>Longitud</u> 10.44 m</p> <p><u>Altura</u> 5.6 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 58.46 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 23.61 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 34.85 m²</p>	<p>D2=6.25</p> <p>D5=0.55</p> <p>D8=0.15</p> <p>D14=2.65</p> <p>D17=6.25</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
24	M20-E28-C16	<p>UBICACIÓN: Calle 16 entre 61 y 63</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 23.76 m</p> <p><u>Altura</u> 5.05 m</p> <p><u>Área</u> 126.65 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 7.64 m²</p> <p><u>Área Total</u> 119.00 m²</p>	<p>D2=17.11</p> <p>D3=3.50</p> <p>D10=11.95</p> <p>D16=8.65</p>	
25	M21-E9	<p>UBICACIÓN: Calle 61 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Desocupada</p> <p>COLOR: Verde Pepín</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 6.47 m</p> <p><u>Altura</u> 5.35 m</p> <p><u>Área</u> 34.61 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 6.93 m²</p> <p><u>Área Total</u> 27.67 m²</p>	<p>D2=0.78</p> <p>D6=0.72</p> <p>D10=1.02</p> <p>D14=2.66</p> <p>D16=1.54</p> <p>D17=4.08</p>	
26	M21-E13	<p>UBICACIÓN: Calle 61 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/comercio</p> <p>COLOR: Verde oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 6.34 m</p> <p><u>Altura</u> 5.56 m</p> <p><u>Área</u> 35.25 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 8.86 m²</p> <p><u>Área Total</u> 26.39 m²</p>	<p>D2=4.99</p> <p>D10=5.19</p>	
27	M21-E26	<p>UBICACIÓN: Calle 14 entre 59 y 61</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional portales</p> <p>COLOR: Amarillo</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 5.06 m</p> <p><u>Altura</u> 6.35 m</p> <p><u>Área</u> 32.13 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 11.162 m²</p> <p><u>Área Total</u> 20.96 m²</p>	<p>D17=11</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
28	M22-E2	<p>UBICACIÓN: Calle 12 entre 59 y 57</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Amarillo claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 27.8 m</p> <p><u>Altura</u> 13.13 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área 365.01 m^2</p> <p>Área 66.89 m^2</p> <p>Área 298.11 m^2</p> <p>Área <u>vanos</u></p> <p>Área <u>Total</u></p>	<p>$D2=8.00$</p> <p>$D6=0.18$</p> <p>$D10=2.75$</p> <p>$D11=$</p> <p>$D14=6.94$</p> <p>$D17=16.63$</p>	
29	M22-E10	<p>UBICACIÓN: Calle 59 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Beige/terracota</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 11.14 m</p> <p><u>Altura</u> 5.91 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área 65.83 m^2</p> <p>Área 16.29 m^2</p> <p>Área 49.54 m^2</p> <p>Área <u>vanos</u></p> <p>Área <u>Total</u></p>	<p>$D6=0.95$</p> <p>$D10=2.56$</p> <p>$D11=0.11$</p> <p>$D17=15.68$</p>	
30	M23-E13-C57	<p>UBICACIÓN: Calle 57 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 14.85 m</p> <p><u>Altura</u> 6.14 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área 91.17 m^2</p> <p>Área 13.04 m^2</p> <p>Área 78.13 m^2</p> <p>Área <u>vanos</u></p> <p>Área <u>Total</u></p>	<p>$D2=0.93$</p> <p>$D3=0.73$</p> <p>$D6=0.72$</p> <p>$D10=3.67$</p> <p>$D13=5.02$</p> <p>$D14=1.57$</p> <p>$D17=4.72$</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
31	M23-E13-C14	<p>UBICACIÓN: Calle 14 entre 57 y 55</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 17.19 m</p> <p><u>Altura</u> 6.33 m</p> <p><u>Área</u> 108.81 m²</p>	<p>D2=13.45</p> <p>OD6=6.02</p> <p>D14=1.43</p> <p>D16=5.85</p> <p>D17=0.82</p>	
32	M24-E2	<p>UBICACIÓN: Calle 12 entre 55 y 53</p> <p>USO ACTUAL: Desocupada</p> <p>COLOR: Verde Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 18.58 m</p> <p><u>Altura</u> 6.74 m</p> <p><u>Área</u> 125.22 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 23.05 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 102.17 m²</p>	<p>D2=4.56</p> <p>D10=.20</p> <p>D14=3.97</p> <p>D16=1.82</p> <p>D17=10.01</p>	
33	M25-E2	<p>UBICACIÓN: Calle 12 entre 53 y 51</p> <p>USO ACTUAL: habitacional</p> <p>COLOR: Rojo oxido</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 11.96 m</p> <p><u>Altura</u> 6.76 m</p> <p><u>Área</u> 80.84 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 20.14 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 60.70 m²</p>	<p>D3=0.67</p> <p>D6=1.94</p>	
34	M25-E30	<p>UBICACIÓN: Calle 14 entre 51 y 53</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio portales</p> <p>COLOR: Amarillo</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 14.47 m</p> <p><u>Altura</u> 5.54 m</p> <p><u>Área</u> 80.16 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 15.80 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 64.36 m²</p>	<p>D1=0.76</p> <p>D2=1.87</p> <p>D3=0.20</p> <p>D10=15.61</p> <p>D13=6.65</p> <p>D14=3.5</p> <p>D16=3.5</p> <p>D17=0.82</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
35	M26-E4	<p>UBICACIÓN: Calle 12 entre 49 y 51</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><i>Longitud</i> 8.012 m</p> <p><i>Altura</i> 6.15 m</p> <p><i>Área</i> 49.27 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 8.10 m²</p> <p><i>Área Total</i> 41.16 m²</p>	<p>D3=1.07</p> <p>D6=1.50</p> <p>D10=0.40</p> <p>D14=1.50</p> <p>D16=6.35</p> <p>D17=0.38</p>	
36	M26-E19	<p>UBICACIÓN: Calle 49 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitada</p> <p>COLOR: Amarillo claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><i>Longitud</i> 6.22 m</p> <p><i>Altura</i> 5.1 m</p> <p><i>Área</i> 31.72 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 7.25 m²</p> <p><i>Área Total</i> 24.46 m²</p>	<p>D10=0.38</p> <p>D14=0.08</p> <p>D17=7.33</p>	
37	M30-E12	<p>UBICACIÓN: Calle 63 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional portales</p> <p>COLOR: Amarillo</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><i>Longitud</i> 7.82 m</p> <p><i>Altura</i> 5.7 m</p> <p><i>Área</i> 44.57 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 6.34 m²</p> <p><i>Área Total</i> 38.23 m²</p>	<p>D1=1.42</p> <p>D2=2.01</p> <p>D9=0.73</p> <p>D10=4.27</p> <p>D17=3.15</p>	
38	M32-E1-C59	<p>UBICACIÓN: Calle 59 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Beige/terracota</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><i>Longitud</i> 13.02 m</p> <p><i>Altura</i> 6.38 m</p> <p><i>Área</i> 83.06 m²</p> <p><i>Área vanos</i> 12.43 m²</p> <p><i>Área Total</i> 70.63 m²</p>	<p>D6=5.98</p> <p>D14=0.31</p> <p>D16=0.61</p> <p>D17=12.18</p>	




I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
39	M32-E1-C14	<p>UBICACIÓN: Calle 14 entre 59 y 61</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Beige/terracota</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 6.15 m</p> <p><u>Altura</u> 6.38 m</p> <p><u>Área</u> 39.23 m</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 2.99 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 36.24 m²</p>	<p>D3=0.87</p> <p>D6=1.79</p> <p>D14=0.31</p> <p>D17=5.41</p>	
40	M32-E16-C16	<p>UBICACIÓN: Calle 16 entre 61 y 59</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Rosado</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 11.01 m</p> <p><u>Altura</u> 4.64 m</p> <p><u>Área</u> 51.08 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 10.77 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 40.31 m²</p>	<p>D1=0.76</p> <p>D2=2.70</p> <p>D3=0.20</p> <p>D10=10.13</p> <p>D13=0.47</p> <p>D14=1.55</p> <p>D17=2.40</p>	
41	M32-E16-C61	<p>UBICACIÓN: Calle 61 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Rosado</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 17.59 m</p> <p><u>Altura</u> 4.72 m</p> <p><u>Área</u> 83.02 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 12.58 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 70.43 m²</p>	<p>D1=1.41</p> <p>D2=5.73</p> <p>D10=11.49</p> <p>D14=9.38</p> <p>D17=1.03</p>	
42	M33-E11	<p>UBICACIÓN: Calle 59 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Terracota claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 15.41 m</p> <p><u>Altura</u> 6.6 m</p> <p><u>Área</u> 101.70 m²</p> <p><u>Área</u> <u>vanos</u> 20.32 m²</p> <p><u>Área</u> <u>Total</u> 81.38 m²</p>	<p>D10=1.16</p> <p>D17=20.93</p>	



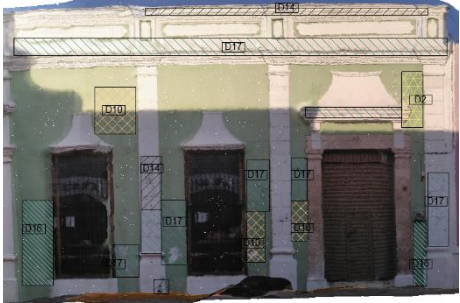
I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
43	M34-E34	<p>UBICACIÓN: Calle 55 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Verde Pepín</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><u>Longitud</u> 10.59 m</p> <p><u>Altura</u> 5.24 m</p> <p><u>Área</u> 55.49 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 6.87 m²</p> <p><u>Área Total</u> 48.61 m²</p>	<p>D2=0.61</p> <p>D10=1.83</p> <p>D14=1.72</p> <p>D16=1.83</p> <p>D17=7.90</p>	
44	M36-E40	<p>UBICACIÓN: Calle 51 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Amarillo portales</p> <p>ORIENTACIÓN: sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 8.05 m</p> <p><u>Altura</u> 4.87 m</p> <p><u>Área</u> 39.20 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 5.22 m²</p> <p><u>Área Total</u> 33.98 m²</p>	<p>D2=5.98</p> <p>D10=1.51</p> <p>D16=0.94</p> <p>D17=2.57</p>	
45	M37-E13	<p>UBICACIÓN: Calle 51 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: terracota oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 7.78 m</p> <p><u>Altura</u> 4.86 m</p> <p><u>Área</u> 37.81 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 6.71 m²</p> <p><u>Área Total</u> 31.09 m²</p>	<p>D2=1.58</p> <p>D6=0.64</p> <p>D10=0.09</p> <p>D13=0.75</p> <p>D14=0.50</p> <p>D16=0.53</p> <p>D17=4.59</p>	
46	M38-E10	<p>UBICACIÓN: Calle 16 entre 65 y 63</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Terracota claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 5.8 m</p> <p><u>Altura</u> 4.2 m</p> <p><u>Área</u> 24.36 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 4.34 m²</p> <p><u>Área Total</u> 20.01 m²</p>	<p>D2=1.36</p> <p>D10=2.36</p> <p>D11=0.83</p> <p>D14=0.84</p> <p>D16=0.99</p> <p>D17=0.81</p>	

I.D..	CLAVE	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
47	M39-E31	<p>UBICACIÓN: Calle 8 entre 63 y 65</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Verde Oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 7.06 m</p> <p><u>Altura</u> 5.2 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 36.71 m²</p> <p>Área 7.89 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 28.81 m²</p>	<p>D2=1.44</p> <p>D17=12.89</p>	
48	M41-E27	<p>UBICACIÓN: Calle 57 entre 16 y 18</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Verde</p> <p>ORIENTACIÓN: Este</p>	<p><u>Longitud</u> 8.99 m</p> <p><u>Altura</u> 5.76 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 51.78 m²</p> <p>Área 11.47 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 40.30 m²</p>	<p>D10=0.70</p> <p>D14=0.24</p> <p>D16=10.00</p>	
49	M42-E4	<p>UBICACIÓN: Calle 16 entre 55 y 57</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Terracota oscuro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 6.08 m</p> <p><u>Altura</u> 4.5 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 27.36 m²</p> <p>Área 5.97 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 21.3 m²</p>	<p>D2=1.33</p> <p>D6=0.33</p> <p>D10=1.19</p> <p>D11=0.73</p> <p>D13=1.71</p> <p>D14=0.97</p> <p>D17=0.39</p>	
50	M42-E13	<p>UBICACIÓN: Calle 65 entre 16 y 18</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Rosado</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 8.99 m</p> <p><u>Altura</u> 5.61 m</p> <p><u>Área</u></p> <p>Área <u>vanos</u> 50.43 m²</p> <p>Área 11.47 m²</p> <p>Área <u>Total</u> 38.95 m²</p>	<p>D10=2.07</p> <p>D16=1.15</p> <p>D17=12.62</p>	

Apéndice 12

Mediciones para la validación del modelo

N.F.	I.D.	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
1	M7-E11	<p>UBICACIÓN: Calle 10 entre 49 y 51</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Terracota claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 9.16 m</p> <p><u>Altura</u> 6.92 m</p> <p><u>Área</u> 63.38 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 12.99 m²</p> <p><u>Área Total</u> 50.38 m²</p>	<p>$D2=2.39$</p> <p>$D6=0.88$</p> <p>$D10=1.87$</p> <p>$D11=0.41$</p>	
2	M12-E8	<p>UBICACIÓN: Calle 61 entre 10 y 12</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Verde claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 4.75 m</p> <p><u>Altura</u> 4.88 m</p> <p><u>Área</u> 23.18 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 4.11 m²</p> <p><u>Área Total</u> 19.06 m²</p>	<p>$D2=4.31$</p> <p>$D10=4.31$</p> <p>$D11=1.08$</p> <p>$D13=0.53$</p>	
3	M18-E22	<p>UBICACIÓN: Calle 12 entre 67 y 65</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Azul claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 5.07m</p> <p><u>Altura</u> 4.81 m</p> <p><u>Área</u> 24.38 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 5.52 m²</p> <p><u>Área Total</u> 18.86 m²</p>	<p>$D10=0.66$</p> <p>$D13=0.42$</p> <p>$D14=2.13$</p> <p>$D16=1.15$</p> <p>$D17=5.97$</p>	

N.F.	I.D.	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
4	M19-E24	<p>UBICACIÓN: Calle 14 entre 65 y 63</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Amarillo portales</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 5.61 m</p> <p><u>Altura</u> 4.82 m</p> <p><u>Área</u> 27.04 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 5.74 m²</p> <p><u>Área Total</u> 21.30 m²</p>	<p><i>D10=2.88</i></p> <p><i>D3=0.05</i></p> <p><i>D6=0.87</i></p> <p><i>D17=3.25</i></p>	
5	M22-E5	<p>UBICACIÓN: Calle 59 entre 12 y 14</p> <p>USO ACTUAL: Desocupada</p> <p>COLOR: Amarillo portales</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 9.99 m</p> <p><u>Altura</u> 10.34 m</p> <p><u>Área</u> 103.29 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 19.35 m²</p> <p><u>Área Total</u> 83.93 m²</p>	<p><i>D6=0.18</i></p> <p><i>D10=6.65</i></p> <p><i>D11=4.28</i></p> <p><i>D14=2.02</i></p> <p><i>D17=7.91</i></p>	
6	M33-E12	<p>UBICACIÓN: Calle 59 entre 14 y 16</p> <p>USO ACTUAL: Oficinas/Comercio</p> <p>COLOR: Verde claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 10.01 m</p> <p><u>Altura</u> 6.59 m</p> <p><u>Área</u> 65.96 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 13.26 m²</p> <p><u>Área Total</u> 52.70 m²</p>	<p><i>D2=0.61</i></p> <p><i>D10=1.83</i></p> <p><i>D14=1.72</i></p> <p><i>D16=1.83</i></p> <p><i>D17=7.90</i></p>	

N.F.	I.D.	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
7	M36-E37	<p>UBICACIÓN: Calle 16 entre 51 y 53</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Terracota claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Sureste</p>	<p><u>Longitud</u> 11.43 m</p> <p><u>Altura</u> 5.2 m</p> <p><u>Área</u> 59.43 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 11.38 m²</p> <p><u>Área Total</u> 48.05 m²</p>	<p>D3=0.57</p> <p>D8=2.3</p> <p>D10=1.20</p> <p>D14=0.79</p> <p>D17=4.08</p>	
8	M38-E12	<p>UBICACIÓN: Calle 16 entre 65 y 63</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Verde claro</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 5.99 m</p> <p><u>Altura</u> 4.25 m</p> <p><u>Área</u> 25.45 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 5.66 m²</p> <p><u>Área Total</u> 19.79 m²</p>	<p>D3=0.70</p> <p>D6=1.86</p> <p>D9=1.40</p> <p>D10=0.79</p> <p>D16=0.72</p> <p>D17=0.96</p>	
9	M39-E11	<p>UBICACIÓN: Calle 16 entre 63 y 61</p> <p>USO ACTUAL: Habitacional</p> <p>COLOR: Verde Pepín</p> <p>ORIENTACIÓN: Norte</p>	<p><u>Longitud</u> 7.98 m</p> <p><u>Altura</u> 4.74 m</p> <p><u>Área</u> 37.82 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 9.45 m²</p> <p><u>Área Total</u> 28.36 m²</p>	<p>D2=2.07</p> <p>D3=0.82</p> <p>D10=0.97</p> <p>D14=1.59</p> <p>D16=4.37</p> <p>D17=1.07</p>	

N.F.	I.D.	DATOS GENERALES	DATOS GRAFICOS	INSPECCIÓN DETALLADA	NUBE DE PUNTOS
10	M40-E20	<p>UBICACIÓN: Calle 61 entre 16 y 18</p> <p>USO ACTUAL: Deshabitada</p> <p>COLOR: Amarillo ocre</p> <p>ORIENTACIÓN: Suroeste</p>	<p><u>Longitud</u> 6.41 m</p> <p><u>Altura</u> 5.21 m</p> <p><u>Área</u> 33.39 m²</p> <p><u>Área vanos</u> 7.58 m²</p> <p><u>Área Total</u> 25.80 m²</p>	<p><i>D10=7.73</i></p> <p><i>D14=0.92</i></p> <p><i>D17=0.86</i></p>	