



Euskal Herriko Unibertsitatea
Universidad del País Vasco
University of the Basque Country



Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Bilbao

TESIS DOCTORAL

METODOLOGÍA PARA PRIORIZAR Y PLANIFICAR, DE MANERA SOSTENIBLE, LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DEGRADADAS:

CASO EXTREMO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA HABANA

Autor

IGNACIO PIÑERO SANTIAGO

Directores

Dr. José Tomás San José Lombera

Dr. Jesús Cuadrado Rojo

Bilbao, Junio 2013



*“He construido castillos en el aire tan hermosos,
que me conformo con sus ruinas”.*

La cita es de Jules Renard. Fue la dedicatoria que mi mejor amiga y compañera Argine Zubiagirre (1981-2012), me escribió en un libro traído de sus vacaciones en Cuba y que me regaló por mi cumpleaños en 2009, cuando ni siquiera me había planteado realizar la Tesis.

Dedico este trabajo a mis seres más queridos, a mi familia:

A mis abuelos, a mis padres y a mi hermana. A ellos les debo cuanto soy.

Con todo mi corazón, a Aida, por hacerme tan feliz.

A mi hijo Ian que ha sido, sin duda, un gran impulsor en la fase final de esta Tesis Doctoral.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dedicar unas líneas de agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido a hacer realidad esta Tesis Doctoral.

A mis codirectores de Tesis, el Dr. José Tomás San José y el Dr. Jesús Cuadrado, por confiar en mi capacidad investigadora y apoyarme de manera incondicional en este gran reto. A los dos, sinceramente, gracias por su implicación, compromiso y presencia activa en cada paso de esta investigación.

Mi agradecimiento a Jesús Díez, Director del Área de Infraestructuras de TECNALIA, así como al Dr. Javier. I. Urreta, Director de la División de Construcción Sostenible de TECNALIA, por ofrecerme la oportunidad de formarme como investigador, facilitando cada fase del proceso. Y como no, gracias a todos mis compañeros del día a día, que me han ayudado sin cesar con ánimos constantes.

Quisiera también agradecer a la Oficina del Historiador de La Habana y, expresamente a Patricia Rodríguez y Pablo Fornet, Directora y Subdirector respectivamente, del Plan Maestro para la Revitalización Integral de La Habana Vieja, por su implicación y apoyo en esta Tesis Doctoral. Asimismo, quisiera extender mi agradecimiento realizando una mención muy especial a Raimundo de la Cruz y Juan Carlos Bresó, por todo su apoyo, sus contribuciones y las facilidades a la hora de disponer de su conocimiento e interés en esta investigación. Sus aportaciones han sido de gran valor a lo largo de todo el proceso. Me llena de orgullo tener dos amigos como ellos en La Habana, pues han hecho que mis estancias allí hayan sido tan productivas e interesantes.

Tengo también presente en mi gratitud a todos los integrantes del panel de expertos generado para la presente Tesis Doctoral, por su conocimiento, las múltiples discusiones productivas, los diferentes puntos de vista aportados y por su participación activa y constante.

Gracias, de igual modo, a todo el grupo de investigación “MIVES” conformado por miembros de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Universidade da Coruña (UdC), Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) y TECNALIA, por su acogida y su inestimable ayuda, especialmente al Dr. David García por todo su apoyo de inicio a fin y al Dr. Antonio Aguado por abrirme los ojos en La Coruña.

Gracias al Ministerio de Ciencia e Innovación por la financiación del Plan Nacional MIVES IV (BIA2010-20789-C04/04) y al proyecto de “Actuaciones de conservación para la rehabilitación del patrimonio arquitectónico de la Habana Vieja”, que se desarrolla en la Convocatoria del Fondo para la Cooperación y Ayuda al Desarrollo (FOCAD) del Gobierno Vasco 2010-2012 (PRO-2010K2/0001). Ambos marco de la presente Tesis Doctoral, encuadrada también en el grupo de investigación del Gobierno Vasco IT781-13 conformado por la UPV/EHU y TECNALIA.

Como no, a mis amigos que, como siempre, me han apoyado en esta etapa, gracias por hacerme reír y pasar buenos momentos. Gracias también a mis compañeros de la Asociación Fotográfica Denbora, por animarme a “desconectar” en tan enriquecedoras ocasiones.

A todos: Eskerrik asko!

RESUMEN DE LA TESIS

El Centro Histórico de La Habana, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1982, tiene una extensión de 2,14 km² y consta de unas 3.500 edificaciones, un tercio de las cuales –muchas de ellas de uso doméstico– se encuentran en mal estado. El deterioro acumulado por décadas, sumado al impacto recurrente de los fenómenos climatológicos, ha convertido al Centro Histórico en una zona de riesgo permanente.

En la presente Tesis Doctoral, no sólo se realiza con éxito la priorización de las 1.033 edificaciones que requieren acciones de emergencia en el Centro Histórico de La Habana, sino que previamente se distinguen cuáles son las acciones constructivas que requieren cada una de las 3.510 edificaciones presentes en su parque edificado.

Para poder llevar a cabo dicha priorización de manera sostenible, se ha aplicado una metodología (MIVES) y se ha conformado un panel de expertos encabezado por el doctorando, y que consta tanto de personal técnico, como sociólogos y especialistas en patrimonio histórico. Todo el proceso se ha llevado a cabo con la ayuda de TECNALIA, de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y bajo la constante supervisión y colaboración de personal perteneciente a la Oficina del Historiador de La Habana, con los mismos perfiles profesionales y comprendiendo en alcance a toda la cadena de valor del problema a resolver, que es priorizar las edificaciones que requieren acciones de emergencia.

Tras numerosas reuniones, visitas y encuentros, se ha llevado a cabo un árbol de requerimientos con 19 indicadores, único y propio para el caso concreto de abordar la inspección y rehabilitación del Centro Histórico de La Habana; indicadores que han sido perfectamente caracterizados, contrastados, valorizados y acordados por el panel de expertos. Los requerimientos técnico y sociocultural, así definidos en la presente Tesis Doctoral, bastarían para abordar un problema tan complejo como la rehabilitación de un área urbana completa. Todo ello realizando, eso sí, la ponderación de los diferentes niveles del árbol de requerimientos según su importancia a sus diferentes escalas, desde lo más pequeño y concreto (indicador), pasando por sus unidades de estudio completas (criterios) y, finalmente, hasta la escala de lo global y entendido como ámbitos de estudio unificados, que hemos dado en llamar requerimientos.

Una vez conformadas las metodologías, se ha desarrollado una herramienta informática que, tras vincularla a la base de datos donde se encuentran todos los indicadores de cada alternativa, es capaz de mostrar el listado de todas las edificaciones ordenadas en función del Índice de Priorización Sostenible y que permite, mediante sistemas de información georeferenciados, su visualización en planos. Asimismo, los listados son perfectamente exportables a hojas de cálculo donde se pueden hacer gráficos, filtros y disertaciones, en función de las directrices que puedan condicionar la toma de decisión.

El resultado de las diferentes salidas metodológicas desarrolladas en la presente Tesis Doctoral (inspecciones y aplicación de la herramienta informática) se puede consultar en la página web del Plan Maestro (www.planmaestro.ohc.cu). Cabe señalar que dichas metodologías se están aplicando en la actualidad en el parque edificado situado en el frente costero del Malecón y en el Barrio Chino, ambos en el vecino barrio de Centro Habana y declarados Zona Priorizada para la Conservación.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.1. <i>La rehabilitación integral de edificios.....</i>	<i>1</i>
1.1.2. <i>El caso del Centro Histórico de La Habana</i>	<i>3</i>
1.1.3. <i>Toma de decisiones en ingeniería. El modelo MIVES</i>	<i>6</i>
1.1.4. <i>La importancia de una buena gestión para mantener actualizado el inventario del estado actual de los edificios existentes</i>	<i>6</i>
1.2. OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL.....	7
1.2.1. <i>Objetivo principal.....</i>	<i>7</i>
1.2.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>8</i>
1.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS DOCTORAL.....	8
1.4. RELEVANCIA Y UTILIDAD DE LA TESIS DOCTORAL.....	12

BASES DEL MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2.- SITUACIÓN ACTUAL DEL PARQUE EDIFICADO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA HABANA	15
2.1. INTRODUCCIÓN	15
2.2. LA HABANA, CIUDAD COLONIAL.....	17
2.2.1. <i>Historia de la ciudad.....</i>	<i>17</i>
2.2.2. <i>El Centro Histórico de La Habana</i>	<i>20</i>
2.2.3. <i>Cronología del Centro Histórico de La Habana.....</i>	<i>22</i>
2.3. LA OFICINA DEL HISTORIADOR DE LA CIUDAD	26
2.3.1. <i>Antecedentes</i>	<i>26</i>
2.3.2. <i>Primera etapa: (1938 – 1964).....</i>	<i>27</i>
2.3.3. <i>Segunda etapa: (1964 – 1980)</i>	<i>28</i>
2.3.4. <i>Tercera etapa: (1981–1993).....</i>	<i>29</i>
2.3.5. <i>Cuarta etapa: (de 1993 a la actualidad).....</i>	<i>29</i>
2.4. IMÁGENES DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA HABANA.....	30
2.4.1. <i>Vista general de edificaciones del Centro Histórico de La Habana</i>	<i>31</i>
2.4.2. <i>Daños que requieren acciones de emergencia para su revitalización.....</i>	<i>33</i>

2.4.3. Edificaciones rehabilitadas por la Oficina del Historiador.....	35
2.5. CENTRO HISTÓRICO DE LA HABANA EN DATOS DE LA OFICINA DEL HISTORIADOR	36
2.5.1. Datos de interés general.....	36
2.5.2. Datos de interés particular	38
2.5.3. Planeamiento e inventarios.....	39
2.6. PRINCIPALES RETOS LOGRADOS DE LA HABANA VIEJA PARA SU RECUPERACIÓN	43
2.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	46
CAPÍTULO 3.- MIVES - MODELO INTEGRADO DE VALOR PARA UNA EVALUACIÓN SOSTENIBLE.....	49
3.1 INTRODUCCIÓN	49
3.2 MIVES: MODELO INTEGRADO DE VALOR PARA UNA EVALUACIÓN SOSTENIBLE.....	50
3.2.1 Bloque I. DEFINICIÓN DE LA MISIÓN	51
3.2.1.1 Fase Ia: Definición del problema	51
3.2.1.2 Fase Ib: Definición del árbol de requerimientos	53
3.2.1.3 Fase Ic: Definición de las funciones de valor.....	54
3.2.2 Bloque II. VISIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	57
3.2.2.1 Fase IIa: Asignación de los pesos relativos.....	57
3.2.2.2 Fase IIb: Valoración de las alternativas	64
3.2.2.3 Fase IIc: Creación de la herramienta informática	65
3.2.2.4 Fase IId: Evaluación del análisis de sensibilidad.....	66
3.2.3 Bloque III. TOMA DE DECISIONES	67
3.2.3.1 Fase IIIa: Resultados obtenidos	67
3.2.3.2 Fase IIIb: Disertación de los resultados	67
3.2.3.3 Fase IIIc: Toma de decisión oportuna.....	67
3.3 HERRAMIENTA INFORMÁTICA MIVES.	67
3.3.1 Modulo Programador	67
3.3.2 Módulo Usuario	68
3.3.3 Módulo Reporte.....	68
3.4 ALGUNAS APLICACIONES MIVES RELACIONADAS CON LA TOMA DE DECISIONES.....	68
3.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	70

PROPUESTA METODOLÓGICA

CAPÍTULO 4.- ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS EDIFICACIONES DE LA ZONA PRIORIZADA PARA LA CONSERVACIÓN	73
4.1 INTRODUCCIÓN	73
4.2 ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN. REESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE EN EL PLAN MAESTRO	74
4.2.1 <i>Estado técnico de las edificaciones.....</i>	<i>76</i>
4.2.2 <i>Sistema constructivo de las edificaciones.....</i>	<i>76</i>
4.2.3 <i>Tipos de cerramientos de fachada en las edificaciones</i>	<i>77</i>
4.2.4 <i>Sistemas constructivos de forjados en las edificaciones</i>	<i>78</i>
4.2.5 <i>Sistemas constructivos de cubierta en las edificaciones</i>	<i>78</i>
4.2.6 <i>Planos temáticos desarrollados en GIS.....</i>	<i>79</i>
4.3 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LOS INMUEBLES DE LA ZONA PRIORIZADA PARA LA CONSERVACIÓN	86
4.3.1 <i>Trabajos previos de oficina. Obtención de datos</i>	<i>88</i>
4.3.1.1 Identificación del supervisor del proyecto	88
4.3.1.2 Identificación del inmueble objeto de estudio	88
4.3.1.3 Características de la edificación	89
4.3.1.4 Características constructivas estructurales.....	90
4.3.2 <i>Trabajos de campo. Reconocimiento organoléptico del edificio.....</i>	<i>92</i>
4.3.2.1 Evaluación de los estados técnicos parciales	93
4.3.2.2 Detección de las acciones de emergencia.....	97
4.3.3 <i>Análisis de los resultados.....</i>	<i>99</i>
4.3.3.1 Evaluación del estado técnico general del inmueble	99
4.3.3.2 Identificación de la acción constructiva para la revitalización.....	101
4.3.3.3 Identificación del equipo de inspección	104
4.4 INFORME FINAL	104
4.4.1 <i>Fichas.....</i>	<i>104</i>
4.4.2 <i>Reportaje fotográfico</i>	<i>105</i>
4.5 PLANIFICACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LOS EDIFICIOS	108
4.5.1 <i>Recursos humanos.....</i>	<i>108</i>
4.5.2 <i>Recursos materiales.....</i>	<i>110</i>
4.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	112

CAPÍTULO 5.- DEFINICIÓN DE LA MISIÓN Y DISEÑO DEL ÁRBOL DE REQUERIMIENTOS PARA LA PRIORIZACIÓN SOSTENIBLE DE ESTRUCTURAS CON NECESIDAD DE INTERVENCIÓN.....	115
5.1. INTRODUCCIÓN	115
5.2. BLOQUE I. DEFINICIÓN DE LA MISIÓN	116
5.3. FASE Ia. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	117
5.3.1. <i>Cuál es la decisión a tomar</i>	117
5.3.2. <i>Quién toma la decisión</i>	118
5.3.3. <i>Límites del sistema</i>	120
5.3.4. <i>Condiciones de contorno</i>	121
5.4. FASE Ib. DEFINICIÓN DEL ÁRBOL DE REQUERIMIENTOS	122
5.4.1. <i>Definición de requerimientos y criterios</i>	123
5.4.2. <i>El requerimiento técnico y sus criterios</i>	123
5.4.2.1. El estado técnico del edificio	125
5.4.2.2. Necesidad de acciones de emergencia	125
5.4.2.3. Vulnerabilidad frente a riesgos naturales e incendios	125
5.4.3. <i>El requerimiento sociocultural y sus criterios</i>	127
5.4.3.1. Afección a los residentes del inmueble	128
5.4.3.2. Afección a los transeúntes que circulan junto al inmueble	128
5.4.3.3. Valor cultural del inmueble	129
5.4.4. <i>Resumen de criterios y subcriterios</i>	129
5.4.5. <i>Definición de indicadores</i>	129
5.4.5.1. Objetivo de los indicadores	130
5.4.5.2. Definición del sistema de indicadores	130
5.4.5.3. Selección de indicadores	131
5.4.6. <i>Propuesta y desarrollo del conjunto de indicadores</i>	132
5.5. FASE Ic. COMPORTAMIENTO DEL INDICADOR. DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES DE VALOR.....	134
5.5.1. <i>Indicadores del requerimiento técnico</i>	134
5.5.1.1. ID1.1.1 Estado técnico del edificio	134
5.5.1.2. ID2.1.1 Acciones de emergencia en estructura principal.....	136
5.5.1.3. ID2.1.2 Acciones de emergencia en estructura secundaria	137
5.5.1.4. ID2.2.1 Acciones de emergencia en las instalaciones	138

5.5.1.5. ID2.3.1 Acciones de emergencia en la envolvente.....	139
5.5.1.6. ID2.4.1 Acciones de emergencia en elementos auxiliares de seguridad	141
5.5.1.7. ID3.1.1 Ubicación geográfica del inmueble frente a la acción de ciclones	142
5.5.1.8. ID3.1.2 Ubicación geográfica del edificio frente a una penetración del mar	144
5.5.1.9. ID3.1.3 Esbeltez del edificio.....	146
5.5.1.10. ID3.1.4 Resistencia del sistema constructivo frente a riesgos meteorológicos.....	147
5.5.1.11. ID3.2.1 Riesgo de incendio por existencia de cocina de queroseno o leña.....	149
5.5.1.12. ID3.2.2 Riesgo de incendio por el estado de la instalación eléctrica	150
5.5.1.13. ID 3.2.3 Riesgo de incendio por existencia de material constructivo combustible	150
5.5.2. <i>Indicadores del requerimiento sociocultural</i>	151
5.5.2.1. ID4.1 Cantidad de personas que residen por edificación	151
5.5.2.2. ID4.2 Necesidad de tránsito en caso de actuación	152
5.5.2.3. ID4.3 Tipología del edificio por densidad ocupacional.....	153
5.5.2.4. ID5.1 Transitabilidad de la vía por el tipo de arteria.....	154
5.5.2.5. ID5.2 Distancia del inmueble a usos sensibles.....	155
5.5.2.6. ID6.1 Grado de protección de la edificación	157
5.6. RESULTADO DEL ÁRBOL DE REQUERIMIENTOS.....	158
5.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	160
CAPÍTULO 6.- VISIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA LA PRIORIZACIÓN SOSTENIBLE DE ESTRUCTURAS CON NECESIDAD DE INTERVENCIÓN.....	161
6.1. INTRODUCCIÓN	161
6.2. BLOQUE II. VISIÓN DE LA SOLUCIÓN	163
6.3. FASE IIa. ASIGNACIÓN DE PESOS RELATIVOS	163
6.3.1. <i>Cálculo de los pesos del requerimiento técnico.....</i>	<i>167</i>
6.3.1.1. Indicadores (γ_i) y sus ratios de consistencia.....	167
6.3.1.2. Subcriterios (λ_i) y sus ratios de consistencia	170
6.3.1.3. Criterios (β_i) y sus ratios de consistencia.....	171
6.3.2. <i>Cálculo de los pesos del requerimiento sociocultural.....</i>	<i>172</i>

6.3.2.1. Indicadores (γ_i) y sus ratios de consistencia.....	172
6.3.2.2. Criterios (β_i) y sus ratios de consistencia.....	173
6.3.3. Valor de los pesos (α_i) y ratios de consistencia de los requerimientos...173	
6.4. FASE IIb. VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	174
6.5. FASE IIc. CREACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA PROGRAMADA.....	178
6.5.1. Datos de entrada.....	179
6.5.2. Cálculo y valoración.....	180
6.5.3. Evaluación.....	181
6.5.4. Muestra de resultados.....	182
6.6. FASE IId. EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	184
6.6.1. Análisis de sensibilidad. Comparativa de pesos de los indicadores.....	184
6.6.2. Análisis de sensibilidad. Comparativa de la posición de las alternativas.....	187
6.7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	191

VALIDACIÓN

CAPÍTULO 7.- TOMA DE DECISIONES PARA LA PRIORIZACIÓN SOSTENIBLE DE ESTRUCTURAS CON NECESIDAD DE INTERVENCIÓN.....	193
7.1. INTRODUCCIÓN	193
7.2. BLOQUE III. TOMA DE DECISIONES.....	195
7.3. FASE IIIa. RESULTADOS OBTENIDOS.....	195
7.3.1. Acciones constructivas.....	196
7.3.2. Plano resultante de acciones constructivas.....	198
7.3.3. Validación de resultados.....	200
7.3.3.1. Reportaje fotográfico: Restauración o demolición	201
7.3.3.2. Reportaje fotográfico: Reconstrucción	203
7.3.3.3. Acción constructiva: Reparación	206
7.3.3.4. Reportaje fotográfico: Mantenimiento	207
7.3.3.5. Reportaje fotográfico: Ruinas y parcelas libres.....	208
7.3.4. Priorización sostenible de edificaciones que requieren acciones de emergencia	211
7.3.4.1. Listado resultante de inmuebles que requieren acciones de emergencia	212
7.3.4.2. Plano resultante de inmuebles que requieren acciones de emergencia	230

7.3.5. Validación de resultados.....	232
7.3.5.1. Edificaciones con Prioridad Alta	233
7.3.5.2. Edificaciones con Prioridad Media-Alta	240
7.3.5.3. Edificaciones con Prioridad Media-Baja	244
7.3.5.4. Edificaciones con Prioridad-Baja	248
7.4. FASE IIIb. DISERTACIÓN DE LOS RESULTADOS	251
7.5. FASE IIIc. TOMA DE DECISIÓN OPORTUNA.....	253
7.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	254
CAPÍTULO 8.- CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	255
8.1. INTRODUCCIÓN	255
8.2. CONCLUSIONES.....	256
8.2.1. Conclusiones referidas al problema.....	256
8.2.2. Conclusiones referidas a la metodología.....	257
8.2.3. Conclusiones referidas a la aplicación de la metodología.....	259
8.2.4. Conclusiones referidas a los resultados obtenidos.....	260
8.3. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	261
8.3.1. Vías metodológicas.....	261
8.3.2. Vías hacia otros campos de aplicación.....	262
CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA.....	263

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

1.1.1 *La rehabilitación integral de edificios*

Además de la intensa actividad de reformas en viviendas, oficinas y locales que se llevan a cabo en una ciudad y de la recuperación del patrimonio histórico (la más atractiva y trascendente de las actividades para la restauración de la envolvente de los edificios y quizás la más familiar para los habitantes de un municipio), existe una tipología de intervención un tanto desconocida pero que, sin lugar a dudas, es la que de forma más lenta pero sustancial está cambiando urbanística y socialmente los centros urbanos de las grandes ciudades: la REHABILITACIÓN INTEGRAL DE EDIFICIOS.

Como su nombre indica, se trata de volver a hacer habitable un edificio incorporando las demandas de la sociedad actual en temas de seguridad, accesibilidad y movilidad, funcionalidad, etc., y respetando sus señas de identidad histórica en coherencia con el entorno de su ubicación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.1: Diferentes edificaciones en proceso de rehabilitación