

**CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA LA
RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POST-DESASTRES**

POR

YURANY ANDREA DOMÍNGUEZ MORALES



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
SANTIAGO DE CALI
OCTUBRE DE 2018**

**CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA LA
RECONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POST-DESASTRES**

YURANY ANDREA DOMÍNGUEZ MORALES

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniera Civil

Directora

ING. SANDRA LILIANA CANO MOYA, M.Sc.



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
SANTIAGO DE CALI
OCTUBRE DE 2018**

DEDICATORIA

Dedicada a mi familia, que con su amor y apoyo pude lograr esta meta. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

*A Dios, a mi familia, a mi novio, que sin su ayuda y colaboración no fuese alcanzado este logro que me propuse. Agradezco a la profesora Sandra Cano Moya por su guía en este proyecto y a la Universidad por la educación de calidad que me ofreció.
¡Que viva la Universidad Pública!*

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN	7
1. CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.1.3 OBJETIVOS	5
1.1.4 JUSTIFICACIÓN	6
1.2 MARCO DE REFERENCIA	8
1.2.1 ANTECEDENTES	8
1.2.2 ESTADO DEL ARTE.....	11
1.3 METODOLOGÍA	13
2. CAPÍTULO II	17
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	17
2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	17
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	18
2.3 MATRIZ DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	22
CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO.....	26
3. CAPÍTULO III.....	27
CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	27
3.1 ESTUDIO DE MAPEO SISTEMATIZADO DE LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
3.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA	31
3.3 CONSULTA A EXPERTOS	33
CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO.....	37
4. CAPÍTULO IV.....	38
MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES	38

4.1	INSTRUMENTO (ENCUESTA).....	38
4.1.1	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ENCUESTA	38
4.1.2	PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
4.1.3	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.....	40
4.2	CREACIÓN DEL MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES.....	41
4.3	VALIDACIÓN DEL MODELO.....	42
4.4	RESULTADOS.....	43
4.4.1	RELACIONES ENTRE VARIABLES	43
4.4.2	CARGAS FACTORIALES	52
	CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO.....	54
5.	CAPÍTULO V	55
	CRITERIOS DE SELECCIÓN VALIDADOS	55
5.1	ASIGNACIÓN DE VALOR A LOS CRITERIOS	55
5.2	ORDEN DE IMPORTANCIA DE LOS CRITERIOS	57
	CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO.....	59
6.	CAPÍTULO VI.....	60
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
		60
6.1	CONCLUSIONES	60
6.2	RECOMENDACIONES.....	62
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Etapas de respuesta al alojamiento. Fuente: Adaptado de Calderón, 2013</i>	<i>1</i>
<i>Figura 2. Vivienda prefabricada en Montserrat. Fuente: Fox, 2002</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3. Villa reconstruida, Montserrat. Fuente: Fox, 2002</i>	<i>3</i>
<i>Figura 4. Armenia. Fuente: El Tiempo, 1999.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 5. Esquema del Ciclo de Reproducción del Riesgo de la reconstrucción post-desastres de la vivienda y el hábitat. Fuente: Olivera, A., & González, G., 2010.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 6. Flujo de trabajo. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7. Clasificación de sistemas constructivos. Fuente: Echeverry et al. (2000).</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8. Ejecución del EMS. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9. Relación por año de publicación. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10. Distribución según tipo de fuente de publicación. Fuente: Elaboración propia ..</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11. Sectores consultados. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 12. Profesiones de los consultados. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13. Sectores encuestados. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14. Profesiones de los encuestados. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>40</i>
<i>Figura 15. Propuesta del modelo de ecuaciones estructurales. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16. Análisis del modelo de ecuaciones estructurales. Fuente: Elaboración propia ...</i>	<i>44</i>
<i>Figura 17. Ruta de importancia de los criterios. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>52</i>
<i>Figura 18. Síntesis de los resultados. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>58</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Registros y pérdidas por décadas.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2. Caracterización de los sistemas constructivos.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3. Matriz de sistemas constructivos.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 4. Cadenas de búsquedas para el EMS.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5. Criterios de inclusión para el EMS.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6. Criterios de exclusión para el EMS.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7. Fases de selección para el EMS.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8. Criterios identificados en la literatura.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 9. Lista de criterios.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 10. Escala de valoración utilizada.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 11. Estimaciones de parámetros para validación.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 12. Efectos directos.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 13. Valor P de los coeficientes β.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 14. Tamaño de los efectos directos.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 15. Efectos indirectos de dos segmentos.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 16. Tamaño de los efectos indirectos de dos segmentos.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 17. Efectos indirectos de tres segmentos.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 18. Tamaño de los efectos indirectos de tres segmentos.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 19. Efectos directos.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 20. Suma de efectos indirectos.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 21. Efectos totales.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 22. Cargas factoriales combinadas y cruzadas.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 23. Criterios de diseño.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 24. Criterios Socio-ambientales.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 25. Criterios de tecnología de la construcción.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 26. Criterios de flexibilidad.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 27. Criterios de logística.....</i>	<i>58</i>

RESUMEN

La reconstrucción de infraestructura es clave para la mitigación y la preparación para reducir los impactos del próximo desastre. La calidad de las viviendas y la infraestructura provista durante la fase de reconstrucción post-desastre, influirán en la vulnerabilidad y en la respuesta ante una futura amenaza. La selección de sistemas constructivos para la solución de viviendas en la etapa de reconstrucción post-desastre responde a criterios insuficientes en relación a las condiciones del contexto local específico. El objeto del presente trabajo es identificar los criterios de selección de sistemas constructivos de vivienda para el proceso de reconstrucción post-desastre.

La metodología empleada se basa en una extensa revisión de la literatura para identificar los criterios. Después de esta revisión, los criterios identificados se validan a través de consulta a expertos y se finaliza con la creación de un modelo de ecuaciones estructurales que permite asignar valoración a los criterios de selección y establecer un nivel de importancia de ellos.

Este es un trabajo novedoso, presenta actualidad y pertinencia, que resulta en la identificación de los criterios que deben ser tenidos en cuenta para seleccionar un sistema constructivo que consulte criterios pertinentes para la construcción de soluciones de vivienda después de un desastre.

Palabras clave: Reconstrucción, Sistemas Constructivos, Soluciones de vivienda, Modelo de Ecuaciones Estructurales.

ABSTRACT

The infrastructure reconstruction is key aspect to mitigation and preparation to reduce the impacts in disaster situations. The infrastructure construction quality provided during post-disaster reconstruction phase will influence the vulnerability and the response to a future threat. The selection of constructive systems for housing solution in post-disaster reconstruction stage responds to insufficient criteria in relation to conditions in specific local context. The aim of this research is to identify criteria to selection of constructive housing systems to post-disaster reconstruction process.

The methodology used is based on an extensive review of literature to identify this criteria. After this review, the criteria identified were validated through consultation with experts and finalized with Structural Equations Model that allows to evaluate to selection criteria and establishing a level of importance of them.

This is a novelty work, it is current and pertinent, which results in identification of criteria that must be taken into account in order to select a constructive system. These criteria are considered relevant to select the housing construction system after a disaster.

Keywords: Reconstruction, Constructive Systems, Housing Solutions, Structural Equation Model.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, por sus condiciones geográficas, geológicas, topográficas y climáticas, la población se encuentra expuesta a múltiples amenazas naturales como sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, deslizamientos de tierra, entre otras, las cuales junto con un inadecuado uso del suelo, urbanismo descontrolado, migraciones hacia los centros urbanos y las deficiencias en técnicas de construcción, aumentan la vulnerabilidad de las comunidades y contribuye a agravar el riesgo (UNGRD, 2015).

En este contexto, existe una problemática recurrente, que corresponde con la necesidad de suplir soluciones de vivienda acorde con las condiciones que exige la atención de un desastre y la población. En este sentido la afectación, debida a un hecho desastroso, a una comunidad puede llegar a romper el tejido social construido sobre la base de una infraestructura que también se ve afectada, por esto se vuelve un elemento importante el reestablecer esta infraestructura rápidamente. La definición rápida del sistema constructivo a utilizar para la reconstrucción de viviendas, es un proceso que al parecer no ha tenido en cuenta criterios apropiados para su selección. Estos criterios no siempre responden a las condiciones del contexto local donde se requieren las soluciones de vivienda, por lo cual se busca identificar criterios que ayuden a una adecuada selección y así reducir consecuencias negativas a corto, mediano y largo plazo.

Estas situaciones soportan la necesidad de recoger una serie de información para identificar esas variables, para lo cual en este trabajo se propone una metodología que lleve a identificar los criterios pertinentes que deben ser tenidos en cuenta para seleccionar un sistema constructivo por medio de consulta a expertos y análisis bibliográfico.

Este trabajo presenta los criterios estudiados que permiten al tomador de decisiones seleccionar el sistema constructivo apropiado para la construcción de viviendas con la determinación de los criterios de selección del sistema constructivo e identificación de los niveles de importancia de estos criterios, desde un enfoque multidimensional que tiene en cuenta lo técnico, económico, ambiental, social y cultural.

1. CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Ante la ocurrencia de un desastre, se inicia un proceso de recuperación con la finalidad de restablecer, con la mayor brevedad posible, las funciones normales de la sociedad, este proceso incluye las etapas de atención de la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Figura 1). La etapa de atención de la emergencia, es la etapa de ayuda humanitaria a las personas afectadas, búsqueda y rescate de personas, asistencia médica y otras medidas que dependen del tipo de desastre. La rehabilitación es una etapa de transición que comienza después de terminada la emergencia, en este punto se restablecen los servicios básicos, se establece la magnitud de los daños y la infraestructura afectada o destruida y se brinda alojamiento temporal, esta etapa se considera a mediano plazo y aumenta su efectividad cuando se tienen desarrollados planes de recuperación. La reconstrucción consiste en reparar las obras de infraestructura dañadas, a mediano o largo plazo, con el fin de alcanzar o superar el nivel de desarrollo previo al desastre (Hidayat & Egbu, 2010).

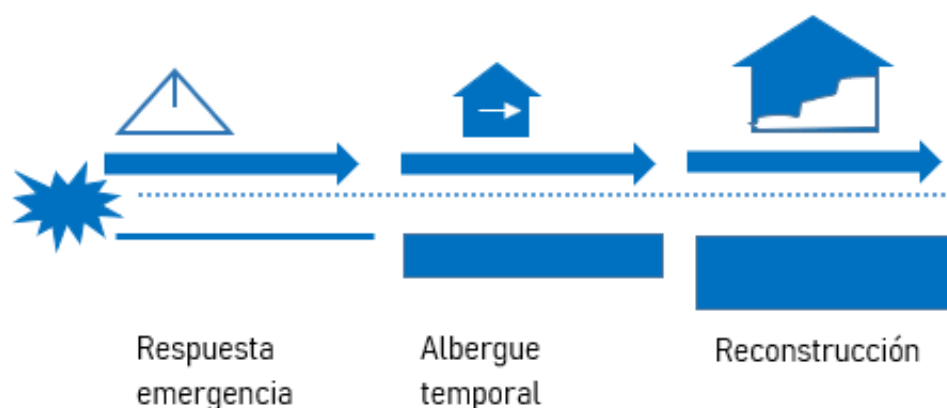


Figura 1. Etapas de respuesta al alojamiento. Fuente: Adaptado de Calderón, 2013

La etapa de reconstrucción juega un papel importante en la gestión de desastres. Los medios de vida de las comunidades afectadas son restaurados por medio de la construcción de nuevas viviendas e infraestructura. Es una oportunidad para volver a planificar la comunidad

y mejorar las condiciones de vida. Además, la reconstrucción es la clave para la mitigación y la preparación para reducir los impactos del próximo desastre, ya que la calidad de las viviendas y la infraestructura construida durante la fase de reconstrucción influirán en la vulnerabilidad y en la respuesta ante una amenaza.

La reconstrucción es una etapa lenta, costosa, compleja y comprende la mayor parte del proceso de recuperación, no debe considerarse simplemente como la construcción y reemplazo de estructuras físicas, sino como un potencial para el mejoramiento y reducción a futuro de la vulnerabilidad (Barakat, 2003). Durante esta etapa, los problemas comunes que se encuentran son el aumento de costos, suministro inadecuado de material, escasa mano de obra y baja calidad de la construcción (Hidayat & Egbu, 2010). Es debido a esto que las medidas de reconstrucción después de los desastres deben ser planificadas, sin embargo, cuando se intenta realizar programas de reconstrucción, los problemas particulares que ocasiona el desastre y el conocimiento limitado de las condiciones climáticas locales, materiales locales, formas de vida y subsistencia de las comunidades tienden a subestimarse produciendo así proyectos de reconstrucción que no se adaptan a la realidad de la comunidad afectada.

A nivel mundial las experiencias en los procesos de recuperación han sido estudiadas para mejorar las prácticas de construcción de viviendas, casos como las soluciones de vivienda prefabricadas en la isla de Montserrat, después de varias erupciones volcánicas en 1995, el 90% de la población tuvo que ser evacuada y reubicada. Muchos encontraron refugio de emergencia en edificios públicos, por lo que se hizo evidente la necesidad de dar solución inmediata a la escasez de vivienda; el sistema escogido fue el prefabricado. Las viviendas prefabricadas fueron llevadas a la isla, pero un defecto de fabricación que fue observado hasta que las unidades llegaron, resultó en la necesidad de reemplazar todo el stock de paneles de pared, lo que puso en relieve los riesgos de seleccionar sistemas importados (Barakat, 2003). Finalmente, una de las ventajas potenciales del sistema era la velocidad de la instalación. Esto sólo podría lograrse utilizando una técnica de construcción que era desconocida para los contratistas locales. En el momento en que los contratistas locales habían dominado la técnica ya se habían perdido todas las ventajas de la velocidad (Fox, 2002).



Figura 2. Vivienda prefabricada en Montserrat. Fuente: Fox, 2002



Figura 3. Villa reconstruida, Montserrat. Fuente: Fox, 2002

Otro caso, como el de la vivienda sostenible en Bielorrusia 1994-2000, utilizada para proporcionar vivienda pública asequible y ambientalmente sostenible para grupos desplazados tras el accidente nuclear de Chernobyl en 1986. Debido a la escasa economía regional y a la falta de recursos financieros, era imprescindible que la vivienda fuera barata y con un enfoque sostenible debido a los problemas ambientales causados por Chernobyl y por las actividades militares en la zona. El programa, emprendido conjuntamente por una ONG bielorrusa y el Gobierno, se considera un éxito. Es sostenible por las siguientes razones (Barakat, 2003):

- Facilidad de construcción y mantenimiento. Los métodos de construcción son simples y la mayoría de las personas son capaces de construir su propia casa con la ayuda de amigos y familiares. En los Estados Unidos, con el mantenimiento normal, las casas de fardo han durado más de 80 años.

- **Materiales disponibles.** La materia prima es un subproducto de la producción de granos, que se produce en las zonas más pobladas del mundo. Por lo tanto, el material de construcción está fácilmente disponible y los costos de transporte son bajos.
- **Sostenibilidad económica.** Las casas de pacas de paja son de tres a cuatro veces más baratas que las casas de ladrillo porque los costos laborales son mínimos y los materiales baratos. El uso de paja para la construcción convierte lo que normalmente es un desecho inútil en una mercancía, proporcionando así ingresos adicionales para los productores agrícolas, resolviendo la escasez de viviendas a un costo mínimo y conservando escasos recursos financieros para otros tipos de desarrollo económico.
- **Sostenibilidad del medio ambiente.** La paja es un producto de desecho agrícola renovable que a menudo se quema porque es difícil para reintegrarse con el suelo. Usar paja en lugar de madera ayuda a frenar la deforestación.
- **Sostenibilidad social.** La vivienda se puede modificar fácilmente para adaptarse a las tradiciones culturales locales.

En Colombia, experiencias como la del terremoto de Armenia del 25 de enero de 1999 que afectó las ciudades de Armenia, Pereira y las áreas del eje cafetero circundantes y que según datos reportados dejó más de 800 personas fallecidas, 14.000 viviendas destruidas totalmente y más de 80.000 viviendas afectadas severamente (Rodríguez, 2012).



Figura 4. Armenia. Fuente: *El Tiempo*, 1999.

El objetivo principal del programa de reconstrucción fue resolver el problema de la vivienda permanente y este programa comenzó inmediatamente después del desastre. La vivienda temporal sólo se propuso como una pausa para albergar a las familias mientras se

estaba trabajando en la reconstrucción permanente, sin embargo, esta pausa tomo más tiempo de lo debido.

Después de tres años, las familias continuaban en las viviendas temporales a pesar de las condiciones rudimentarias de estas unidades. Estos asentamientos generaron consecuencias sociales negativas porque se convirtieron en áreas de alta criminalidad (Johnson, 2007).

Debido a esta problemática, se han ofrecido múltiples soluciones de vivienda pero se han identificado numerosos fallos en intervenciones tanto realizados por los gobiernos de turno como por las agencias de ayuda humanitaria, realizando grandes inversiones en estrategias, materiales y soluciones constructivas sin llegar a resultados que permitan una reconstrucción eficiente (Lara, 2014).

1.1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Por lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los criterios para seleccionar el sistema constructivo apropiado para el proceso de reconstrucción de viviendas post-desastre?

1.1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar los criterios de selección de sistemas constructivos de vivienda para el proceso de reconstrucción post-desastre.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las soluciones relacionadas con los sistemas constructivos implementados en proyectos de vivienda permanente después de un desastre a partir del estudio de casos y referencias bibliográficas.
- Establecer los criterios de selección de sistemas constructivos para ser utilizados después de un desastre por medio de consulta a expertos.
- Asignar valoración a los criterios de selección de sistemas constructivos.

1.1.4 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el aumento en frecuencia e intensidad de eventos naturales con consecuencias devastadores y la velocidad con que se deterioran las condiciones sociales y materiales de las poblaciones, determinan el significativo número de víctimas cada año, con un impacto negativo fundamentalmente para los países en vías de desarrollo (Cardona, 2012).

En Colombia, entre los años 1970 y 2011 se registraron más de 28 mil eventos desastrosos, los cuales provocaron un total de 190.425 viviendas destruidas y 1'062.650 viviendas afectadas (Tabla 1).

Tabla 1. Registros y pérdidas por décadas

Década	Registros	Muertos	Damnificados/ afectados	Viviendas destruidas	Viviendas afectadas
1970-1979	5.657	4.025	1'710.541	23.060	25.584
1980-1989	5.123	28.316	4'727.790	29.317	15.873
1990-1999	6.465	3.957	9'204.412	88.956	191.828
2000-2009	9.270	2.180	9'284.073	41.698	470.987
2010-2011	2.187	519	2'823.885	7.403	358.378
Total	28.702	38.997	27'750.701	190.425	1'062.650

Fuente: Adaptado de (Banco Mundial, 2012).

El valor pico de viviendas destruidas en la década de 1990 a 1999, corresponde a los sismos del Atrato Medio (17 y 18 de octubre de 1992), Tierradentro, conocido como el terremoto de Páez (6 de junio de 1994), sismo del Eje Cafetero (25 de enero de 1999) y al efecto del fenómeno de la Niña de ese mismo año.

Además, el informe de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres señala la alta vulnerabilidad por inundabilidad que tiene el país, determinada principalmente porque:

“(…) el 12% del territorio nacional se encuentra localizado en áreas con una mayor susceptibilidad a inundarse. (...)La población localizada en zonas con mayor potencial de inundación se encuentra distribuida en 79 municipios, que representan el 28% del total de la población nacional (...) la vulnerabilidad relativa por inundabilidad, permite destacar que el 48% de la población se clasifica en un nivel de vulnerabilidad alto”(UNGRD, 2015).

Según el estudio del Banco Mundial, Colombia está situada en la convergencia de tres placas litosféricas: Nazca, Caribe y América del Sur, esto implica que el país se encuentra

expuesto al más alto régimen de vibraciones sísmicas que actúan sobre la superficie del suelo y generen terremotos y deslizamientos:

“Actualmente el 86% de la población colombiana se localiza en zonas de amenaza sísmica alta y media (...). El 44% del territorio colombiano se encuentra expuesto a amenaza sísmica alta e intermedia, principalmente en las regiones Pacífica y Andina, lo cual significa que 960 municipios, entre ellos los de mayor población, están expuestos. A nivel municipal, Cali representa la mayor población expuesta a amenaza sísmica alta, seguido por otras capitales como Cúcuta, Bucaramanga, Pereira, Villavicencio, Pasto y Manizales” (Banco Mundial, 2012).

Bajo este panorama, es evidente que el país está expuesto a múltiples amenazas que, por su intensidad y frecuencia, generan desastres en el territorio, lo que conlleva a reconocer el riesgo y a plantear cómo mejorar el proceso de reconstrucción con el fin de disminuir los efectos negativos de un desastre.

En este proceso de reconstrucción de viviendas después de un desastre, juega un papel importante la determinación del sistema constructivo a implementar, ya que se deben evaluar las ventajas y desventajas, analizando los recursos necesarios para llevar a cabo la reconstrucción, como la disponibilidad de materiales de buena calidad, evaluando la oferta y las fuentes alternativas de obtención (Mojtahedi & Oo, 2012). Puesto que a menudo resultan viviendas de mala calidad, los suministros no llegan a tiempo, la entrega es lenta, se produce a un alto costo por unidad y trae consigo un bajo desempeño de recuperación (Moe & Pathranarakul, 2006).

La elección del sistema constructivo es determinante para alcanzar una buena calidad de lo construido y que sea acorde a la cultura, clima, costumbre, entre otros, además que se maneje de manera eficiente los recursos disponibles. La calidad dentro del programa de reconstrucción proporciona la capacidad de resistir a futuros eventos disminuyendo los riesgos a los que estaba expuesta la comunidad afectada. La reconstrucción post-desastres presenta la oportunidad de influir en las prácticas de construcción locales y de construir infraestructura más segura para las comunidades.

Con el fin de influir positivamente el proceso de reconstrucción, este estudio plantea determinar los criterios que contribuyen directamente a seleccionar un sistema constructivo, que emplee de manera eficiente los recursos (materiales, mano de obra, herramienta y equipo) acorde con la situación ocasionada por el desastre y el contexto en que se envuelve la comunidad afectada. Considerando un enfoque multidimensional que tenga en cuenta aspectos tecnológicos, económicos, ambientales y socioculturales.

1.2 MARCO DE REFERENCIA

1.2.1 ANTECEDENTES

A continuación, se presenta un análisis de los documentos más relevantes para la investigación, donde se hace un breve resumen de cada uno y se explica los aportes para el presente trabajo.

ABEYSUNDARA, Y., BABEL, S., GHEEWALA, S. (2008). *A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka.*

Este documento presenta una matriz para seleccionar materiales sostenibles para edificios en Sri Lanka, tomando en cuenta las evaluaciones ambientales, económicas y sociales de los materiales en una perspectiva de ciclo de vida. Se analizan cinco elementos de construcción, cimientos, techos, puertas, ventanas y suelo, con base en los materiales utilizados para estos elementos. El impacto ambiental asociado con estos elementos se analiza en términos de energía incorporada. El análisis económico se basa en los precios del mercado y la asequibilidad de los materiales. Los factores sociales que se tienen en cuenta son el confort térmico, interior (estética), la capacidad de construir rápidamente, la fuerza y la durabilidad. Por lo tanto, esta matriz ayuda a los responsables de la toma de decisiones a seleccionar materiales sostenibles para los edificios, y aporta a esta investigación bases para determinar los criterios de selección de sistemas constructivos.

SILVA, J. DA. (2010). *Lessons from Aceh: Key Considerations in Post-Disaster Reconstruction.*

Este documento proporciona información relacionada con experiencias en el proceso de recuperación tras el tsunami provocado por un terremoto en Indonesia que afectó el sudeste asiático el 26 de diciembre de 2004. Esto causó la devastación de las zonas costeras en varios países de la región, incluyendo la India, Sri Lanka, Tailandia e Indonesia y varios países afectados en el este de África. La mayor destrucción fue en la provincia de Aceh, en el extremo norte de la isla indonesia de Sumatra.

En la segunda sección de este documento (diseño), las consideraciones claves incluyen:

- Definición de la calidad apropiada para la reconstrucción
- La identificación de los tipos adecuados de construcción
- Minimizar el impacto ambiental de la reconstrucción
- Incorporación de estrategias de reducción de riesgos de desastres

Definiendo que la calidad, costo y plazos son los tres elementos clave de un programa de reconstrucción. Además indica los factores que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar el sistema constructivo como la aceptabilidad cultural, climáticamente apropiado, las necesidades de mano de obra calificada, durabilidad, facilidad de mantenimiento, la capacidad de adaptación a futuro y el tiempo de entrega.

LARA SALAZAR, C. (2014). *Criterios para la Construcción de Viviendas de Carácter Social Post-Desastre para la República Dominicana*. Universidad Politecnica de Cataluña.

Este documento proporciona el estudio del proceso de reconstrucción de 4 ciudades con distintos contextos sociales que fueron afectadas por un evento de origen natural:

1. Nueva Orleans, Estados Unidos, -Huracán Katrina (2005)
2. L'aquila, Italia, -Sismo (2009)
3. Concepción, Chile, -Sismo (2010)
4. Puerto Príncipe, Haití, -Sismo (2010)

Analiza la respuesta de alojamiento de cada una de las ciudades afectadas y sus respectivas intervenciones en tiempo y técnica constructiva, a partir de este análisis realiza una comparación entre ellos (prototipo de viviendas, tecnologías y técnicas constructivas), desarrollando un listado de lecciones, estrategias y técnicas que aportan al plan de intervención post-desastres de Republica Dominicana.

BLANCO-LION1, C. , PELSMAKERS, S., TAYLOR, M. (2015). *Sustainable Solution for the Reconstruction of Low Income Housing in Post-Disaster Zone*.

Este trabajo aborda la reconstrucción de viviendas de bajos ingresos en una zona posterior al desastre desde la perspectiva de la sostenibilidad. Se desarrolla una Grilla de Evaluación, basada en la teoría de los cinco intereses (social, cultural, ambiental, económico y estético), que puede servir de marco para calificar la sostenibilidad de una respuesta arquitectónica en la reconstrucción de viviendas de bajos ingresos. La Grilla de Evaluación se aplica para desarrollar un diseño sostenible.

La propuesta se desarrolla en un escenario real, para la reconstrucción de viviendas de bajos ingresos en Pisco, Perú, el sitio de un devastador terremoto en 2007. El diseño final no busca la mínima energía posible, el coste mínimo, sino que encuentra una solución que respeta el equilibrio de los diversos intereses en sostenibilidad y no sacrifica la seguridad, el bienestar o las aspiraciones de los habitantes, demostrando de que es posible una solución arquitectónica para la reconstrucción sostenible de la vivienda de bajos ingresos en las zonas

posteriores a un desastre. También es una prueba del enfoque multidimensional para seleccionar el diseño de una vivienda post-desastres.

GÓMEZ JIMENEZ, M.C. (2016). *Bases para el diseño de viviendas transitorias post-desastres para las condiciones cubanas.* Universidad Central Marta Abreu de las Villas.

Este trabajo propone un acercamiento a estrategias transitorias desde perspectivas resilientes. La investigación se fundamenta en tres capítulos. En primera instancia se recogen los términos y conceptos fundamentales en cuanto a prácticas habituales de alojamiento post-desastres y se definen los principios que han de regir el diseño y construcción de las viviendas transitorias, como solución idónea ante las condiciones cubanas. En el segundo capítulo se estructuran y establecen las bases para el diseño, en el tercer capítulo se aplican demostrativamente las bases de diseño de la vivienda transitoria post-desastres en un caso de estudio propio de un contexto local específico seleccionado.

Aunque este trabajo está orientado al alojamiento temporal, brinda muchas herramientas útiles para aplicar en la vivienda permanente, dado que establece bases para el diseño que se pueden aplicar a viviendas permanentes. Además, plantea un porte metodológico para la elaboración de las bases para el diseño de viviendas progresivas, mediante la descripción de trece variables, que se concretan en especificaciones y criterios cuantitativos y cualitativos.

ARNER REYES, E. (2017). *Método de selección de tecnologías industrializadas apropiadas para la solución de edificios de viviendas en la etapa de reconstrucción post-desastre.* Universidad de Oriente.

Este trabajo aborda la selección de tecnologías industrializadas para la solución de edificios de viviendas en la etapa de reconstrucción post-desastres, donde se identifica que estas tecnologías responden a criterios insuficientemente apropiados en relación a las condiciones del contexto local específico, afectando la resiliencia. Propone un método para la selección de las tecnologías industrializadas apropiadas para soluciones de viviendas urbanas en etapa de reconstrucción post-desastre, que contribuya a la creación de condiciones de resiliencia desde un enfoque multidimensional.

Para ello determinaron los requerimientos que deben cumplir las tecnologías industrializadas que tienen en cuenta lo tecnológico, lo económico, lo ambiental y lo sociocultural. Finalmente, evalúa cinco soluciones ejecutadas en Santiago de Cuba luego del huracán Sandy, para validar la aplicabilidad y efectividad del método propuesto y presenta recomendaciones para lograr mayor aceptación de las soluciones evaluadas.

1.2.2 ESTADO DEL ARTE

Un desastre es una “situación o evento, que sobrepasa la capacidad local, lo que exige una petición de asistencia externa a nivel nacional; es un acontecimiento imprevisto y a menudo repentino que causa grandes daños, destrucción y sufrimiento humano” (Calderón, 2013).

Aunque a menudo es causado por la naturaleza, los desastres pueden tener orígenes humanos llamados desastres antrópicos. Las guerras y los disturbios civiles que destruyen tierras y desplazan las personas se incluyen entre las causas de los desastres.

Se puede decir que un desastre es el resultado de combinar la exposición a un riesgo (natural o causado por el hombre) y la condición de vulnerabilidad definida como la falta de capacidad para enfrentar y recuperarse de una catástrofe (PNUD Chile, 2012). Esto quiere decir que no puede haber un “desastre” sin la presencia de un agente externo amenazador (riesgo) y un agente interno vulnerable (población).

Anteriormente cuando ocurría un desastre lo importante era actuar con rapidez y reconstruir con el fin de restaurar la normalidad de las comunidades afectadas. Pero estas actuaciones han llevado a recrear la vulnerabilidad y a exponer a la comunidad a mayores riesgos, cuyo concepto es denominado “El Ciclo de Reproducción del Riesgo” (Figura 5), que como se explica en la investigación de (Olivera & González, 2010), el hábitat construido actual, caracterizado por los factores de vulnerabilidad (urbanismo descontrolado, poca planificación territorial, construcciones deficientes) se ve impactado por un evento extremo (huracán, terremoto, inundación) y resulta en una situación de desastre.

Tanto en la fase de respuesta, como de reconstrucción, actúan diversos actores que con la misma finalidad, la recuperación y normalización, no logran solucionar adecuadamente su vulnerabilidad original, e incluso pueden aparecer nuevos riesgos, “verificándose un ciclo de reproducción del riesgo que, a la larga, repercute en un retraso del desarrollo local sostenible y trae consecuencias humanas y sociales indeseables” (Olivera & González, 2010).

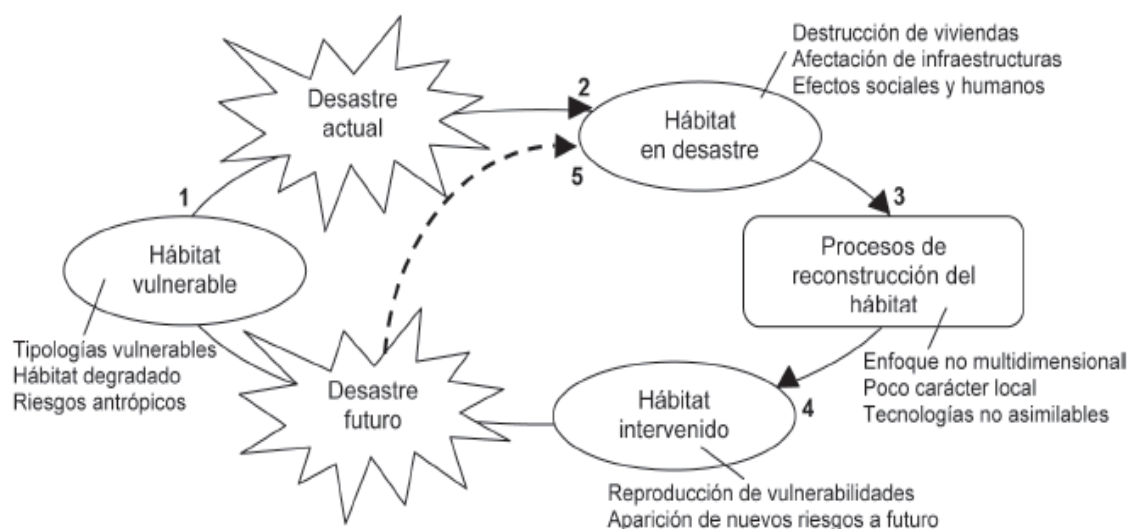


Figura 5. Esquema del Ciclo de Reproducción del Riesgo de la reconstrucción post-desastres de la vivienda y el hábitat. Fuente: Olivera, A., & González, G., 2010.

Ante este panorama, siempre ha existido la necesidad de responder de manera rápida y efectiva frente a las catástrofes, pero fue hasta el año 2004 que apareció por primera vez el concepto de "reconstruir mejor". Se originó durante los esfuerzos de recuperación tras el tsunami del Océano Índico, que afectó a Indonesia, India y Tailandia, surgió como la necesidad de mejorar las prácticas de reconstrucción y recuperación y generar comunidades más seguras (Kennedy, Ashmore, Babister, & Kelman, 2008). Este concepto lo que define es utilizar en el proceso de reconstrucción las medidas de reducción de riesgo de desastres para mejorar la infraestructura, aumentar la preparación ante el riesgo, desarrollar e implementar estrategias para los procesos de asentamiento y refugio a mediano y largo plazo.

Frente a estos esfuerzos de mejorar la calidad de las acciones durante las respuestas en casos de desastre surgió el Proyecto Esfera, que, con el fin de plasmar los principios comunes y normas universales, elaboró un conjunto de normas mínimas en algunos sectores clave para salvar vidas. Dichas normas se exponen en los cuatro capítulos técnicos del Manual: abastecimiento de agua, saneamiento y promoción de la higiene; seguridad alimentaria y nutrición; alojamiento, asentamientos humanos y artículos no alimentarios, y acción de salud (Spherehandbook.org, 2017).

El Manual de Esfera fue concebido para servir en la planificación, la implementación, el seguimiento y la evaluación de las respuestas humanitarias. En cuanto a las normas mínimas sobre alojamientos y asentamientos humanos, promueve el uso de soluciones de alojamiento y de materiales que son conocidos por la población afectada y, cuando sea posible, que sean

culturalmente aceptadas y sostenibles ambientalmente, garantizando confort térmico, ventilación y protección ante el clima, la seguridad y la salud (Spherehandbook.org, 2017).

El enfoque actual de la gestión de riesgos, hace énfasis en el concepto de resiliencia. En el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, que se adoptó en la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas celebrada en Sendai (Japón) el 18 de marzo de 2015, define siete objetivos mundiales los cuales se centran en evitar que se produzcan nuevos riesgos, la reducción del riesgo existente y reforzar la resiliencia (UNISDR, 2015).

La UNISDR define “resiliencia” como “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza, para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas”.

1.3 METODOLOGÍA

Con el fin de llevar a cabo cada uno de los objetivos propuestos en el presente proyecto, en este ítem se describe la metodología desarrollada.

En primer lugar se realiza una recopilación de información sobre los sistemas constructivos implementados en proyectos de vivienda permanente después de un desastre y los sistemas constructivos utilizados en Colombia, analizando las características y los recursos que se necesitan para su construcción, con base en el estado del arte y revisión de fuentes bibliográficas.

Esta caracterización parte de una clasificación de los sistemas constructivos de acuerdo al grado de industrialización para posteriormente describir los elementos principales, las consideraciones estructurales (basadas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10), las consideraciones arquitectónicas y del proceso constructivo, con el fin de describir de manera estructurada los sistemas constructivos y caracterizar cada uno de ellos en una matriz, siendo esta matriz el producto final del primer objetivo.

Con el fin de establecer un listado de criterios de selección de sistemas constructivos para la reconstrucción de viviendas post-desastres, se realiza una amplia revisión bibliográfica aplicando la metodología de Estudio de Mapeo Sistematizado definida por Kitchenham (2011) como “una amplia revisión de los estudios primarios en un área temática específica, que tiene como objetivo identificar qué evidencia disponible existe sobre un tema” (como se cita en Garay, Espinoza, Martínez & Castro, 2013).

El estudio de mapeo sistemático llamado “Systematic Mapping Study (SMS)” por su denominación en inglés, conlleva a una revisión del estado del arte, así como artículos que permiten identificar las investigaciones relacionadas con el problema de investigación, permitiendo la identificación de criterios de selección planteados en la literatura.

El Estudio de Mapeo Sistemático consta de una serie de etapas, que se siguen paso a paso para obtener una bibliografía focalizada según (Garay, Espinoza, Martínez & Castro, 2013), las cuales fueron reproducidas en un estudio posterior por (Cano, Botero & Rivera, 2017), estas etapas son:

1. Definir las preguntas de investigación
2. Realizar la búsqueda de estudios primarios
3. Seleccionar de acuerdo a los criterios de inclusión / exclusión
4. Clasificar los documentos
5. Extraer datos

Al finalizar estas cinco etapas, se obtiene una lista refinada de estudios que generan un gran aporte a la investigación y que se utilizan para extraer los criterios selección de sistemas constructivos planteados en estos artículos.

Al extraer los criterios de selección de sistemas constructivos, se elabora un listado con el que posteriormente se construye un cuestionario preliminar. Tratándose de un instrumento de elaboración propia, este cuestionario necesariamente debe ser validado mediante algún procedimiento metodológicamente adecuado, por lo que se sometió a validación de contenido por expertos.

Todas las respuestas y sugerencias por parte de los expertos se procesan y consideran para la construcción de la versión final de un cuestionario útil para su propósito y con validez científica. El cuestionario final se elabora para ser contestado en una escala de Likert usada para indicar el nivel de importancia que los involucrados perciben en cada ítem.

Se aplica el cuestionario y se captura la información, creando una base de datos en una hoja de cálculo, luego se analiza en el software estadístico denominado WarpPLS para crear un Modelo de Ecuaciones Estructurales con el objetivo de asignar valoración a los criterios de selección y establecer su nivel de importancia.

El Modelo de Ecuaciones Estructurales (Structural Equation Modeling, SEM) es una técnica que combina tanto la regresión múltiple como el análisis factorial. Permite examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia que se expresan mediante un gráfico de senderos (Cupani, 2012).

El modelo trabaja con variables latentes o no observadas, que se componen de variables medibles u observables, para este caso las variables observables son los criterios de selección identificados previamente y las variables latentes son los grupos de conceptos más grandes (técnico, ambiental, social, económico).

Para utilizar esta técnica, primero se propone un modelo, bajo justificación teórica, creando las variables latentes y las variables observables, luego se establece la relación entre las variables latentes usando flechas en un solo sentido para indicar la dependencia de una variable con otra (Cupani, 2012). Así, por ejemplo, si una flecha “sale” de una *variable uno* con dirección a una *variable dos*, ello indica que la variable dos depende de la variable uno, la cual es independiente.

Posteriormente, este modelo se valida estadísticamente mediante la verificación de parámetros obtenidos por el software. Se realiza una validez interna de las variables y la validez general del modelo.

Una vez validado, se procede a analizar las relaciones conformadas entre variables latentes y sus efectos, y se analizan los resultados de cargas factoriales que muestra la relación entre variable observada y variable latente, ésta carga es asignada a cada uno de los criterios para establecer su nivel de importancia.

A continuación, en la Figura 6 se muestra el flujo de trabajo que resume la metodología planteada, donde se puede identificar el objetivo general, los objetivos específicos y los pasos que se realizan para cumplirlos.

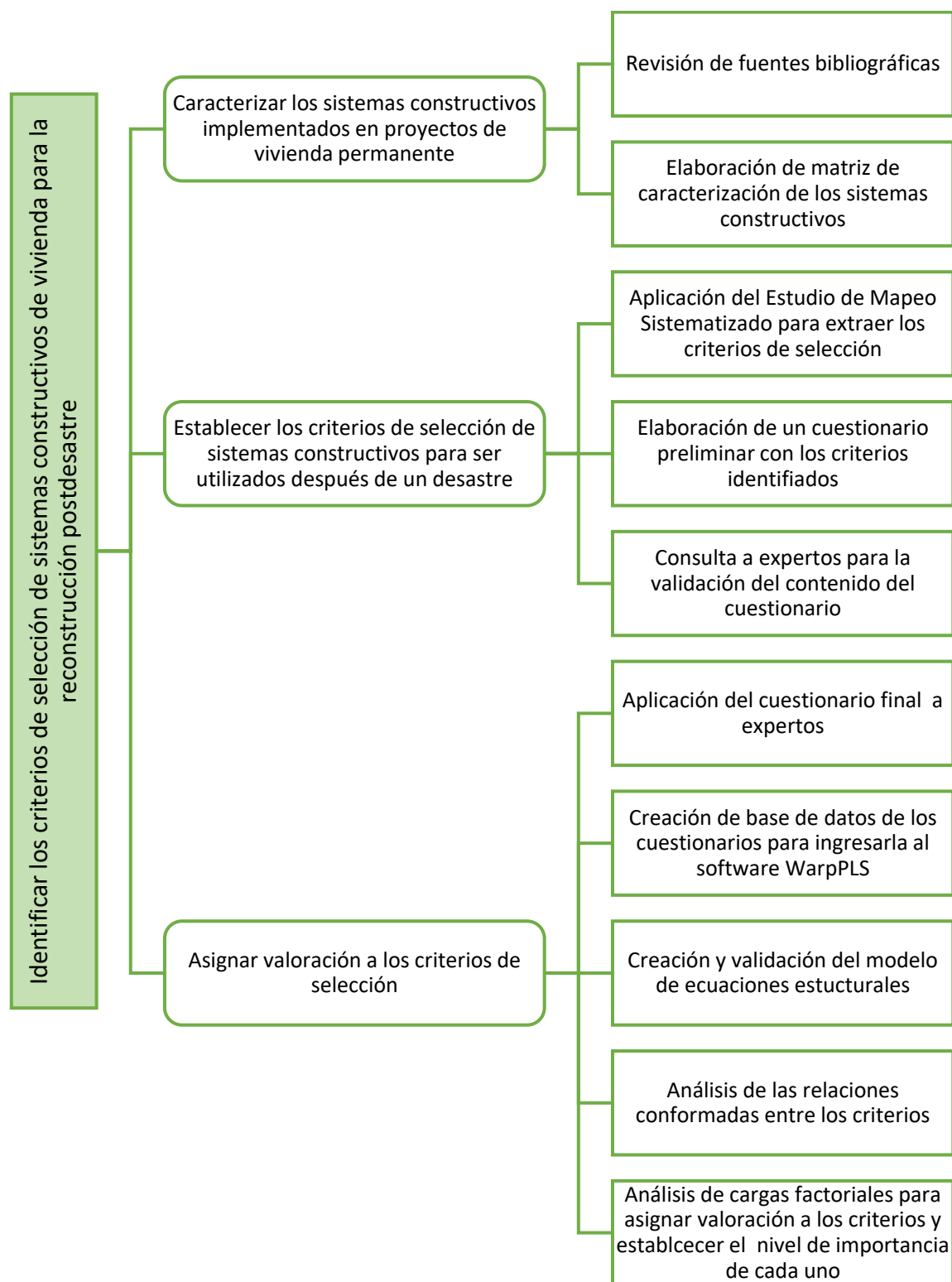


Figura 6. Flujo de trabajo. Fuente: Elaboración propia

2. CAPÍTULO II

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

De acuerdo al primer objetivo planteado en este trabajo, en este capítulo se presenta la caracterización de los sistemas constructivos implementados en proyectos de vivienda permanente, esta caracterización tiene en cuenta los elementos principales del sistema constructivo, el requerimiento de la mano de obra, la maquinaria y equipos, así como también algunas consideraciones estructurales y arquitectónicas.

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Para hacer una adecuada caracterización de las alternativas existentes para la construcción de soluciones de vivienda, es necesario clasificar los sistemas constructivos, éstos se dividieron de acuerdo al grado de industrialización, que puede ser artesanal, industrializado o híbrido, los industrializados a su vez se subdividen en prefabricados e industrializados in-situ. La Figura 7 muestra el esquema general de la clasificación de los sistemas constructivos.



Figura 7. Clasificación de sistemas constructivos. Fuente: Echeverry et al. (2000).

La clasificación que se muestra a continuación, se basa en el documento Vivienda de Interés Social: Inventario de Sistemas Constructivos, realizado por la Universidad de los Andes para Metrovivienda de la Alcaldía Mayor de Bogotá (Echeverry, 2000).

Para la clasificación se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- **Clasificación del sistema:** Se clasifican según la metodología de construcción, siendo artesanal aquellos sistemas construidos en sitio, con técnicas tradicionales, de amplio conocimiento y en los cuales cobra gran importancia la mano de obra. Por otro lado, los sistemas industrializados, que pueden ser prefabricados o industrializados in-situ, que involucran trabajos en planta o en taller y que solo requieren de un proceso de armado en sitio con las piezas previamente dispuestas para tal fin. Por último, los híbridos, que no son más que las diferentes combinaciones que se pueden hacer entre los dos anteriores, entre mano de obra en sitio y elementos prefabricados.
- **Elementos:** Describe los materiales y componentes principales de cada uno de los sistemas.
- **Consideraciones estructurales:** Se refiere al tipo de sistema estructural que tiene la construcción, la capacidad de disipación de energía sísmica y en algunos casos recomendaciones de tipo geométrico para la vivienda, se basa en la norma colombiana de sismo resistencia vigente (NSR-10).
- **Consideraciones arquitectónicas:** Describe las limitaciones o ventajas del sistema de tipo arquitectónico de cada sistema.

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Teniendo en cuenta las características que pueden ser comunes entre los diferentes sistemas constructivos, se definieron cuatro categorías según el tipo de construcción y materiales empleados en cada uno. A continuación, se describe cada uno y las consideraciones para cada caso.

El grupo de mampostería incluye mampostería reforzada y mampostería confinada, tienen como materia prima fundamental las unidades de mampostería. Permiten la construcción en altura, no necesitan acabado y la distribución arquitectónica se debe ajustar a la modulación de los paneles o de las unidades de mampostería. Están regidas por el Título D de NSR-10 – Mampostería estructural.

Para el caso de sistemas de estructura metálica con cualquier tipo de cerramiento, también conocidos como híbridos, son una mezcla de una estructura metálica, que puede catalogarse

como prefabricada, con cerramientos y divisiones interiores que pueden ser desde mampostería, paneles de fibrocemento o yeso. Se han tenido experiencias hasta de 3 pisos de altura y se adaptan con facilidad a cualquier tipo de distribución espacial. El sistema estructural debe cumplir los requisitos del Título F -Estructuras metálicas de la NSR-10.

Los sistemas de construcción en seco, también conocidos como sistemas de construcción liviana, se caracterizan por ser prefabricados e industrializados, ya que el trabajo en sitio se limita a un ensamble de piezas que vienen listas de fábrica generalmente en módulos de 1.22m x 2.44m. Pueden ser versátiles en los diseños arquitectónicos, sin embargo se debe procurar que estos se ajusten a las dimensiones de las láminas para evitar desperdicios (Díaz Castañeda & Castro Escobar, 2011).

Necesitan acabado superficial y tratamiento en las juntas, son contruidos con perfiles metálicos livianos o estructurales, permiten construcción en altura hasta dos pisos, para alturas mayores requieren otras consideraciones estructurales. La norma no especifica el manejo que se le debe dar a estas construcciones, sin embargo, pueden ser homologados por parte de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Por último, los sistemas de concreto, normalizados por Titulo C- Concreto estructural de la NSR-10.

A continuación, en la Tabla 2, se presenta la caracterización de los sistemas constructivos. En dicha tabla se identifica la clasificación del sistema constructivo, así como sus elementos, consideraciones estructurales y consideraciones arquitectónicas.

Tabla 2. Caracterización de los sistemas constructivos

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CLASIFICACIÓN	ELEMENTOS	CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS
MAMPOSTERÍA	Artesanal	Unidades de mampostería Mortero de pega Grouting Refuerzo Concreto (vigas y columnas) Acero de refuerzo Vigas de cimentación Placas de contrapiso Placas de entrepiso Paneles en ladrillo Cubierta Escaleras	DES en el rango inelástico (cuando todas las celdas se llenan con grout) - DMO (cuando solo se llenan con grout las celdas con refuerzo) DMO (para ser estructural debe ser continuo y sin aberturas) Se busca simetría entre los elementos para evitar fenómenos de torsión. Debe haber coincidencia entre vanos.	Modulación de los muros según tamaño de la unidad de mampostería. Aprovechar las unidades de mampostería como acabado final evitando recubrimientos. Vanos múltiplos del tamaño de las unidades de mampostería. Presenta restricciones, dado que el diseño se debe adecuar a las dimensiones de los módulos.
SISTEMA EN SECO (FIBROCEMENTO)	Industrializado - prefabricado	Elementos de fibrocemento Perfiles metálicos Teja de fibrocemento Anclajes, pegantes y selladores. Paneles termo Wall Panel tipo sándwich con caras metálicas y relleno en poliuretano.	Comportamiento favorable de las láminas a compresión. Su bajo peso lo favorece en el tema de sismos. Disposición ortogonal de muros en planta, simetría en planta para evitar torsiones. Liviana y flexible. Necesita estructura metálica para edificaciones de más de 2 pisos.	Diseño limitado por tamaño de las láminas Los perfiles y láminas pueden ser cortados en fábrica según diseño.

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CLASIFICACIÓN	ELEMENTOS	CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS
SISTEMAS CONCRETO	Industrializado - prefabricado	Concreto Malla electro soldada rígido Piezas de anclaje Vigas de cumbrera e intermedias Vigas de entrepiso Refuerzo Paneles de concreto reforzado.	Muros de carga y divisorios con paneles. Se pueden utilizar losas de entrepiso. Muros en ambas direcciones para rigidizar ante cargas sísmicas.	Requiere acabado en los muros. Sistema modular. Restricciones al diseño. Permite manejar varios acabados a partir del bloque y del ladrillo. En planta modula según las posibilidades del sistema.
SISTEMA COMBINADO ESTRUCTURA METALICA + MAMPOSTERIA	Híbrido	Escaleras Concreto Refuerzo Ladrillo y bloque Metaldeck Instalaciones Paneles metal - poliuretano Pisos, enchapes y grifería Perfiles estructurales Placa en concreto con lámina colaborante Cubierta metálica Cerramiento en ladrillo o paneles	Pórticos estructurales metálicos.	Se pueden hacer ajustes en el diseño previa consulta con el proveedor. No presenta ninguna restricción al diseño. Máximo 3 pisos.

Fuente: Adaptado de Díaz Castañeda & Castro Escobar, 2011.

2.3 MATRIZ DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

En la Tabla 3 se presenta la matriz de sistemas constructivos que resume los elementos, las consideraciones estructurales, de mano de obra, maquinaria y equipos y el proceso constructivo.

Tabla 3. Matriz de sistemas constructivos

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CLASIFICACIÓN	ELEMENTOS	CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	MANO DE OBRA	MAQUINARIA Y EQUIPOS	PROCESO CONSTRUCTIVO
MAMPOSTERIA CONFINADA	ARTESANAL	-Unidades de mampostería -Mortero de pega	Se considera de capacidad moderada de disipación de energía (DMO).	Calificada con experiencia	-Cortadora de ladrillo -Vibrador (vigas y columnas)	Replanteo de cimentación y arranques de refuerzo vertical Fundida de cimentación Construcción de muro Fundida elementos de confinamiento vertical Fundida elementos de confinamiento horizontal Instalaciones Cubierta Acabados

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CLASIFICACIÓN	ELEMENTOS	CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	MANO DE OBRA	MAQUINARIA Y EQUIPOS	PROCESO CONSTRUCTIVO
MAMPOSTERIA REFORZADA	ARTESANAL	-Unidades de mampostería -Mortero de pega -Mortero de inyección -Refuerzo	Puede ser de capacidad especial de disipación de energía (DES) en el rango inelástico (cuando todas las celdas se llenan con grout). Puede ser de capacidad moderada de disipación de energía (DMO) cuando solo se llenan con grout las celdas con refuerzo.	Calificada con experiencia	-Cortadora de ladrillo -Bomba para grouting -Vibrador para el grouting	Replanteo de cimentación y arranques de refuerzo vertical Fundida de cimentación Construcción de muro Colocación de refuerzo e inyección de grouting Instalaciones Vigas de amarre Cubierta Acabados
ETERNIT	INDUSTRIALIZADO PREFABRICADO	-Elementos de fibrocemento -Perfiles metálicos -Teja de fibrocemento -Anclajes, selladores y pegantes	Comportamiento favorable de las láminas a compresión. Su bajo peso lo favorece en el tema de sismos. Disposición ortogonal de muros en planta, simetría en planta para evitar torsiones.	No es especializada, pero necesita capacitación por los proveedores del sistema.	-Taladros -Remachadoras	Cimentación Construcción de las células Ubicación de los elementos estructurales de cubierta Losa de cimentación Estructura metálica Placa de entrepiso Instalaciones Acabados

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CLASIFICACIÓN	ELEMENTOS	CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	MANO DE OBRA	MAQUINARIA Y EQUIPOS	PROCESO CONSTRUCTIVO
METECNO	INDUSTRIALIZADO PREFABRICADO	-Perfiles en aluminio -Panel tipo sándwich con caras metálicas y relleno en poliuretano	Estructura liviana y flexible basada en perfiles de aluminio con paneles tipo sándwich.	No es especializada, pero requiere de capacitación.	-Herramienta menor	Cimentación Anclaje de la perfilaría vertical a la cimentación Instalación de paneles y cerramiento de muros Cerramiento superior e instalación de cubierta Instalaciones Acabados
CON-TECH	INDUSTRIALIZADO - IN SITU	-Formaleta -Concreto -Refuerzo en acero	Muros en ambas direcciones para rigidizar ante cargas sísmicas.	Especializada y requiere de capacitación.	-Torre grúa	Cimentación Arranques de refuerzo y tuberías Colocación de mallas de refuerzo e instalaciones internas de muros Formaletas y separadores Vaciado de concreto Desencofrado de muros Cubierta Acabados

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CLASIFICACIÓN	ELEMENTOS	CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	MANO DE OBRA	MAQUINARIA Y EQUIPOS	PROCESO CONSTRUCTIVO
OUTINORD	INDUSTRIALIZADO - IN SITU	-Formaleta -Concreto -Refuerzo en acero	Buen funcionamiento sísmico. Muros de carga y placas diafragma.	No es especializada, pero requiere entrenamiento	-Grúa -Bomba de concreto	Cimentación Instalaciones y arranques de muro Vaciado de concreto en placa de cimentación Colocación y preparación de formaleta tipo túnel Instalaciones en muros Vaciado de muros y placa entrepiso Retiro de formaleta Cubierta Acabados

CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO

Se identifica y organiza la información de los sistemas constructivos en una matriz para describir de manera estructurada su caracterización, esta caracterización se realiza de acuerdo con la clasificación dada por el grado de industrialización, los elementos principales que componen el sistema, las consideraciones estructurales, el requerimiento de la mano de obra, maquinaria y equipos y el proceso constructivo. Los sistemas constructivos que componen la matriz son la mampostería confinada, mampostería reforzada, Eternit, Metecno, Con-tech y Outinord.

3. CAPÍTULO III

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Para establecer los criterios de selección de sistemas constructivos se sigue la metodología de Estudio de Mapeo Sistematizado, que tiene como finalidad realizar una amplia revisión del estado del arte para obtener los criterios identificados por estas fuentes bibliográficas. Posteriormente, la lista obtenida se valida por medio de la consulta a expertos.

3.1 ESTUDIO DE MAPEO SISTEMATIZADO DE LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Se sigue paso a paso las cinco etapas del Estudio de Mapeo Sistematizado: 1) Definir las preguntas de investigación, 2) Realizar la búsqueda de estudios primarios, 3) Seleccionar de acuerdo a los criterios de inclusión / exclusión, 4) Clasificar los documentos y 5) Extracción de datos (Garay, Espinoza, Martínez & Castro, 2013).

Como primer paso se determinó la pregunta de investigación de acuerdo al objetivo: PI- ¿Cuáles son los criterios para seleccionar el sistema constructivo para reconstruir viviendas después de un desastre?

Luego se realizó la búsqueda de estudios primarios utilizando la herramienta de bibliotecas digitales que son referentes en cualquier investigación y que se encuentran a nuestro alcance como Scopus, Wiley online library, Emerald, ScienceDirect y la biblioteca digital de la Universidad del Valle.

Para ejecutar la búsqueda se definieron las “cadenas de búsqueda” formadas con términos utilizados en la pregunta de investigación y palabras clave, estas cadenas se presentan en la Tabla 4. Posteriormente, se construyeron expresiones para delimitar la búsqueda en los motores utilizando operadores lógicos como AND, OR y NOT.

También influye el motor de búsqueda utilizado, ya que cada motor tiene su propio filtro de refinamiento, por ejemplo, en Scopus y ScienceDirect se puede utilizar la

herramienta de filtro por palabras clave, nombre de autores, revistas, conferencias y demás, que ayuda a delimitar más la búsqueda.

Tabla 4. Cadenas de búsquedas para el EMS

Cadenas	Sinónimos
“Post-disaster permanent housing”	- Constructive method
“Permanent housing reconstruction”	- Housing solution
“Construction system in post-disaster housing”	- Technologies
“Criteria for reconstruction”	
“Elements for the reconstruction of houses”	
“Sustainable housing reconstructions”	

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la búsqueda se obtuvo un total de 532 estudios, los que se refinan para seleccionar estudios que sean aún más centrados en la investigación de interés. Para ello se definen criterios de inclusión y exclusión, para disponer de aquellos estudios que son más relevantes a la investigación y no considerar aquellos que no tendrán contribución.

Los criterios de inclusión y exclusión aplicados se muestran en la Tabla 5 y 6 respectivamente.

Tabla 5. Criterios de inclusión para el EMS

Criterios de inclusión
El artículo tiene definidos criterios
Explica la selección del sistema constructivo
Contiene experiencias de diseño de viviendas post-desastres
Contiene aspectos de diseño para viviendas post-desastres

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Criterios de exclusión para el EMS

Criterios de exclusión
El artículo se enfoca en legislación y política
Es sobre reconstrucción de obras civiles mas no de viviendas
Enfoque desde logística de las instituciones públicas y organizaciones no gubernamentales
Estudios repetidos

Fuente: Elaboración propia.

Para utilizar los criterios de inclusión y exclusión se declararon las siguientes fases de selección que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Fases de selección para el EMS

Fases
Aplicar criterios de inclusión y exclusión sobre el resumen.
A partir de los estudios restantes se leen las conclusiones y se aplican los criterios de inclusión / exclusión.
Después de obtener una lista refinada de artículos, se leen todos ellos. Para este propósito, se utiliza los criterios de inclusión / exclusión sobre todo el contenido del artículo.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 muestra el proceso del EMS, así como el refinamiento que se fue obteniendo a través de su ejecución. La parte izquierda de la figura indica los pasos realizados durante la ejecución y la parte derecha indica el total de estudios obtenidos por cada paso. Al finalizar todos los pasos se obtuvo un total de 70 artículos.

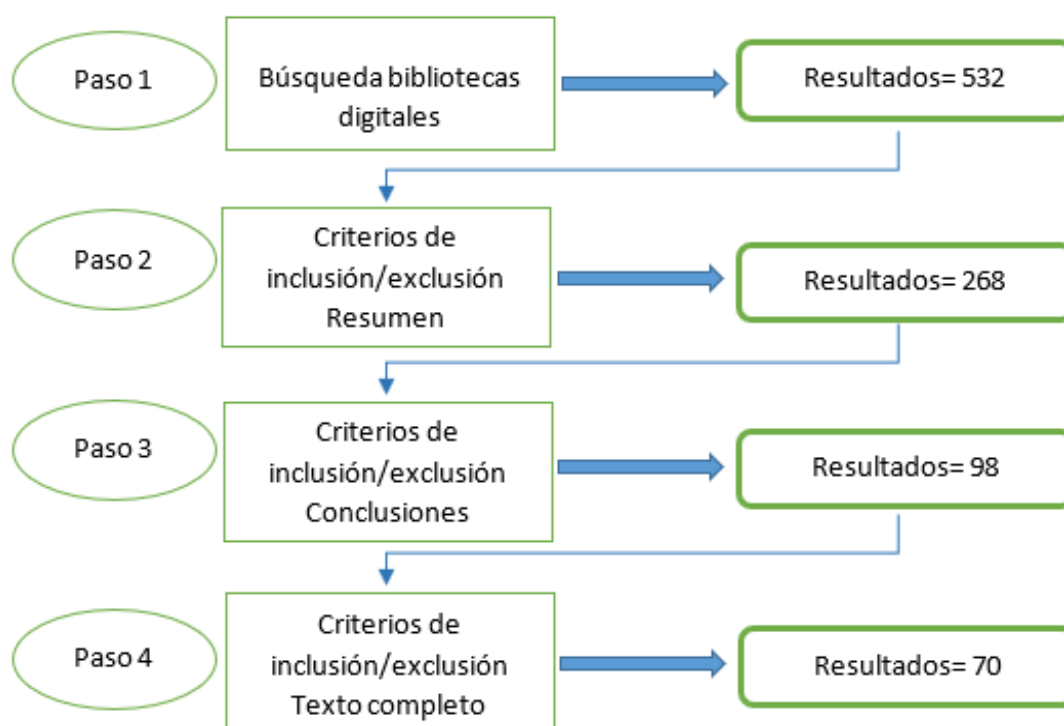


Figura 8. Ejecución del EMS. Fuente: Elaboración propia

Se hace la revisión de los 70 estudios, de los cuales algunos están referidos o citados en el cuerpo del trabajo. La mayoría de las fuentes consultadas son de la actualidad, lo

que se evidencia en que el 83% del total data de los últimos 10 años y de estos, el 49% de los últimos 5 años, como se muestra en la Figura 9.

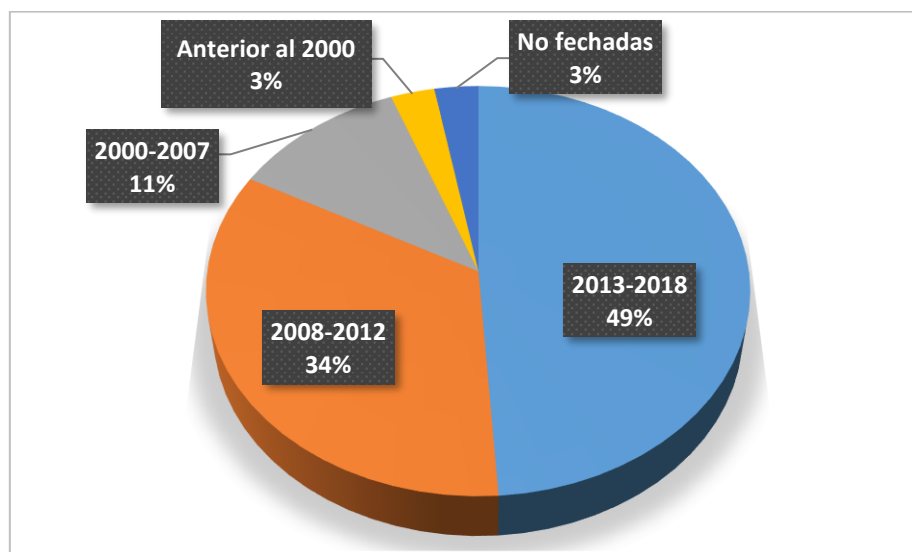
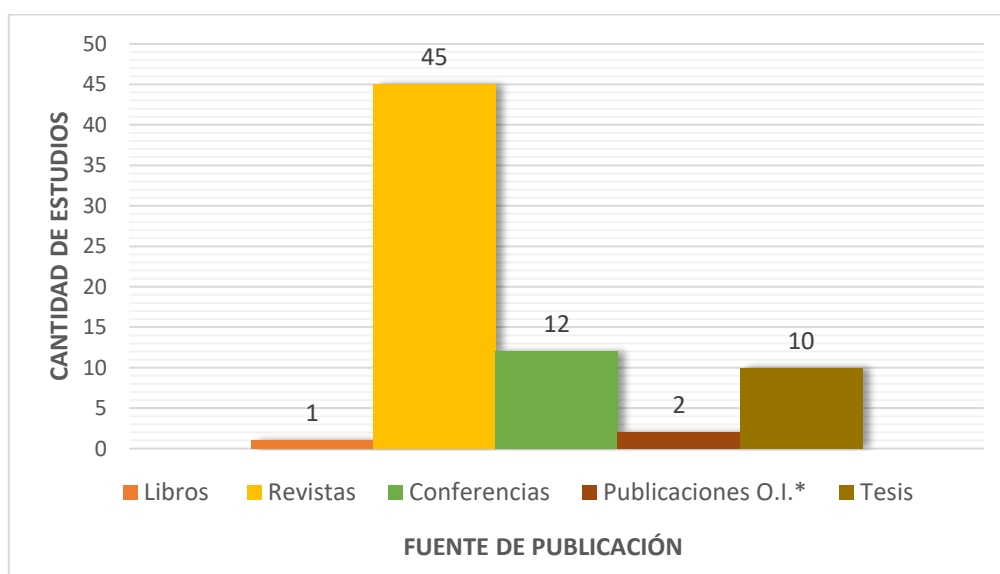


Figura 9. Relación por año de publicación. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10 se muestra que la fuente de mayor publicación para temas de reconstrucción después de desastres es en revistas científicas con 45 estudios que representa un 64% del total de fuentes, le sigue los estudios presentados en conferencias con 12 estudios que representa el 17% y el 14% de los estudios son tesis doctorales, tesis de maestría y trabajos de diplomas.



*Publicaciones de organismos y organizaciones internacionales

Figura 10. Distribución según tipo de fuente de publicación. Fuente: Elaboración propia

3.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Es notable que en los estudios consultados existe un amplio rango en el número de criterios identificados de cada publicación, por ejemplo, Arner (2017) propone 16 criterios para evaluar sistemas constructivos industrializados para la solución de viviendas en la etapa de reconstrucción post-desastre, además estos criterios son agrupados en cuatro categorías: tecnológica, económica, ambiental y sociocultural.

Estos criterios son, en la categoría tecnológica, seguridad ante las amenazas naturales locales, progresividad, recursos materiales, instalaciones de infraestructura y equipos complejos en obra, mano de obra y su mantenimiento, en la categoría económica propone el criterio de costos directos por m² de materiales, mano de obra y equipos, los criterios de la categoría ambiental son cuatro, impacto ambiental del proceso de ejecución en obra, asimilación de materiales reciclados y elementos componentes a reutilizar, comportamiento climático de las soluciones, uso de materiales y elementos reciclables y/o reutilizables. En la categoría sociocultural, aceptación social, flexibilidad de expresión formal y adaptación al entorno urbano.

En comparación, una publicación de Ismail et al. (2017) describen los factores de sostenibilidad en la etapa de planificación de un proyecto de vivienda de reconstrucción, factores como la disponibilidad de materiales, la fuente de materiales (global-importada o local), la extracción de materiales, el costo del transporte de materiales, la disponibilidad de materiales, la energía incorporada del material (energía total para extraer, producir y entregar) y el uso efectivo de los recursos naturales.

De estos estudios previos, se ha hecho una recopilación de los criterios que se han identificado y se presentan en la Tabla 8, relacionando los criterios con los estudios que los referencian y en la última columna se indica el número de veces que son citados por los autores investigados.

Asimismo, la Tabla 8 muestra que la fuente de materiales y la tecnología del sistema constructivo es uno de los principales criterios a considerar, ya que es citado por 40 de las 70 fuentes consultadas; lo sigue el costo por metro cuadrado y la calidad, con 37 y 32 citas, respectivamente.

Tabla 8. *Criterios identificados en la literatura*

No.	Criterio	Literatura	Citas
1	Calidad	Hidayat et al. (2010), Blanco-Lion et al. (2011), Chang et al. (2010), Lara et al. (2014), Mojtahedi et al. (2012), Silva et al. (2010), Ismail et al. (2017)	32
2	Velocidad de ejecución	Fox et al. (2002), Mojtahedi et al. (2012), Dikmen et al. (2005), Abeyundara et al. (2008), Ophiyandri et al. (2013), Ahmed et al. (2011), Torres et al. (2017)	24
3	Fuente de materiales	Hayles et al. (2010), Tucker et al. (2014), Fayazi et al. (2017), Bornstein et al. (2013), Escamilla et al. (2015), Mahdi et al. (2013), Gharaati et al. (2010), Audefroy et al. (2011)	40
4	Flexibilidad arquitectónica	Calderón et al. (2013), Roosli et al. (2016), Favela et al. (2004), Ahmed et al. (2015), Hosseini et al. (2015), Karunasena et al. (2010)	17
5	Facilidad y frecuencia de mantenimiento	Blanco-Lion et al. (2011), Mojtahedi et al. (2012), Silva et al. (2010), Huedo et al. (2013), Rahmayati et al. (2016), Tharanga et al. (2016), Fallahi et al. (2007), Vahanvati et al. (2017)	19
6	Mano de obra	Davidson et al. (2007), Wilkinson et al. (2012), García (2016), Lizarralde et al. (2000), Saran et al. (2015)	31
7	Tecnología	Vahanvati et al. (2015), Lizarralde (2002), Mannakkara et al. (2014), Fayazi et al. (2013), Gharaati et al. (2008), Lara (2014), Roseberry (n.d)	40
8	Flexibilidad constructiva	Arner (2017), Arner et al. (2016), Audefroy (2011), Karunasena et al. (2010), Díaz et al. (2011)	16
9	Costo por metro cuadrado	Favela (2004), Vahanvati et al. (2017), Ismaila (2014), Chang (2012), Ophiyandri al. (2013)	37

No.	Criterio	Literatura	Citas
10	Costo de mantenimiento	Rahmayati (2016), Ismail et al. (2017), Sarmiento (2017), Huedo et al. (2013), Silva (2010)	16
11	Aceptación por el usuario	Olivera et al. (2010), Lara (2014), Blanco-Lion et al. (2011), Ophiyandri et al. (2013)	28
12	Participación de la comunidad	Chang et al. (2010), Chang et al. (2012), Ahmed et al. (2015), Ade et al. (2015), Caimi et al. (2013)	23
13	Similitud a las viviendas tradicionales	Hosseini et al. (2015), Bornstein et al. (2013), Fallahi (2007), Rahmayati (2016)	23
14	Tamaño y forma de la vivienda	Karunasena et al. (2010), Sadiqui et al. (2012), Monjo (1996), Lizarralde (2010)	17
15	Confort térmico y acústico	Salami et al. (2015), ONU (1991), Arner (2017), Tharanga et al. (2016)	22
16	Protección ante acciones climáticas	Escamilla et al. (2015), Seneviratne et al. (2010), Hayles (2010), Dikmen (2005), Silva (2010)	20
17	Construcciones sostenibles	Barakat (2003), Granda (2017), Roosli et al. (2016), Mulliner et al. (2012), Olivera et al. (2010), Arner (2017)	16

Fuente: Elaboración propia

3.3 CONSULTA A EXPERTOS

Haciendo uso de los criterios identificados en la revisión de literatura que incluyó 70 artículos y publicaciones, se elabora un cuestionario preliminar de 17 ítems (criterios).

Tratándose de un instrumento de elaboración propia, necesariamente debe ser validado, por lo que se sometió a validación por expertos. Para la validación, el primer paso fue considerar una validez de contenido por haberse encontrado teoría disponible sobre criterios para la reconstrucción de viviendas post-desastre. Posteriormente se requirió la validación por jueces para establecer niveles de congruencia, coherencia, claridad, relevancia y suficiencia de los ítems que conformaron el mismo.

Se solicitó la valoración de 8 jueces, recomendado por (Avelar, García & Sifuentes, 2013), donde al menos 7 deberán estar de acuerdo con los puntos a evaluar. En este caso

se realizó la valoración de 8 expertos, los cuales incluyó profesionales asociados al sector de la construcción (arquitectura e ingeniería civil) y con estudios de postgrado y/o experiencia en gestión del riesgo de desastres. En la Figura 11 se ilustra el sector al que se encontraban adscritos los expertos.

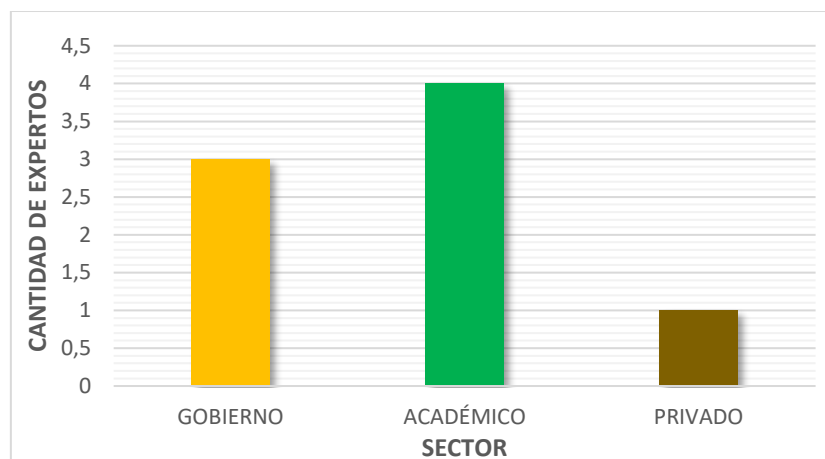


Figura 11. Sectores consultados. Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, en la Figura 12 se exponen las profesiones de los expertos consultados.

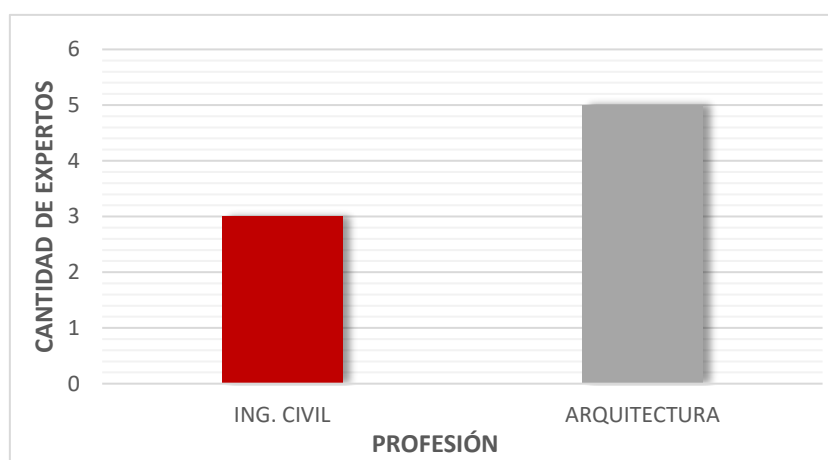


Figura 12. Profesiones de los consultados. Fuente: Elaboración propia

Estos expertos recomendaron modificar y ajustar la redacción de los ítems, así como también la inclusión de dos criterios más que fueron: capacidad de producción masiva y facilidad de transporte y almacenamiento. Por lo que haciendo las modificaciones recomendadas se decidió tomar como última versión los siguientes 19 criterios mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9. *Lista de criterios*

CATEGORÍA	CRITERIO
Arquitectónico	• Calidad • Velocidad de ejecución • Fuente de materiales • Flexibilidad arquitectónica • Facilidad de transporte y almacenamiento • Facilidad y frecuencia de mantenimiento
Constructivo	• Mano de obra • Tecnología • Flexibilidad constructiva • Capacidad de producción masiva
Económico	• Costo por metro cuadrado • Costo de mantenimiento
Social y cultural	• Aceptación por el usuario • Participación de la comunidad • Similitud a las viviendas tradicionales • Tamaño y forma de la vivienda
Ambiental	• Confort térmico y acústico • Protección ante acciones climáticas • Construcciones sostenibles

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se definen los criterios presentados anteriormente en la Tabla 9:

- **Calidad:** hace referencia a la calidad del sistema constructivo, cumpliendo con los estándares establecidos en Colombia.
- **Velocidad de ejecución:** se define como la velocidad de ejecución del sistema constructivo.
- **Fuente de materiales:** hace referencia a la ubicación de las fuentes de suministros.
- **Flexibilidad arquitectónica:** hace referencia a las opciones de tipos de espacios de la vivienda con el mismo sistema constructivo.

- Facilidad de transporte y almacenamiento: facilidades para el transporte del sistema constructivo o sus elementos teniendo en cuenta la accesibilidad al sitio de la reconstrucción
- Facilidad y frecuencia de mantenimiento: hace referencia a las facilidades técnicas para realizar tareas de mantenimiento y su frecuencia.
- Mano de obra: hace referencia al requerimiento de mano obra teniendo en cuenta su calificación y especialización.
- Tecnología: se refiere a la técnica que se utiliza para la construcción, si es local o importada.
- Flexibilidad constructiva: se refiere a las posibilidades que brinda el sistema constructivo para continuar la ampliación de la vivienda, es decir su carácter progresivo y también de la posibilidad de autoconstrucción.
- Capacidad de producción masiva: se refiere al rendimiento del sistema constructivo en el desarrollo de proyectos masivos.
- Costo por metro cuadrado: hace referencia al costo total por metro cuadrado (costos indirectos, costos directos de materiales, mano de obra y equipos).
- Costo de mantenimiento: hace referencia al costo para realizar tareas de mantenimiento.
- Aceptación por el usuario: el sistema constructivo es aceptado por la comunidad afectada.
- Participación de la comunidad: participación de la comunidad y vinculación en las etapas del proceso de reconstrucción.
- Similitud a las viviendas tradicionales: el sistema constructivo logra una similitud con las viviendas tradicionales de la comunidad.
- Tamaño y forma de la vivienda: área de la vivienda y sus espacios que permite el sistema constructivo.
- Confort térmico y acústico: el sistema constructivo brinda confort térmico y acústico, teniendo en cuenta el contexto local.
- Protección ante acciones climáticas: referida a la seguridad de las soluciones ante las amenazas naturales identificadas para la localidad.
- Construcciones sostenibles: hace referencia a la incorporación de medidas sostenibles como el ahorro energético, uso materiales ecológicos, capacidad de reutilización.

CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO

Se identifican diecinueve criterios claves para la selección de sistemas constructivos que consideran aspectos técnicos, económicos, ambientales, sociales y culturales. Los criterios se fundamentan en una amplia revisión del estado del arte y en la validación dada por la consulta a expertos, por lo que se establece la suficiencia y pertinencia de los criterios para este trabajo.

Dando paso al siguiente capítulo para la creación de un cuestionario, cuyos ítems son los criterios identificados, y que se aplica a expertos para la asignación de valor de cada uno, cuyo análisis se realiza con la técnica del Modelo de Ecuaciones Estructurales.

4. CAPÍTULO IV

MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

En este capítulo se presenta el diseño de la encuesta que se aplica a expertos, el proceso de recolección de los datos y la descripción de la muestra, cuyas respuestas se consolidan en una base de datos que se ingresa al software WarpPLS para crear el Modelo de Ecuaciones Estructurales. Se detalla el proceso de validación del modelo y se identifican las relaciones entre los criterios de selección, se hace un análisis de estas relaciones por medio de los efectos directos, indirectos y totales, y se muestra una valoración de cada uno de los criterios a través de la obtención de sus cargas factoriales.

4.1 INSTRUMENTO (ENCUESTA)

4.1.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ENCUESTA

Para el diseño del instrumento de recolección de datos, se manejaron dos formas, una impresa para ser utilizada en forma presencial y una en línea (internet) para ser enviada vía correo electrónico. Se utilizó una herramienta de Google especializada en encuestas para diseñarlo en ésta, se consideró la misma estructura del instrumento impreso, se aplicaron ciertas restricciones proporcionadas por la herramienta en línea para evitar que el encuestado deje espacios en blanco, esto con el propósito de obtener encuestas contestadas en su totalidad.

La encuesta se construyó con los 19 criterios determinados anteriormente producto de la amplia revisión de literatura y la consulta a expertos, el cuestionario debía ser contestado en una escala de Likert usada para indicar el nivel de importancia que los involucrados perciben en cada ítem, que comprendía valores entre uno y cinco, donde uno indica la falta de importancia y el cinco el valor más alto de importancia, como se muestra en la Tabla 10, también se anexa el formato de la encuesta creada en línea (ver Anexo 1).

Tabla 10. *Escala de valoración utilizada*

Escala	Importancia
1	No es importante
2	Ligeramente importante
3	Importante
4	Muy importante
5	Indispensable

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Esta etapa consistió en contactar profesionales asociados al sector de la construcción y con estudios de postgrado y/o experiencia en la gestión de riesgos de desastres. Se contactaron vía telefónica, por correo electrónico y de forma presencial, para ello se utilizaron los directorios de las páginas web gubernamentales, de universidades y de organizaciones como la oficina de la Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y la Red Universitaria de las Américas y el Caribe para la Reducción de Riesgo de Desastres (REDULAC/RRD).

Las páginas gubernamentales utilizadas fueron la del Ministerio de Vivienda, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y el Fondo Adaptación. A nivel local, Secretaría de Gestión del Riesgo de Emergencias y Desastres- Cali, Secretaría de Vivienda Social y Hábitat- Cali, Departamento Administrativo de Planeación Municipal- Cali, Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER)- Bogotá.

Se buscó universidades que ofrecieran estudios en el área de la gestión del riesgo, ubicando así las siguientes universidades: Universidad Sergio Arboleda, Universidad Tecnológica de Pereira, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Universidad del Cauca, Fundación Universitaria de Popayán, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Universidad Católica de Manizales y la Universidad del Valle, de sus páginas se obtuvieron los correos electrónicos de los docentes que dictan estas clases.

En total se entregaron 43 encuestas y otras 180 fueron enviadas por correo electrónico, de las cuales se recibieron 88 respuestas. Esto representó una respuesta del 39.5 % del total de encuestas distribuidas.

4.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Después de finalizar el proceso de recolección de datos se obtuvieron 88 cuestionarios completos. En la Figura 13 se muestra el sector al que se encontraban adscritos los encuestados y en la Figura 14 se muestra sus profesiones. Se observa en la Figura 13 que 37 encuestados se encontraban adscritos al sector académico, 28 al gobierno y 23 al sector privado. También se puede apreciar en la Figura 14 que la profesión de arquitectura e ingeniería civil son las más representativas de la muestra.

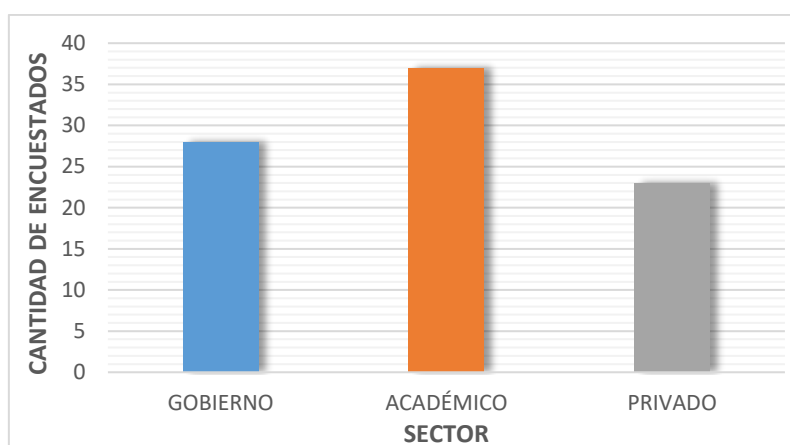


Figura 13. Sectores encuestados. Fuente: Elaboración propia

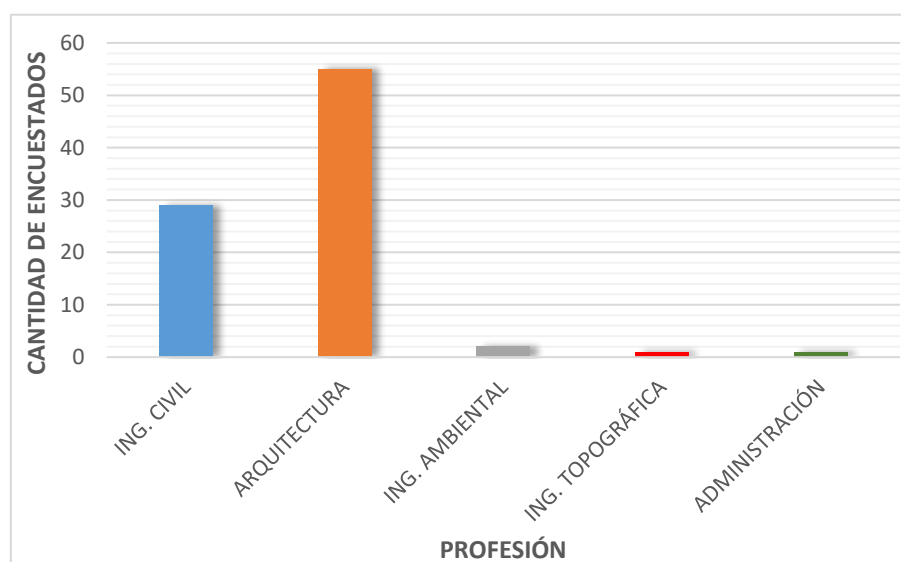


Figura 14. Profesiones de los encuestados. Fuente: Elaboración propia

Las encuestas se registran en una base de datos creada en el software Excel de Microsoft Office (Anexo 2). Estos resultados son ingresados en el software WarpPLS 6.0®, usando la licencia de prueba válida por tres meses, para crear el Modelo de Ecuaciones Estructurales como se describe a continuación.

4.2 CREACIÓN DEL MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

Como se mencionó anteriormente, SEM es una colección de técnicas estadísticas que permite establecer relaciones entre varias variables (García, Alor, & Maldonado, 2018). Básicamente, en el SEM existen dos tipos de variables, las que se pueden observar y las que no se pueden observar. Las variables observadas componen las variables no observadas. Las variables no observadas se llaman variables latentes (dimensiones, factores y/o constructos) generalmente representadas como óvalos o círculos, pueden ser dependientes o independientes. Por un lado, una variable independiente es una variable que no puede ser manipulada o influenciada por ninguna otra dentro del modelo (García, Alor, & Maldonado, 2018). Por otra parte, una variable latente dependiente es la que está influenciada por otras variables del modelo.

Asimismo, en la representación gráfica de SEM, se utilizan flechas. Una flecha en un solo sentido ilustra el impacto de una variable en otra. Así, por ejemplo, si una flecha “sale” de una variable uno con dirección a una variable dos, ello indica que la variable dos depende de la variable uno, la cual es independiente (Cupani, 2012).

Para utilizar esta técnica, primero se propone un modelo, bajo justificación teórica, creando las variables latentes, las variables observables y las relaciones. El modelo propuesto se basa en los criterios descritos anteriormente, se muestra en la Figura 15.

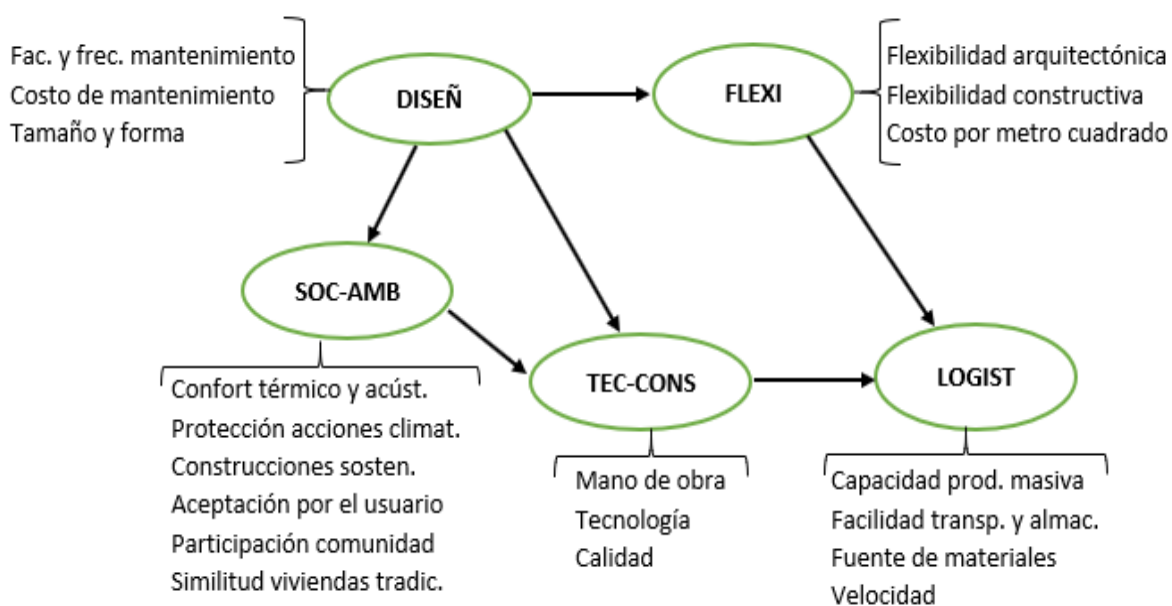


Figura 15. Propuesta del modelo de ecuaciones estructurales. Fuente: Elaboración propia

El modelo de la Figura 15 propone los efectos directos que tienen las variables latentes llamadas *Criterios de Diseño*, *Criterios de Flexibilidad*, *Criterios Socioambientales*, *Criterios de Tecnología de Construcción* y *Criterios de Logística*. Esta nueva agrupación de criterios, se establece a partir de las relaciones que mejor se ajustan de acuerdo a los resultados que arroja el software. Sin embargo, previamente se exploró otra agrupación que no presentó buen ajuste:

- Arquitectónico: calidad, velocidad de ejecución, fuente de materiales, flexibilidad arquitectónica, facilidad de transporte y almacenamiento, facilidad y frecuencia de mantenimiento.

- Constructivo: mano de obra, tecnología, flexibilidad constructiva, capacidad de producción masiva.

- Económico: costo por metro cuadrado, costo de mantenimiento.

- Social y cultural: aceptación por el usuario, participación de la comunidad, similitud a las viviendas tradicionales, tamaño y forma de la vivienda.

- Ambiental: confort térmico y acústico, protección ante acciones climáticas, construcciones sostenibles.

4.3 VALIDACIÓN DEL MODELO

En este ítem se detalla el proceso de validación de las variables observadas. Dado que estas variables se integran en las variables latentes, utilizamos el coeficiente Alfa de Cronbach para determinar si deben permanecer en las variables latentes o deben eliminarse para aumentar la coherencia interna de las dimensiones (Avelar, García, Cedillo, & Adarme, 2014).

El Alfa de Cronbach (α) es un coeficiente de confiabilidad. Es una medida de las correlaciones existentes entre variables o elementos que pertenecen a una misma variable latente (García, Oropesa, & Maldonado, 2017).

La Tabla 11 muestra los índices utilizados para realizar la validación de la encuesta y las variables, se puede observar que 4 de las variables presentan valores dentro de los niveles de aceptación de consistencia interna (Alfa de Cronbach), por ser mayores a 0.5 (Avelar, García, Cedillo, & Adarme, 2014). Solamente los valores inferiores a 0.5 deben ser removidos, en este caso la variable Flexibilidad es inferior pero debido a que tiene contenido relevante para la investigación y su índice de fiabilidad es alto (mayor a 0.7) no es removido del modelo.

Tabla 11. Estimaciones de parámetros para validación

PARÁMETRO	SOC-AMB	TEC-CONS	DIS	FLEXI	LOGIST
R ²	0.330	0.260		0.258	0.370
Fiabilidad	0.855	0.783	0.812	0.714	0.740
Alfa Cronbach	0.796	0.584	0.652	0.428	0.532
Colinealidad (VIF)	1.632	1.335	1.639	1.537	1.313
Q ²	0.331	0.268		0.258	0.371

Fuente: Elaboración propia

Al considerar el valor de R² para cada variable, se encontraron valores aceptables, el R² debe ser mayor a 0.20, lo que implica que el modelo tiene suficiente validez predictiva (Avelar, García, Cedillo, & Adarme, 2014). Al evaluar el índice VIF para la colinealidad, se observaron valores menores a 3.3, lo que indica independencia entre las variables latentes. Respecto a la Q², se observaron valores mayores a cero, indicando buena predicción del modelo. Por lo tanto, se puede concluir que el instrumento es confiable.

4.4 RESULTADOS

Con el modelo propuesto validado por los parámetros anteriores, se acepta el modelo para pasar a interpretar sus resultados. El modelo se presenta en la Figura 16 y se anexa al presente documento en el software WarpPLS (ver Anexo 3).

4.4.1 RELACIONES ENTRE VARIABLES

En la modelación con el software WarpPLS son tres los efectos que se analizan dada la relación entre las variables: 1) Efectos directos; 2) Efectos indirectos y 3) Efectos totales. Se analizan los efectos directos que son muy importantes ya que se obtienen de las relaciones directas entre los criterios de selección, sin embargo, se puede presentar que los efectos indirectos sean igual o más importantes que los efectos directos, es por ello que se deben analizar para determinar su significancia estadística en el modelo.

4.4.1.1 RELACIONES DIRECTAS Y TAMAÑO DE LOS EFECTOS

Los efectos directos indican los impactos directos entre las variables latentes, mostrados por el sentido de las flechas en la Figura 16. Para los efectos directos los

Coeficientes de Ruta se identifican con la letra griega (β) que mide la relación entre las variables latentes en cuestión y el P-valor para la prueba de dicha relación, se muestran sobre las flechas.

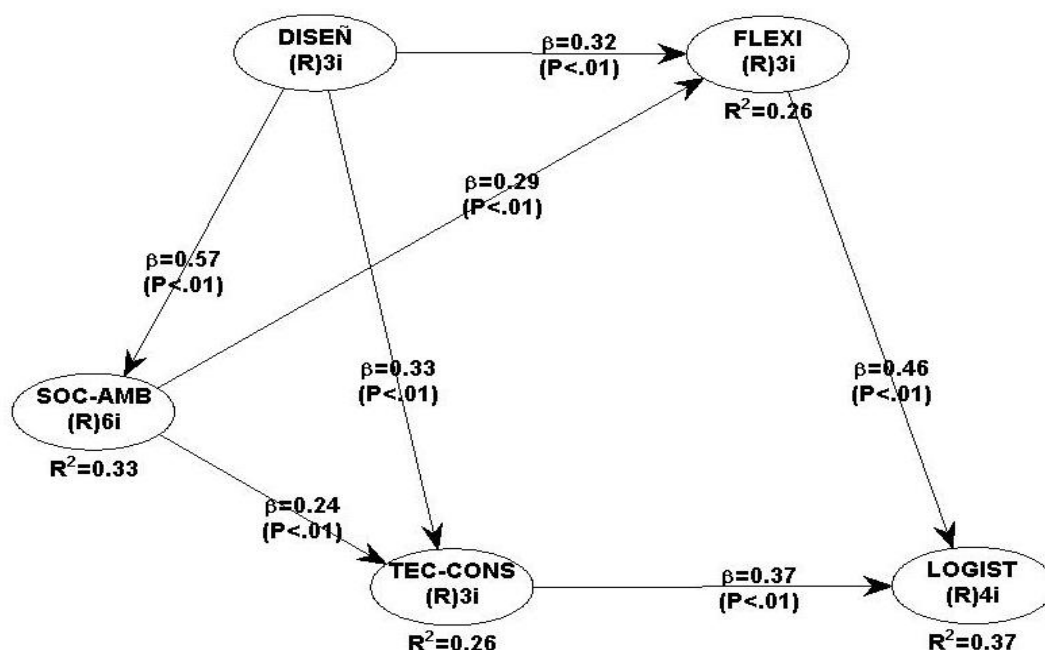


Figura 16. Análisis del modelo de ecuaciones estructurales. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12, se muestran los valores de β que en todo caso son positivos, lo que confirma relaciones directas entre los criterios.

Tabla 12. Efectos directos

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB				0.574	
LOGIST			0.372		0.458
TEC-CONS	0.243			0.330	
DISEÑ					
FLEXI	0.291				0.320

Fuente: Elaboración propia

Influencia de los Criterios de Diseño- DISEÑ:

DISEÑ tiene relación directa con tres criterios. Los criterios Socio-ambientales son más dependientes de las decisiones que se tomen en el Diseño, debido a que el valor de β es el más grande de los tres criterios.

DISEÑO a SOC-AMB: Por cada unidad de cambio en DISEÑO se produce un cambio directo y positivo de un **0.574** en SOC-AMB.

DISEÑO a TEC-CONS: Este efecto se presenta por una ruta de un segmento. Por cada unidad de cambio en DISEÑO se produce un cambio directo y positivo de un **0.330** en TEC-CONS.

DISEÑO a FLEXI: Este efecto se presenta por una ruta de un segmento. Por cada unidad de cambio en DISEÑO se produce un cambio directo y positivo de un **0.320** en FLEXI.

Influencia de los Criterios Socio-ambientales- SOC-AMB:

SOC-AMB tiene relación directa con dos criterios, TEC-CONS y FLEXI.

SOC-AMB a TEC-CONS: Este efecto se presenta por una ruta de un segmento. Por cada unidad de cambio en SOC-AMB se produce un cambio directo y positivo de un **0.243** en TEC-CONS.

SOC-AMB a FLEXI: Este efecto se presenta por una ruta de un segmento. Por cada unidad de cambio en SOC-AMB se produce un cambio directo y positivo de un **0.291** en FLEXI.

Influencia de los Criterios Tecnología de Construcción- TEC-CONS:

TEC-CONS tiene relación directa con un criterio, LOGIST.

TEC-CONS a LOGIST: Este efecto se presenta por una ruta de un segmento. Por cada unidad de cambio en TEC-CONS se produce un cambio directo y positivo de un **0.372** en LOGIST.

Influencia de los Criterios de Flexibilidad- FLEXI:

FLEXI tiene relación directa con un criterio, LOGIST.

FLEXI a LOGIST: Este efecto se presenta por una ruta de un segmento. Por cada unidad de cambio en FLEXI se produce un cambio directo y positivo de un **0.458** en LOGIST.

Con estos resultados se puede analizar la influencia de los criterios de Diseño, siendo que tiene influencia en todos los demás criterios y es el punto de partida del SEM, lo que indica que los criterios de Diseño conformados por la Facilidad y frecuencia de mantenimiento, Costo de mantenimiento, Tamaño y forma de la vivienda, son los criterios que se deben considerar inicialmente para seleccionar un sistema constructivo para reconstruir viviendas después de un desastre.

Además, los criterios Socio-ambientales son más dependientes de las decisiones que se tomen en el Diseño, es decir que las decisiones tomadas alrededor del Diseño influenciarán el contexto social y ambiental, a su vez los criterios de Diseño y Socio-ambientales inciden en el aspecto constructivo del sistema, representados por los criterios de Tecnología de la construcción.

Significancia de las relaciones directas

En este modelo, todas las relaciones directas son significativas, verificadas a través de los valores P de los coeficientes β , mostrados en la Tabla 13. El valor P confirma que la relación es significativa y que la relación representada por las flechas es correcta. Este modelo cuenta con siete relaciones directas, cinco de las siete relaciones con Valor P menores a 0.001, mostrando una significancia de un mínimo del $1-0.001=0.999$, o el 99%.

Dos de las relaciones tienen un valor P de 0.008 y 0.002, igualmente significativas para el estudio. La relación SOC-AMB y TEC-CONS corresponde al valor P más alto de 0.008, con una confiabilidad del 99.2% ($1-0.008=0.992$), esto muestra un buen nivel de confianza de las relaciones.

Tabla 13. Valor P de los coeficientes β

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑO	FLEXI
SOC-AMB				<0.001	
LOGIST			<0.001		<0.001
TEC-CONS	0.008			<0.001	
DISEÑO					
FLEXI	0.002			<0.001	

Fuente: Elaboración propia

Tamaño de los efectos directos

La contribución de los criterios de salida en los criterios de entrada, se expresan con el indicador R^2 . Con los tamaños del efecto, se puede determinar si los efectos son pequeños, medianos o grandes. Los valores generalmente recomendados son: un efecto pequeño con 0.02, mediano para 0.15, o grande para 0.35 (Cohen, 1988). En la Tabla 14 se muestra el tamaño de los efectos directos.

Tabla 14. *Tamaño de los efectos directos*

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB				0.330	
LOGIST			0.150		0.221
TEC-CONS	0.105			0.155	
DISEÑ					
FLEXI	0.120			0.138	

Fuente: Elaboración propia

Efecto en criterios Socio-ambientales- SOC-AMB

SOC-AMB recibe un solo efecto mediano del criterio DISEÑ. Este efecto corresponde al 33%, $R^2 = 0.33$, que corresponde a un efecto mediano. DISEÑ influye directamente en SOC-AMB lo que permite desplegar su influencia en los criterios FLEXI y TEC-CONS.

Efectos en criterios de Logística- LOGIST

LOGIST recibe efectos de dos criterios. Un efecto mediano de TEC-CONS con 0.150 y un efecto mediano de FLEXI con 0.221. Estos efectos sumados corresponden al 37%, $R^2 = 0.371$, que corresponde a un efecto grande.

Efectos en criterios de Tecnología de Construcción- TEC-CONS

TEC-CONS recibe efectos de dos criterios. Un efecto mediano de DISEÑ con 0.155 y un efecto pequeño de SOC-AMB con 0.105. Estos efectos sumados corresponden al 26%, $R^2 = 0.26$.

Efectos en criterios de Flexibilidad- FLEXI

FLEXI recibe efectos de dos criterios. Un efecto pequeño de SOC-AMB con 0.120 y un efecto pequeño de DISEÑ con 0.138. Estos efectos sumados corresponden al 26%, $R^2 = 0.258$.

Como se puede observar, estos efectos son significativos estadísticamente y son relevantes para este trabajo, debido a que sus tamaños son grandes o medianos y muestran la fuerte relación entre los criterios.

4.4.1.2 RELACIONES INDIRECTAS Y TAMAÑO DE LOS EFECTOS

Los efectos indirectos son el resultado de la acumulación de efectos de los diferentes segmentos, es decir, diferentes efectos pueden existir sobre una variable por diferentes vías. En la Tabla 15 se muestran todos los efectos indirectos.

Efectos indirectos para rutas de Dos Segmentos

Para cada ruta de dos segmentos se revisan los efectos considerando la información presentada en la Tabla 15.

Tabla 15. Efectos indirectos de dos segmentos

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB					
LOGIST	0.224			0.269	
TEC-CONS				0.139	
DISEÑ					
FLEXI				0.167	

Fuente: Elaboración propia

Influencia de los Criterios de Diseño- DISEÑ:

El criterio DISEÑ es el criterio independiente en el modelo. Con rutas de dos segmentos, este criterio tiene influencia en LOGIST, TEC-CONS y FLEXI.

- **DISEÑ a LOGIST:** Efecto de dos rutas de dos segmentos.

Ruta 1: DISEÑ- TEC-CONS- LOGIST= $\beta_{\text{DISEÑ a TEC-CONS}} * \beta_{\text{TEC-CONS a LOGIST}} = 0.330 * 0.370 = \mathbf{0.122}$

Ruta 2: DISEÑ- FLEXI- LOGIST= $0.320 * 0.458 = \mathbf{0.147}$

Efecto debido a las dos rutas es de: 0.269

- **DISEÑ a TEC-CONS:** Efecto de una ruta de dos segmentos.

Ruta 1: DISEÑ- SOC-AMB- TEC-CONS = $0.574 * 0.243 = \mathbf{0.139}$

- **DISEÑ a FLEXI:** Efecto de una ruta de dos segmentos.

Ruta 1: DISEÑ- SOC-AMB- FLEXI = $0.574 * 0.291 = \mathbf{0.167}$

Influencia de los Criterios Socio-ambientales- SOC-AMB:

Este criterio tiene influencia en LOGIST por dos rutas de dos segmentos.

- **SOC-AMB a LOGIST:** Efecto de dos rutas de dos segmentos.

Ruta 1: SOC-AMB - TEC-CONS- LOGIST= $0.243 * 0.372 = \mathbf{0.091}$

Ruta 2: SOC-AMB - FLEXI- LOGIST= $0.291 * 0.458 = \mathbf{0.133}$

Efecto debido a las dos rutas es de: 0.224

Como se puede observar, la influencia de los criterios dada por los efectos indirectos no es significativa, comparada con los efectos directos en la que se ve una fuerte influencia entre ellos.

Tamaño de los efectos indirectos para Dos Segmentos

En este análisis se identifican tamaños de efectos pequeños, como se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16. *Tamaño de los efectos indirectos de dos segmentos*

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB					
LOGIST	0.025			0.061	
TEC-CONS				0.065	
DISEÑ					
FLEXI				0.072	

Fuente: Elaboración propia

Efectos en criterios de Logística- LOGIST

LOGIST recibe efectos de dos criterios. Un efecto pequeño de SOC-AMB con 0.025 y un efecto pequeño de DISEÑ con 0.061. Estos efectos combinados suman un efecto de 8.6%, $R^2=0.086$, que es un efecto pequeño.

Efectos en criterios de Tecnología de Construcción- TEC-CONS

TEC-CONS recibe un solo efecto pequeño del criterio DISEÑ. Este efecto corresponde al 6.5%, $R^2=0.065$.

Efectos en criterios de Flexibilidad- FLEXI

FLEXI recibe un solo efecto pequeño del criterio DISEÑ. Este efecto corresponde al 7.2%, $R^2=0.072$.

Como se puede observar, los efectos indirectos en rutas de dos segmentos no son significativos para el análisis de este trabajo, debido a que su tamaño es muy pequeño y genera poca influencia entre los criterios estudiados.

Efectos indirectos para rutas de Tres Segmentos

Para cada ruta de dos segmentos se revisan los efectos indirectos considerando la información presentada en la Tabla 17. Se puede observar que para este modelo solo se presenta un efecto indirecto de tres segmentos dado entre criterios de Diseño y criterios de Logística.

Tabla 17. Efectos indirectos de tres segmentos

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB					
LOGIST				0.128	
TEC-CONS					
DISEÑ					
FLEXI					

Fuente: Elaboración propia

Influencia de los Criterios de Diseño- DISEÑ:

Este criterio tiene influencia en LOGIST por dos rutas.

- **DISEÑ a LOGIST:** Efecto de dos rutas de tres segmentos.

Ruta 1: DISEÑ- SOC-AMB- FLEXI- LOGIST= $0.574 \times 0.291 \times 0.458 = \mathbf{0.076}$

Ruta 2: DISEÑ- SOC-AMB -TEC-CONS- LOGIST= $0.574 \times 0.243 \times 0.372 = \mathbf{0.052}$

Efecto debido a las dos rutas es de: 0.128

Tamaño de los efectos indirectos para Tres Segmentos

En este análisis se identifica un efecto indirecto pequeño para una sola ruta de tres segmentos, como se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Tamaño de los efectos indirectos de tres segmentos

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB					
LOGIST				0.029	
TEC-CONS					
DISEÑ					
FLEXI					

Fuente: Elaboración propia

Efectos en criterios de Logística- LOGIST

LOGIST recibe un solo efecto pequeño del criterio DISEÑ. Este efecto corresponde al 2.9%, $R^2 = 0.029$. Siendo este efecto estadísticamente no significativo.

Como se puede observar, el efecto indirecto en la ruta de tres segmentos producido por el criterio de DISEÑ hacia el criterio LOGIST, no es significativo para el análisis de este trabajo, debido a que su tamaño es muy pequeño y genera poca influencia entre estos criterios.

4.4.1.3 EFECTOS TOTALES

Los efectos totales son el resultado de sumar los efectos directos e indirectos. La Tabla 19 muestra los efectos directos, la Tabla 20 muestra la suma de efectos indirectos (rutas de dos y tres segmentos) y la Tabla 21 muestra los efectos totales para el modelo de ecuaciones obtenido.

Tabla 19. *Efectos directos*

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB				0.574	
LOGIST			0.372		0.458
TEC-CONS	0.243			0.330	
DISEÑ					
FLEXI	0.291			0.320	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. *Suma de efectos indirectos*

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB					
LOGIST	0.224			0.398	
TEC-CONS				0.139	
DISEÑ					
FLEXI				0.167	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. *Efectos totales*

	SOC-AMB	LOGIST	TEC-CONS	DISEÑ	FLEXI
SOC-AMB				0.574	
LOGIST	0.224		0.372	0.398	0.458
TEC-CONS	0.243			0.470	
DISEÑ					
FLEXI	0.291			0.487	

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, observemos en la Tabla 21, que cuando los *Criterios de Diseño* se modifican en una unidad, los *Criterios Socio-ambientales* lo hacen en 0.574 (redondeado a 0.57 en la Figura 17), y cuando los *Criterios Socio-ambientales* se modifican en una unidad, los *Criterios de Flexibilidad* lo hacen en 0.291 unidades. Como no hay efectos indirectos en estas dos relaciones, los valores de efectos totales son los efectos directos. También se puede observar que no se presentan efectos en los *Criterios de Diseño*, pues es la variable independiente del modelo. Finalmente, los efectos indirectos no son tan importantes como los efectos directos, debido a que no son significativos estadísticamente por el tamaño de sus efectos.

Con la estructura del modelo y las relaciones establecidas, permite establecer una ruta de importancia de los criterios de selección de sistemas constructivos para reconstruir viviendas después de un desastre, esta ruta se presenta en la Figura 17.



Figura 17. Ruta de importancia de los criterios. Fuente: Elaboración propia

4.4.2 CARGAS FACTORIALES

En la Tabla 22 se muestran las cargas factoriales combinadas y cruzadas de los ítems. Las cargas factoriales sirven para evaluar el aporte de cada criterio dentro de la variable latente, considerando que deben tener valores mayores a 0.50 en la variable que le corresponde y menores en las cargas factoriales cruzadas (otra variable), los criterios de *Costo por m²* y *Fuente de materiales* presentan cargas factoriales menores a 0.50, pero al removerlos afecta la consistencia interna de las variables latentes que los incluyen, FLEXI y LOGIST, respectivamente, lo que muestra de que su inclusión es importante en el modelo. Se observa que el P-valor es significativo (<0.05) para todos los ítems, confirmando así una validez del cuestionario.

Tabla 22. Cargas factoriales combinadas y cruzadas

CRITERIO	SOC-AMB	TEC-CONS	DIS	FLEXI	LOGIST	P VALOR
Confort_term	(0.769)	0.060	0.224	0.090	-0.111	<0.001
Proteccion_ac	(0.772)	0.083	-0.017	-0.017	0.136	<0.001
Construc_sost	(0.771)	0.010	0.083	0.099	-0.049	<0.001
Aceptac_usu	(0.702)	0.062	-0.098	0.218	-0.296	<0.001
Particip_comu	(0.651)	0.015	-0.401	-0.198	0.207	<0.001
Similitud_viv	(0.546)	-0.313	0.194	-0.287	0.167	<0.001
Calidad	0.276	(0.643)	-0.021	0.020	-0.177	<0.001
Mano_obra	-0.161	(0.822)	0.041	-0.016	-0.001	<0.001
Tecnologia	-0.061	(0.747)	-0.027	0.000	0.154	<0.001
Fac_frec_mante	-0.193	0.065	(0.737)	0.074	0.158	<0.001
Costo_mante	-0.153	0.116	(0.835)	-0.034	-0.044	<0.001
Tamaño_forma	0.369	-0.198	(0.731)	-0.036	-0.109	<0.001
Flexi_arq	0.088	-0.094	-0.119	(0.835)	-0.139	<0.001
Flexi_cons	-0.049	0.040	-0.035	(0.811)	0.058	<0.001
Costo_m2	-0.107	0.143	0.402	(0.318)	0.217	<0.001
Velocidad	-0.035	-0.094	-0.102	-0.106	(0.765)	<0.001
Capac_prod	0.176	-0.133	-0.093	0.072	(0.589)	<0.001
Faci_transp	-0.107	-0.006	0.308	-0.091	(0.770)	<0.001
Fuente_mat	0.013	0.359	-0.244	0.255	(0.429)	<0.001

Fuente: Elaboración propia

Los criterios dentro de cada variable latente se agrupan considerando su carga factorial, como se puede observar, por ejemplo, que el criterio *Confort térmico y acústico* presenta un valor mayor a 0.50 en la variable SOC-AMB que en las demás variables, confirmando que este criterio hace parte de esta variable SOC-AMB. De esta manera para se agrupan todos los demás criterios.

CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO

Se presenta el proceso de la encuesta, desde su diseño hasta la aplicación y recolección de los datos, para posteriormente crear con ellos el Modelo de Ecuaciones Estructurales. El SEM permite identificar las relaciones entre los criterios de selección y establecer una ruta de importancia que nos indica el orden en que se deben considerar los criterios para seleccionar un sistema constructivo, esta ruta inicia con los criterios de Diseño, siguiendo con los criterios Socio-ambientales, los criterios de Tecnología de construcción, posteriormente los criterios de Flexibilidad y se finaliza con los criterios de Logística. Además, se obtienen las cargas factoriales de cada uno de los criterios, mostrando una valoración que será la base para el análisis del siguiente capítulo.

5. CAPÍTULO V

CRITERIOS DE SELECCIÓN

VALIDADOS

Este capítulo presenta los resultados del presente trabajo, con el cumplimiento de los objetivos planteados. El modelo de ecuaciones estructurales nos permite analizar el orden de importancia de los criterios de selección de sistemas constructivos dentro de la variable que los contiene, tomando su carga factorial presentada anteriormente.

5.1 ASIGNACIÓN DE VALOR A LOS CRITERIOS

Para asignar un valor a los criterios de selección y que permita identificar el orden de importancia entre ellos, se toman las cargas factoriales presentadas anteriormente en la Tabla 22. Se procede con la sumatoria de las cargas factoriales de la variable latente, posteriormente cada carga de cada criterio se divide entre la sumatoria para obtener el porcentaje que representa dentro de la dimensión.

CRITERIOS DE DISEÑO

$$\Sigma \text{Carga factorial} = 0.737 + 0.835 + 0.731 = 2.303$$

$$\text{Costo de mantenimiento: } 0.835 / 2.303 = \mathbf{0.363 \text{ (36.3\%)}}$$

$$\text{Facilidad y frecuencia de mantenimiento: } 0.737 / 2.303 = \mathbf{0.320 \text{ (32.0\%)}}$$

$$\text{Tamaño y forma de la vivienda: } 0.731 / 2.303 = \mathbf{0.317 \text{ (31.7\%)}}$$

El Costo de mantenimiento tiene una representatividad del 36.3% en los criterios de Diseño, seguido de la Facilidad y frecuencia de mantenimiento con el 32% y, por último, Tamaño y forma de la vivienda representa el 31.7%.

CRITERIOS SOCIOAMBIENTALES

$$\Sigma \text{Carga factorial} = 0.769 + 0.772 + 0.771 + 0.702 + 0.651 + 0.546 = 4.211$$

$$\text{Protección ante acciones climáticas: } 0.772 / 4.211 = \mathbf{0.1833 \text{ (18.33\%)}}$$

$$\text{Construcciones sostenibles: } 0.771 / 4.211 = \mathbf{0.1832 \text{ (18.32\%)}}$$

$$\text{Confort térmico y acústico: } 0.769 / 4.211 = \mathbf{0.182 \text{ (18.2\%)}}$$

$$\text{Aceptación por el usuario: } 0.702 / 4.211 = \mathbf{0.167 \text{ (16.7\%)}}$$

Participación de la comunidad: $0.651/4.211=0.155$ (15.5%)

Similitud con las viviendas tradicionales: $0.546/4.211=0.130$ (13.0%)

El criterio de Protección ante acciones climáticas tiene una representatividad del 18.33% en los criterios de Socio-ambientales, seguido por el criterio de Construcciones sostenibles con el 18.32%, Confort térmico y acústico representa el 18.2%, Aceptación por el usuario el 16.7%, Participación de la comunidad el 15.5% y, el criterio de Similitud con las viviendas tradicionales representa el 13%.

CRITERIOS DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Σ Carga factorial= $0.643+0.822+0.747=2.212$

Calidad: $0.643/2.212=0.290$ (29.0%)

Mano de obra: $0.822/2.212=0.372$ (37.20%)

Tecnología: $0.747/2.212=0.338$ (33.8%)

La Mano de obra tiene una representatividad del 37.2% en los criterios de Tecnología de la construcción, seguido por el criterio de Tecnología con el 33.8% y, por último, Calidad que representa el 29%.

CRITERIOS DE FLEXIBILIDAD

Σ Carga factorial= $0.835+0.811+0.318=1.964$

Flexibilidad arquitectónica: $0.835/1.964=0.425$ (42.5%)

Flexibilidad constructiva: $0.811/1.964=0.413$ (41.3%)

Costo por metro cuadrado: $0.318/1.964=0.162$ (16.2%)

La Flexibilidad arquitectónica tiene una representatividad del 42.5% en los criterios de Flexibilidad, la Flexibilidad constructiva del 41.3%, seguido por el Costo por metro cuadrado que representa el 16.2%.

CRITERIOS DE LOGÍSTICA

Σ Carga factorial= $0.765+0.589+0.770+0.429=2.553$

Velocidad: $0.765/2.553=0.299$ (29.9%)

Capacidad de producción masiva: $0.589/2.553=0.231$ (23.1%)

Facilidad de transporte y almacenamiento: $0.770/2.553=0.302$ (30.2%)

Fuente de materiales: $0.429/2.553=0.168$ (16.8%)

El criterio de Facilidad de transporte y almacenamiento tiene una representatividad del 30.2% en los criterios de Logística, el criterio de Velocidad representa el 29.9%, la

Capacidad de producción masiva el 23.1% y, por último, el criterio de Fuente de materiales que representa el 16.8%.

5.2 ORDEN DE IMPORTANCIA DE LOS CRITERIOS

Como resultado, se presentan las Tablas 23, 24, 25, 26 y 27, que muestran el orden de importancia de los criterios de selección de sistemas constructivos para reconstruir viviendas después de un desastre, dado por la valoración estimada anteriormente.

Tabla 23. *Criterios de diseño*

CRITERIOS DE DISEÑO	VALORACIÓN
1. Costo de mantenimiento	36.3%
2. Facilidad y frecuencia de mantenimiento	32.0%
3. Tamaño y forma de la vivienda	31.7%

Tabla 24. *Criterios Socio-ambientales*

CRITERIOS SOCIOAMBIENTALES	VALORACIÓN
1. Protección ante acciones climáticas	18.3%
2. Construcciones sostenibles	18.3%
3. Confort térmico y acústico	18.2%
4. Aceptación por el usuario	16.7%
5. Participación de la comunidad	15.5%
6. Similitud con las viviendas tradicionales	13.0%

Tabla 25. *Criterios de tecnología de la construcción*

CRITERIOS DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	VALORACIÓN
1. Mano de obra	37.2%
2. Tecnología	33.8%
3. Calidad	29.0%

Tabla 26. *Criterios de flexibilidad*

CRITERIOS DE FLEXIBILIDAD	VALORACIÓN
1. Flexibilidad arquitectónica	42.5%
2. Flexibilidad constructiva	41.3%
3. Costo por metro cuadrado	16.2%

Tabla 27. *Criterios de logística*

CRITERIOS DE LOGÍSTICA	VALORACIÓN
1. Facilidad de transporte y almacenamiento	30.2%
2. Velocidad	29.9%
3. Capacidad de producción masiva	23.1%
4. Fuente de materiales	16.8%

Fuente: Elaboración propia

Como se había planteado anteriormente, del modelo también se obtuvo una ruta de importancia de los criterios de selección de sistemas constructivos para reconstruir viviendas después de un desastre, de modo que a continuación se muestra la Figura 18, como síntesis de los resultados.

**Figura 18.** *Síntesis de los resultados.* Fuente: Elaboración propia.

CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO

Se presentan los resultados del presente trabajo, con el cumplimiento de todos los objetivos planteados. Permitiendo mostrar el nivel de importancia de los criterios de selección dada su valoración obtenida del análisis del Modelo de Ecuaciones Estructurales. Además, se establece una ruta de importancia de los criterios que nos indica que se debe iniciar considerando los criterios de Diseño, siguiendo con los criterios Socio-ambientales, los criterios de Tecnología de construcción, posteriormente los criterios de Flexibilidad y se finaliza con los criterios de Logística.

.

6. CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Con la identificación y validación de los criterios de selección de sistemas constructivos para la reconstrucción de viviendas post-desastres, se cumplen los objetivos de la presente investigación, permitiendo presentar las siguientes conclusiones:

Con este trabajo se facilita el reconocimiento de las tecnologías constructivas disponibles, mirando los diferentes sistemas constructivos caracterizados con una óptica estándar, siendo muy útil para extraer una síntesis que permita realizar comparaciones de diferentes aspectos de los sistemas constructivos.

Este trabajo aporta un amplio estado del arte, con información de la actualidad, lo que se evidencia en que el 83% del total de estudios revisados data de los últimos 10 años y de esos el 49% de los últimos 5 años. Mostrando que este tema de estudio está en crecimiento.

Desarrollar la metodología de Estudio de Mapeo Sistematizado que incluyó cinco etapas para la búsqueda y depuración de las referencias bibliográficas, permitió obtener las fuentes bibliográficas pertinentes y de actualidad para este trabajo, logrando la identificación de los criterios fundamentados en el estado del arte.

Este trabajo permite a los constructores, funcionarios y entidades encargadas de la toma de decisiones formarse en los criterios necesarios para seleccionar un sistema constructivo para la reconstrucción de viviendas post-desastres, tomando en cuenta factores técnicos, económicos, sociales, culturales y ambientales que sirvan para crearse nuevas directrices de reconstrucción de viviendas.

Los 19 criterios identificados en esta investigación son fundamentados en el estudio del estado del arte y validados por expertos, que permiten basar la toma de decisiones

para seleccionar un sistema constructivo para la reconstrucción de viviendas después de un desastre.

Con el modelo de ecuaciones estructurales (SEM), se logra identificar y confirmar las relaciones entre los criterios de selección de sistemas constructivos para reconstruir viviendas, evidenciado con el ajuste y validación del modelo.

El modelo de ecuaciones estructurales (SEM), permitió asignar una valoración a cada criterio para establecer un orden de importancia dado por las cargas factoriales, dando cumplimiento al tercer objetivo propuesto.

Mediante el análisis de efectos directos, indirectos y totales, se establece que entre los criterios que mayor tamaño de efecto tuvieron se encuentran los criterios de *Diseño* sobre los criterios *Socio-ambientales*, por lo que se debe prestar especial atención a estos al momento de tomar decisiones para seleccionar el sistema constructivo.

Con la estructura del modelo de ecuaciones estructurales y las relaciones conformadas, se establece una ruta de importancia que inicia con la consideración de los criterios de *Diseño* (costo de mantenimiento, facilidad y frecuencia de mantenimiento, tamaño y forma de la vivienda), seguida de los criterios *Socio-ambientales* (protección ante acciones climáticas, construcciones sostenibles, confort térmico y acústico, aceptación por el usuario, participación de la comunidad, similitud con las viviendas tradicionales), los criterios de *Tecnología de la construcción* (mano de obra, tecnología, calidad), los criterios de *Flexibilidad* (flexibilidad arquitectónica, flexibilidad constructiva, costo por metro cuadrado) y, por último, los criterios de *Logística* (facilidad de transporte y almacenamiento, velocidad, capacidad de producción masiva, fuente de materiales).

Se debe considerar la importancia de los criterios de *Diseño* conformados por el Costo de mantenimiento, Facilidad y frecuencia de mantenimiento y Tamaño y forma de la vivienda, debido a que impactan e influyen en gran medida a todos los demás criterios. Evidenciado en el análisis de efectos directos, indirectos y totales, y en la ruta de importancia dado que es el punto de partida del SEM.

El Estudio de Mapeo Sistematizado, la consulta a expertos y la creación del SEM garantizaron que los criterios estudiados y presentados son los precisos para la investigación.

Con la metodología planteada se cumplieron los objetivos y permitió la creación de un modelo de ecuaciones estructurales, que con integración de esta técnica da como resultado un trabajo novedoso y único, que contribuye en la selección de sistemas

constructivos para la reconstrucción de viviendas post-desastres desde un enfoque multidimensional.

6.2 RECOMENDACIONES

Poner a disposición de los organismos y entidades vinculadas, el contenido del presente trabajo de investigación para contribuir a la selección de los sistemas constructivos apropiados para soluciones de viviendas en la etapa de reconstrucción post-desastres.

Es importante y recomendable continuar con más investigaciones sobre este tema a fin de ayudar y facilitar una toma de decisiones teniendo en cuenta los múltiples factores que se ven relacionados a lo largo del proceso de reconstrucción después de un desastre.

Con el potencial de este trabajo se propone para un estudio futuro crear un índice de selección para desarrollar una metodología de selección de sistemas constructivos apropiados, continuando con el uso de la técnica de ecuaciones estructurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeyesundara, U. G. Y., Babel, S., & Gheewala, S. (2009). A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka. *Building and Environment*.
- Ade Bilau, A., Witt, E., & Lill, I. (2018). Research methodology for the development of a framework for managing post-disaster housing reconstruction.
- Ahmed, I. (2011). An overview of post-disaster permanent housing reconstruction in developing countries. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 2(2), 148–164. <https://doi.org/10.1108/17595901111149141>
- Ahmed, I., & Charlesworth, E. R. (2015). An evaluation framework for assessing resilience of post-disaster housing. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 6(3), 300–312.
- Amin Hosseini, S. M., De La Fuente, A., & Pons, O. (2016). Multi-criteria decision-making method for assessing the sustainability of post-disaster temporary housing units technologies: A case study in Bam, 2003. *Sustainable Cities and Society*, 20, 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.012>
- Arner, E. (2017). Método de selección de tecnologías industrializadas apropiadas para la solución de edificios de viviendas en la etapa de reconstrucción post-desastre.
- Arner, E., & Vaz, C. (2016). Arquitectura y Urbanismo Tecnologías industrializadas con carácter apropiado para la reconstrucción post-desastre de viviendas : caso Santiago de Cuba Industrialized technologies with appropriate character for the reconstruction post-disaster of housing :, XXXVII(3), 1–20.
- Audefroy, J. F. (2011). Haiti: Post-earthquake lessons learned from traditional construction. *Environment and Urbanization*, 23(2), 447–462. <https://doi.org/10.1177/0956247811418736>
- Avelar, L., García, J., & Sifuentes, E. (2013). Validación de un cuestionario para valorar el desempeño de la cadena de suministro, 5(1), 84–89.
- Avelar, L., García, J., Cedillo, M., & Adarme, W. (2014). Effects of regional infrastructure and offered services in the supply chains performance: Case Ciudad Juarez. *Dyna*, 81(186), 208–217. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n186.39958>
- Banco Mundial. (2012). Análisis de la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia.
- Barakat, S. (2003). Network Paper Housing reconstruction after conflict and disaster, 44(43).

- Blanco-Lion, C., Pelsmakers, S., & Taylor, M. (2015). Sustainable Solution for the Reconstruction of Low Income Housing in Post-Disaster Zone.
- Bornstein, L., Lizarralde, G., Gould, K. A., & Davidson, C. (2013). Framing responses to post-earthquake Haiti: How representations of disasters, reconstruction and human settlements shape resilience. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 4(1), 43–57. <https://doi.org/10.1108/17595901311298991>
- Caimi, A., Guillaud, H., Moles, O., Vieux-Champagne, F., Garnier, P., Grange, S., ... Daudeville, L. (2013). Traditional and scientific knowledge for a sustainable vulnerability reduction of rural housing in Haiti. *Structures and Architecture: Concepts: Applications and Challenges*, (July 2013), 1807–1815.
- Calderón, M. A. (2013). Prefabricación y Vivienda de Emergencia: Estudio Comparativo de Sistemas Constructivos Industrializados Utilizados en Viviendas Temporales Post-Desastre. Caso Haití (2010), (2010).
- Cano, S., Botero, L., & Rivera, L. (2017). Evaluación del desempeño de Lean Construction Lean Construction performance evaluation. *Espacios*, (2015).
- Cardona, O. (2012). Un marco conceptual común para la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático: encuentros y desencuentros de una iniciativa insoslayable.
- Chang, Y., Wilkinson, S., Potangaroa, R., & Seville, E. (2011). Donor-driven resource procurement for post-disaster reconstruction: Constraints and actions. *Habitat International*, 35(2), 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.08.003>
- Chang, Y., Wilkinson, S., Potangaroa, R., & Seville, E. (2012a). Managing resources in disaster recovery projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(5), 557–580. <https://doi.org/10.1108/09699981211259621>
- Chang, Y., Wilkinson, S., Potangaroa, R., & Seville, E. (2012b). Resourcing for post-disaster reconstruction: A comparative study of Indonesia and China. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 21(1), 7–21.
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences.
- Cupani, M. (2012). Análisis de Ecuaciones Estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. *Revista Tesis*, 1, 136–156.
- Davidson, C. H., Johnson, C., Lizarralde, G., Dikmen, N., & Sliwinski, A. (2007). Truths and myths about community participation in post-disaster housing projects. *Habitat International*, 31(1), 100–115.
- Di Gregorio, L. T., & Soares, C. A. P. (2017). Post-disaster housing recovery guidelines

- for development countries based on experiences in the American continent. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24(October 2016), 340–347.
- Dias, N. T., Keraminiyage, K., & DeSilva, K. K. (2016). Long-term satisfaction of post disaster resettled communities: The case of post tsunami – Sri Lanka. *Disaster Prevention and Management*, 25(5), 581–594. <https://doi.org/10.1108/DPM-11-2015-0264>
- Díaz Castañeda, C. H., & Castro Escobar, G. A. (2011). Vivienda de interés prioritario para población desplazada : problemática , lineamientos , y propuesta de modelo de implementación.
- Dikmen, N. (2005). A Provision Model And Design Guidelines For Permanent Post-Disaster Housing In Rural Areas Of Turkey Based On An Analysis Of Reconstruction Projects In Çankiri. *PhD Thesis*, (September), 1–150.
- Echeverry, D., Sarria, A., Alarcón, L., Torres, W., Prieto, J. & Flórez, J. (2000). Vivienda de interés social: inventario de sistemas constructivos, Bogotá, Colombia, Universidad de los Andes.
- Fallahi, A. (2007). Lessons learned from the housing reconstruction following the Bam earthquake in Iran. *Australian Journal of Emergency Management*, 22(1), 26–35.
- Favela, C. (2004). *Propuesta de Selección de un Sistema Constructivo para Vivienda de Interés Social*.
- Fayazi, M., & Lizarralde, G. (2013). The role of low-cost housing in the path from vulnerability to resilience. *Archnet-IJAR*, 7(3), 146–167.
- Fayazi, M., & Lizarralde, G. (2018). Conflicts between recovery objectives: The case of housing reconstruction after the 2003 earthquake in Bam, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27(October), 317–328. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.10.017>
- Fox, A. P. (2002). Montserrat – a case study in the application of multiple methods to meet a post disaster housing shortage.
- Garay,R.,Espinoza, A.,Martínez, A., & Castro,L. (2013). Estudio de mapeo sistematizado sobre la estimación de valor del producto software
- García, Á. (2016). Intervención post - desastre natural.
- García Alcaraz, J. L., Oropesa Vento, M., & Maldonado Macías, A. A. (2017). Kaizen Planning, Implementing and Controlling. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47747-3>
- García, J. L., Alor, G., & Maldonado, A. (2018). New Perspectives on Applied

- Industrial Tools and Techniques. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56871-3>
- Garrió, J. M. (1986). Propuesta de evaluación de sistemas constructivos. *Informes de La Construcción*, 38, 25. <https://doi.org/10.3989/ic.1986.v38.i385.1691>
- Gharaati, M. (2006). an Overview of the Reconstruction Program After the Earthquake of Bam , Iran, 1–14.
- Gharaati, M., & Davidson, C. (2008). Who Knows Best? An Overview of Reconstruction after the Earthquake in Bam ,. *Building Resilience: Achieving Effective Post-Disaster Reconstruction*, (i-Rec 2008).
- Gómez Jiménez, M. C. (2016). Bases para el diseño de viviendas transitorias post-desastres para las condiciones cubanas.
- Hayles, C. S. (2010). An examination of decision making in post disaster housing reconstruction. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 1(1), 103–122. <https://doi.org/10.1108/17595901011026508>
- Hidayat, B., & Egbu, C. (2010). A literature review of the role of project management in post-disaster reconstruction, (September), 1269–1278. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10144/>
- Hidayat, B., & Egbu, C. (2011). Critical Success Factors Associated With Post - Disaster Reconstruction Projects, (October), 5–7.
- Ismail, D., Majid, T. A., Roosli, R., & Samah, N. A. (2014). Project Management Success for Post-disaster Reconstruction Projects: International NGOs Perspectives. *Procedia Economics and Finance*, 18(September), 120–127. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00921-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00921-6)
- Ismail, F. Z., Halog, A., & Smith, C. (2017). How sustainable is disaster resilience?: An overview of sustainable construction approach in post-disaster housing reconstruction. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 8(5), 555–572. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-07-2016-0028>
- Johnson, C. (2007). Strategic planning for post-disaster temporary housing. *Disasters*, 31(4), 435–458. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2007.01018.x>
- Karunasena, G., & Rameezdeen, R. (2010). Post-Disaster Housing Reconstruction: Comparative Study of Donor vs Owner-Driven Approaches. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 1(2), 173–191. <https://doi.org/10.1108/17595901011056631>
- Kennedy, J., Ashmore, J., Babister, E., & Kelman, I. (2008). The meaning of “build back better”: Evidence From post-tsunami Aceh and Sri Lanka. *Journal of*

- Contingencies and Crisis Management*, 16(1), 24–36.
<https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.2008.00529.x>
- Lara, C. (2014). Criterios para la Construcción de Viviendas de Carácter Social Post-Desastre.
- Lizarralde, G. (2000). *Reconstruction management and post-disaster low-cost housing; the case for social reconstruction*.
- Lizarralde, G. (2002). Organizational design, performance and evaluation of post-disaster reconstruction projects. *Grif.Umontreal.Ca*. Retrieved from [http://www.grif.umontreal.ca/pages/i-rec papers/gonzalo.PDF](http://www.grif.umontreal.ca/pages/i-rec%20papers/gonzalo.PDF)
- Lizarralde, G. (2011). Stakeholder participation and incremental housing in subsidized housing projects in Colombia and South Africa. *Habitat International*, 35(2), 175–187. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.08.001>
- Mannakkara, S., & Wilkinson, S. (2014). Re-conceptualising “ Building Back Better ” to Improve Post- Disaster Recovery. *International Journal of Managing Projetcxs in Business*, 7(3), 22.
- Moe, T. L., & Pathranarakul, P. (2006). An integrated approach to natural disaster management: Public project management and its critical success factors. *Disaster Prevention and Management*, 15(3), 396–413.
<https://doi.org/10.1108/09653560610669882>
- Mojtahedi, S. M. H., & Oo, B. L. (2012). Possibility of applying lean in postdisaster reconstruction: An evaluation study. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?Eid=2-s2.0-84874464175&partnerid=tzotx3y1>
- Mulliner, E., Smallbone, K., & Maliene, V. (2013). An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method. *Omega (United Kingdom)*, 41(2), 270–279. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.05.002>
- Olivera, A., & González, G. (2010). Enfoque multidimensional de la reconstrucción post-desastre de la vivienda social y el hábitat en países en vías de desarrollo: Estudios de casos en Cuba. *Revista de La Construcción*, 9(2), 53–62.
- ONU. (n.d.). Selección de tecnologías para la vivienda social.
- Ophiyandri, T., Amaratunga, D., Pathirage, C., & Keraminiyage, K. (2013). Critical success factors for community-based post-disaster housing reconstruction projects in the pre-construction stage in Indonesia.

- Ophiyandri, T., Amaratunga, R. D. G., & Pathirage, C. P. (2010). Community based post disaster housing reconstruction: Indonesian perspective. *Cib 2010*, 17. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/9761/>
- Patel, S., & Hastak, M. (2013). A framework to construct post-disaster housing. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*.
- PNUD Chile. (2012). Recuperación y Reconstrucción Post Desastre. *Comisión Europea*, 7. Retrieved from http://www.preventionweb.net/files/38084_catlogo3.pdf
- Rahmayati, Y. (2016a). Post-disaster housing: Translating socio-cultural findings into usable design technical inputs. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Rahmayati, Y. (2016b). Reframing “building back better” for post-disaster housing design: a community perspective. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7(4), 344–360. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-05-2015-0029>
- Rodriguez, J. (2012). Lecciones desde la planificación territorial y reconstrucción post desastre en Armenia , Colombia, 38.
- Roosli, R., & Collins, A. E. (2016). Key Lessons and Guidelines for Post-Disaster Permanent Housing Provision in Kelantan, Malaysia. *Procedia Engineering*, 145, 1209–1217. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.156>
- Roseberry, R. (2008). A Balancing Act: An assessment of the environmental sustainability of permanent housing constructed by international community in post-disaster Aceh. *Proceedings of the I-REC 2008. Building Resilience-Achieving Effective Post-Disaster Reconstruction*.
- Sadiqi “Wardak,” Z., Coffey, V., & Trigunarsyah, B. (2012). Rebuilding housing after a disaster: factors for failure. *8th Annual International Conference of the International Institute for Infrastructure, Renewal and Reconstruction (IIIRR)*, (2012), 292–300. <https://doi.org/10.13140/2.1.2656.8965>
- Seneviratne, K., Amaratunga, D., Haigh, R., & Pathirage, C. (2010). Knowledge Management for Disaster Resilience : Identification of Key Success Factors. *CIB World Congress*.
- Silva, J. da. (2010). Lessons from Aceh: Key Considerations in Post-Disaster Reconstruction. *Practical Action Publishing*, 98.
- Spherehandbook.org. (2017) The Sphere Handbook | Norma 4 sobre alojamiento y asentamientos humanos: construcción. [En línea] Recuperado de:

<http://www.spherehandbook.org/es/norma-4-sobre-alojamiento-y-asentamientos-humanos-construccion/>

- Tucker, S., Gamage, A., & Wijeyesekera, C. (2014). Some design aspects of sustainable post-disaster housing. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 5(2), 163–181. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-06-2012-0019>
- UNGRD. (2015). Implementación de los procesos de gestión del riesgo de desastres para transferir al FNGRD, a nivel nacional.
- UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Resolución Aprobada Por La Asamblea General El 3 de Junio de 2015, 26.
- Vahanvati, M., & Mulligan, M. (2017). A new model for effective post-disaster housing reconstruction: Lessons from Gujarat and Bihar in India.
- Zea Escamilla, E., & Habert, G. (2015). Global or local construction materials for post-disaster reconstruction? Sustainability assessment of 20 post-disaster shelter designs. *Data in Brief*, 4, 308–314. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2015.05.027>

ANEXOS

Los anexos que se presentan a continuación se encuentran en un soporte magnético adjunto al presente documento.

ANEXO 1. Formato de la encuesta.

ANEXO 2. Base de datos de las encuestas.

ANEXO 3. Modelo de ecuaciones estructurales en el software WarpPLS.