

IMPACTO DE LOS DESASTRES NATURALES EN LA INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA EN GUATEMALA Y SU MITIGACIÓN MEDIANTE EL USO DE BIM

IMPACT OF NATURAL DISASTERS ON HOSPITAL INFRASTRUCTURE IN GUATEMALA AND ITS MITIGATION THROUGH THE USE OF BIM

Debora Libertad Ramírez Vargas

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(debora.ramirez@unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0001-8709-457X>)

Enrique Sarvelio Ortíz Chial

Universidad Internacional Iberoamericana, México

(enrique.ortiz@doctorado.unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0009-0008-1928-7300>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 00/00/00

Revisado/Reviewed: 00/00/00

Aceptado/Accepted: 00/00/00

RESUMEN

Palabras clave:

infraestructura hospitalaria, metodología BIM, mitigación de desastres naturales, resiliencia.

Guatemala es un país ubicado en la posición 10 de los países con mayor riesgo de desastres naturales en el mundo. Asimismo, el COVID-19 puso de manifiesto la necesidad de fortalecer la resiliencia de los hospitales frente a emergencias de salud, porque simultáneamente estos continuaron brindando atención durante brotes de enfermedades infecciosas, crisis sociales, financieras y otros. Esto crea la necesidad de construcciones que tengan la capacidad de adaptarse ante tales fenómenos naturales para que las personas puedan hacer uso de sus instalaciones y que éstas se encuentren funcionando. En ese sentido, se propone la utilización de Building Information Modeling BIM como una metodología de trabajo para diseñar y construir edificaciones complejas y puede utilizarse para el diseño, construcción, mantenimiento y demolición de hospitales. Debido a que aún no hay planes ni programas de uso obligatorio de BIM en Guatemala, se optó por realizar una investigación exploratoria con sus métodos de exploración primaria; a través de entrevistas y una encuesta y secundaria; recopilando información de casos previos de uso BIM, respondiendo las preguntas sobre qué, porque y cómo se llevaría a cabo el desarrollo de infraestructura de hospitales, el impacto de los desastres naturales en dicha infraestructura y su mitigación mediante el uso de BIM. Según las discusiones y conclusiones de los resultados de las entrevistas, encuesta y datos obtenidos y presentados en la investigación secundaria es posible mitigar el impacto de los desastres naturales en la infraestructura hospitalaria a través del uso de la metodología BIM en Guatemala.

ABSTRACT

Keywords:

hospital infrastructure, BIM methodology, natural disaster mitigation, resilience.

Guatemala is a country located in position 10 of the countries with the highest risk of natural disasters in the world. Likewise, COVID-19 highlighted the need to strengthen the resilience of hospitals in the face of health emergencies, because they simultaneously continued to provide care during outbreaks of infectious diseases, social, financial and other crises. This creates the need for buildings that have the capacity to adapt to such natural phenomena so that people can use their facilities and that they are functioning. In this sense, the use of Building Information Modeling BIM is proposed as a work methodology to design and build complex buildings and can be used for the design, construction, maintenance and demolition of hospitals. Because there are still no plans or programs for the mandatory use of BIM in Guatemala, it was decided to carry out an exploratory investigation with its primary exploration methods; through interviews and a secondary survey; collecting information from previous uses of BIM use cases, answering questions about what, why and how the development of hospital infrastructure would be carried out, the impact of natural disasters on said infrastructure and its mitigation through the uses of BIM. According to the discussions and conclusions of the results obtained in the interview, surveys and data obtained on secondary researches, it is possible to mitigate the impact of natural disasters on hospital infrastructure through the use of the BIM methodology in Guatemala.

Introducción

Derivado de sus características fisiográficas y geotécnicas, Guatemala es un país propenso a desastres naturales como son los huracanes y tormentas tropicales, inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos que han causado impacto económico, social y de bienestar en la población guatemalteca (Barillas, 2022). En ese sentido, según la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) (2021) “la República de Guatemala se ubica en la posición 10 de los países con mayor riesgo de desastres del mundo”.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la salud/Organización Mundial de la Salud OPS/OMS (2023a) indica que:

La pandemia COVID-19 puso de manifiesto la necesidad de fortalecer la resiliencia de los hospitales frente a emergencias de salud y desastres, no solo porque estos han sido la columna vertebral en la respuesta, sino también porque simultáneamente continuaron brindando atención durante todo tipo de desastres, brotes de enfermedades infecciosas, crisis sociales, financieras y otros (párr. 1).

Al respecto, como parte de los programas de implementación de infraestructura de hospitales resilientes ante emergencias de salud y desastres naturales en Guatemala, la CONRED indica que la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres conjuntamente con representantes de OMS y OPS, así como del Ministerio de Salud y Asistencia Social MSPAS se reunieron para conocer el Protocolo de Aplicación y Certificación de las Normas para la Reducción de Desastres (NRD) que establece lineamientos de seguridad en edificaciones, tanto en nuevos diseños como remodelaciones o reparaciones de la obra existente a efecto de prevenir toda clase de daños a la integridad de las personas que lo ocupan y a la infraestructura en sí y poder trabajar en un Manual o Protocolo de Hospitales Seguros en el país (2013, párr. 1 al 4).

Derivado de lo anterior, en Guatemala se ha tratado el tema de reducción del impacto de los desastres naturales a la infraestructura de hospitales a través de un manual de protocolos y normas, para coadyuvar a tal efecto. En consecuencia, esta investigación propone la utilización de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño para la construcción de Hospitales en Guatemala. Autores como Meléndez et al., (2019, pp. 153-157) afirma que:

BIM... es una metodología de trabajo que genera y gestiona los datos de un proyecto de edificación desde el mismo momento en que empieza el proceso de diseño, optimizando la gestión de la documentación y del proyecto... es un creador y administrador de datos para diseñar y construir grandes obras de edificación, considerando la geometría del proyecto y datos adicionales... de manera tridimensional y en tiempo real... puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición.

Lo anteriormente expuesto es un indicativo que la metodología BIM puede ser una herramienta de valiosa ayuda en la construcción de hospitales, aunado a lo que afirma Bustos & Sosa (2021a, pp. 91 y 92):

Los hospitales que se están construyendo en el Estado de California... implican sistemas y procesos constructivos integrados con BIM [conformando] edificaciones resilientes capaces de mantenerse en operación incluso durante un sismo de 9 grados o más en la escala de Richter. [Realizando] simulaciones de desalojo de espacios... [permitiendo] identificar problemas como las dimensiones y distribuciones de circulaciones, corregir y entonces, llevar a la realidad. [Evitando] tragedias. Los beneficios de BIM no culminan con la entrega de la obra, se mantienen durante su gestión e incluso

en el caso de una posible remodelación o demolición... mediante el modelo digital y con el apoyo de software especializado se pueden realizar análisis energéticos, análisis de iluminación natural, análisis de ventilación, análisis de temperatura interior, análisis de asoleamiento y de radiación.

Llama la atención el trabajo previo que se puede realizar durante el diseño de una construcción con metodología BIM, pues es posible anticiparse al desarrollo constructivo realizando pruebas de funcionamiento de la infraestructura a construir y observar en el modelo BIM creado el comportamiento ante determinados eventos, logrando con ello salvar vidas garantizando la resiliencia de la edificación a desarrollar, hasta la demolición incluso la reutilización de materiales reciclables en la mencionada infraestructura, de allí la importancia en los beneficios del uso BIM para proyectos de diseño de infraestructura de hospitales como mitigación ante desastres naturales que constantemente afectan Guatemala.

En ese sentido, se realizó el diseño de un instrumento de investigación el cual consiste en una encuesta dicotómica cerrada, diseñada por el autor de esta investigación y una vez realizado fue revisado, corregido y validado en su contenido por dos arquitectos, el primero diseñador, asesor y supervisor relacionado con infraestructura hospitalaria y el segundo especialista en diseño hospitalario, ambos con conocimientos en la metodología BIM.

En síntesis, las preguntas realizadas a los participantes y contenidas en el mencionado instrumento de investigación son: 1. ¿Desarrolla proyectos de hospitales en Guatemala? 2. ¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala? 3. ¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país? 4. ¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM? 5. ¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala?

Método

Diseño

Debido a que aún no hay programas obligatorios para la implantación de la metodología BIM para el diseño de Hospitales en Guatemala, se realizó una investigación exploratoria con sus métodos de exploración primaria y secundaria respondiendo las preguntas sobre qué se necesita, por qué se necesita y cómo se llevaría a cabo el desarrollo de infraestructura de hospitales utilizando la metodología BIM localmente. ¿Se está implementando la metodología BIM en diseño y construcción de hospitales en Guatemala? ¿Existen instituciones que ofrezcan formación técnica y profesional con base en educación formal sobre metodología BIM en el país? ¿Es posible desarrollar proyectos de diseño y construcción, así como dar continuidad a infraestructura de hospitales ya construidos con metodología BIM en Guatemala?

Participantes

Se desarrolló una investigación primaria a través de entrevistas a un primer grupo de ocho expertos diseñadores de infraestructura hospitalaria en áreas de arquitectura, ingeniería civil y mecánica, eléctrica e hidrosanitaria (Mechanical, Electrical and Plumbing; MEP) para extraer información sobre el uso de BIM en el diseño y construcción de infraestructura de la salud y sus repercusiones positivas ante desastres naturales y recomendaciones en general que los expertos pudieran aportar.

Asimismo, en el segundo grupo se entrevistó a siete expertos en diseño de infraestructura en general con el fin de determinar el desarrollo y uso de modelos BIM en Guatemala, el trabajo en equipo o colaborativo con dicha metodología y sus resultados, así como la implementación BIM en el país y el uso de programas de simulación por especialidad asociados a esta metodología, entre otros.

Por otra parte, con un tercer grupo se realizó una encuesta dicotómica cerrada a modeladores, diseñadores y ejecutores de infraestructura en general y de centros de atención a la salud para responder las interrogantes sobre el uso de BIM, si consideran o no importante desarrollar proyectos de construcción en general utilizando la metodología mencionada y si han o están desarrollando proyectos de infraestructura hospitalaria con BIM.

Por último, como investigación secundaria se recopiló información de casos previos en Guatemala sobre el uso de BIM en el diseño y construcción de hospitales o de infraestructura en general en el país.

Instrumento de investigación

Se realizó el diseño de un instrumento de investigación el cual consiste en una encuesta dicotómica cerrada para lo cual se seleccionó, a través de un muestreo porcentual simple, 15 personas dentro de una población de 50 modeladores BIM, estudiantes, docentes, desarrolladores y/o diseñadores, directores de proyectos de diseño y construcción en general y de hospitales. Sin embargo, es importante mencionar que se realizó una prueba piloto de la encuesta, test o cuestionario, para, posteriormente realizar la prueba final.

Para definir y validar la población y la muestra, se tuvo acercamiento con representantes de empresas y entidades educativas, ambos relacionados con el diseño y la construcción, así como conocimientos BIM. A los involucrados en la encuesta se les entregó por escrito, un documento de consentimiento informado, indicando que los datos y opiniones obtenidas serán confidenciales, manteniéndose en estricta reserva, no apareciendo asociado a ninguna opinión en particular.

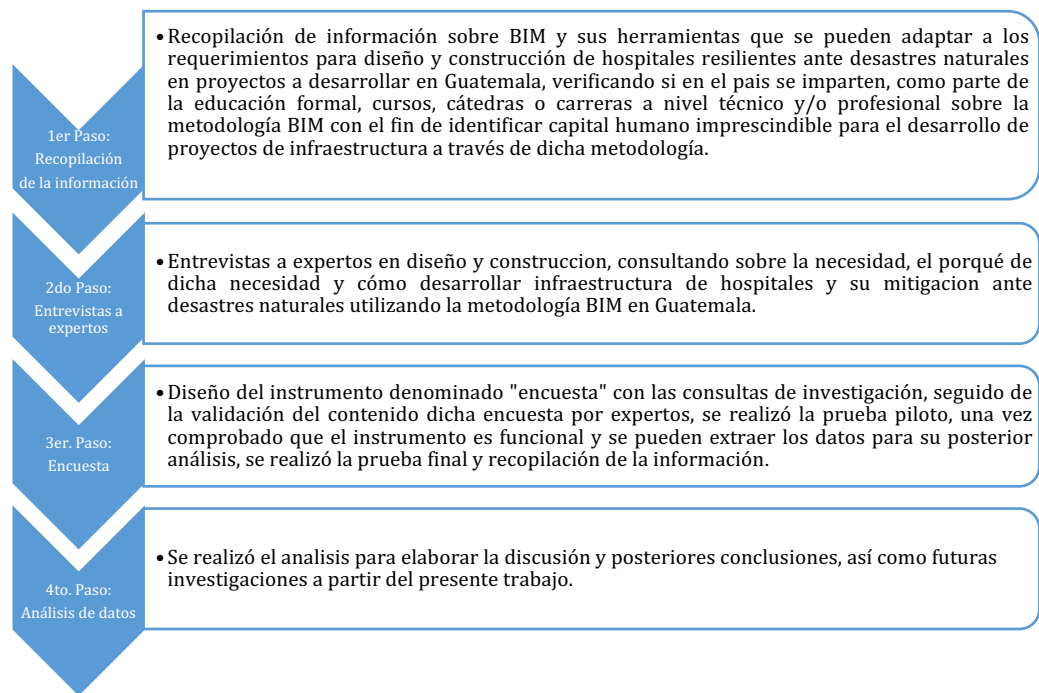
Validez y confiabilidad

El instrumento de investigación fue diseñado por el autor de esta investigación y una vez realizado fue revisado, corregido y validado en su contenido por dos arquitectos, el primero diseñador, asesor y supervisor relacionado con infraestructura hospitalaria y el segundo especialista en diseño hospitalario, ambos con conocimientos en la metodología BIM. Siendo dichos expertos quienes han emitido su opinión en cuanto a determinar la objetividad de dichas preguntas y quienes han dado validez sobre el entendimiento de la formulación de las interrogantes o consultas y su delimitación en cuanto a aspectos críticos para el procedimiento de análisis de datos y por ende resultados de los mismos.

Proceso de desarrollo de investigación

Se desarrollaron cuatro pasos para el desarrollo del proceso investigativo del presente trabajo, los mismos se detallan en la figura No.1 presentada a continuación.

Figura 1
Pasos para el desarrollo de la presente investigación



Se observa en la figura No. 1 el trabajo en entrevistas a profesionales en el área y el diseño del instrumento denominado "encuesta", en las entrevistas se ha profundizado en cuanto a la experiencia de trabajar proyectos con la metodología BIM y/o con programas orientados a hospitales resilientes frente a desastres naturales y los resultados que ellos han obtenido, dicha encuesta está orientada a respuestas dicotómicas cerradas sobre el conocimiento de la metodología y/o los mencionados programas desarrollados en Guatemala.

Procedimiento y análisis de datos

De acuerdo a los planteamientos realizados y con la información recopilada, es posible dar respuesta a dichas interrogantes, siendo estas:

1. ¿Por qué implementar proyectos de diseño para la construcción de hospitales resilientes ante desastres naturales en Guatemala mediante la metodología BIM?

Con esa finalidad, indica OMS/OPS (2023b):

La creciente necesidad de Hospitales Resilientes frente a emergencias de salud y desastres en la Región de las Américas se fundamenta además en la evidencia científica que demuestra la importancia de que estos sean capaces de resistir, ser sostenibles (SMART), ser inclusivos y ser flexibles y adaptables, para además aprender de las experiencias y recuperarse de manera oportuna y eficiente (párr. 2).

En efecto, los centros de atención a la salud del área regional se ven afectados por desastres naturales, necesiéndose construcciones que puedan resistir y ofrecer sus servicios a la población necesitada y según afirma Bolaños (2020a) Guatemala se ha visto afectada en noviembre del 2020 por la depresión tropical ETA reportando 21 personas fallecidas, 103 desaparecidas y 3,125 personas en estado de riesgo, y 27,129 evacuadas. Azota el huracán Mitch en 1998 catalogado por el Centro de Huracanes de Miami, EEUU como uno de los peores en el último cuarto de siglo, con cifras oficiales de 268 muertos e impacto económico de 1,061.4 millones de dólares de EEUU en pérdidas. En 2005 a causa

de la tormenta tropical Stan un deslave provocó que desapareciera la comunidad de Panabaj (párr. 1-12).

En consecuencia, el país ha sufrido grandes estragos por depresiones tropicales. Sobre desastres causados por erupciones volcánicas en Guatemala, menciona Bolaños (2020b) que en el 2010 el volcán de Pacaya hizo una fuerte erupción y al mismo tiempo la tormenta tropical Agatha tocó tierra en las costas del Atlántico del país, entre ambos eventos la población primaria afectada fue de 104,052 personas damnificadas, 159,882 evacuadas, 110 desaparecidas, 92 heridas y 193 fallecidas, así como 74,214 albergadas. En el 2018 hizo erupción el Volcán de Fuego dejando 201 personas muertas y 229 desaparecidas (párr. 19-22, 35-39).

Asimismo, además de desastres naturales causados por volcanes y tormentas, en el país ha habido daños por sismos, según Bolaños (2020c), la población de San Marcos registró dos terremotos, el primero en el 2012 y el otro en el 2014, provocando entre ambos, pérdidas de alrededor de 128.5 millones de dólares de EEUU, reportando para el segundo terremoto alrededor de 50 fallecidos y múltiples casas y edificaciones dañadas. En el 2017 se registró un terremoto causando daños en San Marcos, Huehuetenango, Quiché, Quetzaltenango, Totonicapán y Suchitepéquez, reportando 3,518 personas afectadas, 81 damnificadas, 4 heridas, así como 81 viviendas afectadas, 5 edificios, 3 carreteras y 1 puente dañados (párr. 26-29, 33-34). Nótese la serie de catástrofes de diferente índole sufridas por la población guatemalteca.

En ese sentido, las catástrofes de origen natural han impactado la infraestructura de hospitales en Guatemala y para mitigar tal impacto se propone el uso de BIM para el proceso constructivo hospitalario, tomando en cuenta al realizar los diseños, pruebas de funcionalidad de áreas alternativas para atender pacientes afectados masivamente tal como sucedió con el COVID 19, la reducción de costos de servicios tales como energía eléctrica, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mejor acceso al agua potable y demás beneficios que ofrece el diseño para la construcción de hospitales mediante BIM, es decir, se propone un diseño integral hasta la finalización del ciclo de vida y el reciclado de materiales utilizados en la construcción de infraestructura hospitalaria.

2. ¿Qué se necesita para implementar proyectos de diseño para la construcción de hospitales resilientes ante desastres naturales en Guatemala mediante la metodología BIM?

Sobre el asunto, menciona OMS/OPS (2010, pág. 1 y 2) que; en Guatemala se desarrolló el proyecto "Fortalecimiento de comunidades a través de instalaciones de salud más seguras en Centroamérica: Programa de Hospital Seguro con perspectiva local" ...para evaluar la seguridad de las instalaciones de salud mediante la capacitación a profesionales... relacionados con el tema de gestión de riesgo de desastres; así también, la aplicación del Índice de Seguridad Hospitalaria ISH en instalaciones de salud seleccionadas, la evaluación y análisis de resultados, y...la implementación de algunas acciones de mejoramiento en los establecimientos evaluados. [El] proyecto inició el 1° de octubre de 2008 y finalizó el 28 de febrero de 2010.

Para tal efecto, señala el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS (2022) que se realizó un programa de evaluación utilizando el ISH de Hospitales Seguros del 2015 al 2022 en 45 hospitales de la red evidenciando estos 2 hospitales en categoría A (Tienen poca amenaza y seguridad adecuada), 33 hospitales en categoría B (Tiene amenazas y seguridad media) y 10 hospitales en categoría C (Tiene muchas amenazas y poca seguridad), contando con acreditación de evaluadores de la Unidad de Gestión de Riesgo, Coordinadora General de Hospitales IGSS, DECAP, Cruz Roja Guatemalteca y OPS,

creando planes de mejora a corto y mediano plazo, presentando los resultados a autoridades Ministeriales y autoridades de los Hospitales evaluados (págs. 4, 5, 16 y 17).

Además de describir, señalan los expertos entrevistados que a partir del historial de evaluaciones y recomendaciones a la infraestructura de hospitales actual, es necesario implementar la metodología de diseño a través de BIM para el diseño y construcción de centros de atención a la salud, pues con esto es posible aplicar pruebas y verificar resultados observando el comportamiento en el modelo 3D generado, desde el terreno para la construcción, pruebas de funcionamiento ante desastres naturales tales como sismos, deslizamientos, deslaves, simulaciones de utilización, hasta el comportamiento de la infraestructura con el paso de los años, siendo posible determinar el uso óptimo de dichas instalaciones y su mantenimiento hasta su demolición y reciclaje de sus elementos.

En ese sentido, señalan también los expertos que el COVID-19 obligó a improvisar el uso de determinadas áreas de hospitales para la atención de pacientes afectados, pudiendo prever desde el diseño el cambio en la utilización de dichas áreas, cosa que sería posible con la utilización de BIM en dicho proceso.

3. ¿Se está implementando la metodología BIM en diseño y construcción de hospitales en Guatemala?

Igualmente, mediante las entrevistas a los expertos se evidenció que ellos no tienen conocimiento sobre programas de desarrollo de infraestructura hospitalaria mediante la BIM en Guatemala, aunque mencionan que algunas empresas dedicadas al desarrollo de infraestructura han iniciado la transición al diseño y modelado a través de BIM por cuenta propia. Mencionan dos expertos que están colaborando con un diseño de un hospital a través de la metodología, pero que éste a pesar de que es guatemalteco no se está diseñando en el país.

4. ¿Existen instituciones que ofrezcan formación técnica y profesional con base en educación formal sobre metodología BIM en el país? Sobre el asunto, el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad INTECAP indica en su página oficial <https://www.intecap.edu.gt/centros/> que es una institución de referencia nacional con 33 centros de estudio en cinco regiones nacionales y dentro de su oferta formativa anunciada en <https://intecap.edu.gt/ctms/tecnico-en-modelado-y-administracion-de-proyectos-bim/> imparte la carrera de Técnico en Modelado y Administración de Proyectos BIM.

De igual manera, únicamente en el pensum de ingeniería Civil Arquitectónica de la Universidad del Valle de Guatemala UVG del año 2024 se encuentra el Curso Gestión de Proyectos BIM y se puede consultar en su página oficial <https://www.uvg.edu.gt/carreras/civil-arquitectonica/>, algunas universidades nacionales ofrecen maestrías BIM, tal es el caso de la Universidad del Istmo de Guatemala UNIS, en su página oficial <https://unis.edu.gt/facultad-de-arquitectura-y-diseno/maestria-en-building-information-modeling-bim/> ofrece la Maestría en Building Information Modeling (BIM) y de igual manera la UVG ofrece en su página oficial <https://www.uvg.edu.gt/uvgmaster/posgrado-en-modelado-bim/> un postgrado en modelado BIM.

En efecto, según las entrevistas a expertos en los programas de formación técnica y profesional BIM se ha tenido poca afluencia de estudiantes y esto se puede deber a muchas causas principalmente a falta de políticas de implementación BIM a nivel nacional.

5 ¿Es posible desarrollar proyectos de diseño y construcción, así como dar continuidad a infraestructura de hospitales ya construidos con la metodología BIM en Guatemala?

Vinculado al concepto, indican los expertos entrevistados que sí es posible dar continuidad a hospitales diseñados y construidos con la metodología a través de lo indicado en las Dimensiones BIM y dando continuidad al modelo 3D de la infraestructura referente a que los cambios realizados en la infraestructura sean trasladados al modelo BIM mencionado. En cuanto a hospitales ya construidos, indican que no se puede diseñar un modelo BIM de una infraestructura existente pues se desconocerían las colisiones de diseño y su resolución, por lo tanto, no sería un modelo diseñado con la metodología como tal y el análisis no sería certero.

En ese sentido, mencionan que los programas de simulación de procesos de construcción por especialidad, sobre todo los de pago por uso, tienen ya vínculo con BIM, pero que debido a que esta metodología aún no está difundida en el país y no es de uso común pocas veces o nunca han utilizado los vínculos de software en mención. Es importante señalar lo indicado por los expertos, hay software de pago por uso y de uso gratuito en la metodología BIM.

6. ¿Cómo se llevaría a cabo el desarrollo de diseños para la construcción de infraestructura de hospitales utilizando la metodología BIM en Guatemala?

Dentro de ese marco, según mencionan los expertos, se debe dar a conocer los beneficios del uso e implementación de la metodología BIM a nivel nacional creando políticas de difusión, implementar normativos y reglamentos de uso y fomentar a que las instituciones encargadas de diseño, desarrollo y mantenimiento de este tipo de infraestructura posean los perfiles requeridos por la metodología a través de las autoridades guatemaltecas quienes tienen a su cargo la decisión de actuar e implementar los programas de esta clase.

Un ingeniero estructural menciona que para él lo más importante al utilizar BIM en diseños de hospitales, es poder simular el comportamiento de la estructura al modelo 3D con todas sus especialidades ante determinados fenómenos naturales tales como inundaciones y sismos ante lo cual es posible detectar el comportamiento de canalizaciones concurrente de distintas ingenierías como hidrosanitaria, gases medicinales, electricidad, señales débiles, entre otras, evitando colapsos, ya que con el método tradicional que son planos en 2D es imposible observar y anticiparse a las fallas o colisiones entre elementos descritos.

Como complemento, debido a que es necesario que los centros dedicados a la salud de la población posean resiliencia frente a los mencionados desastres para que las personas puedan acudir y hacer uso emergente de dichas instalaciones y que estas se encuentren en buen estado, se debe analizar las herramientas de dicha metodología y dentro de las mismas se encuentran las dimensiones BIM y de acuerdo a lo afirmado por Estruga (2021) y Vitorino (2021) se realizó la siguiente recopilación:

Tabla 1

Dimensiones BIM como coadyuvante para el desarrollo de infraestructura resiliente

DIMENSION BIM	PRODUCTO O DESARROLLO
Primera dimensión o 1D	Concepto o definición de la idea u origen del proyecto; incluye la localización, condiciones iniciales de la infraestructura, estudios de factibilidad, estimaciones, análisis de leyes y estándares aplicables para evaluar la viabilidad del proyecto.
Segunda dimensión o 2D	Vectorización del Plano o boceto del proyecto; puede incluir el desarrollo de un plano en dos dimensiones elaborado en CAD o diseño asistido por computadora Computer aided designed, debe ser base para las dimensiones siguientes trabajándolo con un software compatible con el modelado BIM, incluye temas de contrato, definición de ámbito colaborativo e esquemas de sostenibilidad del proyecto objeto.
Tercera dimensión o 3D	Modelado en tres dimensiones o modelo orientado a objetos; representa información geométrica del proyecto de forma integrada incluyendo parametrización de los componentes, principalmente el diseño arquitectónico y cada una de las ingenierías necesarias para el desarrollo del proyecto, lo cual permitirá actualizar el modelo en tres dimensiones durante el ciclo de vida del proyecto, efectuando la coordinación de las disciplinas de arquitectura, estructuras e instalaciones o MEP Mechanical, electrical and plumbing.
Cuarta dimensión o 4D	Planificación o tiempo; se logra al integrar el cronograma de actividades y trabajo al modelo desarrollado
Quinta dimensión o 5D	Costo; se incluye la determinación del presupuesto, control de costos y estimación de gastos, todo orientado a mejorar la rentabilidad del proyecto, asociado a cantidades de insumo donde se incluye, materiales, equipos, y personal. Adicionalmente organizar y presupuestar costos operativos para la fase de uso y mantenimiento, pudiendo incluir en esta fase costos y cantidades de insumos tales como compras, pedidos, salarios, gastos administrativos y de uso general, entre otros. Se debe vincular al modelo tridimensional desarrollado en la 3D mediante variables que permitan la construcción del presupuesto para que pueda ser considerado en esta quinta dimensión BIM.
Sexta dimensión o 6D	Sostenibilidad energética o Green BIM; acá se incluyen simulaciones que permitan realizar análisis energéticos de sostenibilidad con el fin de visualizar el comportamiento energético del proyecto antes que se tomen decisiones importantes y se inicie la construcción del proyecto para optimizar procesos en tiempo real tal como futuras inspecciones, remodelados, entre otros. En esta dimensión se trata el diseño sostenible del proyecto y el concepto de ingeniería de valor o Value Engineering, lo cual consiste en optimización de los sistemas constructivos e instalaciones, de tal manera que al realizar modificaciones estratégicas se reduzca significativamente los costos en la fase de construcción y futuras explotaciones sin que el proyecto pierda su esencia.
Séptima dimensión o 7D	Seguimiento y mantenimiento o gestión del ciclo de vida del proyecto; En esta dimensión o fase implica el uso de modelos con el fin de prever o realizar actividades de mantenimiento y operación del ciclo de vida del proyecto a través de su gestión, así como de los servicios asociados, adicionando el control logístico y operacional del proyecto durante el uso y mantenimiento de la vida útil, logrando optimizar los procesos tales como inspección, reparación, mantenimiento, entre otros. Aplicando correctamente esta dimensión es posible aplicar el Asset Management o gerencia de activos que corresponde a la gestión del patrimonio o activos basada en principios tales como conocimiento, planificación, organización y gestión integrada contenida en la ISO 55000, e ISO 55000-1, optimizando el rendimiento de los mencionados activos, minimizando costos y mejorando el servicio ofrecido, referenciando el análisis de estrategias durante el ciclo de vida de la edificación, así como las futuras reformas de la construcción a partir del modelo 3D realizado, dicho modelo es útil para la visualización y simulación de la operación y el mantenimiento del activo, con esto es posible establecer el objetivo de saber qué, cuándo y cuánto.

Octava dimensión u 8D	Seguridad en la Construcción; se añade información relacionada con la seguridad al modelo geométrico, al añadir esta información al modelo se puede predecir los riesgos en el proceso de construcción identificando las actividades que al aplicarse mejoren la seguridad en el trabajo y prevenir accidentes.
-----------------------	---

Novena dimensión o 9D	Construcción sin pérdidas; en esta dimensión está orientada a optimizar y agilizar todos los pasos de la fase de construcción de un proyecto, mediante la digitalización de los procesos
-----------------------	--

Decima dimensión o 10D	Industrialización de la construcción, tiene como objetivo industrializar y hacer más productivo el sector de la construcción implementando tecnología e integrando datos físicos, comerciales y medioambientales entre otros.
------------------------	---

En este sentido, las instalaciones diseñadas construidas, basándose en las Dimensiones BIM se generan en un modelo tridimensional en el cual se le han realizado una serie de pruebas y soluciones entre especialidades de arquitectura e ingenierías concurrentes (tercera dimensión BIM), realizar análisis de sostenibilidad energética a la construcción (sexta dimensión BIM) y pudiendo incluso continuar el trabajo de BIM en la infraestructura a través del mantenimiento de la misma (séptima dimensión BIM), mientras tanto, afirma OMS/OPS (2018 p. 113):

La Iniciativa de Establecimientos de Salud... basada en el ISH... une la brecha entre el desempeño ambiental, la resistencia al clima, la resiliencia ante el peligro y la reducción del riesgo de desastres en los establecimientos de salud. (Se establecerá un nivel más alto en el diseño y construcción, así como en el uso de la energía y agua y la prestación de servicios para ayudar a resistir la variabilidad y el cambio climático esperados). El impacto esperado de la Iniciativa de Establecimientos de Salud Inteligentes es construir o remodelar los establecimientos para que se adapten al clima y sean resilientes a los desastres que afectan al Caribe.

Llama la atención lo indicado por OMS/OPS sobre la construcción de establecimientos de salud que tengan la capacidad de adaptarse al clima y posean resiliencia ante los desastres naturales con la flexibilidad en cuanto a pruebas de funcionamiento de infraestructura

Vinculado al concepto, otra herramienta importante es el "Nivel de Desarrollo" del inglés Level Of Development LOD que define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento, sistema constructivo o montaje de la infraestructura dentro de la metodología BIM y de acuerdo a lo indicado por Equipo BIMnD (2013), Imasgal (2022) y Sánchez (2016) se realizó la siguiente recopilación:

Tabla 2*Nivel de Desarrollo LOD utilizado para la elaboración de modelos según la metodología BIM*

LOD	DESCRIPCION
LOD 100 Representación simbólica	Es el modelo elemental del proyecto, se representa de forma gráfica con un símbolo u otra representación genérica y esquemática.
LOD 200 Sistema Genérico	El elemento es representado de forma gráfica dentro del modelo como un objeto genérico con una cantidad, tamaño, forma, posición y orientación aún aproximados.
LOD 300 Sistema Específico	El elemento se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema específico, en el cual el objeto tiene cantidad, dimensión, forma, posición y orientación específica. Los elementos geométricos también están vinculados a la información no gráfica, que es más detallada que la que posee el nivel anterior.
LOD 350 Detección de interferencias	El LOD 350 equivale al LOD 300 pero incluye la detección y solución de interferencias entre distintos elementos, referido a proyectos donde intervienen varias disciplinas o desagregación de proyecto específica. Afecta el análisis, programación y coordinación del proyecto. Algunas veces el coste por elemento y en conjunto,
LOD 400 Fabricación	El elemento es representado gráficamente dentro del modelo como un sistema específico, en el que el objeto presenta dimensiones, posición, forma y orientación espacial específica con detalles para su fabricación e instalación. Los elementos geométricos están vinculados a la información no gráfica que es más detallada que la presentada en el nivel anterior.
LOD 500 Representación verificada en obra	El elemento del modelo es una representación verificada en obra, en cuanto a tamaño, forma, cantidad, posición y orientación se refiere, la información gráfica definitiva se encuentra vinculada a los elementos geométricos del sistema.
LOD 600	El documento G202 del American Institute Of Architects AIA indica la posibilidad de crear nuevos niveles LOD, entre ellos el LOD 600 el objeto no tiene definición geométrica en detalle, pero si posee condiciones de reciclado, de propiedades materiales, toxicidad, vida útil, propiedades básicas de fabricación, distancia al punto de fabricación/reciclado, peso, volumen, formas de traslado y desmontaje, entre otros. Posee información no gráfica vinculada al elemento.

En consecuencia, es importante el uso de LOD 350 en desarrollos de infraestructura, pues posibilita la detección y solución de interferencias entre especialidades concurrentes, sobre todo y según indican los expertos, en instalaciones hospitalarias además de arquitectura están involucradas la ingeniería estructural, sanitaria, mecánica, eléctrica, electrónica, informática, entre otras. Respecto a Hospitales y su contribución al medio ambiente al diseñar infraestructura de centros de salud, se debe tener en cuenta lo indicado en el LOD 600 sobre reciclado de materiales una vez haya concluido el ciclo de vida del proyecto. Según lo investigado, es posible desarrollar proyectos de diseño para la construcción de hospitales utilizando la metodología BIM y sus herramientas como una alternativa de mitigación ante los desastres naturales que afectan Guatemala.

Resultados

Resultado de las entrevistas del primer grupo de participantes

Se realizaron entrevistas a un primer grupo de ocho expertos diseñadores de infraestructura hospitalaria, siendo estos 3 arquitectos, 2 ingenieros civiles, 1 ingeniero eléctrico, 1 ingeniero mecánico y 1 ingeniero electromecánico. Estas fueron de carácter individual, personales, vía telefónica o bien por medio de aplicaciones tales como WhatsApp, se realizaron apuntes y a solicitud de los entrevistados no se realizó grabación de las entrevistas, mismas que se realizaron para extraer información sobre el uso BIM en diseño y construcción de infraestructura de la salud como una alternativa de mitigación ante los desastres naturales que afectan la zona y recomendaciones en general que los expertos pudieran aportar.

En ese sentido los entrevistados indican tener conocimientos sobre BIM, pero solamente 2 arquitectos, 1 ingeniero civil y el ingeniero eléctrico indican haber participado en al menos un proyecto de diseño y construcción de infraestructura hospitalaria desarrollado con dicha metodología, indican la dificultad del desarrollo del proyecto, tanto por el uso de software y hardware (que todos contarán con computadoras de modelo reciente con los software instalado y funcionando), el uso de los canales de comunicación entre todos los involucrados (definición del software a utilizar y acceso al mismo) y la definición de perfiles para desarrollar el proyecto, que los expertos involucrados tanto arquitectos como ingenieros tuvieran el conocimiento BIM en sus áreas.

Con referencia, mencionan los expertos entrevistados con conocimiento BIM que es posible dar continuidad a hospitales diseñados y construidos con la metodología a través de lo indicado en las Dimensiones BIM y dando continuidad al modelo BIM de la infraestructura referente a que los cambios realizados en la infraestructura sean trasladados al modelo BIM mencionado. En cuanto a hospitales ya construidos, indican algunos de los entrevistados que no se pueden trabajar con la metodología pues se desconoce las condiciones de construcción y cambios realizados a la infraestructura en mención. Es decir, no se puede diseñar un modelo BIM de una infraestructura, pues se desconocerían las colisiones de diseño y su resolución, por lo tanto, no sería un modelo diseñado con la metodología como tal y no se podrían aplicar pruebas BIM en su totalidad.

Dentro de ese marco, todos los entrevistados indican no tener conocimiento que en el país haya algún normativo público o privado, de uso obligatorio de la metodología BIM y que los esfuerzos por su implementación han sido individuales, en cuanto a la adquisición de conocimientos sobre BIM algunas instituciones lo han brindado a sus trabajadores, pero principalmente a nivel personal, ellos han acudido a instituciones educativas pagando por obtener práctica y teoría de la metodología.

Aunado a esta situación, mencionan que se debería de crear políticas y programas a nivel nacional para dar mayor difusión a los temas “metodología BIM”, “hospitales con resiliencia ante desastres naturales” e “implementación de BIM a nivel nacional” en Guatemala, sobre todo a instituciones dedicadas al desarrollo de proyectos de infraestructura hospitalaria.

Así mismo, es recomendable que las instituciones encargadas de desarrollar dichos proyectos en su etapa de diseño, construcción y mantenimiento, sean de carácter público o privado, deben velar por que sus equipos de trabajo posean capacitación en BIM, ya que para tal implementación se recomienda poseer entre su personal, los distintos perfiles que conforman los grupos de trabajo para desarrollo de construcciones a través de la metodología.

Resultado de las entrevistas del Segundo grupo de participantes

Se entrevistó en el segundo grupo a siete expertos en diseño de infraestructura en general (3 arquitectos, 2 ingenieros civiles, 1 ingeniero con especialidad hidrosanitaria y 1 ingeniero eléctrico) con el fin de determinar el desarrollo y uso de modelos BIM en Guatemala, el trabajo en equipo o colaborativo con dicha metodología y sus resultados, así como la implementación BIM en el país y el uso de programas de simulación por especialidad asociados a esta metodología, entre otros.

En ese sentido, todos los expertos indican tener conocimiento en la metodología BIM, indicando también haber participado en desarrollo de infraestructura en general con dicha metodología en el país y al igual que los entrevistados en el primer grupo, no tienen conocimiento de algún normativo o ley de carácter obligatorio en Guatemala sobre el uso de BIM. Sobre el desarrollo de proyectos con BIM, mencionan que se han desarrollado principalmente con trabajo colaborativo, las personas han demostrado conocimiento y práctica en BIM adquiridos individualmente. Los expertos mencionan que algunas empresas, sobre todo extranjeras solicitan sus diseños para la construcción con BIM.

Por otra parte, los expertos coinciden al indicar que los programas de simulación en su especialidad, ya incluyen vínculo a BIM, aunque su uso es por pago y no todos los expertos entrevistados los han utilizado. El experto Hidrosanitarista entrevistado indica que no ha utilizado programas de simulación vinculándolos con BIM, sino realiza su diseño con pruebas de simulación y lo exporta al modelo BIM.

De igual manera, mencionan los expertos entrevistados que es posible dar continuidad a hospitales diseñados y construidos con la metodología BIM a través de lo indicado en las Dimensiones BIM, así como, a los cambios realizados en la mencionada infraestructura media vez sean trasladados a su modelo BIM. En cuanto a infraestructura existente, indican los entrevistados que no se pueden trabajar con la metodología pues se desconoce las condiciones y cambios realizados a la infraestructura en mención. Es decir, no se puede diseñar un modelo BIM de una infraestructura existente, pues se desconocerían las colisiones de diseño y su resolución constructiva, por lo tanto, esto no es aconsejable.

Llama la atención que los entrevistados indican que en Guatemala hay instituciones educativas que imparten cursos y carreras técnicas y profesionales BIM, mencionando al INTECAP y KINAL, entre las universidades mencionadas están la UNIS y UVG.

Resultado de la encuesta

Como parte de esta investigación, también se realizó una encuesta dicotómica cerrada y dentro de una población de 50 modeladores, diseñadores y ejecutores de infraestructura de centros de salud se seleccionó una muestra al azar compuesta de 15 profesionales, siendo estos 4 modeladores de arquitectura hospitalaria, 4 directores/supervisores de proyectos de construcción de hospitales, 2 estudiantes de arquitectura que apoyan a modeladores de arquitectura hospitalaria, 2 diseñadores MEP para infraestructura de atención a la salud, y 3 expertos BIM orientados a diseños para infraestructura de hospitales para responder las interrogantes presentadas en la tabla 3.

Como seguimiento de esta actividad, la encuesta se realizó con un Formulario Google que fue validado en su contenido por un arquitecto, diseñador, asesor y supervisor relacionado con infraestructura hospitalaria y un arquitecto especialista en diseño hospitalario y experto en Hospitales Seguros según terminología de OMS/OPS, también se solicitó autorización de las empresas y autorización del comité de ética de dichas

empresas a las que pertenecen algunos de los participantes encuestados y se entregó a los participantes una carta de consentimiento informado antes de llenar la encuesta.

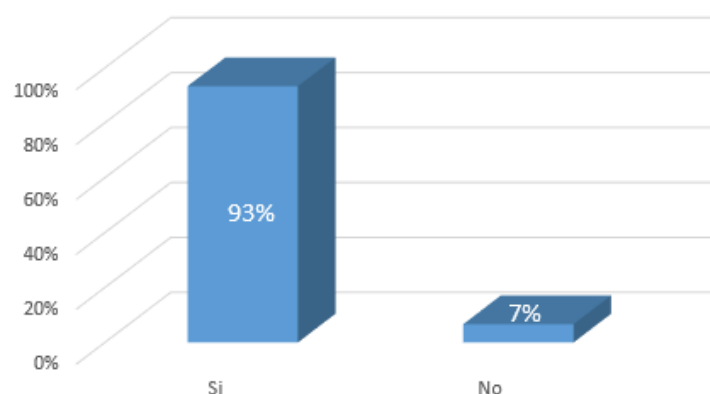
Asimismo, es importante mencionar que todos los entrevistados y encuestados fueron personas mayores de edad a quienes previamente se les informó y solicitó su apoyo para participar en tales eventos y sobre el Formulario Google, éste únicamente guardó las respuestas para privacidad de los participantes. Las entrevistas y encuesta del presente trabajo se realizaron entre mayo del 2023 y febrero del 2024 en Guatemala.

Tabla 3
Resultados del instrumento denominado la Encuesta

ITEM	SI	%	NO	%	DESCRIPCIÓN
1	14	93%	1	7%	¿Desarrolla proyectos de infraestructura de hospitales en Guatemala?
2	11	73%	4	27%	¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala?
3	6	40%	9	60%	¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país?
4	15	100%	0	0%	¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM?
5	11	73%	4	27%	¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala?

A continuación, se presentan las figuras representando las cantidades obtenidas con base en las respuestas dicotómicas cerradas de la encuesta y un análisis de resultados, comparando dichos resultados con lo indicado por expertos que participaron en las dos entrevistas realizadas, tanto en desarrollo de infraestructura en general como en infraestructura hospitalaria.

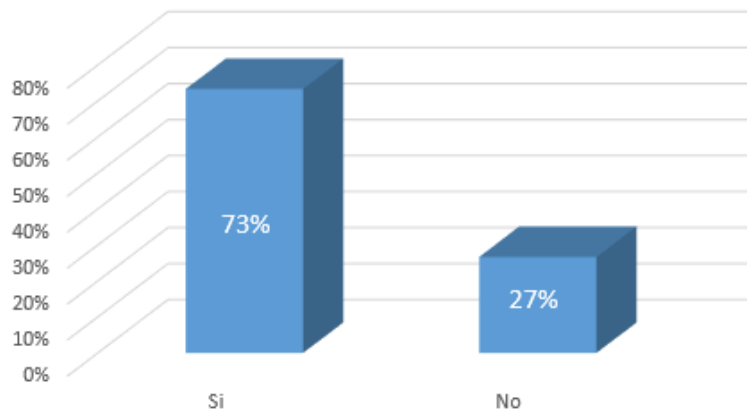
Figura 2
Pregunta 1. ¿Desarrolla proyectos de hospitales en Guatemala?



En ese sentido, en la figura No. 2 es interesante observar que el 93% de los entrevistados actualmente se encuentran involucrados en desarrollo de proyectos de infraestructura hospitalaria en Guatemala, el 7% que corresponde a los que no están desarrollando este tipo de proyectos. Esto proporciona una opinión válida y favorable respecto a proyectos de construcción de centros de salud, pues los encuestados en su mayoría participan en este tipo de proyectos.

Figura 3

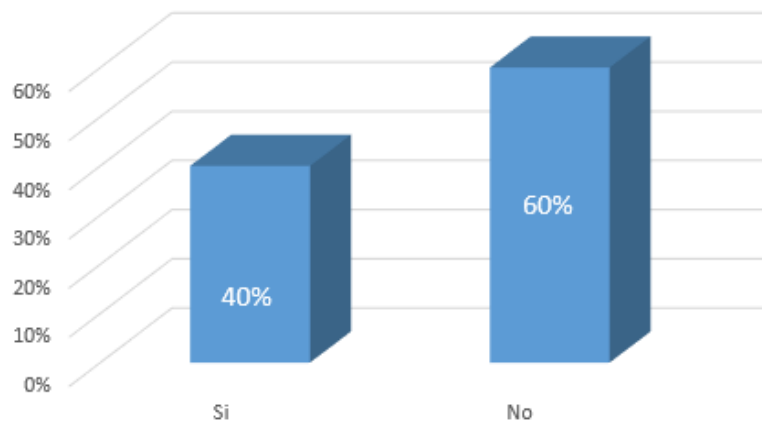
Pregunta 2. ¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala?



Por otra parte, es posible observar en la figura No. 3 que el 73% de los entrevistados indican tener conocimientos sobre algún proyecto de construcción de hospitales desarrollado con la metodología BIM en Guatemala y el 27% indican que no lo han utilizado o no tienen conocimiento alguno de este tipo de proyectos, es posible que ellos no se dediquen al desarrollo y diseño de infraestructura para hospitales y no tengan conocimiento BIM o no les interese.

Figura 4

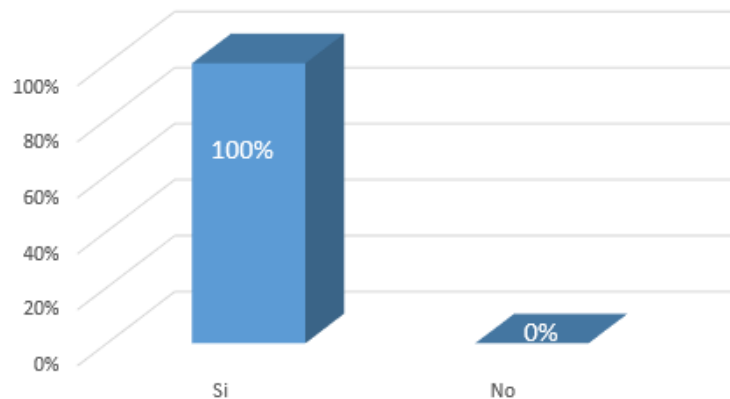
Pregunta 3. ¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país?



Dentro de los profesionales que contestaron la encuesta y de acuerdo a la figura No. 4. El 40% indica tener conocimiento de algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en Guatemala, mientras que el 60% opinan que no tiene conocimiento sobre lo indicado, mientras que los entrevistados indicaron desconocimiento en cuanto a algún plan o programa de implementación de BIM en Guatemala, esto puede deberse a que hay empresas dedicadas al desarrollo de la construcción de infraestructura que tienen normativos dentro de sus líneas de trabajo orientadas a la utilización de BIM para estos proyectos.

Figura 5

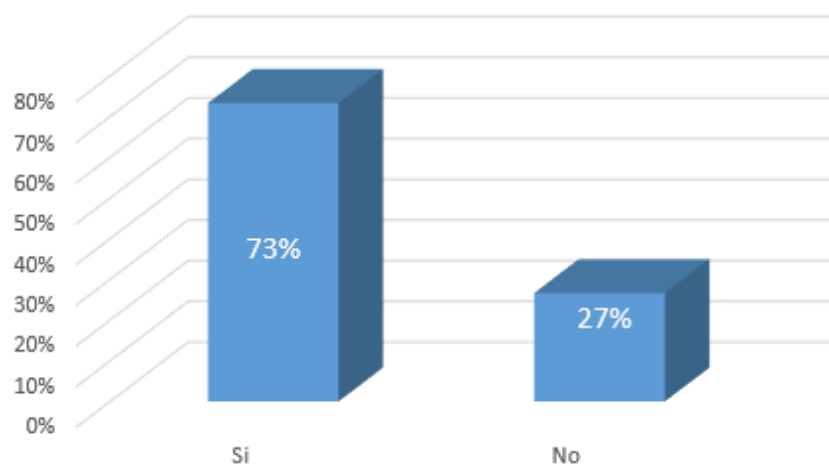
Pregunta 4. ¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM?



El 100 % de los encuestados, según la figura 5, indican que, si es posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM, esto concuerda con lo indicado por todos los profesionales entrevistados.

Figura 6

Pregunta 5. ¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala?



De acuerdo a la consulta a través de la encuesta, el 73% de los participantes indican que es importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala y el 27% indican que no es importante la mencionada implementación. Los resultados obtenidos se generaron a través de un contraste entre las entrevistas, la encuesta y la investigación documental.

Discusión y conclusiones

Con base en los resultados obtenidos (periodo mayo 2023-febrero 2024) es posible afirmar que es de suma importancia la implementación de la metodología BIM

como una medida de mitigación en el diseño y la construcción de infraestructura hospitalaria ante los fenómenos naturales que afectan a Guatemala y de acuerdo a la investigación documental, entrevistas y la encuesta realizada se puede concluir que:

1. ¿Desarrolla proyectos de infraestructura con metodología BIM en Guatemala?
El 93% de los profesionales encuestados menciona estar involucrado en el desarrollo de infraestructura hospitalaria, mientras que el 7% que corresponde a los que no desarrollan este tipo de proyectos. Por su parte, mencionaron los expertos entrevistados en los dos grupos que se encuentran trabajando en desarrollo de proyectos para la construcción de centros de atención a la salud en el país, a diferencia de antes de la pandemia, se tenían pocos proyectos de desarrollo de hospitales, de lo que se puede deducir y concluir que si hay un auge en procesos constructivos de hospitales en el país y que las respuestas plasmadas en la encuesta indican que en su mayoría corresponden a personas desarrolladoras de infraestructura de hospitales.
2. ¿Tiene conocimiento de algún proyecto de construcción de hospitales con metodología BIM en Guatemala?

Los resultados de la encuesta indican que el 73% de las personas encuestadas indican tener conocimiento sobre construcción de hospitales con metodología BIM, consultando con los profesionales entrevistados, ellos indican que también han desarrollado proyectos de este tipo de infraestructura con BIM. No obstante, los expertos en metodología BIM entrevistados en el primer grupo indican que en Guatemala han trabajado en desarrollo de proyectos hospitalarios principalmente en remodelaciones o ampliaciones, mencionan cuatro profesionales que están trabajando en dar acompañamiento a un diseño de hospitales con la metodología, pero lo realiza una firma internacional.

Como complemento, lo indicado concuerda con las respuestas de la pregunta anterior, que, la mayoría de encuestados han desarrollado proyectos de infraestructura con BIM incluyendo hospitales. Respecto al porcentaje, tanto en la encuesta, como los profesionales entrevistados que indican que no lo han utilizado o no tienen conocimiento alguno de este tipo de proyectos con BIM, es posible que ellos no se dediquen al desarrollo y diseño de infraestructura para hospitales y que sus proyectos los desarrollen de manera tradicional, sin uso de la metodología.

3. ¿Conoce algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en el país?

El 40% de los encuestados indica tener conocimiento de algún plan o programa de implementación de BIM en el desarrollo de infraestructura en Guatemala, el 60% opinan que no tiene conocimiento sobre lo indicado y los entrevistados indicaron desconocimiento en cuanto a algún plan o programa de implementación de BIM en Guatemala, lo cual pueda deberse a normativos internos o propios de determinadas empresas. A diferencia de los expertos entrevistados en el primer y segundo grupo, quienes indican no tener conocimiento que en el país haya algún plan, programa o normativo público o privado, de uso obligatorio de la metodología BIM y que los esfuerzos por su implementación han sido individuales, indican también que algunas empresas, sobre todo extranjeras solicitan sus diseños para la construcción con BIM. En ese sentido, la investigación documental indica que no existen políticas ni programas de difusión e implementación obligatoria para diseño y construcción de hospitales utilizando BIM en Guatemala, pero algunas

empresas por iniciativa propia están en proceso de transición al uso de dicha metodología, dentro de los grupos de trabajo de las distintas instituciones hay personal que se ha capacitado por sus propios medios.

4. ¿Considera posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM? ¿Cómo va a disminuir el Impacto de los desastres naturales en la infraestructura hospitalaria en Guatemala?

Para tal efecto, el 100 % de los encuestados y entrevistados, indican que, si es posible mitigar el impacto de los desastres naturales en infraestructura de hospitales mediante su diseño y construcción con metodología BIM, esto concuerda con la investigación secundaria realizada, ya que debido a que se pueden realizar pruebas al modelo 3D analizar el comportamiento y solucionar antes de construir, existen programas o software para realizar pruebas de funcionamiento en las diversas especialidades sea de arquitectura o ingeniería con vinculo a la metodología BIM con lo que es posible disminuir el impacto de los desastres naturales en la infraestructura hospitalaria en Guatemala. Los expertos entrevistados en el primer y segundo grupo de participantes indican que es importante contar con los estudios previos al terreno y con base en esto realizar un modelo final al cual se le hacen pruebas de funcionamiento ante diversos fenómenos, se analiza el comportamiento y se soluciona en el modelo generado previo al proceso constructivo, siendo más certero el análisis a través de un modelo 3D que solamente planos en 2D, afirmando también que es posible dar continuidad a toda construcción diseñada y construida con BIM a través de lo indicado en las Dimensiones BIM y dando continuidad al modelo BIM de la infraestructura referente a que los cambios realizados en la infraestructura sean trasladados al modelo mencionado. En cuanto a infraestructura ya construida, indican los entrevistados que no se pueden trabajar con la metodología pues se desconoce las condiciones y cambios realizados a la infraestructura en mención. Es importante mencionar que uno de los entrevistados indicó que, si era posible dar continuidad con BIM a proyectos de remodelación, pero concluye que solo aplica a los ambientes construidos con la metodología.

5. ¿Considera importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala?

Llama la atención que el 73% de los participantes de la encuesta indican que es importante implementar la metodología BIM de manera obligatoria en la construcción de hospitales en Guatemala y el 27% indican que no es importante la mencionada implementación. En ese sentido, mencionan los expertos entrevistados en ambos grupos que se debe crear políticas y programas a nivel nacional para dar mayor difusión a los temas tanto de BIM como de hospitales resilientes ante fenómenos naturales, así mismo, las instituciones públicas o privadas encargadas de desarrollar dichos proyectos, deben velar por que sus equipos de trabajo posean capacitación en la metodología BIM, orientados a conformar los distintos perfiles para desarrollo de construcciones a través de la metodología.

Recomendaciones y propuesta de continuidad

1. Se comprobó documentalmente que debido a los desastres producidos por fenómenos naturales que han sucedido y siguen sucediendo en Guatemala y

han dejado cuantiosas pérdidas tanto humanas como materiales y debido a la necesidad de construir infraestructura de centros de atención a la salud resiliente, así como la reducción de costos de servicios tales como la energía eléctrica, reducción de emisión de gases de efecto invernadero, mejor acceso al agua potable, entre otros, es recomendable la implementación de BIM en el diseño y construcción de hospitales en el país, pues a los modelos 3D generados es posible realizar simulación del comportamiento de la infraestructura ante los mencionados fenómenos naturales y solucionar antes de construir con mucho más detalle que solamente con planos en 2D, siendo posible construir hospitales resilientes ante los desastres causados por los fenómenos descritos.

2. La evidencia basada en la investigación documental, entrevistas y encuestas indica que para implementar proyectos de construcción de hospitales utilizando la metodología BIM en Guatemala se necesita de programas y políticas de difusión, siendo importante dar a conocer las metas a corto, mediano y largo plazo, así como los compromisos sociales e institucionales generados a nivel nacional a través de la implementación de BIM en el diseño y la construcción de hospitales en Guatemala.
3. Con basamento en las entrevistas realizadas a expertos en BIM se afirma que no es posible dar continuidad a través de BIM a toda infraestructura que no se construyó con la metodología. Mientras que, si el diseño y desarrollo constructivo se lleva a cabo con BIM, es posible darle continuidad, inclusive, hasta su demolición y reciclado de materiales, a través de herramientas de la metodología, así como dar continuidad a ampliaciones o remodelaciones diseñadas y construidas con la metodología.
4. Con sustento en la investigación primaria y la investigación secundaria presentada es posible indicar que para llevar a cabo el desarrollo de infraestructura de hospitales utilizando BIM, se debe desarrollar normativos y reglamentos obligatorios para su uso en la construcción de centros dedicados a la salud de la población, así mismo, las instituciones encargadas de desarrollar dichos proyectos en su etapa de diseño, construcción y mantenimiento, sean de carácter público o privado, deben velar por que sus equipos de trabajo posean capacitación en la terminología y la aplicación de la metodología, asimismo. desarrollar y capacitar al personal para conformar equipos de trabajo con los perfiles exigidos por dicha metodología.
5. Para futuras investigaciones a partir del presente trabajo, se puede mencionar la selección de software de pago por uso o de uso gratuito para desarrollo BIM en el país para desarrollo de proyectos de centros de salud, software de uso BIM recomendado para cada especialidad concurrente involucrada, software BIM para desarrollo de infraestructura hospitalaria verde, desarrollo de infraestructura hospitalaria BIM mediante uso de materiales de construcción que puedan ser reciclados, hospitales BIM y el medio ambiente durante su ciclo de vida, dimensiones BIM e infraestructura hospitalaria auto sostenible, perfiles técnicos y profesionales BIM para el desarrollo de infraestructura y mantenimiento de hospitales en Guatemala, actualización del modelo BIM mas allá de la construcción de la infraestructura, entre otros.

Agradecimientos

Agradezco a: Dios por ser mi guía y fortaleza durante este trabajo de investigación, a mi tutora la Doctora Ramírez Vargas por sus amables instrucciones durante el desarrollo y presentación del trabajo investigativo, a los profesionales que amablemente atendieron para que fuera posible llevar a buen fin este trabajo, a mi familia por brindarme siempre su apoyo y a la revista *MLS Project, Design and Management (PDM)* por permitirme aportar a la comunidad presentando mi artículo.

Referencias

- Arevalo Pizarro, A. S. & Soto Arrieta, J. R. (2022). Building Information Modeling (BIM) y su Desarrollo en la Industria de la Construcción. <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/2ef13495-b055-4d17-8f4f-d1eabed46664/content>
- Barillas, M. (2022). *El antes, durante y después de la gestión de desastres en Guatemala*. Colorado School of Mines. <https://reliefweb.int/report/guatemala/el-antes-durante-y-despues-de-la-gestion-de-desastres-en-guatemala>
- Bohorquez Lozano, C. L., & Osorio Cubas, V. E. (2024). Simulación BIM 4D para la predicción de riesgos en la fase de planificación en la construcción de la Infraestructura de la Universidad Faustino Sánchez Carrión en Oyón, 2023. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8874>
- Bolaños, R. M. (2020). 15 Desastres naturales que han impactado Guatemala durante los últimos 22 años. *Prensa Libre*. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/15-desastres-naturales-que-han-impactado-guatemala-en-los-ultimos-22-anos/>
- Bustos Álvarez, M., & Sosa Pedroza, T. E. (2021). *Edificaciones resilientes para las urbes latinoamericanas. MIC (BIM) como metodología integradora*. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/8813>
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED. (2021). *Actualización 2021 países con mayor riesgo de desastres*. [Comunicado de prensa]. <https://conred.gob.gt/actualizacion-2021-de-paises-con-mayor-riesgo-a-desastres/>
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED (2013). *OPS/OMS Continúan proceso de fortalecimiento de Hospitales Seguros*. <https://conred.gob.gt/ops-oms-continuan-proceso-de-fortalecimiento-de-hospitales-seguros/>
- Dávila Pincay, J. F., & Baltán Larrosa, S. L. (2024). Control de inundaciones en propuesta de diseño de muro de gaviones aplicando metodología BIM. Estudio de caso. [Bachelor's Thesis, ULVR]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7248>
- Estruga, N. (2021). *Qué son y cómo funcionan las dimensiones de BIM*. <https://www.ealde.es/dimensiones-bim/>
- Equipo BIMnD (2013). *Una breve historia del LOD (Nivel de desarrollo) en BIM*. <https://www.bimnd.es/una-breve-historia-del-lod-nivel-de-desarrollo-en-bim/>
- García Sanjuan, C. C., & Torres Menco, É. A. (2021). *Implementación de las metodologías Bim 5D y líneas de balance en la optimización de la planeación de proyectos de viviendas de interés social, caso de estudio: mz. 72 barrio Bicentenario*. [Trabajo de

- Grado, Universidad de Cartagena].
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/13530>
- Imasgal (2022). *Nivel de desarrollo (LOD) en BIM*. <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>
- Meléndez, I. M. S., Gutiérrez, L. V., & Fontes, C. J. L. (2019). Ventajas de la implementación de la metodología BIM utilizando Revit en el desarrollo de proyectos de edificaciones. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 12(10), 151-163. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590213>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MSPAS (2022). *Índice de Seguridad Hospitalaria ISH 2015-2022*.
- Morales, V. B., & Galindo, S. O. (2022). Caracterización de los beneficios de la metodología BIM identificando las principales causas que ocasionan falencias dentro de la construcción generando una consulta a profesionales del sector. *Ingeniería civil*, 600. [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4ebd5334-394c-44c3-a8c9-3d0bccef202e/content>
- Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud (2023). *La OPS avanza en 13 países de las Américas con su iniciativa "Hospitales Resilientes frente a Emergencias de Salud y Desastres"*. <https://www.paho.org/es/noticias/14-4-2023-ops-avanza-13-paises-americas-con-su-iniciativa-hospitales-resilientes-frente>
- Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud OMS/OPS (2010). *Índice de Seguridad Hospitalaria*.
- Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud (2018). *Herramienta de hospitales inteligentes*. PAHO HQ Library Cataloguing in Publication Data. <https://www.paho.org/es/documentos/herramienta-para-hospitales-inteligentes>
- Sánchez Ortega, A. (2016). *LOD o Nivel de Desarrollo BIM ¿Qué significa?* <https://www.espaciobim.com/lod>
- Vitorino Bravo, P. A. (2021). *Las 7 dimensiones BIM*. <https://konstruedu.com/es/blog/las-7-dimensiones-de-bim>