

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



TESIS:

**Restauración Arquitectónica del Arco del Triunfo a través de
Fotogrametría y Modelo HBIM en el Centro Histórico de la Ciudad de
Ayacucho 2023**

Para optar el grado académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN
GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**

PRESENTADO POR:

Bach. Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA

ASESOR:

Dr. Jaime Alberto HUAMAN MONTES

AYACUCHO - PERÚ

2024

Resumen

La tesis elaborada trata sobre la utilización de tecnologías y herramientas surgidas en relación al tiempo, generando las bases de los procedimientos de levantamiento de detalles arquitectónicos, mediante los modelos fotogramétrico capaz de sustentar el desarrollo activo de conocimiento del patrimonio histórico.

En la actualidad ya existen nuevos conocimientos de la tecnología 3D y nuevas metodologías de restauración, es así que el ámbito patrimonial e histórico repercuten en los avances de la actualidad. La aparición del procedimiento de la fotogrametría, capaces de capturar fotos y generar datos a medida que han revolucionado la generación de toma de datos por parte de profesionales relacionados con el tema estudiado.

Inicialmente, los sistemas de fotogrametría comenzaron en la digitalización de fotografías mediante los equipos que son aplicados como los vehículos aéreos que realizan la captación de fotografías a medida que se recorre la zona evaluada. Este procedimiento es eficiente y económico que sirve para la conservación del patrimonio histórico, mediante la reconstrucción virtual 3D para el gerenciar los proyectos históricos.

Además, esta investigación desarrolla una metodología HBIM y la fotogrametría que abordan los procedimientos de gestión patrimonial, entonces la combinación del uso de estos, ha incrementado progresivamente la mejora en la captación de datos digitales.

La combinación de estos entornos ha dado como resultado la creación de un modelo 3D que representa el patrimonio histórico. Este modelo sirve como depósito de datos y permite la visualización de trabajos de restauración arquitectónica digital de los monumentos históricos. En consecuencia, facilita el análisis y la implementación en diversos campos como la investigación, la conservación y la administración de la restauración arquitectónica digital del bien patrimonial, como es el Arco de Triunfo o el Arco de San Francisco. .

Palabras clave : Centro Histórico, Fotogrametría, Patrimonio Arquitectónico, Restauración Arquitectónica, modelo BIM, modelo HBIM.

Abstract

The thesis developed deals with the use of technologies and tools that have emerged in relation to time, generating the bases for the procedures for surveying architectural details, through photogrammetric models capable of supporting the active development of knowledge of historical heritage.

Nowadays, there is already new knowledge of 3D technology and new restoration methodologies, so that the heritage and historical field have an impact on current advances. The appearance of the photogrammetry procedure, capable of capturing photos and generating data as they have revolutionized the generation of data collection by professionals related to the subject studied.

Initially, photogrammetry systems began with digitalization using photogrammetry equipment that is applied by aerial vehicles that capture photographs as the evaluated area is traveled. This procedure is efficient and economical and serves for the conservation of historical heritage, through virtual 3D reconstruction to manage historical projects.

Furthermore, this research develops an HBIM methodology and photogrammetry to address heritage management procedures, so the combination of the use of these has progressively increased the improvement in the capture of digital data.

The combination of these environments has resulted in the creation of a 3D model that represents the historical heritage. This model serves as a data repository and allows the visualization of digital architectural restoration work on historical monuments. Consequently, it facilitates the analysis and implementation in various fields such as research, conservation and administration of the digital architectural restoration of heritage assets such as the Arc de Triomphe or the Arch of Saint Francis.

Introducción

La importancia de la digitalización 3D y la documentación de las edificaciones del centro histórico del patrimonio cultural de la región de Ayacucho es una labor crucial de las herencia históricas, la cual se realiza mediante la restauración, mantenimiento y conservación de una manera efectiva. Esta investigación trata sobre la transformación de modelos digitales 3D de naturaleza patrimonial para ser visualizados tridimensionalmente en su existencia tangible de la información primordial para gerenciar los proyectos históricos.

Como sostiene José López (2021), los componentes paramétricos se almacenan en una base de datos conocida como biblioteca de objetos virtuales, que es la base de la forma específica de las plataformas HBIM. Estos elementos paramétricos son objetos reutilizables que tienen la capacidad de retener y plasmar las cualidades geométricos, semánticos o topológicos que caracterizan cada componente arquitectónica que ha sido modelado.

Se ha visto que una buena parte del marco teórico que estudia el cuidado y mantenimiento del patrimonio históricos, que evidencia la importancia de un patrimonio por lo cual se debe generar modelos geométricos tridimensionales de procesos de evaluación. En el desarrollo del mantenimiento y restauración arquitectónica digital es elemental para tener un modelo simétrico que sea utilizado como catálogo de gestión cultural, donde queden registrados la información digital asociados a los proyectos dentro del centro histórico de nuestra ciudad. El avance y aplicación en el uso de estas herramientas e instrumentos tecnológicos en el espacio adecuado del desarrollo de la conciencia de la arquitectura e ingeniería civil.

Como afirma Yero Paneque (2021), un método efectivo, capaz, apto para la conservación y restauración consiste en la reedificación digital 3D. Es por ello que esta metodología HBIM permite recobrar visualmente el aspecto original de un proyecto en el centro histórico, desde una metodología HBIM, que recopila información geométrica, material, característica arquitectónica y entre otras. El uso del dron es muy fundamental para esta investigación puesto que la recopilación de captura de fotografías es realizada a través de las tomas aéreas, es por esa razón que las nubes de puntos obtenidos de la fotogrametría están compuestos por datos. La incorporación y manipulación de la nube de puntos de los entornos de trabajo BIM y HBIM originan un modelo digital 3D sumamente precisos, con información gráfica, es por esa razón

que el término HBIM se ha vuelto cada vez más frecuente en estos procesos metodológicos de las edificaciones históricas. Esta metodología implica el desarrollo de herramientas diseñadas para generar un sistema de información digital para un edificio existente, que generalmente se representa como un modelo tridimensional para gestionar los proyectos históricos para su conservación.

Por lo tanto, se tiene como resultado una restauración arquitectónica digital de una edificación histórica mediante el uso de fotogrametría y el HBIM, que se tiene la consideración de haber obtenido la digitalización de una edificación como una librería de modelos HBIM que ha sido proyectado como un procedimiento en constante evolución, que se emplea para administrarlo, gestionarlo y restaurarlo mediante modelos 3D.

Dedico a mis padres Jacinto y Marina, quienes siempre me han proporcionado su apoyo inquebrantable en todo momento de mi vida, por infundirme, valores, principios y su inmensa tolerancia. A mis hermanos Sonia, Marleny, Crosbi, Rey David, Oscar, Guissela y Cristian Yeferson por sus sugerencias y proposiciones para seguir adelante en mi proyecto de vida trazado

Agradecimientos

A Dios por haberme otorgado salud, estabilidad y bienestar, asimismo ser motivo para seguir adelante en el día a día de mi vida y a través de el lograr nuestros objetivos trazados en la vida.

Al por su asesoría y apoyo durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para la culminación de este proyecto.

A mis jurados el Msc. Ing. Hugo Vilchez Perez y Msc. Ing. Javier Francisco Taipe Carbajal, por todo el apoyo, consejos y recomendaciones brindados durante la revisión de este proyecto.

A los docentes de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Mención en Gerencia de Proyectos y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por su colaboración en la etapa de mi desarrollo académico y profesional.

A mis amigos, colegas y compañeros de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por su amistad, apoyo mutuo y los momentos compartidos a lo largo de nuestra formación académica de la maestría.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

AYACUCHO, DICIEMBRE DE 2024

Índice General

Resumen.....	ii
Introducción	iv
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos	vii
Índice General.....	viii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas	xvii
Glosarios	xviii
Lista de Acrónimos	xix

Capítulo I

Planteamiento del Problema.	1
1.1. Descripción del problema.	1
1.1.1. Descripción del problema internacional	1
1.1.2. Descripción del problema nacional	2
1.1.3. Descripción del problema regional.....	3
1.2. Delimitación del problema.	4
1.2.1. Espacial	4
1.2.2. Temporal.	5
1.2.3. Temáticas y unidades de análisis.....	5
1.3. Formulación del problema.....	6
1.3.1. Problema general.....	6
1.3.2. Problemas específicos.	6
1.4. Justificación e importancia.	6
1.5. Limitaciones de la investigación.....	7
1.6. Objetivo.	8
1.6.1. Objetivo general.	8
1.6.2. Objetivos específicos.....	8

Capítulo II

Marco Teórico.	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.1.1. Investigaciones internacionales	9
2.1.2. Investigaciones nacionales	12
2.1.3. Investigaciones regionales	16

2.2. Bases teóricas	18
2.2.1. Patrimonio histórico	18
2.2.1.1. Recopilación de Información Histórica	19
2.2.1.2. Difusión del Bien Cultural	20
2.2.1.3. Conservación del Patrimonio	20
2.2.1.4. Aspecto General de la Ciudad de Huamanga	21
2.2.2. Patrimonio Arquitectónico e Innovación Tecnológica.	25
2.2.2.1. Patrimonio cultural	26
2.2.2.2. Patrimonio Arquitectónico	27
2.2.2.3. Conservación.....	27
2.2.3. Fotogrametría	27
2.2.3.1. Utilización de la Fotogrametría	28
2.2.3.2. Tipos de fotogrametría	29
2.2.3.3. Levantamiento fotogramétrico UAS.....	30
2.2.3.4. Nube de puntos.....	30
2.2.3.5. Drones o Rpas	33
2.2.3.6. Aplicaciones en la Ingeniería con Drones.	37
2.2.4. Modelo de Información en las Construcciones.....	41
2.2.4.1. ¿Qué es el escaneo a BIM?.	41
2.2.4.2. Evolución de BIM.	41
2.2.4.3. Clasificación de los niveles LOD.	42
2.2.4.4. Características de BIM.	45
2.2.4.5. Dimensiones de BIM.....	45
2.2.4.6. Softwares de Ingeniería BIM.....	47
2.2.5. Definición del HBIM.....	48
2.2.5.1. ¿Qué es un HBIM?.....	52
2.2.5.2. Importancia del HBIM	52
2.2.5.3. La implementación de HBIM.....	54
2.2.5.4. Aplicaciones del HBIM.....	56
2.2.5.5. Metodología HBIM.	58
2.2.5.6. Modelado HBIM.	59
2.2.6. Patología y Daños en Edificaciones.	61
2.2.6.1. Patología de la construcción.....	62
2.2.6.2. Etapas de un estudio de patología.	63
2.2.6.3. Proceso Patológico.	63
2.2.6.4. Detección de daños.....	70
2.2.7. Gestión y Gerencia de Proyectos Históricos.....	73
2.2.7.1. HBIM para la Gestión de Edificios Patrimoniales.....	73

2.2.7.2.	Gestión de instalaciones (FM).....	74
2.2.7.3.	Diseño Colaborativo.....	75
2.2.7.4.	Elaboración del Proyecto de Restauración.	76
2.2.7.5.	Seguimiento de las Obras.....	76
2.2.7.6.	Mantenimiento del Edificio.....	77
2.2.7.7.	Metodología BIM.....	77
2.2.7.8.	Desarrollo del Modelo.....	78
2.3.	Marco conceptual.	82
2.3.1.	Fotogrametría.	82
2.3.2.	Dron o RPA.....	82
2.3.3.	Restauración virtual.....	82
2.3.4.	Patrimonio histórico.	82
2.3.5.	Nube de puntos.....	83
2.3.6.	Restauración.....	83
2.3.7.	HBIM.	83
2.3.8.	Centro histórico.	83
2.3.9.	Patrimonio Cultural.....	83
2.3.10.	Conservación.....	84
2.3.11.	Restitución.	84
2.3.12.	Rehabilitación.	84
2.3.13.	Reconstrucción.....	84
2.3.14.	Monumentos.....	84
2.3.15.	Refacción.	84
2.3.16.	Reparación.	85
2.3.17.	Conservación de Centros Históricos.....	85
2.3.18.	Software.	85
2.3.19.	Modelado 3D.....	85
2.3.20.	Precisión.....	85
2.3.21.	Modelo BIM.....	86
2.4.	Marco Legal.	86
2.4.1.	Conservación del patrimonio.....	86
2.4.2.	Normativa del Patrimonio Cultural.	86
2.4.3.	Documentaciones Patrimoniales.	87
2.4.3.1.	Carta de Atenas.	88
2.4.3.2.	Carta de Venecia 1964.	88
2.4.3.3.	Convención de San Salvador.....	88
2.4.3.4.	Constitución Política del Perú de 1993.....	89
2.4.3.5.	Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación.....	89

2.4.3.6. Decreto Supremo N° 289-2019-EF.....	89
2.4.3.7. Resolución Ministerial N° 287-2019-MC.	90
2.4.3.8. Instituto nacional de cultura.	90
2.4.3.9. Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú.....	90
2.4.3.10. Guías Nacionales BIM 2023 para la Gestión de la Información de Inversiones.....	91
2.4.3.11. Guía técnica BIM para edificaciones e infraestructura 2023.....	91
2.4.3.12. Reglamento Nacional de edificaciones.	91
2.4.3.13. Norma Técnica Arquitectura A.140.	91
2.4.3.14. Reglamento para la gestión y administración del centro histórico....	92
2.4.3.15. Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Ayacucho.	92

Capítulo III

Método de la Investigación	93
3.1. Enfoque	93
3.2. Alcance.....	93
3.2.1. Tipo de investigación	93
3.2.2. Niveles de investigación.....	94
3.3. Diseño de investigación.....	94
3.4. Población y muestra.....	94
3.4.1. Población.....	94
3.4.2. Muestra del estudio	95
3.5. Hipótesis.....	95
3.5.1. Hipótesis general.....	95
3.5.2. Hipótesis específicas	95
3.6. Operacionalización de variables	96
3.6.1. Variables	96
3.6.2. Dimensiones.....	96
3.6.3. Indicadores	96
3.7. Técnicas e instrumentos.....	97
3.7.1. Técnicas	97
3.7.2. Instrumentos	97
3.8. Desarrollo del trabajo de tesis	98
3.8.1. Información del Monumento Histórico	98
3.8.2. Esquema del Proceso HBIM	99
3.8.3. Análisis preliminar de monumentos históricos.....	102
3.8.4. Identificar de patologías en edificaciones históricas.....	103
3.8.5. Uso de Equipos Mecánicos	108
3.8.6. Proceso de fotogrametría.....	111

3.8.6.1. Tomas fotográficas	111
3.8.6.2. Puntos de control del Dron	112
3.8.6.3. Plan de vuelo	112
3.8.7. Proceso de Nube de puntos	113
3.8.8. Uso de softwares HBIM	114
3.8.8.1. Software Agisoft Metashape	114
3.8.8.2. Software Autodesk Revit.....	117
Capítulo IV	
Resultados.....	118
4.1. Análisis de resultados	118
4.1.1. Identificación del patrimonio.....	118
4.1.2. Contratación de hipótesis	119
4.1.2.1. Contratación de hipótesis general.....	119
4.1.2.2. Contratación de hipótesis específico	122
4.1.3. Integración de los modelos.....	125
4.1.4. Detalle del arco el triunfo.....	127
4.1.5. Modelos 3D del arco el triunfo.....	128
4.1.6. Composición del arco el triunfo	132
Conclusiones y Recomendaciones	133
Conclusiones	133
Recomendaciones	135
Trabajos futuros.....	135
Referencias bibliográficas.....	136
Centro Historico	136
Fotogrametria	137
Metodologia BIM	138
Metodologia HBIM	138
Patologia.....	140
Marco Normativo	141
Metodologia de Investigación.....	142
Gestión de Proyectos	142
Anexo A	
Cuestionario realizado.....	143
Anexo B	
Validación de Instrumento.....	145
Anexo C	
Calibración de Equipos	156

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Ubicación geográfica del punto de análisis.</i>	4
Figura 2	<i>Ubicación geográfica del arco san francisco o arco del triunfo.</i>	5
Figura 3	<i>Proceso de conversión automatizada de la nube de puntos de los pináculos de la azotea de la Capilla de la Antigua de la Catedral de Sevilla.</i>	10
Figura 4	<i>Panorama seccionada de los elementos superiores del campanario de la Catedral de Sevilla.</i>	11
Figura 5	<i>Nube de puntos de Metafase (izquierda) y las de Meshroom (derecha).</i>	12
Figura 6	<i>Detalle del estado actual del inmueble El Buque 2020.</i>	13
Figura 7	<i>Diagrama de Pareto - Patologías.</i>	13
Figura 8	<i>Variedad de los patrimonios culturales en Perú.</i>	14
Figura 9	<i>Remate superior modelado como familia In-place a partir de la nube de puntos</i>	15
Figura 10	<i>Lesiones primarias según la categorización de lesiones.</i>	15
Figura 11	<i>Plaza de armas de la ciudad de Ayacucho.</i>	16
Figura 12	<i>Vista frontal de la Catedral de Ayacucho en la Plaza de armas.</i>	17
Figura 13	<i>Arco san francisco en la etapa colonial Ayacuchana.</i>	18
Figura 14	<i>Ubicación geográfica del punto de vista aéreo de años atrás.</i>	19
Figura 15	<i>Elevación frontal de la Municipalidad provincial de Huamanga en el Portal Independencia.</i>	21
Figura 16	<i>Línea de tiempo de la identidad cultural de Ayacucho.</i>	22
Figura 17	<i>Sectorización de la ciudad de Ayacucho.</i>	23
Figura 18	<i>Sectorización detallada de la ciudad de Ayacucho.</i>	24
Figura 19	<i>Sectorización y ubicación detallada de la ciudad de Ayacucho.</i>	24
Figura 20	<i>Líneas de trabajo que conforman un proyecto de intervención de conservación-restauración.</i>	26
Figura 21	<i>Captura fotogramétrica del exterior de una edificación histórica.</i>	28
Figura 22	<i>Nube de puntos georreferenciados en las coordenadas (X, Y, Z) de la edificación religiosa.</i>	31
Figura 23	<i>Escaneado Láser del monumento, Catedral de Notre Dame en París para su intervención.</i>	32
Figura 24	<i>Proceso de fotogramétrico: (a) Dron para las tomas fotográficas y (b) Desarrollo de la información obtenida de la fotogrametría según software utilizado.</i>	32
Figura 25	<i>Vista geométrica 3D de la iglesia de la Compañía de Jesús en Cusco, Perú.</i>	33
Figura 26	<i>Vista de Drone tipo avión.</i>	34
Figura 27	<i>Vista de Drone tipo helicóptero.</i>	35

Figura 28	<i>Vista de Drone tipo multirrotor</i>	35
Figura 29	<i>Movimiento de motores en un dron en un sistema coordinado.</i>	37
Figura 30	<i>Áreas de influencia de las operaciones zonales según su cartografía.</i>	38
Figura 31	<i>Nube de puntos captados por el proceso del sensor LIDAR.</i>	39
Figura 32	<i>Uso de drones plantación forestal.</i>	40
Figura 33	<i>Visualización 3D del Baluarte de Santa Teresa con la nube de puntos.</i>	40
Figura 34	<i>Clasificación de niveles LOD (nivel de desarrollo) en edificaciones.</i>	43
Figura 35	<i>Distribución de los niveles LOD (nivel de desarrollo) en edificaciones.</i>	43
Figura 36	<i>Vista de los niveles LOD 000 a 600.</i>	44
Figura 37	<i>Dimensiones de la tecnología BIM a nivel de consultoría.</i>	47
Figura 38	<i>Visualización de dimensiones de la tecnología BIM.</i>	48
Figura 39	<i>Correspondencia estratigráfica y clasificación de materiales en edificios.</i>	48
Figura 40	<i>Dimensiones de la tecnología BIM.</i>	49
Figura 41	<i>Proceso de edición en metodología CAD, el trazado de despiece se realiza en 2D y su aplicación al despiece final en entidades sólidas tridimensionales.</i>	50
Figura 42	<i>Vista de Modelo completo de proyecto parcial.</i>	51
Figura 43	<i>Visualización del proceso de trabajo con la metodología HBIM.</i>	51
Figura 44	<i>Modelos analíticos de ingeniería: (a) modelo de ingeniería básico (b) modelo de ingeniería intermedio y (c) modelo de ingeniería avanzado.</i>	54
Figura 45	<i>Esquema explicativo de la metodología HBIM.</i>	55
Figura 46	<i>EL proceso fotogrametrico de la Catedral de Senlis, Francia: (a) fotografías, (b) nubes de puntos (c) modelos 3D, (d) mallas de elementos finitos, y (e) esfuerzos de compresión en las estructuras</i>	57
Figura 47	<i>Visualización de Interfaz generado por el software Autodesk Revit.</i>	57
Figura 48	<i>Visibilizar los materiales en cada componente del modelo HBIM de la Catedral de Sevilla.</i>	58
Figura 49	<i>El método propuesto para modelar y evaluar las diversas hipótesis constructivas utilizando un flujo de trabajo orientado a HBIM.</i>	59
Figura 50	<i>Nube de puntos obtenidos mediante UA de la parte exterior del Palazzo Sarmatoris.</i>	60
Figura 51	<i>Axonometría expansionada del modelo final del Palacio Sarmatoris.</i>	60
Figura 52	<i>Visualización 3D del modelo paramétrico de Villa Sarmoris con el decaimiento mapeado.</i>	61
Figura 53	<i>Proceso patológico se empleará la siguiente secuencia.</i>	64
Figura 54	<i>Proceso patológico de factores intrínsecos y extrínsecos.</i>	65
Figura 55		66
Figura 56	<i>Causas intrínsecas del proceso patológico.</i>	69
Figura 57	<i>Causas extrínsecas del proceso patológico.</i>	69
Figura 58	<i>Análisis Teórico del Diagrama de Venn para nuestra restauración histórica.</i>	74
Figura 59	<i>Proceso de las tareas de mantenimiento soportadas por el marco propuesto.</i>	75

Figura 60	<i>Trabajo colaborativo con BIM según personal técnico.</i>	76
Figura 61	<i>Proceso metodológico de una restauración histórica de un edificio existente.</i>	81
Figura 62		87
Figura 63	<i>Tipo de bienes patrimoniales definida por la UNESCO.</i>	87
Figura 64	<i>Fotografía antigua construcción del arco el triunfo o arco de San francisco.</i>	98
Figura 65	<i>Estado actual de arco el triunfo o arco de San francisco.</i>	100
Figura 66	<i>Proceso de trabajo realizado según el organigrama propuesto.</i>	101
Figura 67	<i>Proceso metodológico de HBIM.</i>	102
Figura 68	<i>Proceso de identificación de daños y deterioros en la parte superior de la edificación.</i>	103
Figura 69	<i>Identificación de deterioro en la parte superior derecho del monumento.</i>	104
Figura 70	<i>Identificación de deterioro en la parte superior derecho del monumento.</i>	104
Figura 71	<i>Proceso de identificación de daños y lesiones del lado izquierdo de la edificación histórica.</i>	105
Figura 72	<i>Identificación de daños y lesiones del lado izquierdo la edificación histórica.</i>	105
Figura 73	<i>Identificación de daños y lesiones de la edificación histórica.</i>	106
Figura 74	<i>Identificación de tabaquería en la parte superior derecho.</i>	106
Figura 75	<i>Equipos usados en el proceso de fotogrametría.</i>	108
Figura 76	<i>Uso y manejo de Dron usado en campo.</i>	109
Figura 77	<i>Uso de Dron en el area delimitada para la evaluación de espacio de vuelo.</i>	109
Figura 78	<i>Uso de equipo dron y manipulación de vuelo.</i>	110
Figura 79	<i>Proceso metodológico de la investigación y uso de equipos mecánicos.</i>	110
Figura 80	<i>Proceso de uso de equipos del GPS Diferencial.</i>	111
Figura 81	<i>Proceso metodológico de tomas de fotos según el recorrido del Dron.</i>	112
Figura 82	<i>Proceso de ubicación del punto de análisis de la edificación.</i>	113
Figura 83	<i>Proceso de captura de fotos de diferentes posiciones.</i>	113
Figura 84	<i>Vista frontal, lateral derecho, lateral izquierdo y posterior del arco el triunfo o arco san francisco, para tener la veracidad del proceso fotogramétrico.</i>	114
Figura 85	<i>Vista de area delimitado por el Software.</i>	115
Figura 86	<i>Vista general del arco el triunfo o arco san francisco.</i>	115
Figura 87	<i>Visualización del arco el triunfo o arco san francisco.</i>	116
Figura 88	<i>Visualización de prestación del Software.</i>	117
Figura 89	<i>Clasificación de un patrimonio.</i>	118
Figura 90	<i>Calculo Estadístico del cuestionario realizado con los profesionales en la especialidad respecto a las variables.</i>	119
Figura 91	<i>Calculo Estadístico del cuestionario realizado con los profesionales en la especialidad.</i>	120
Figura 92	<i>Calculo Estadístico del cuestionario realizado con los profesionales en la especialidad.</i>	121

Figura 93	<i>Calculo Estadístico del cuestionario realizado.</i>	121
Figura 94	<i>Calculo Estadístico del cuestionario realizado de la hipótesis N° 01.</i>	122
Figura 95	<i>Calculo Estadístico del cuestionario realizado de la hipótesis N° 02.</i>	123
Figura 96	<i>Calculo Estadístico del cuestionario realizado de la hipótesis N° 03.</i>	124
Figura 97	<i>Vista inicial del Modelado 3D del arco el triunfo en Software Autodesk Revit.</i>	125
Figura 98	<i>Modelado 3D del arco el triunfo en Software Autodesk Revit.</i>	126
Figura 99	<i>Modelado 3D del arco San Francisco en Software Autodesk Revit.</i>	127
Figura 100	<i>Diseño realizado propio mediante Software Revit.</i>	128
Figura 101	<i>Modelado 3D del arco san francisco con la metodología HBIM.</i>	129
Figura 102	<i>Modelado 3D lateral del arco san francisco con la metodología HBIM.</i>	130
Figura 103	<i>Modelado 3D con la metodología HBIM según los niveles LOD.</i>	131
Figura 104	<i>Monumento histórico actual y Monumento histórico Digitalizado (Modelado 3D)</i>	

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Distribución y semejanza de los UAVs según varios factores.....</i>	29
Tabla 2	<i>Principales clases de IFC relacionadas con niveles de estructura.....</i>	36
Tabla 3	<i>Especificaciones de los modelos de ingeniería.....</i>	53
Tabla 4	<i>Causas probables según el tipo de patología.</i>	68
Tabla 5	<i>Operacionalización de las variables.</i>	97
Tabla 6	<i>Identificación de patologías (daños y lesiones).....</i>	107

Glosarios

Conservación del Patrimonio La Conservación del Patrimonio Arquitectónico, menciona que la conservación tiene como objetivo mantener lo original, propio de un monumento, siguiendo un proceso estricto. Se busca la autenticidad o tratar de conservar lo más original posible para alvagar los mismos.

Modelo HBIM El HBIM en realidad es la evolución del Building Information Modeling (BIM), pero adaptado específicamente al entorno del patrimonio cultural. Mientras que el BIM se centra en la creación de modelos digitales para la gestión de edificaciones modernas, el HBIM lo hace en estructuras históricas existentes

Modelo BIM Un modelo BIM (Building Information Modelling) es una representación geométrica de los edificios que está asociado a una base de datos. En ese sentido un modelo BIM permite estructurar y organizar la información de acuerdo a los elementos del modelo, de forma que ese mismo modelo nos sirva para realizar nueva base de datos

Lista de Acrónimos

AIM	: Architectural Information Modeling
AR	: Realidad Aumentada
ASPRS	: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
BIM	: Modelado de Información de Edificios
FM	: Gestión de instalaciones
GIS	: Sistemas de Información Geográfica
GNSS	: Sistema Global de Navegación por Satélite
HBIM	: Modelado de Información de Edificios Históricos
IAI	: Industry Alliance for Interoperability
IMU	: Unidad de Medición Inercial
ISPRS	: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
LOD	: Nivel de Desarrollo
OEA	: Organización de los Estados Americanos
RAE	: Real Academia Española
UAS	: Unmanned Aerial System
UAV	: Unmanned Aerial Vehicle
UNESCO	: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
VR	: Realidad Virtual

Capítulo I

Planteamiento del Problema.

1.1 Descripción del problema.

1.1.1 Descripción del problema internacional

Se ha observado que, durante las últimas décadas de nuestra historia humana dentro de la construcciones históricas, se carece de los procedimientos o métodos que han sido puestos en funcionamiento en las plataformas Modelado de Información de Edificios en los centros históricos, es por esa razón que se tiene la necesidad de crear modelos de información de edificios históricos (Modelado de Información de Edificios Históricos), por la cual es necesario gestionar un banco digital de bienes patrimoniales para la restauración digital real de las edificaciones, puesto que, no se tiene una adecuada restauración arquitectónica digital y un adecuado gestionar, así como un posterior mantenimiento de dichas edificaciones históricas. En la opinión de Antón García (2019) menciona que, la documentación digital 3D de edificaciones y sitios históricos es una necesidad hoy en día para su conservación y la gestión del patrimonio arquitectónico y cultural, mediante publicaciones científicas y proyectos de restauración para la digitalización de recursos culturales. Además, este procedimiento permite representar con precisión el estado real de estos bienes culturales, incluidas las modificaciones de su estructura. Se han incorporado enfoques de modelos virtuales basados en nubes de puntos para generar un modelo de información de edificios históricos (HBIM).

Según Al-Muqdadí y Ahmed (2022) manifiesta que existen edificaciones históricas de importante interés histórico, mucho de ellos se encuentran en pésimo estado o en abandono; y debido a ello, se propone las restauraciones digitales 3D que presentan un gran potencial para recuperar el patrimonio perdido durante estos años actuales. Es por esta razón que generar esos modelos semánticamente prósperos es una necesidad, ya que, mediante equipos y experiencia específica referente al tema, podemos realizar la recopilación y el procesamiento del modelado

y la gestión de datos digitales.

Conforme manifiesta Alejandro Velastegui Cáceres et al. (2024), en la actualidad, el patrimonio edificado enfrenta la amenaza de deterioro, devastación o desaparición por diferentes causas, ya sean de procedencia natural o generados por actividades terrenales. Frente a este reto, surge la necesidad de utilizar instrumentos tecnológicos de la actualidad que permiten la documentación de cada elemento arquitectónico histórico como medida para la conservación del patrimonio histórico. El desarrollo de esta metodología incluye la planificación del levantamiento de información digital, levantamiento in situ con uso de la tecnología fotogramétrica, procesamiento de los datos obtenidos y creación del modelo HBIM.

1.1.2 Descripción del problema nacional

De acuerdo con Larrea Ascue (2021), los Centros Históricos latinoamericanos como la ciudad de Lima, se desarrollan la imagen colectiva de una ciudad tradicional mediante la armonía e unión de vestigios arquitectónicos de diferentes épocas, reconocida como el centro económico, cultural y político del Perú. Es en ese sentido que, casi treinta años, el Centro Histórico confronta graves problemas de deterioro y abandono, a causa de las falencias urbanas y la desatención gubernamental. La ciudad de Lima al convertirse en una mega ciudad policéntrica se ha incrementado la vulnerabilidad del Centro Histórico. Es en ese sentido que la Municipalidad de Lima, según el II Diagnóstico del Centro Histórico, declara que dentro del total de edificaciones declaradas patrimonio cultural, un 42% de estos, se encuentre en riesgo alto y muy alto de pérdida o destrucción

Del mismo modo Reategui Arrue (2022) manifiesta que, el Perú cuenta con inmenso número de patrimonios culturales. La diversidad tanto en costumbre como en los patrimonios arquitectónicos como las iglesias, portales, capillas, puentes coloniales, ruinas, entre otras edificaciones. Debido a las trascendencias culturales y económicas, diagnosticar y conservar el patrimonio arquitectónico es necesario, dado que los procesos naturales afectan su estado arquitectónico y estructural, que pueden generar incluso el colapso de estas edificaciones. El deterioro de estas estructuras arquitectónicas representan una perjuicio de identidad cultural, sino también involucra un peligro latente ante la vida de personas que se encuentren visitando estas edificaciones históricas por lo cual es necesario la restauración arquitectónica digital.

Asimismo, de acuerdo con Berenguel Paredes et al. (2014) en la rama de la ingeniería no se cuenta con un adecuado identificación y estudio de las patologías respecto a las edificaciones

historicas que se encuentran en un centro histórico las cuales han sido declaradas con patrimonio. Entonces la conservación y restauración digital del patrimonio cultural es una metodología multifacético que debe comenzar con una comprensión del objeto que se va a preservar. Asimismo, la capacidad de identificar lesiones en edificios históricos, que son consecuencias visibles de un problema, y establecer una conexión entre ellas sus causas y consecuencias son útiles para la conservación arquitectónica de edificaciones históricas.

1.1.3 Descripción del problema regional

En la Actualidad la ingeniería regional, carece de una metodología y criterio para la intervención de una edificación histórica, se debe tener en cuenta que se trata de rehabilitar la edificación y proporcionar las condiciones necesarias para que funcionen como centro histórico de la región. Además, se generan grandes pérdidas de tiempo por falta de información digitalizada 3D a nivel arquitectónico, las cuales generan cortes en el proceso natural de un proyecto en mantenimiento y gestión de digitalización de las edificaciones históricas del centro histórico para tener un mejor manejo gerencial.

Es por esa razón que la cantidad de construcciones históricas, que tienen sus mantenimientos y conservaciones vienen siendo realizadas utilizando la metodología tradicional de los modelos CAD, las cuales ocasionan grandes pérdidas que se ven reflejados en el desarrollo de mantenimiento de la construcción. Es por esa razón que las edificaciones del centro histórico de Ayacucho no cuentan con la documentación 3D digitalizado de las edificaciones del centro históricos, en la actualidad la conservación y el gestionamiento del patrimonio histórico, arquitectónico y cultural. Además, se carece de un banco de proyectos digitalizados de las edificaciones y monumentos históricos para tener a detalle diferentes mejoras en la restauración del centro histórico a nivel arquitectónico.

Es por esta razón que, en esta oportunidad se tomará la edificación del centro histórico denominado el Arco del Triunfo o arco de San Francisco, para realizar la implementación de técnicas de fotogrametría y modelado HBIM del arco el triunfo para obtener la restauración arquitectónica digital en las edificaciones históricas para su gestión en el centro histórico de la ciudad de Ayacucho, la cual se encuentra en las condiciones necesarias de un mantenimiento o áreas en la cual requiere restauraciones arquitectónicas para su conservación, incluyendo sus alteraciones arquitectónicas, estructurales y patologías en edificaciones históricas que pueden ser registradas en la fotogrametría, para salvaguardar los patrimonios históricos.

1.2 Delimitación del problema.

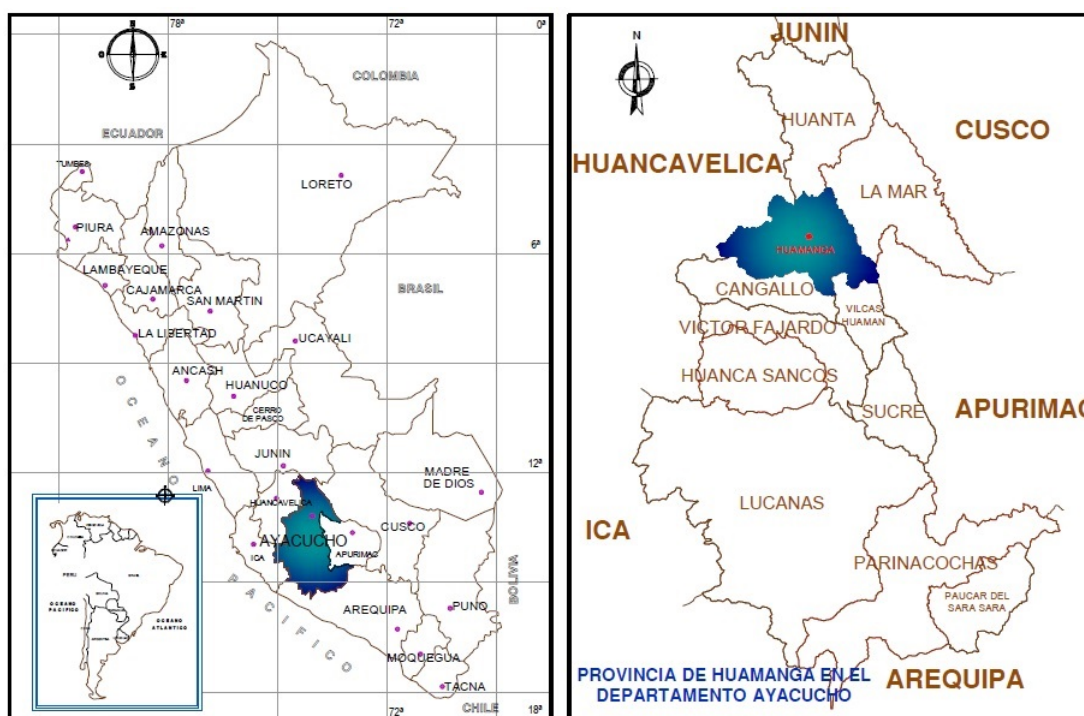
Como sostiene Huairé Inacio et al. (2022), esta descripción debe escribirse de manera objetiva y explícita de acuerdo con el problema o las variables que sean necesarias.

Aunado al comentario anterior, en la opinión de Ñaupas Paitán et al. (2018) menciona que, esta delimitación del problema, mediante la formulación del problema central y problemas específicos, requiere que el investigador revise la literatura correspondiente sobre el objeto problema central.

1.2.1 Espacial

El espacio de estudio que se ha fijado claramente, con respecto al tema de investigación, se ha ubicado en una determinada área geográfica, es por eso que se indicó expresamente el área donde se desarrollara la investigación. Esta investigación puede limitarse a una zona de la ciudad; el espacio fijado para el estudio de esta investigación es la intersección del Jr. 28 de julio con el Jr. Carlos F. Vivanco, en la cual se encuentra el Arco del Triunfo o Arco San Francisco, como se detalla en la figura 1.

Figura 1 Ubicación geográfica del punto de análisis.



Nota: Obtenido de MDAACD

Es uno de los monumentos más reconocidos de la ciudad Ayacuchana y posiblemente sea el más célebre, el monumento fue diseñado inicialmente en estilo barroco andino. En 1886, la prefectura regional ordenó la construcción del Arco de San Francisco o Arco de Triunfo en Ayacucho para rememorar el triunfo en la batalla del 2 de mayo.

Figura 2 Ubicación geográfica del arco san francisco o arco del triunfo.



Nota: Adaptado del Google Earth

1.2.2 Temporal.

La delimitación temporal consiste en estudiar los fenómenos elegidos, solamente dentro de un rango de tiempo que puede ser meses, años o décadas. Además este estudio fue en base a un periodo comprendido: Desde el 16 de diciembre 2023 hasta 30 de julio de 2024.

Transversal: Nos hace referencia al periodo o lapso seleccionado para realizar la investigación en la cual se ha realizado las mediciones fotogramétricas en un momento temporal determinado.

1.2.3 Temáticas y unidades de análisis.

La **temática** consiste en organizar la secuencia lógica y orgánica en el estudio de la Implementación de Técnicas de Fotogrametría y modelado HBIM del Arco el Triunfo a través de la Restauración Arquitectónica Digital para su gestión en el Centro Histórico de la Ciudad de Ayacucho.

La **unidad de Análisis** es el patrimonio cultural del Arco el Triunfo, que tiene sus parámetros internos (dimensiones de la edificación histórica) y externos (estado actual de la edificación

histórica) que constituyen la edificación histórica, que se encuentran dentro de la delimitación del centro históricos de la region de Ayacucho.

1.3 Formulación del problema.

Desde el punto de viste de Caballero Romero (2014), se considera problema a toda diferencia negativa entre lo que debería ser y lo que es.

1.3.1 Problema general.

¿De qué manera se realizará la implementación de técnicas de fotogrametría y modelado HBIM del Arco el Triunfo para mejorar la restauración arquitectónica digital en las edificaciones históricas para su gestión en el Centro Histórico de la Ciudad de Ayacucho 2023?

1.3.2 Problemas específicos.

- a) ¿En qué medida el modelado de información de edificaciones históricas de un proyecto nos permite mejorar la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas?
- b) ¿En qué medida la gestión de procesos de reconstrucción digital de los patrimonios culturales nos servirá para mejorar la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas?
- c) ¿ En qué medida la identificación características físicas actuales de las edificaciones históricas nos permite mejorar la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas?

1.4 Justificación e importancia.

Teniendo en cuenta a Hernández Sampieri et al. (2014), manifiesta en su libro de metodología de investigación que se evidencia la justificación e importancia a través de los **criterios para evaluar la importancia potencial de una investigación**, que manifestamos a continuación:

1. **Conveniencia:** Es conveniente porque buscamos mejorar, mantener, restaurar las edificaciones históricas que se encuentran en abandono o deterioro en el centro histórico de la región de Ayacucho, puesto que al digitalizar estas edificaciones en 3D tendremos los detalles de cómo se encuentra actualmente estas edificaciones históricas.
2. **Relevancia social:** Esta investigación contribuirá a la sociedad porque realizamos

estudios de restauración digital de una edificación histórica y de este modo contribuimos a la conservación y mejoramiento de un patrimonio cultural para promover el turismo y cultura en la sociedad.

3. **Implicaciones prácticas:** Los resultados del estudio podrán ser tomadas como alternativas de solución para el mantenimiento de las partes arquitectónicas de las edificaciones del centro histórico, dándole priorización al espacio donde se encuentran los patrimonios culturales y de este modo se mejorará la conservación de estos lugares en beneficio de la población futura manteniendo nuestra cultura intacta. Además, tener una mayor manejo gerencial de los patrimonios históricos desde el punto de vista arquitectónico.
4. **Valor teórico:** Las alternativas obtenidas tendrán la capacidad de tomar como alternativa de restauración y modelado de una edificación en 3D con el uso de drones y softwares de manejo de nube de puntos y modelado tridimensional. Es en ese sentido que se da uso a nuevas tecnologías en la ingeniería para complementar el tema técnico de la restauración arquitectónica de edificación históricas mediante la fotogrametría y la metodología HBIM.
5. **Utilidad Metodológica:** Es importante porque nos permitirá evaluar las condiciones actuales de las edificaciones del centro histórico; este estudio es trascendental porque nos permitirá evaluar y analizar posteriormente el comportamiento estructural de estas edificaciones históricas frente a movimientos sísmicos.
6. **Relevancia Temporal:** Es importante la temporalidad puesto que la ingeniería tiene un constante avance en referencia al tiempo, en consecuencia, a ello aparecen nuevos equipos tecnológicos y nuevos softwares para el uso en la ingeniería y arquitectura, esto para poder plantear soluciones tentativas con efectos a futuro, y así, al tiempo observar resultados de mejoramiento al problema planteado en aspecto arquitectónica y estructural de las edificaciones en los centros históricos.

1.5 Limitaciones de la investigación.

Desde la perspectiva de Huairé Inacio et al. (2022), menciona que las limitaciones son todos aquellos aspectos que no son examinados o tomados en consideración por algún motivo, y que, por supuesto, afectarán la calidad del estudio (acceso a la muestra, ausencia de información, instrumentos no validados, entre otros). Sin embargo, esto no debe confundirse con las

limitaciones internas del investigador, que incluyen tiempo y dinero, entre otras cosas.

- Para la inclusión del proceso de fotogrametría es el uso del Laser Scanner Focus 3D, puesto que el uso de este equipo mecánico no es común en la region por la complejidad de su uso y el costo económico de su adquisición. Ya que el uso de este equipo mejora la captura de fotos y los parámetros de la nube de puntos.

1.6 Objetivo.

Como manifiesta Huairé Inacio et al. (2022), el objetivo de la investigación es lo que se señala con exactitud el producto o resultado que se espera alcanzar con la investigación, que surge del problema planteado por la falta de conocimiento o por algún vacío en la práctica y orientan al investigador a dónde quiere llegar antes de partir.

1.6.1 Objetivo general.

Aplicar la implementación de técnicas de fotogrametría y modelado HBIM del Arco el Triunfo para mejorar la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas para su gestión en el Centro Histórico de la Ciudad de Ayacucho 2023.

1.6.2 Objetivos específicos.

- a) Desarrollar el modelado de información de edificaciones históricas de un proyecto para mejorar la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.
- b) Desarrollar la gestión de procesos de reconstrucción digital de los patrimonios culturales para mejorar la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.
- c) Evaluar las características físicas actuales de las edificaciones históricas para mejorar la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.

Capítulo II

Marco Teórico.

En concordancia con Huairu Inacio et al. (2022) el marco teórico es una construcción progresiva que comienza con conceptos difusos y relativamente imprecisos del tema y progresa hacia un nivel más profundo de comprensión que finalmente conduce a una conceptualización clara del tema.

2.1 Antecedentes.

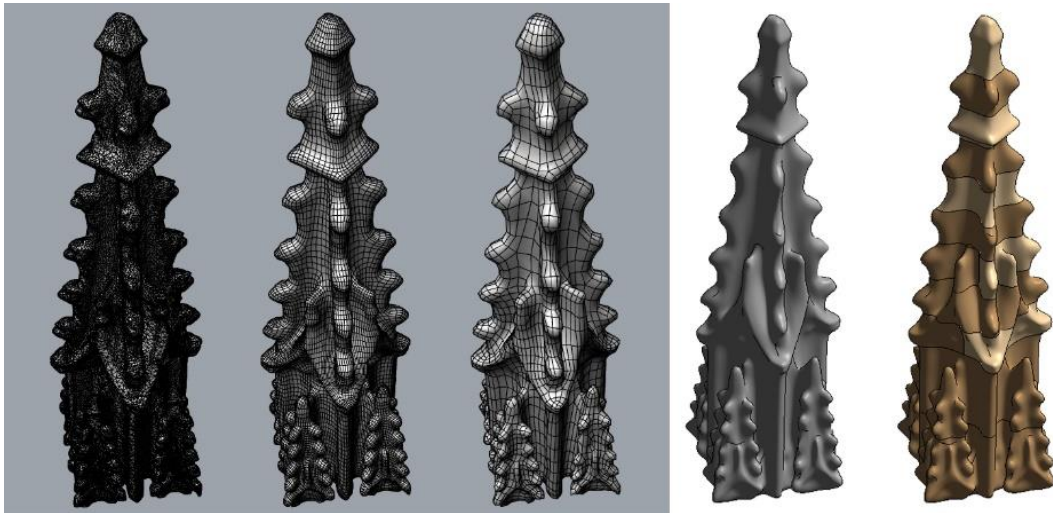
De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), los antecedentes tienen la finalidad de concretar la idea de investigación es definir el importante examinar a fondo los estudios, investigaciones y trabajos anteriores, especialmente si uno carece de experiencia en el campo. Por lo que cuanto más completa sea nuestra comprensión de un tema, más eficaz será el proceso de definición y dilucidación del concepto.

2.1.1 Investigaciones internacionales

Según Moyano et al. (2022), uno de los nuevos paradigmas que engloba BIM es la aplicación de la metodología a edificios históricos, la cual es denominada como HBIM; por lo tanto, uno de los objetivos de HBIM es crear un modelo 3D con una rica cobertura semántica proporcionando objetos paramétricos en la representación en edificios históricos. Esta metodología BIM colaborativa puede manejar información obtenida de registros precisos y permite la importación directa de datos de nubes de puntos en formatos interoperables; han dedicado especial esfuerzo a modelar la arquitectura histórica a partir de los registros generados por LIDAR. La mayoría de los trabajos de escaneo de patrimonio se utilizan para Scan To BIM, ya que los registros representan un potencial en calidad y precisión para levantar trabajos de modelado en edificios históricos, como la tecnología BIM puede insertar nubes de puntos y trabajar con elementos auxiliares de referencia en tiempo real.

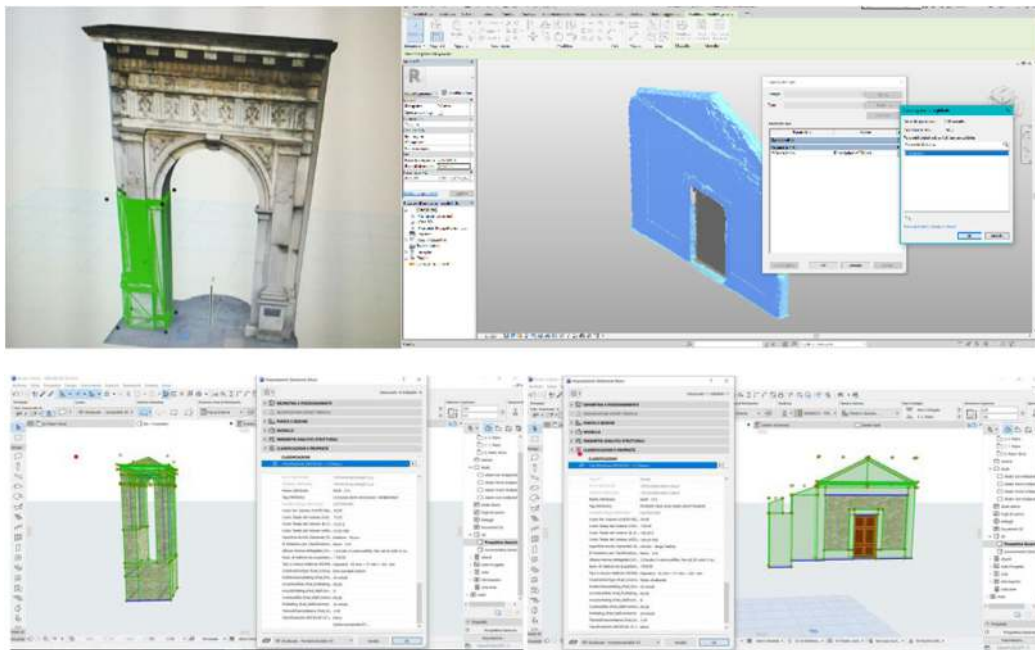
Teniendo en cuenta a Angulo Fornos (2020), este estudio se sitúa dentro del marco teórico y conceptual del campo digital e implica explorar un conjunto de temas interconectados. El trabajo realizado en BIM en el ámbito del bien patrimonial es referenciado a las publicaciones científicas con múltiples denominaciones y con sus propios acrónimos que les corresponde; una de las más recientes acoge el término de Modelado de Información Patrimonial, (Heritage Building Information Modelling).

Figura 3 *Proceso de conversión automatizada de la nube de puntos de los pináculos de la azotea de la Capilla de la Antigua de la Catedral de Sevilla.*



Nota: Obtenido de Angulo Fornos (2020)

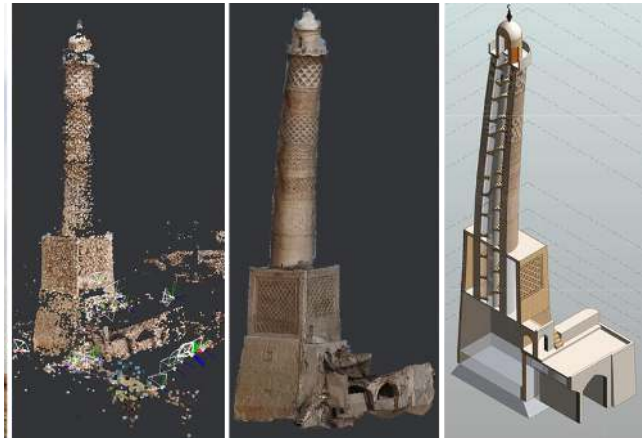
Asimismo, Barrile y Fotia (2022) señala que el modelado de un edificio histórico (HBIM) presentó todas las cuestiones destacadas en los párrafos anteriores, como las dificultades reales del modelado, secciones irregulares de las paredes, en particular la altura y el espesor y con estratigrafías desconocidas y con detalles arquitectónicos difíciles de modelo; Por lo tanto, con el fin de obtener un HBIM lo más cercano posible a la arquitectura del edificio histórico original, que sea capaz de preservar la presencia de los defectos originales y la diversidad de las formas que lo componen.

Figura 4 Panorama seccionada de los elementos superiores del campanario de la Catedral de Sevilla.

Nota: Obtenido de Barrile y Fotia (2022)

Con base en Al-Muqdadi y Ahmed (2022), este estudio presentó una aplicación práctica de HBIM para reconstruir el patrimonio dañado en zonas de conflicto basándose en imágenes de colaboración abierta. El trabajo se centró en implementar métodos de adquisición de datos de bajo costo y de libre acceso para reconstruir digitalmente el minarete de Al Hadba destruido en 2017 durante el conflicto armado. El modelo resultante proporciona una amplia gama de información, como dibujos de construcción, perspectivas y metadatos. Esta base de datos podría utilizarse en varios métodos, como visualización, impresión 3D, recorridos virtuales y reconstrucción física. En el futuro, el estudio de caso piloto de Al Hadba ayudará a realizar más investigaciones para desarrollar medios accesibles para documentar el patrimonio en riesgo.

Figura 5 Nube de puntos de Metafase (izquierda) y las de Meshroom (derecha).



Nota: Obtenido de Al-Muqdadí y Ahmed (2022)

2.1.2 Investigaciones nacionales

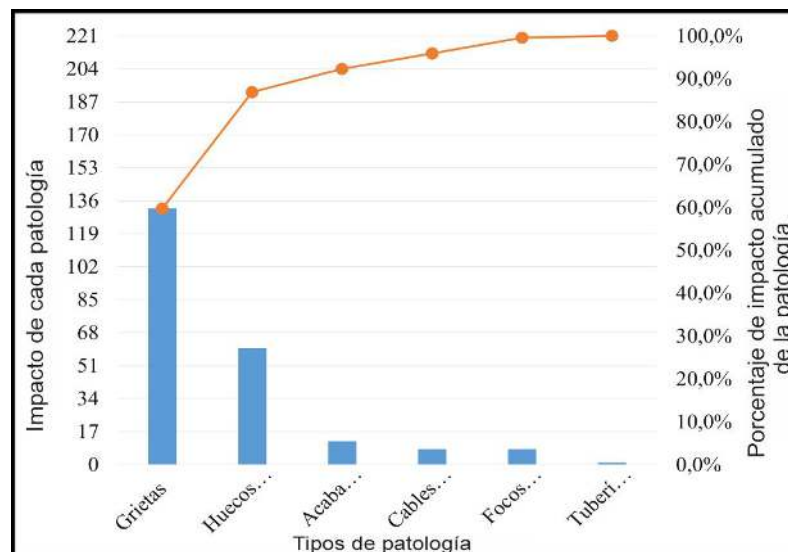
Desde la posición de Larrea Ascue (2021), es evidente que todos los Centros Históricos latinoamericanos tienen rasgos culturales, arquitectónicos y urbanos comunes, independientemente de su ubicación geográfica. Sin embargo, cada centro histórico tiene ciertas características clave que lo distinguen. La imagen colectiva de una ciudad se forma dentro de los principales centros urbanos, como Lima, Buenos Aires y Bogotá, combinando armoniosamente remanente arquitectónicos de la épocas históricas.

En ese sentido Larrea Ascue (2021), manifiesta que Lima es reconocida como una de las ciudades más importantes de América Latina y sirve como el centro económico, cultural y político del Perú. Esta ciudad tiene la cultura de conservar su legado histórico, la mayoría de las cuales se encuentran ubicadas en el Centro Histórico. No obstante, a pesar de su importancia, recién hasta el año 1991 que se inició a concederle el reconocimiento y el debido interés, cuando un grupo no gubernamental logró convencer a la UNESCO para que se realice la designación el Centro como Patrimonio Cultural de la Humanidad.

Figura 6 Detalle del estado actual del inmueble El Buque 2020.

Nota: Fotografía obtenido como estado real en blanco y negro de Larrea Ascue (2021)

Según Regalado et al. (2022), la Patología con mayor impacto que se ha encontrado, es el índice de gravedad de cada característica de patología se asigna en función de su impacto en la calidad general de la estructura, muestra el diagrama de Pareto con base en la información anterior, con la que se puede observar que las fisuras son la patología más común en el edificio histórico (59,7%).

Figura 7 Diagrama de Pareto - Patologías.

Nota: Obtenido de Regalado et al. (2022)

También como señala Reategui Arrue (2022), el Perú tiene una cantidad sustancial de historia

cultural, que otorga identificación a su gente y que desempeña un rol importante en la sociedad, como se ve en la Figura 8. El legado arquitectónico de la región abarca una amplia gama de tradiciones y estructuras, incluidas catedrales, portales, capillas, puentes, ruinas y más. Además, estas atracciones atraen una gran atención tanto de visitantes nacionales como extranjeros, lo que genera ingresos económicos sustanciales para el estado.

Figura 8 Variedad de los patrimonios culturales en Perú.



Nota: Obtenido de Reategui Arrue (2022)

Según Regalado et al. (2022) la técnica S-HBIM se propone como una instrumento para documentar los procedimientos de diagnóstico estructural de estructuras históricas en un entorno virtual 3D. Este enfoque se basa en datos recopilados en el campo mediante una variedad de procedimientos no invasivos. Se propuso un enfoque para crear modelos geométricos a partir de datos de nubes de puntos utilizando únicamente el software Autodesk Revit BIM, utilizando modelado paramétrico y semiautomático. Además, se sugirió un método para la representación de información de diagnóstico en forma textual y gráfica dentro del modelo 3D que se generó. La validación de la metodología S-HBIM se realizó en la Iglesia de la Compañía de Jesús en Cusco, Perú.

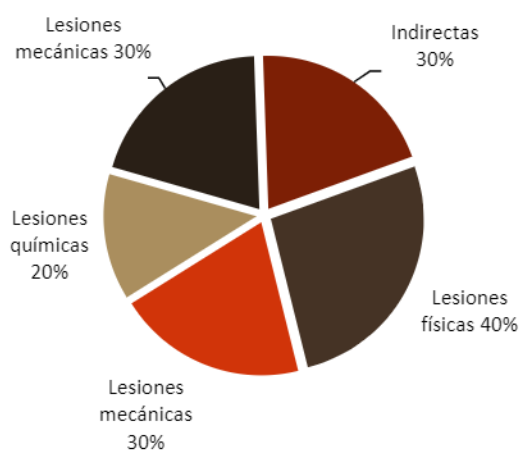
Figura 9 Remate superior modelado como familia In-place a partir de la nube de puntos.



Nota: Obtenido de Reategui Arrue (2022)

En la figura 10 según Paredes (2014), se puede observar la mayor afectación en virtud de la muestra realizada, considerando que el mayor porcentaje de las edificaciones están siendo afectadas por lesiones primarias, como inicio del proceso patológico es la que se describe de acuerdo con el siguiente diagrama.

Figura 10 Lesiones primarias según la categorización de lesiones.



Nota: Obtenido de Paredes (2014)

2.1.3 Investigaciones regionales

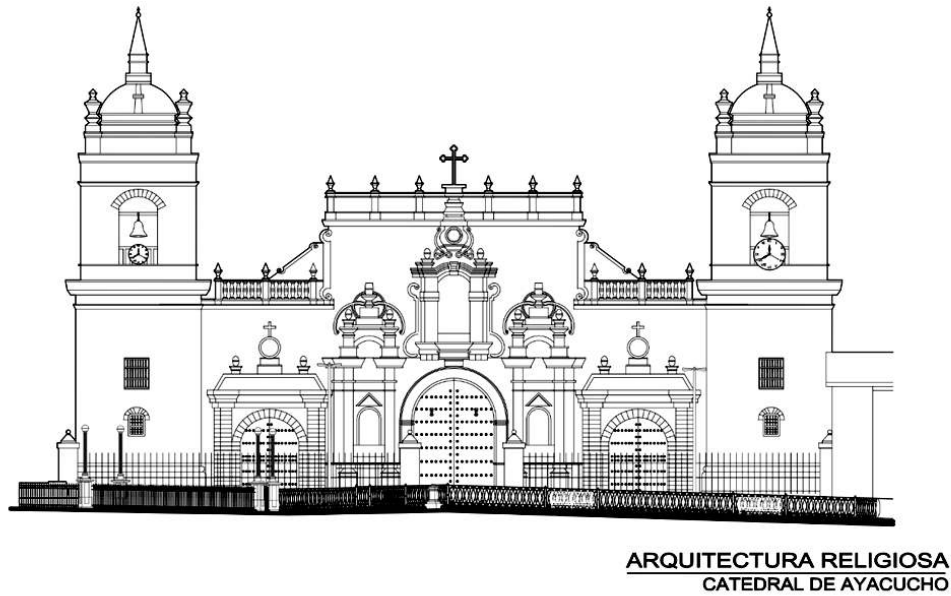
Desde el punto de vista de Bravo Guzman (2016) menciona que el objetivo principal de este trabajo es adquirir una radiografía de los metodos de diseño urbano de las plazas y parques del Centro Histórico de la metrópoli de Huamanga. Además, este documento se consolidará para comprender los espacios públicos en armonía con los bienes existentes en la ciudad, proporcionando así una visión histórica y urbanística integral. Asimismo, se afirma que la evaluación histórica es ventajosa porque nos autoriza determinar los criterios de diseño que se implementaron durante el proceso de estos espacios públicos.

Figura 11 *Plaza de armas de la ciudad de Ayacucho.*



Nota: Obtenido de Bravo Guzman (2016), plaza mayor de Ayacucho

Teniendo en cuenta a Munives Laya (2019) manifiesta que desde una perspectiva urbana, la ciudad de Ayacucho se caracteriza por su profunda vinculación con su patrimonio histórico. El Reglamento para el manejo y administración del Centro Histórico de Ayacucho fue promulgado por la Municipalidad Provincial de Huamanga en el año 2008. Este reglamento establece los límites físicos del centro histórico de la ciudad y la zona monumental. De esta manera, se revaloriza el patrimonio urbano con el fin de preservar y restaurar el trazado urbano original de la ciudad, el area más representativa es la plaza de armas de Ayacucho que se muestra en la figura 11 de la épocas antiguas. Esta área alberga la mayor cantidad de iglesias, residencias, monumentos y espacios públicos que son de importancia histórica y artística y que todavía están operativos en la actualidad. Luego, podemos discutir las estructuras de la arquitectura religiosa, que incluyen iglesias, basílicas, catedrales, capillas, conventos y monasterios.

Figura 12 Vista frontal de la Catedral de Ayacucho en la Plaza de armas.

Nota: Obtenido de Munives Laya (2019)

La ciudad de Ayacucho, Se caracteriza por un centro urbano histórico, que ha heredado un grupo de estructuras y elementos arquitectónicos urbanas de valor excepcional. Estas estructuras, cuando se integran con las expresiones socioculturales únicas y el entorno natural, continúan perdurando a pesar del paso del tiempo y forman un patrimonio irremplazable. Estamos obligados a preservar y transmitir esta responsabilidad a las generaciones futuras. Se ha observado con consternación el deterioro de estas estructuras y la alteración de las características singulares que definen al Centro Histórico de Ayacucho en los últimos años. Esto ha resultado en una importante alteración de la tipología y morfología de la zona, consecuencia de la urbanización, el uso no planificado y los cambios en el estilo de vida de la ciudadanía Ayacuchana.

2.2 Bases teóricas

De acuerdo con Huairé Inacio et al. (2022) las bases teóricas se desarrollan para que sirvan como fuente de información y conocimiento que ayude al investigador a resolver el tema. En consecuencia, debe ser completo y detallado, y debe proporcionar información clara y precisa sobre teorías y conceptos, así como argumentar de manera convincente las variables. Para ayudar al investigador a adoptar una perspectiva conceptual sobre el tema, se elaboran las teorías o definiciones de las variables. Para comprender la progresión lógica del conocimiento científico en este campo, el argumento debe ser explícito, preciso, profundo y persuasivo.

2.2.1 Patrimonio histórico

Según Sánchez Carvajal (2020), el patrimonio cultural de un pueblo incluye los aportes artísticos, arquitectónicos y literarios de sus creadores, así como las expresiones anónimas que surgen del espíritu colectivo del pueblo. También contiene la gama de principios que dan significado a la existencia, incluidas las creaciones tangibles e intangibles que encarnan el ingenio humano, como el lenguaje, los rituales, las creencias, los lugares y monumentos históricos, las obras de arte.

Figura 13 Arco san francisco en la etapa colonial Ayacuchana.



Nota: Obtenido de oficina de imagen institucional GRA

De acuerdo con Martorell Carreño (2017) en su compendio "Turismo Cultural, Reflexiones para un encuentro sostenible entre turismo y cultura", manifiesta que la categorización del patrimonio viene determinada mediante el conjunto de bienes heredados del pasado que queremos resguardar. Esta categorización engloba el patrimonio arquitectónico, el patrimonio inmaterial, el patrimonio artístico y el patrimonio documental, entre otros patrimonios.

Figura 14 *Ubicación geográfica del punto de vista aéreo de años atrás.*



Nota: Obtenido de Oficina de Imagen Institucional Gobierno Regional de Ayacucho

En 1910 esta edificación histórica fue remodelado para conmemorar el sesquicentenario de la Batalla de Ayacucho, acaecido en 1824, la estructura se transformó en un arco de medio punto con una coronación de estilo neoclásico.

2.2.1.1 Recopilación de Información Histórica

En la opinion de Sánchez Carvajal (2020), la historiografía y la historia proporcionan información sobre la historia del edificio que puede utilizarse para guiar la investigación arqueológica, fecharla y dilucidar sus hallazgos. La cantidad de esta documentación está supeditada a la importancia del edificio y a los trabajos que se hayan realizado en él, incluyendo su construcción inicial y proyectos posteriores. Esta información estará centralizada en una única plataforma mediante el modelo BIM, permitiendo que todos los miembros del equipo puedan comunicarse y reconocerla durante todo el proyecto. Será muy beneficioso no sólo para el avance del proyecto actual, sino también para intervenciones posteriores que tendrán

acceso a la información ya recopilada.

2.2.1.2 Difusión del Bien Cultural

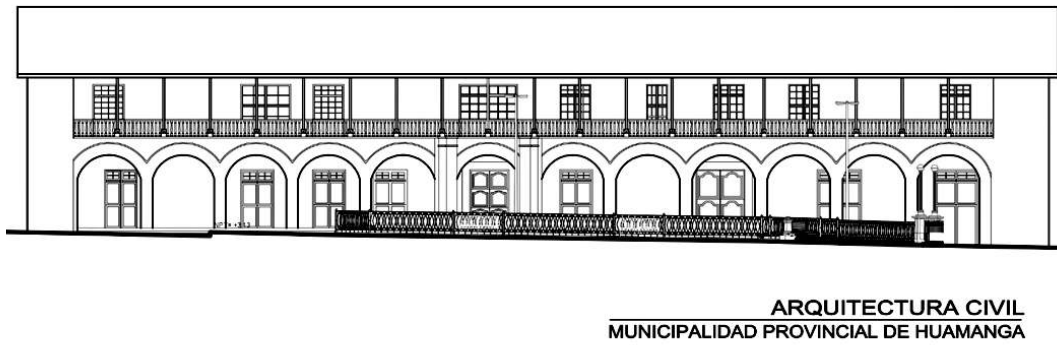
A juicio de Sánchez Carvajal (2020), el modelo generado por el sistema de trabajo BIM es un excelente recurso para la difusión cultural del edificio construido. Consiste en una representación tridimensional de la estructura que se subdivide en elementos, cada uno de los cuales va acompañado de información específica. Simplificar y comprender de forma intuitiva el edificio, sus componentes, los métodos constructivos empleados, sus funciones, los estudios e intervenciones realizadas y la información histórica.

Además, es un potente instrumento didáctico que, a través de un sencillo proceso de postproducción, puede facilitar las visitas turísticas, facilitar los estudios de edificación en línea y brindar asistencia en instituciones educativas. Este proceso supondrá el filtrado de la información para que sea fácilmente comprensible y la posterior integración del modelo en un software de visualización, ya sea de realidad virtual o de realidad aumentada, (Sánchez Carvajal, 2020).

2.2.1.3 Conservación del Patrimonio

Empleando lo dicho por Munives Laya (2019), define a conservación como las fases de preservación y cuidado que están diseñadas para preservar su patrimonio cultural. Se afirma que la restauración del patrimonio construido es incompleta si no redunda en la restauración del nivel de vida de sus habitantes. Esto se debe a que la preservación del patrimonio nunca es un objetivo en sí mismo, sino la preservación del patrimonio construido y de la arquitectura. Sirven a la humanidad y son un proceso mediante el cual se deben alcanzar mejores niveles de vida.

Asimismo, se toma la referencia de la UNESCO y se menciona que, la conservación del patrimonio cultural y el desarrollo sostenible, manifiesta que la conservación del patrimonio es compleja debido a la diversidad de amenazas de diversos tipos. Por ello, se consideró de conformidad con la convención distribuir diversas responsabilidades entre las partes involucradas con el fin de lograr un objetivo compartido de conservar el patrimonio a través de una gestión eficaz, teniendo en cuenta las tradiciones culturales, la tecnología y entre otros factores, (Munives Laya, 2019)

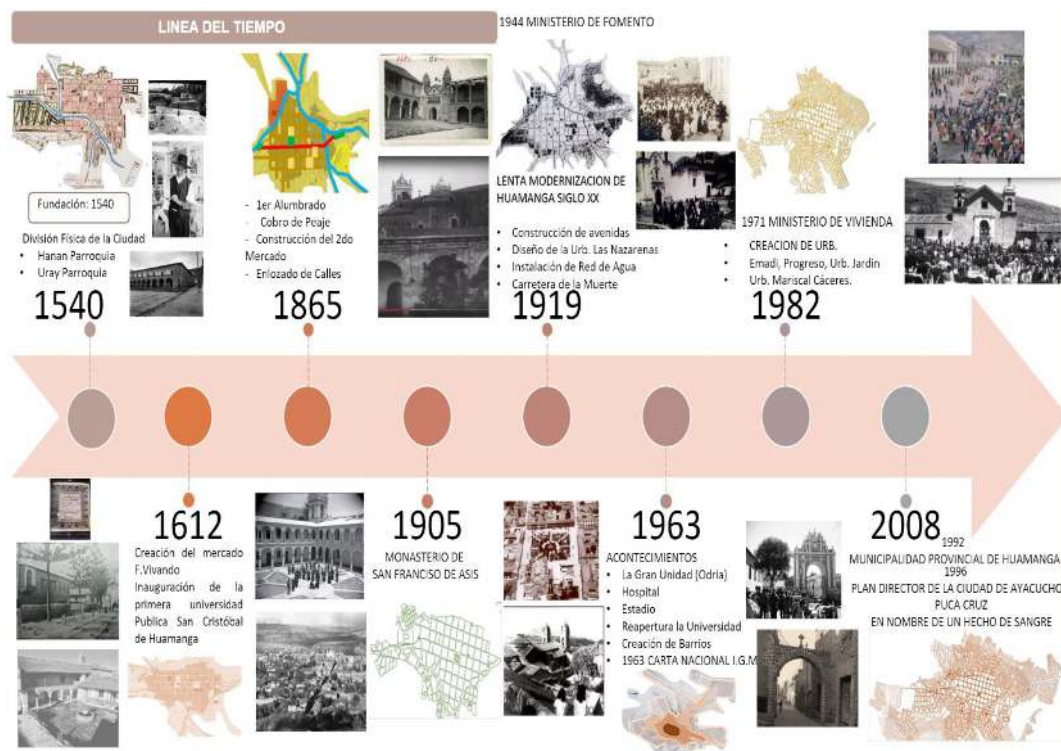
Figura 15 Elevación frontal de la Municipalidad provincial de Huamanga en el Portal Independencia.

Nota: Obtenido de Munives Laya (2019)

2.2.1.4 Aspecto General de la Ciudad de Huamanga

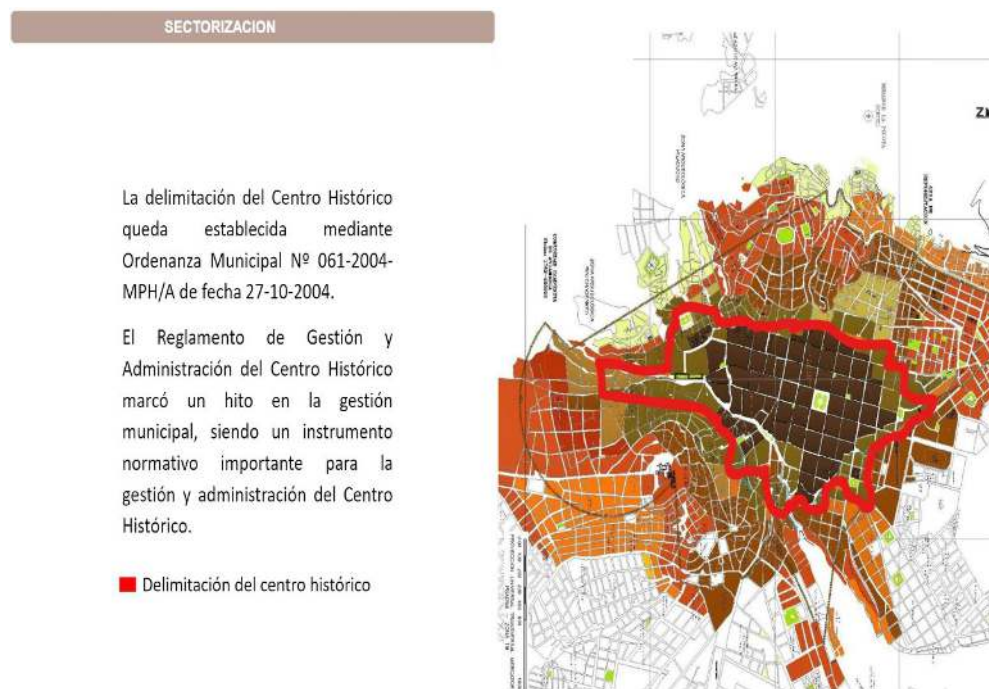
Es imperativo reiterar que se discutirán las características de este apartado. Los datos se obtuvieron del Plan de Desarrollo Urbano de Ayacucho, el cual fue elaborado por la Municipalidad Provincial de Huamanga.

- A) **Toponimia de Huamanga:** Según el Dr. Quichua Chaico, David el nombre primigenio inicial es Villa Viciosa de Huamanga. Asimismo, el nombre que recibió la ciudad fue **San Juan de la Frontera de Huamanga**. San Juan en homenaje a San Juan Evangelista y frontera por estar en la frontera militar y ser baluarte español contra los ataques de Manco Inca. Luego se dispuso el cambio del nombre a **San Juan de la Victoria de Huamanga**, tras la victoria de los ejércitos de la corona en la Batalla de Chupas. Los españoles identificaron el lugar utilizando el término quechua "*Guamanqa*", que se traduce como "*tomar, halcón*". Finalmente, el nombre que más resalta es la muy noble y leal ciudad de Huamanga.

Figura 16 Línea de tiempo de la identidad cultural de Ayacucho.

Nota: Obtenido de la Cátedra de la Arq. Darci Ana Gutiérrez Pinto (www.issuu.com)

B) Denominación de Huamanga: Desde la posición de Bravo Guzman (2016), la designación auténtica de Huamanga fue cambiada por la de Ayacucho, mediante el decreto del Libertador Simón Bolívar del 15 de febrero de 1825. Esta modificación se implementó como homenaje al triunfo del ejército patriota en la Batalla de Ayacucho. El término "Ayacucho" se deriva de las palabras quechua "Aya" (muerto) y "k'uchu" (morada-rincón), esta expresión pudo haber sido el resultado de una colección de restos humanos que fueron descubiertos en la zona como resultado de las batallas que libraron sus habitantes iniciales. Quisieron establecer un pueblo en la zona debido a su ubicación estratégica, pero no pudieron hacerlo debido a las incursiones del imperio Inca en expansión.

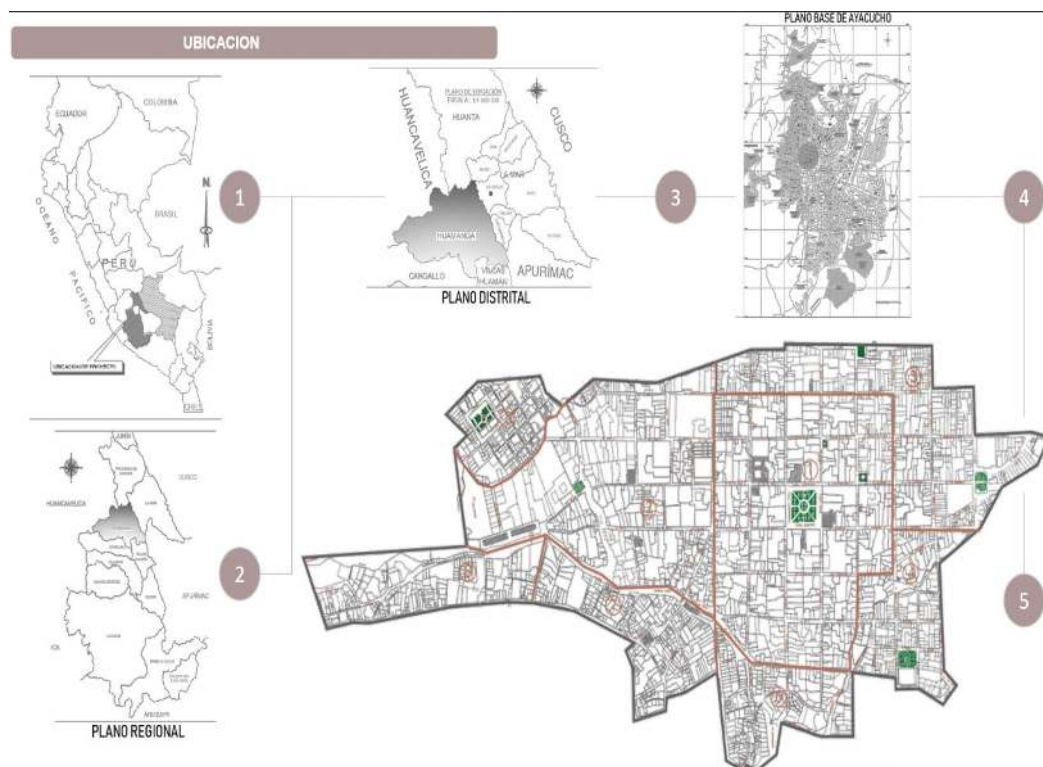
Figura 17 Sectorización de la ciudad de Ayacucho.

Nota: Obtenido de la Cátedra de la Arq. Darci Ana Gutiérrez Pinto (www.issuu.com)

- C) **Breve Reseña Histórica:** En la opinión de Bravo Guzman (2016), la provincia de Huamanga, se fundó en el siglo XVI con la denominación de San Juan de la Frontera y fue concebido por la Constitución Política de 1823. Su capital, la ciudad de Ayacucho, constituido por Decreto del 15 de enero de 1825, fue fundada el 25 de abril de 1540, consiguiendo el título de Ciudad desde el 17 de mayo de 1544. La historia del Distrito de Ayacucho ha sido influenciada por la historia prehispánica de toda la Región de Ayacucho, que inicia hace 22,000 años A.C.

Figura 18 Sectorización detallada de la ciudad de Ayacucho.

Nota: Obtenido de la Cátedra de la Arq. Darci Ana Gutiérrez Pinto (www.issuu.com)

Figura 19 Sectorización y ubicación detallada de la ciudad de Ayacucho.

Nota: Obtenido de la Cátedra de la Arq. Darci Ana Gutiérrez Pinto (www.issuu.com)

D) **Ciudad de Ayacucho:** La región de Ayacucho fue fundada como San Juan de la Frontera de Huamanga el 25 de abril de 1540 y llamada Huamanga hasta el 15 de febrero de 1825, es una ciudad peruana con capital del distrito homónimo, de la provincia de Huamanga y del departamento de Ayacucho, (Bravo Guzman, 2016)

La etimología de Ayacucho es todavía transparente para cualquier quechua hablante contemporáneo, a partir de **aya**, ("muerto, cadáver") y **kuchu**, ("rincón"): rincón del muerto o rincón de los cadáveres. Además, la ciudad de Ayacucho tiene los siguientes Seudónimos:

- (a) " Rincón de los muertos"
- (b) " Muy noble y leal ciudad"
- (c) " Ciudad de las 33 iglesias"
- (d) " Ciudad señorial"
- (e) " Capital del arte popular y de la artesanía del Perú"
- (f) " Cuna de la libertad hispanoamericana"
- (g) " Capital religiosa del Perú"
- (h) "La Sevilla peruana"

2.2.2 Patrimonio Arquitectónico e Innovación Tecnológica.

Según Ríos et al. (2024), un proyecto de intervención de conservación y restauración es aquel proceso que establece un programa de trabajo con las directrices y protocolos para su intervención de carácter global para el bien cultural evaluado. Debe entenderse como un documento de cierta flexibilidad ante las preguntas que la obra de conservación que se pueda plantear , ya que, a medida que se profundiza en el conocimiento del bien cultural y se trabaja en él, van sugiriendo nuevas incógnitas que resolver como se puede observar en la figura 20 siguiente:

Figura 20 Líneas de trabajo que conforman un proyecto de intervención de conservación- restauración.

Nota: Obtenido de Ríos et al. (2024)

2.2.2.1 Patrimonio cultural .

Desde el punto de vista de Aspesi (2024), un Patrimonio Cultural es la legado cultural de una sociedad local, regional y nacional. Está compuesto por diversos bienes naturales y culturales (intangibles y tangible) que nos caracterizan y distinguen en el mundo natural. Las costumbres, las tradiciones, la arquitectura, los juegos tradicionales, las vestimentas , las expresiones estéticas, así como también la información obtenida por las ciencias sociales y naturales.

Asimismo, Aspesi (2024) manifiesta que, un patrimonio cultural es todo aquello con lo que una sociedad se identifica, más allá de su valor utilitario, y considera digno de ser conservado. Está directamente relacionado con la identidad cultural de un pueblo, region o país, situaciones que lo definen como una unidad, como grupo social, en donde interviene como condición indispensable la memoria colectiva. El patrimonio no existe en si mismo sino sólo en relación a la comunidad establecida durante el tiempo o sociedad actual que lo contiene y lo reconoce como tal, dándole certificado de autenticidad del patrimonio cultural.

2.2.2.2 Patrimonio Arquitectónico .

Según Aspesi (2024), el patrimonio arquitectónico se compone de aquellas construcciones monumentales y únicas, así como de aquellas modestas y sencillas que definen y otorgan identidad a las zonas y a la ciudad. Son un componente esencial del inicio y de la memoria física de una comunidad. Este concepto toma una dimensión distinta, visto como un recurso inalterable, de donde surge la sugerencia de avanzar en el análisis histórico de la ciudad con el objetivo de rescatar aquellos valores que constituyen la esencia cultural de la identidad urbana y la generación de un saber urbano colectivo y característico de la comunidad..

2.2.2.3 Conservación.

Según Aspesi (2024), la preservación del bien cultural se refiere al conjunto de acciones destinadas a preservar, proteger y proteger un bien cultural con el único propósito de garantizar su persistencia a lo largo del tiempo. Igualmente, la Prevención se refiere a la acción de proteger de manera anticipada un bien cultural, con el fin de prevenir su perjuicio, degradación o aniquilación. En este contexto, la prevención no se caracteriza como una forma específica de intervención, y puede interpretarse como sinónimo de conservación, dado que no establece un tipo de acción física sobre el componente patrimonial.

Asimismo Aspesi (2024), afirma que el turismo favorece la promoción del patrimonio, dado que es un magnífico medio para la difusión y transmisión del legado histórico dentro de una sociedad. Además, facilita el contacto directo con los recursos culturales. Asimismo, la recuperación del centro histórico, mediante la jeraquización de los monumentos y la pavimentación de las vías para peatones, potencia el contacto con las obras tanto para los visitantes como para los habitantes. Adicionalmente, el reconocimiento turístico de los encantos de una ciudad puede potenciar la preservación de la identidad cultural. Dado que los residentes al conocerlos potencian su sensación de pertenencia. Se comprende la importancia del recurso.

2.2.3 Fotogrametría

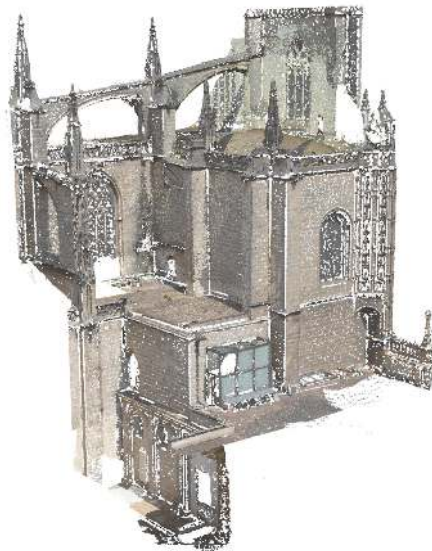
Como señala Ávila Rodríguez (2019) el cual toma la referencia de la RAE, menciona que la fotogrametría es una metodología que sirve para obtener planos y detalles del terreno evaluado por medio de tomas fotográficas aéreas. Así que se cita la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) , que manifiesta en su compendium of

Photogrammetry, la siguiente concepción de fotogrametría: “Es el arte, ciencia y tecnología de obtener información fehaciente de los objetos físicos y del medio ambiente a través procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas”.

Seguidamente Ávila Rodríguez (2019) menciona otra definición importante, dada en este caso por la ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing): “La fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición) del objeto fotografiado.

De igual forma Angulo Fornos (2020) manifiesta que, en el levantamiento gráfico de la arquitectura patrimonial se han testado todas las herramientas disponibles para la captura métrica y formal del objeto arquitectónico, verificando que ninguna es válida si el objetivo final es capturar toda la compleja realidad de dicho objeto.

Figura 21 *Captura fotogramétrica del exterior de una edificación histórica.*



Nota: Obtenido de Angulo Fornos (2020)

2.2.3.1 Utilización de la Fotogrametría

Como plantea Yero Paneque (2021), que al utilizar la fotogrametría de vehículos aéreos no tripulados (UAV) como medio de adquisición de datos, es esencial elegir cuidadosamente el tipo de cámara y dron, como se muestra en la tabla 1. Al volar sobre estructuras históricas, es ventajoso utilizar un dron de ala giratoria, preferiblemente multirrotor, ya que ofrece la versatilidad de recolectar fotografías en varias alturas y ángulos, dependiendo de la escena

exacta a documentar. La cámara está fijada al dron, acompañada de un sistema GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) y una IMU (Unidad de Medición Inercial) para determinar la ubicación y orientación precisa de las cámaras durante todo el proceso de filmación. Al planificar un vuelo, es fundamental asegurarse de que la región esté cubierta por marcos que se superpongan tanto horizontal como verticalmente.

Tabla 1 Distribución y semejanza de los UAVs según varios factores.

Clasificación del UAV según método de sustentación				
Aerostato		Aerodino		
Dirigible	Globo	Ala fija (avión)	Ala rotatoria (multirrotor)	
Clasificación del UAV según varios factores generales				
Categoría	Distancia (km)	Altura de vuelo (m)	Duración (h)	MTOW (kg)
Nano (η)	< 1	< 100	1	< 0.025
Micro (μ)	< 10	250	1	< 5
Mini	< 10	150-300	< 2	150
Close range (CR)	10-30	3000	2-4	150
Short range (SR)	30-70	3000	3-6	200
Comparación de UAVs				
UAV	Distancia	Duración	Influencia del viento	Operabilidad
Globo	1	4	4	2
Dirigible	3	3	4	3
Cometa	2	2	4	2
Alas fijas	5	5	2	4
Helicóptero (mini)	4	4	3	5
Multirrotor (con 4-8 hélices)	4	3	2	5

Nota: Obtenido de Yero Paneque (2021)

2.2.3.2 Tipos de fotogrametría

Existen diversos tipos de fotogrametría:

1. **Fotogrametría analógica:** Este procedimiento es el paso del modelo estereoscópico al plano de base en la utilización de métodos mecánicos. Los sistemas analógicos emplean instrumentos denominados restituidores, que reproducen, a escala, modelos virtuales del objeto, (Ávila Rodríguez, 2019).
2. **Fotogrametría electrónica:** Es el procedimiento óptico mecánico que es sustituido por un sistema informático que es responsable de la ejecución de los cálculos. En los métodos fotogramétricos electrónicos se pueden distinguir: la fotogrametría analítica, en ella se evalúa la foto analógica mediante un método mecánico y se obtiene una

solución matemática a través del empleo de un ordenador, (Ávila Rodríguez, 2019).

2.2.3.3 Levantamiento fotogramétrico UAS

Según Sanseverino et al. (2022), los Sistemas Aéreos No Tripulados (Unmanned Aerial System (UAS)), conocidos con diversos nombres y siglas, como Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV), aunque estos últimos técnicamente corresponden al único dron que sustenta el sistema constituido tanto por el vehículo aéreo como por el sensor montado en él, pilotados remotamente. La recopilación de datos basada en UAS se está volviendo cada vez más rentable debido a una mayor precisión y exactitud y a la capacidad de cubrir grandes áreas inaccesibles por tierra, con vuelos más cortos y una planificación de adquisición más rápida. En particular, la fotogrametría aérea de UAS se ha utilizado ampliamente en arqueología y patrimonio cultural para la documentación y mapeo 3D.

Adicionalmente Sanseverino et al. (2022) menciona que, el modelado y parametrización manual de elementos arquitectónicos existentes sigue siendo la forma más precisa de interpretarlos. Esta es una práctica común que tiene como objetivo desarrollar una biblioteca de objetos paramétricos reutilizables para una implementación eficiente de la metodología de Modelado de Información de Edificios Históricos. La metodología HBIM es una solución reconocida mediante la cual objetos paramétricos interactivos que representan elementos arquitectónicos se construyen a partir de datos históricos, y estos elementos generalmente se mapean con precisión en datos topográficos integrados.

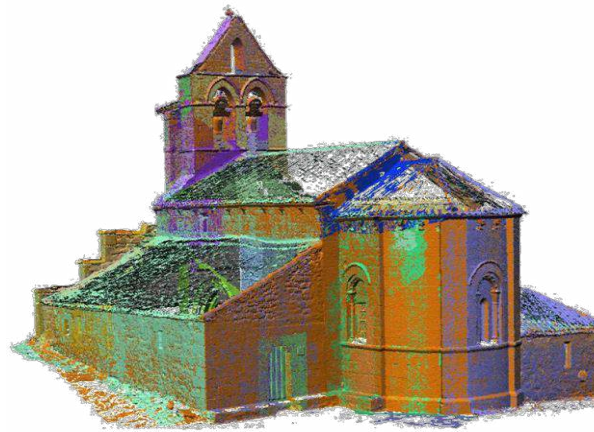
Por cierto, Sanseverino et al. (2022) manifiesta que, las investigaciones más recientes, dirigidas principalmente a intervenciones de restauración y destinadas a identificar áreas afectadas por fenómenos de degradación identificados según protocolos compartidos, se basan en la proyección de fotogramétricas sobre objetos BIM que, aunque geoméricamente precisos, no están parametrizados. La investigación investiga una propuesta metodológica para vincular datos de levantamientos de vehículos aéreos no tripulados, a través de orto imágenes de tamaño completo utilizadas como "texturas", con los subcomponentes de un activo construido, como una fachada, y sus sub partes. Los UAV pueden ser la base para la creación de una base de datos de imágenes interactiva para la reconstrucción métrica de geometría 3D.

2.2.3.4 Nube de puntos

Como expresa José López (2021), el conjunto de datos que se obtiene desde un TLS simboliza las coordenadas del objeto escaneado, se describe el conjunto de datos obtenidos de un TLS.

Los valores de las dimensiones de las nubes de puntos son tanto son mediables linealmente o radiales. Además, se pueden mejorar con valores cromáticos y texturizar utilizando datos de imagen. El proceso de extracción de información de las geometrías complejas y realistas de los elementos escaneados se ve facilitado por la representación precisa y detallada de la geometría de un entorno mediante nubes de puntos. En la figura 22 se ilustra los detalles de un monumento que han sido captados por multitud de puntos.

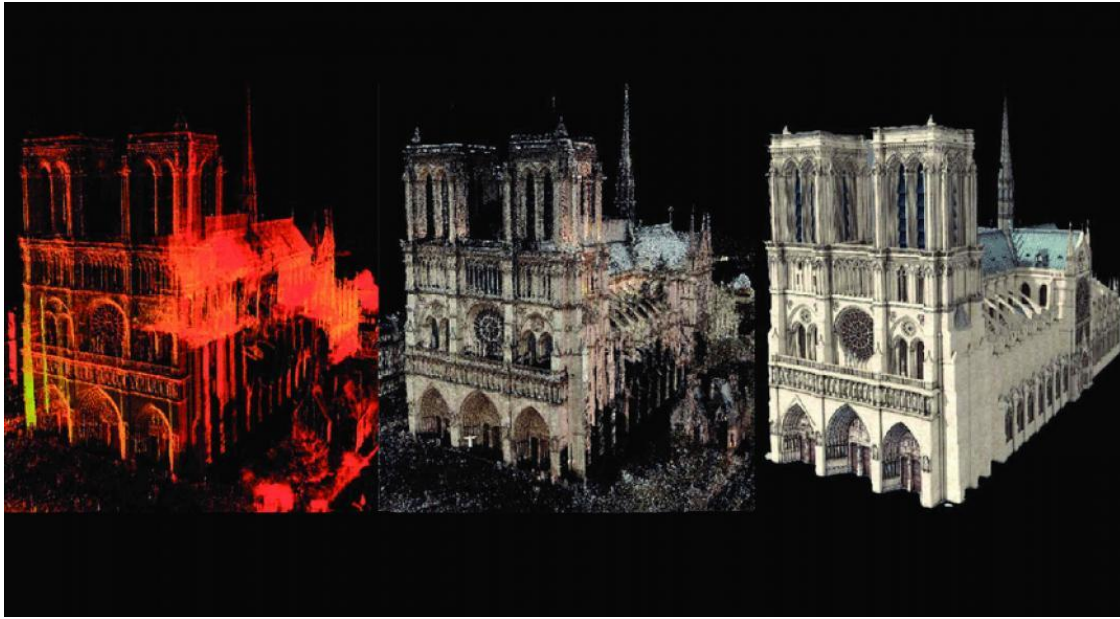
Figura 22 Nube de puntos georreferenciados en las coordenadas (X, Y, Z) de la edificación religiosa.



Nota: Obtenido de Angulo Fornos (2020)

De igual forma Durán Falcón (2021) menciona que, a la hora de generar la nube de puntos es imprescindible asegurarnos de estar posicionados correctamente y realizar un número adecuado de imágenes. El proceso de "registro de nubes de puntos" implica la creación de nubes de puntos fragmentarias por los distintos aparcamientos, que se conectarán para crear un archivo global singular .

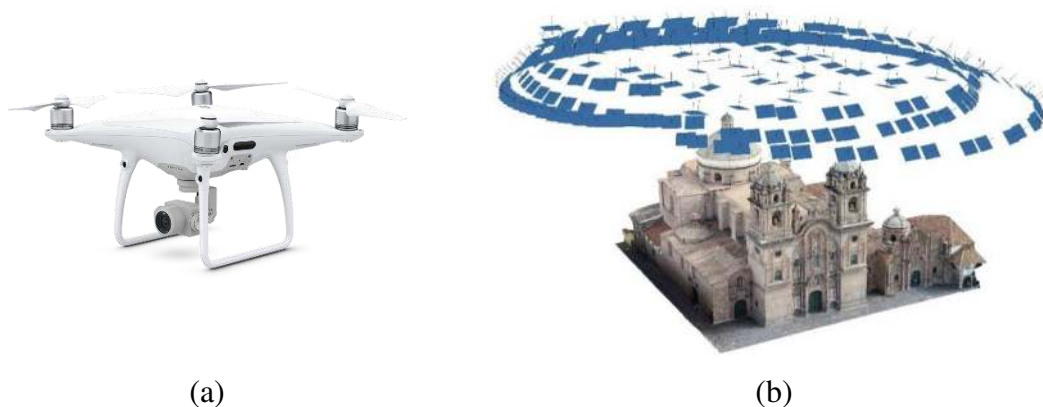
Figura 23 Escaneado Láser del monumento, Catedral de Notre Dame en París para su intervención.



Nota: Obtenido de Durán Falcón (2021)

Por su parte Reategui Arrue (2022), mediante los datos geométricos del exterior de la iglesia se adquirieron mediante fotogrametría aérea con el dron, equipado con una cámara de 20 MP, se utilizó para ejecutar el procedimiento a una altura de 40 a 50 metros del suelo. Se utilizó el software Agisoft Metashape.

Figura 24 Proceso de fotogramétrico: (a) Dron para las tomas fotográficas y (b) Desarrollo de la información obtenida de la fotogrametría según software utilizado.

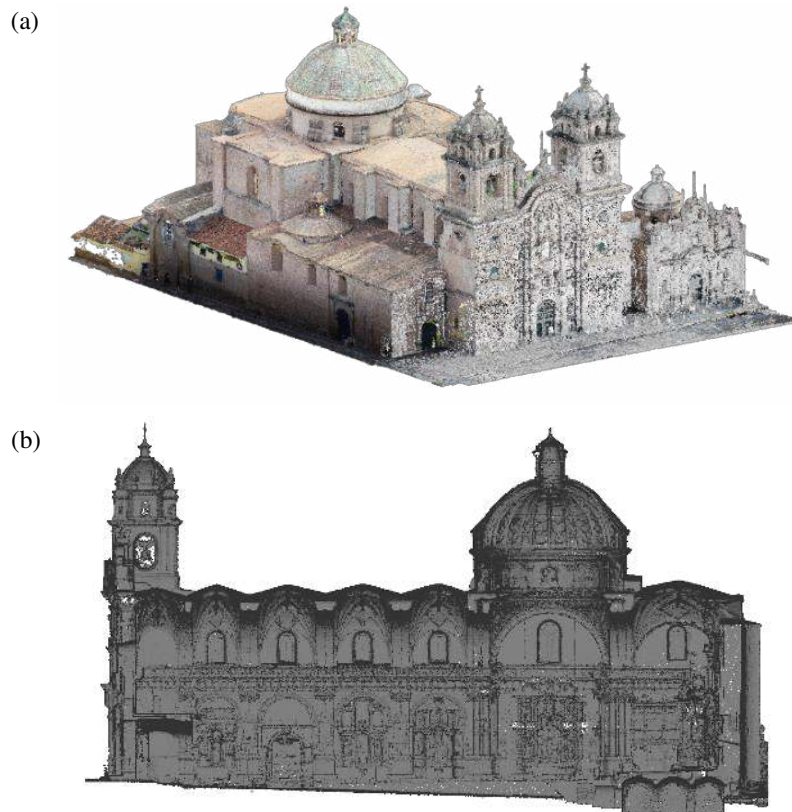


Nota: Obtenido de Durán Falcón (2021)

Finalmente, Durán Falcón (2021) menciona que, se generaron tres nubes de puntos: el escaneo exterior, el santuario de San Ignacio y la Compañía de Jesús (nave central + ermita de la Virgen

de Loreto). Se utilizó el software Geomagic Design X para desinfectar e integrar las tres nubes de puntos en una nube de puntos híbrida singular. El proceso de alineación y orientación entre los tres fue laborioso debido a los acercamientos manuales que fueron necesarios. Sin embargo, las tres nubes de puntos se volvieron compatibles, como lo demuestra la vista 3D. Según Durán Falcón (2021), dado que el modelo está destinado a fines representativos y a trabajos complementarios, como análisis estructural avanzado, los muebles, puertas y ventanas del modelo final derivado de la iglesia detallada en la figura 38 no fueron modelados.

Figura 25 Vista geométrica 3D de la iglesia de la Compañía de Jesús en Cusco, Perú.



Nota: Obtenido de Durán Falcón (2021)

2.2.3.5 Drones o Rpas

De acuerdo con Del Barrio Tajadura (2017), según informes sobre drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil, un drone es un dispositivo controlado remotamente que puede volar utilizando un controlador de vuelo. También se le conoce como Sistema de aeronave pilotada remotamente (RPAS) en la comunidad profesional. El acrónimo de RPAS es "Sistema de pilotaje de aeronaves por control remoto".

- **Dron:** También conocido como vehículo aéreo no tripulado (VANT). Originalmente

desarrollados para aplicaciones militares, los drones ahora se utilizan en una amplia variedad de campos, incluyendo la agricultura, la minería, la topografía, la fotografía y videografía, la entrega de paquetes, la inspección de infraestructuras y la vigilancia ambiental, (Lubong Blanza, 2019).

- **RPA/RPAS:** Es un subconjunto de aviones no tripulados, se diferencia del anterior en que su navegación se especifica de forma remota. De manera similar a la definición anterior, el término “Aeronave Pilotada a Distancia” (RPA) se refiere exclusivamente al vehículo de aviación pilotado a distancia, mientras que “Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia” (RPAS) engloba al sistema de control, (Lubong Blanza, 2019).

A) **Clasificación de los drones:** Se tiene una clasificación por tipo que categoriza a los RPA según la forma en la que son soportados; encontrándonos en este grupo los siguientes:

- **Tipo avión:** Conocidos como drones de ala fija Poseen el mayor grado de autonomía entre las tres variedades y son capaces de moverse más rápido, lo que les permite atravesar vastas extensiones de tierra. En consecuencia, son la opción óptima para la creación de levantamientos fotogramétricos con fines topográficos, (Lubong Blanza, 2019).

Figura 26 Vista de Drone tipo avión.



Nota: Obtenido de Lubong Blanza (2019)

- **Tipo helicóptero:** Este elevador permite vuelos estacionarios y movimiento en los tres ejes. Además, son RPA con gran capacidad de carga útil y excelente autonomía, lo que les permite cubrir trabajos técnicos de forma versátil, (Lubong Blanza, 2019).

Figura 27 *Vista de Drone tipo helicóptero.*

Nota: Obtenido de Lubong Blanza (2019)

- **Tipo multirrotor:** Es más conocido por su amplia comercialización y alcance a la sociedad civil. Se caracteriza por un mayor número de rotores y se basa en una sustentación de ala giratoria, similar al tipo de helicóptero. Con frecuencia se observan cuadricópteros, que son RPA de cuatro rotores; sin embargo, también están disponibles hexacópteros y octocópteros para tareas que requieren de una mayor capacidad de elevación debido al peso que deben transportar, (Lubong Blanza, 2019).

Figura 28 *Vista de Drone tipo multirrotor.*

Nota: Obtenido de Lubong Blanza (2019)

B) Parámetros de vuelo y Planificación de misión:

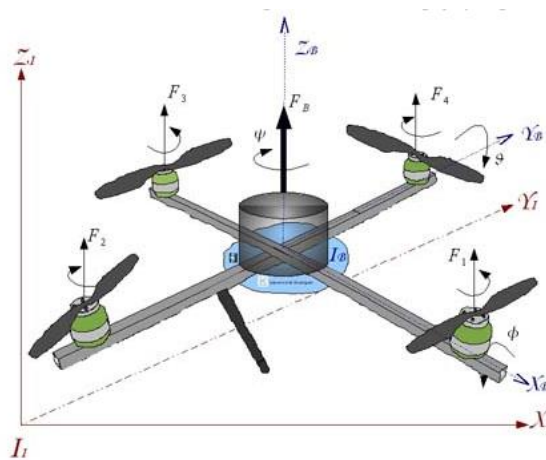
El conocimiento previo de los parámetros es esencial para lograr ciertos resultados al diseñar la estrategia de la misión de vuelo. Los factores que discutiremos son atributos que las aplicaciones de planificación de vuelos nos permiten personalizar, (Lubong Blanza, 2019); se muestran en la siguiente tabla 2:

Tabla 2 Principales clases de IFC relacionadas con niveles de estructura.

PARÁMETROS PARA PLANIFICAR UNA MISIÓN DE VUELO	
Velocidad Speed	Velocidad óptima durante el vuelo. Al fotografiar en un entorno no estacionario, este parámetro es crucial. Además, el rendimiento de la batería es inversamente proporcional a su ritmo, disminuyendo los minutos a medida que aumenta la velocidad.
Altura Offset	La diferencia de elevación entre el avión y la superficie es la medida. Esta altura puede fijarse con respecto al punto de despegue o mantenerse a la misma altura con respecto a la superficie a escanear, según el programa de planificación. La importancia de esto es que la superficie fotografiada aumenta con la altitud, aunque con una resolución más baja. Por el contrario, la resolución es mayor y la superficie se reduce a medida que disminuye la altura. Sin embargo, existe una mayor necesidad de baterías.
Solapamiento o recubrimiento Overlap	Una superficie fotográfica que se superpone de una imagen a otra para unificarlas. Existen dos métodos de recubrimiento: - Longitudinal: la distancia entre fotografías sucesivas a lo largo del recorrido. - Transversal: la región entre imágenes tomadas de caminos separados. Las recomendaciones en porcentaje de solape son: - 90% Renderizado detallado de elementos de gran altura. - 80% Terrenos, estructuras, árboles bajos. - 70% Terrenos planos con pocos árboles. - 60% No es recomendable por debajo de este porcentaje.
Modo de vuelo Mission or flight mode	Los modos de vuelo son las diversas variedades de trayectorias que se pueden programar de forma autónoma en el dron. Los siguientes son los más interesantes para trabajos aéreos en levantamientos fotogramétricos: ▪ Punto de Interés (POI): vuelo circular alrededor del elemento de interés. Adecuado para estructuras que se encuentran aisladas. ▪ Cuadrícula: recorrido que se forma por pasajes paralelos entre ellos. Suficiente para inspeccionar el terreno con un relieve mínimo. ▪ Doble rejilla: construida de la misma forma que la rejilla anterior, pero con una segunda rejilla perpendicular a la primera. Indicado para superficies con un alto grado de relieve o terrenos especialmente agresivos. Esto puede pertenecer a la topografía de una metrópoli. ▪ Lineal: Ejecuta un viaje siguiendo una trayectoria lineal. Opción de escanear líneas eléctricas, carreteras y otras estructuras.
Resolución cm/píxel Resolution	La altura de vuelo, el sensor de la cámara y la GSD (Distancia de muestreo del terreno) se encuentran entre los diversos factores que lo determinan. La resolución aumenta a medida que disminuye el número de GSD (cm/píxel), ya que representa la distancia entre el centroide de cada píxel en el suelo. Para obtener resultados óptimos, se recomienda utilizar un valor inferior a 2 cm/píxel. Es importante tener en cuenta que la precisión no la determina el GSD; más bien, se ve reforzado por los puntos de control que se emplean en el entorno laboral.
Puntos de referencia Way Points	Los siguientes son los elementos que debe considerar el programa de planificación para poder geolocalizar la aeronave mediante GPS. Es un parámetro importante a considerar, ya que ciertos programas tienen un número específico de puntos de referencia por misión.
Estabilizador Gimbal	En trabajos topográficos el ángulo se fijará en 90°; sin embargo, para elementos que utilizan el modo PDI, el ángulo se establecerá entre 30° y -45°.
Número de fotos Images	La cantidad de imágenes estará determinada principalmente por la superficie de estudio, la resolución prevista y el porcentaje de superposición. Inicialmente, la calidad de los detalles mejora a medida que aumenta el número de imágenes; sin embargo, ciertos programas de gestión de imágenes tienen restricciones en la cantidad de fotografías por modelo.

C) **Funcionamiento de un Drone:** Como dice Del Barrio Tajadura (2017), se emplea minimamente cuatro hélices o más para realizar un adecuado funcionamiento. Una de las características es que, dos de las hélices giran en una sola dirección, mientras que las otras dos hélices giran en sentido opuestas. Ambas hélices funcionan coincidentemente para elevar el drone al aire. Además el impulso genera la variación aplicada a cada hélice para dar un resultado mas completo y una mejor estabilidad del drone. La propulsión de cada hélice se ajusta o varía para regular todos estos movimientos.

Figura 29 *Movimiento de motores en un drone en un sistema coordenado.*



Nota: Obtenido de Del Barrio Tajadura (2017)

D) **Controlador de Vuelo:** Como manifiesta Del Barrio Tajadura (2017), la inteligencia de cualquier Drone se podrá encontrarse en los elementos de manipulación que no dependen de la marca sino de los comandos que controlan el vuelo. El uso de estos equipos hace que mediante sus operadores se trasmitan señales que puedan interpretar los movimientos que pueda generar un Drone.

2.2.3.6 Aplicaciones en la Ingeniería con Drones.

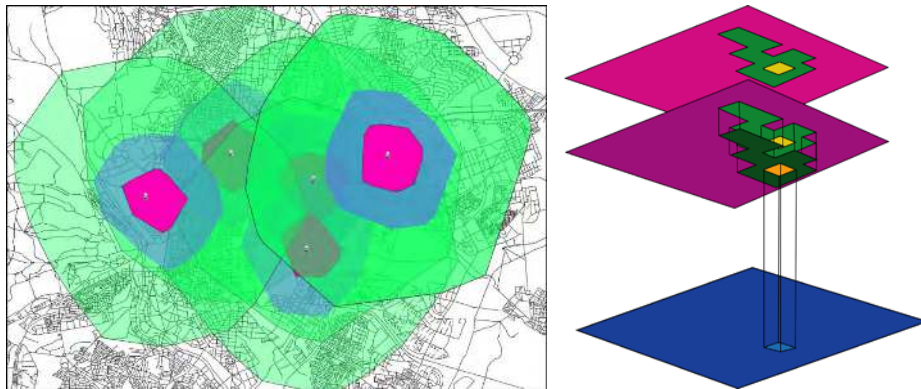
Como dice Del Barrio Tajadura (2017), desde hace más de varios años venimos viendo diferentes aplicaciones reales de los drones en diferentes actividades. Además, dentro del ámbito de la arquitectura, la ingeniería y la conservación del patrimonio, uno podría modificar su enfoque de trabajo identificando y detectando signos ocultos de anomalías estructurales. Las aplicaciones y usos que se les atribuyen incluyen:

- Búsqueda de personas desaparecidas.

- Fotografía, video y cartografía aérea.
- Prevención y Control de Incendios.
- Seguridad y vigilancia.
- Medio Ambiente.
- Agricultura.
- Geología.

A) **Aplicaciones Cartográficas** Desde la antigüedad se ha realizado la cartografía del terreno para simplificar los elementos que intervienen. Pero hoy en día se ha incrementado mayor demanda y disponibilidad de los datos espaciales, por lo que se hace necesaria la obtención de datos a una escala de tiempo y espacio reducida, (René Ledesma, 2019).

Figura 30 Áreas de influencia de las operaciones zonales según su cartografía.



Nota: Obtenido de René Ledesma (2019)

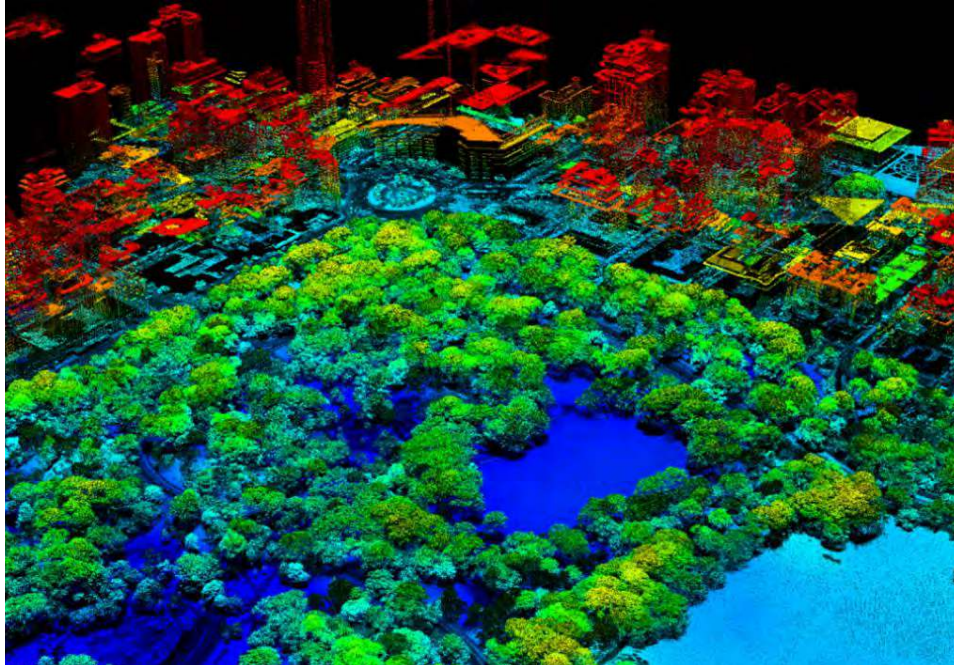
La cartografía es uno métodos gráficos que nos genera la representación del espacio geográfico a través sistemas de proyección y escala. Los resultados se plasman en Mapas y Planos, que son una interpretación gráfica simplificada de la realidad, dependiendo de la escala en la que se representan, (René Ledesma, 2019).

B) **Aplicaciones en la exploración de Recursos naturales**

Las exploraciones de Recursos Naturales necesitan una secuencia de tareas, que incluyen la prospección para identificar yacimientos y la exploración para determinar su morfología y propiedades. El proceso de LIDAR está fijado a un equipo aereo especialmente acondicionado y su trayectoria estará conectada a una red de estaciones

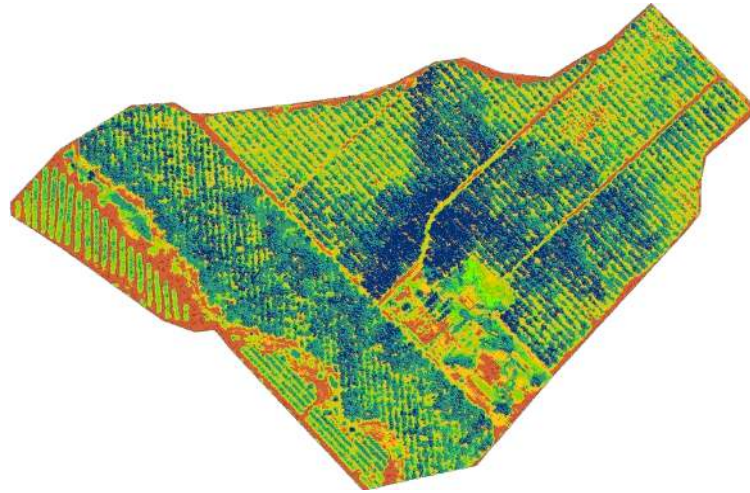
terrestres equipadas con GPS de alta precisión y situadas en puntos con coordenadas establecidas, (René Ledesma, 2019).

Figura 31 *Nube de puntos captados por el proceso del sensor LIDAR.*



Nota: Obtenido de René Ledesma (2019)

- C) Aplicaciones en Agricultura y Plantaciones Forestales** Agricultura convencional es un término que describe métodos de producción que aplican recursos de manera uniforme en toda la superficie terrestre, sin considerar los requisitos únicos de una planta específica o los diversos factores que pueden influir en el crecimiento de un producto. El objetivo de esta tecnología es garantizar que las operaciones agrícolas se realicen de acuerdo con las necesidades reales de cada zona productora, (René Ledesma, 2019).

Figura 32 *Uso de drones plantación forestal.*

Nota: Obtenido de René Ledesma (2019)

D) Aplicaciones en Diseño Geométrico de una Carretera

La metodología más eficaz para obtener el mayor nivel de precisión es desarrollar la toma de fotografías en calidad alta mediante procesamiento fotogramétrico. La clasificación manual requiere la etapa de clasificación de puntos, ya que el software Agisoft Metashape puede contener errores específicos. La ortofoto se puede emplear para implementar el diseño geométrico de la carretera. Esto ofrece información visual valiosa sobre el diseño de la línea de gradiente, Fernández Muñoz (2023).

Figura 33 *Visualización 3D del Baluarte de Santa Teresa con la nube de puntos.*

Nota: Obtenido de De la Peña Felaifel y Rodríguez Morón (2020)

2.2.4 Modelo de Información en las Construcciones.

En la opinion de Durán Falcón (2021) manifiesta que el BIM es una metodología de trabajo de construcción colaborativa que se utiliza para crear y gestionar un proyecto. Su objetivo es consolidar toda la información del proyecto en un modelo de información digitalizada.

Por otro lado Soto et al. (2022) indica que, BIM, Es un conjunto de tecnologías y metodologías que permite realizar los diseños, construcciones y operaciones colaborativas de un edificio o infraestructura en un entorno virtual. Además, BIM es una representación digital compartida de un activo que está preparado para facilitar el desarrollo de los diseños, construcciones y operaciones, según lo defina la norma ISO 19650.

Además de modo similar Sánchez Carvajal (2020) el BIM es una metodología de trabajos colaborativos que se emplea para supervisar y desarrollar iniciativas constructivas. Su objetivo es recopilar toda la información del proyecto en un modelo de información digital desarrollado por todos sus agentes.

2.2.4.1 ¿Qué es el escaneo a BIM?.

Dicho con palabras de Sanseverino et al. (2022), en los últimos años, la digitalización del patrimonio construido y los procesos de registro relacionados del entorno circundante han logrado avances sustanciales y ahora pueden acceder rápidamente a él un gran número de usuarios a través de múltiples dispositivos. la aplicación de la metodología BIM al patrimonio construido, a pesar del creciente interés en BIM como una de las tecnologías emergentes más pertinentes en los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.

2.2.4.2 Evolución de BIM.

El proceso de CAD, que anteriormente se consideraba el metodo de diseño más adecuado para los sectores industrial y manufacturero, se ha visto facilitado por los importantes avances tecnológicos en computación que se han realizado desde la década de 1960. Posteriormente, el sector de la construcción adoptó el concepto de modelado geométrico asistido por ordenador, allanando así el camino para una nueva era de representación geométrica digital con fines de diseño 2D y 3D. Sin embargo, la necesidad de representar estructuras como entidades tangibles y las limitaciones generales de las técnicas CAD hicieron indispensable el desarrollo del programa paramétrico. La industria de la construcción pronto quedó cautivada por el concepto de incorporar este flujo de trabajo al modelado de edificios. Sin embargo, no fue

hasta 1987 que Graphisoft desarrolló por primera vez instrumento que pueda representar trabajos arquitectónicos como los modelos digitales 3D y preservar la información geométrica, las características y el número de elementos utilizados en su base de datos a través de su entorno ArchiCAD. El paso inicial hacia el desarrollo de la metodología BIM se atribuye a las innovaciones tecnológicas y características revolucionarias que supuso la implementación del mencionado programa, (José López, 2021).

Es crucial reconocer que, simultáneamente con estos desarrollos, se realizaron numerosos esfuerzos para facilitar la comunicación entre varios profesionales. Así lo demuestra el surgimiento de la Industry Alliance for Interoperability (IAI), en Estados Unidos entre 1994 y 1997. El objetivo de este grupo era establecer un formato interoperable con una estructura abierta que pudiera mejorar, estandarizar y complementar el intercambio de información geométrica y semántica entre programas existentes. Industry Foundation Class (IFC) era el nombre del formato, que actualmente se encuentra en desarrollo activo. El progreso del grupo IAI, que se ha realizado bajo el nombre de Building SMART desde 2005, ha sido rápidamente emulado en todo el mundo, (José López, 2021).

Asimismo como menciona Alarcón Moret et al. (2022), un grupo reducido de proyectos que emplean la metodología BIM en la intervención de centro de entornos históricos para generar documentación y representación gráfica digital 3D más allá de lo habitual. Se trata del desarrollo para digitalizar su estado físico actual(HBIM),se realiza la documentación de su geometría, en aras de utilizar dicha digitalización para la restauración del posterior proyecto de rehabilitación. Es por esta razón que, consiste en perfeccionar métodos de trabajo y técnicas de modelado que nos posibiliten reflejar estos elementos en un modelado BIM, sin olvidar la alta complejidad geométrica que conlleva modelar torres, bóvedas,casonas, arcos y en general, elementos o edificaciones construidos hace muchos años.

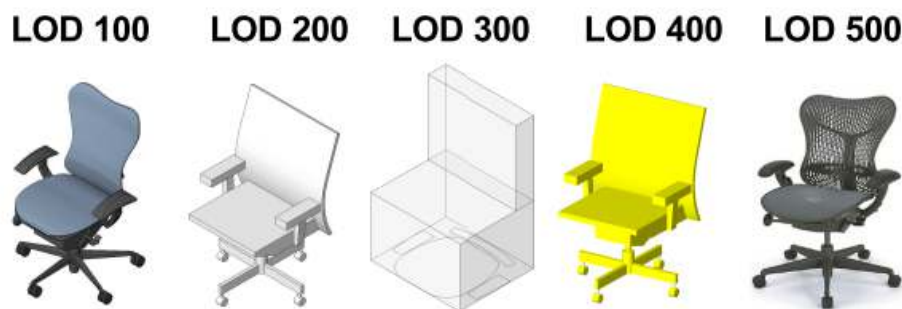
2.2.4.3 Clasificación de los niveles LOD.

Según Durán Falcón (2021), los proyectos a desarrollarse con la metodología HBIM son clasificados según la capacidad manipulación de sus elementos y la colaboración de los profesionales que manejan los proyectos. Es en ese sentido que se va estudiar y evaluar como se pueden distribuir según la cantidad de detalles que tenga el modelo del proyecto. Por lo cual adjuntan las imágenes para tener la visualización de los diferentes niveles de LOD.

Figura 34 Clasificación de niveles LOD (nivel de desarrollo) en edificaciones.

Nota: Obtenido de Durán Falcón (2021)

Antes de profundizar Durán Falcón (2021) menciona el Nivel de detalle y LOD (nivel moderado de desarrollo en inglés) son conceptos cruciales para diferenciar. El término inicial se refiere al grado de detalle presente en un elemento del modelo. Por el contrario, la segunda métrica es una medida de la calidad y cantidad de la información que no se aplica al proyecto en su conjunto, sino a cada elemento del mismo individualmente. Esto permite que una parte del modelo exhiba un nivel LOD que es mayor que el de los objetos restantes del modelo.

Figura 35 Distribución de los niveles LOD (nivel de desarrollo) en edificaciones.

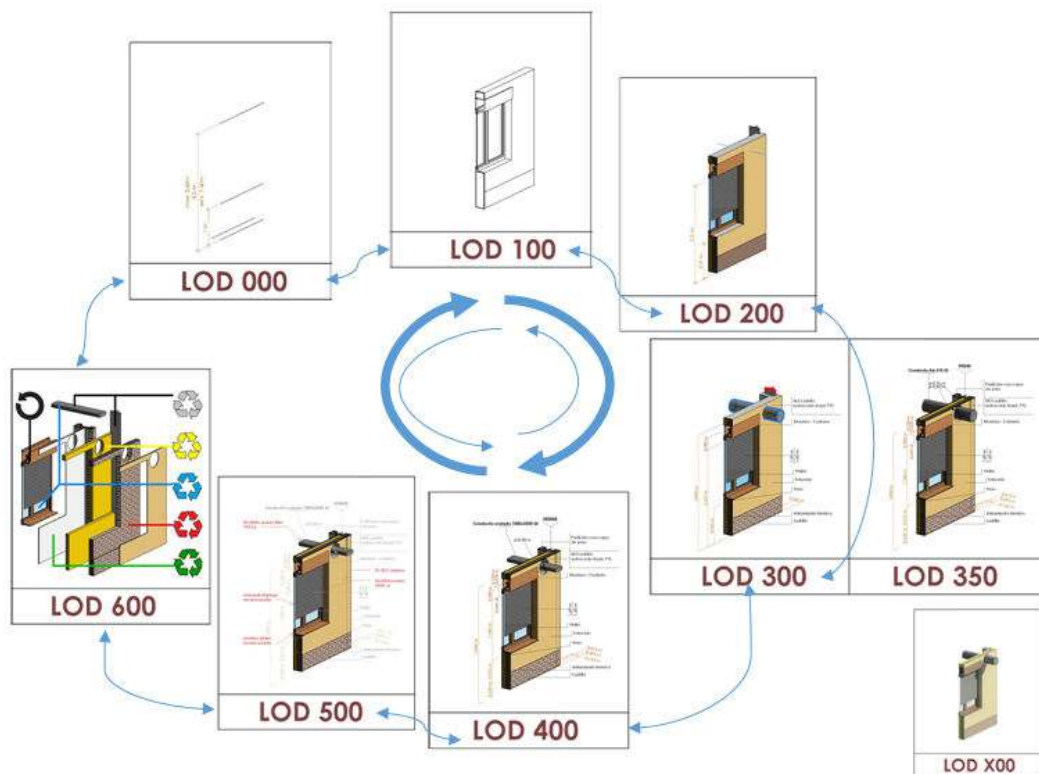
Nota: Obtenido de Alonso Madrid (2016)

Según Durán Falcón (2021) la clasificación de los niveles LOD son los siguientes:

- A) **LOD 100 - Simbólicos:** Los componentes conceptuales del emprendimiento están delineados en el nivel más fundamental. Esta numeración se puede lograr mediante el uso de un símbolo o una representación genérica. Puede no estar presentado a escala y no contiene información gráfica.
- B) **LOD 200 - Conceptual:** El nivel en la cual se especifica los parámetros detallados gráficamente, incluida la geometría, las dimensiones y las orientaciones.

- C) **LOD 300 - Genérico.:** Este nivel se constituye gráficamente la configuración peculiar de los elementos en concordancia con los proyectos.
- D) **LOD 350 - Específico:** En este nivel se modelan los elementos, que suelen ser soportes y uniones, que son fundamentales para la conexión entre elementos. Este nivel se implementa frecuentemente en grandes iniciativas, ya que normalmente modifica el anterior.
- E) **LOD 400 - Para construcción:** Los elementos están definidos geométricamente en detalle y modelados con gran precisión. Debe estar efectivamente representado y contener todos los subcomponentes necesarios para su construcción.
- F) **LOD 500 - Construido.:** Nivel de verificación. Los criterios están establecidos por las normas y propiedades correspondientes.
- G) **LOD 600:** En relación con los parámetros de reciclaje de cada elemento del modelo, incluidos los que están explícitamente definidos en LOD 400 y los niveles anteriores, (Alonso Madrid, 2016).

Figura 36 Vista de los niveles LOD 000 a 600.



Nota: Obtenido de Alonso Madrid (2016)

2.2.4.4 Características de BIM.

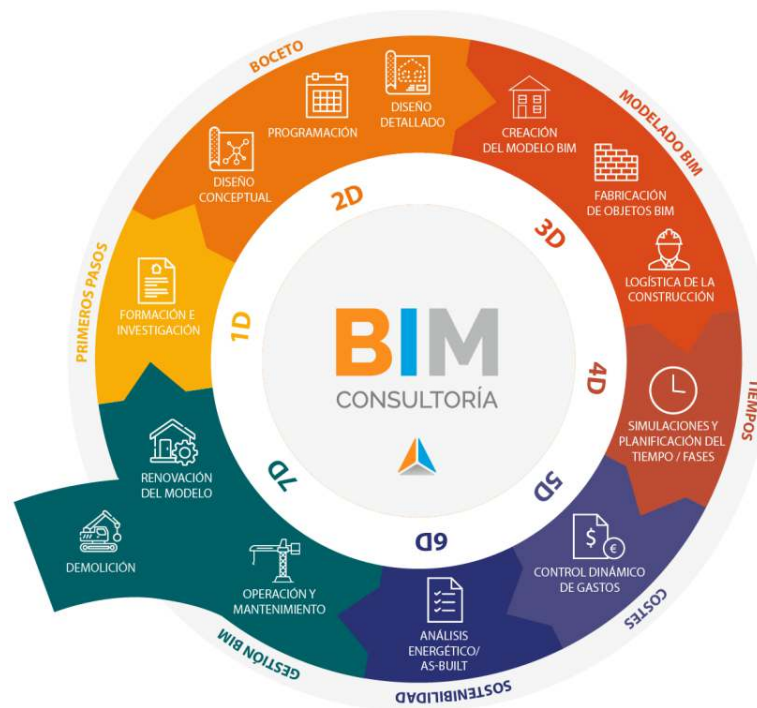
De este modo De la Peña Felaifel y Rodríguez Morón (2020) expresa que, establecer una metodología de trabajo acorde a la situación actual y con la invención de una tecnología que tiene las capacidades de clasificar y gestionar la información de los diferentes agentes que participan en un proyecto.

- A) **Modelo central:** El modelo central funciona como contenedor de toda la información virtual de la construcción, almacenando y actualizando los datos que los distintos agentes han desarrollado de forma autónoma en sus propios modelos. Para coordinar y verificar la validación de nueva información, la información restante debe incorporarse al modelo central, (De la Peña Felaifel & Rodríguez Morón, 2020).
- B) **Bidireccionalidad:** Todo software que opera de acuerdo con la metodología HBIM posee este atributo. Las aplicaciones poseen la capacidad de extraer información del modelo, administrar dicha información y volver a incorporarla al modelo centralizado de forma coordinada. También verifican las relaciones establecidas con la información ya registrada en 2D, (De la Peña Felaifel & Rodríguez Morón, 2020).
- C) **Parametrización:** Los modelos abarcan información parametrizada, que a su vez se divide en componentes con sus propios parámetros. De esta manera se establece una red de información asociada a los parámetros del modelo y sus componentes. Los parámetros deben estar presentes durante toda la evolución del proyecto, aportando al modelo información valiosa y beneficiosa para el proyecto, (De la Peña Felaifel & Rodríguez Morón, 2020).
- D) **Visualización del modelo:** Analizar el contenido el modelado central, es la base de la metodológica HBIM. El acercamiento a todas las informaciones de construcción está disponible en cualquier momento en la visualización del modelo, que se actualiza en respuesta a modificaciones en el proceso de construcción, (De la Peña Felaifel & Rodríguez Morón, 2020).

2.2.4.5 Dimensiones de BIM.

Como dice De la Peña Felaifel y Rodríguez Morón (2020), las dimensiones del ciclo de vida del proyecto, que abarca las distintas fases de diseño, ejecución, conservación y su posterior mantenimiento permanente, ya que son bienes patrimoniales que deben ser resguardados, son las siguientes:

- A) **Dimensión BIM 1D:** Se refiere a la etapa inicial del proyecto. Esta etapa incluye actividades como investigación, recuperación de datos, comprensión de la legislación y directrices, creación de espacios colaborativos, selección de software, desarrollo de estrategias, evaluación de la accesibilidad y determinación de la viabilidad.
- B) **Dimensión BIM 2D:** Esta fase abarca la utilización de visión bidimensional, dibujo digital 2D, creación de vistas y planos, inicio de parametrización de elementos, preparación para la gestión de información, establecimiento de la base de datos del proyecto, cálculos relacionados con materiales, estructuras y carga energética, así como como las etapas iniciales de los estudios del ciclo de vida del proyecto.
- C) **Dimensión BIM 3D:** Se trata de crear modelos tridimensionales que incluyen la geometría de la construcción, conexiones espaciales y recorridos virtuales. El objetivo principal es mejorar y optimizar la eficacia y excelencia en la entrega de proyectos integrados, que incluyen modelos arquitectónicos, estructurales y MEP.
- D) **Dimensión BIM 4D:** Esta fase se centra en el proceso de planificación, donde se integra el elemento tiempo, a cada elemento parametrizado se le asigna una orden de construcción y se contabilizan todas las cargas de trabajo. En este momento, podemos construir el cronograma del proyecto en forma de diagrama de Gantt.
- E) **Dimensión BIM 5D:** Durante esta fase es posible evaluar las implicaciones económicas de diseños o soluciones específicas en tiempo real con gran precisión, tomando así decisiones de proyecto más confiables. Esto incluye comparar diferentes alternativas, ya que los números y valores asociados de cada elemento se actualizan cuando se modifica.
- F) **Dimensión BIM 6D:** Durante esta fase se pueden realizar, entre otros, análisis energéticos conceptuales, evaluaciones de eficiencia energética térmica, análisis de reducción de energía solar, análisis de iluminación y análisis de instalaciones.
- G) **Dimensión BIM 7D o Facility Management:** Permite la gestión del ciclo de vida de un proyecto y sus servicios asociados. Proporciona control logístico y operativo del proyecto durante toda su vida útil; optimizando procesos críticos como inspecciones, reparaciones y mantenimiento, entre otros, así como su rediseño BIM para reutilización o demolición. Permite la evaluación de nuevas incorporaciones, mejoras y alternativas a lo largo del tiempo.

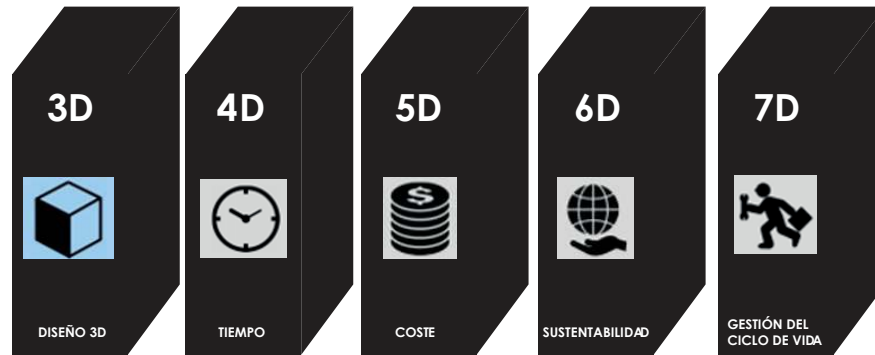
Figura 37 Dimensiones de la tecnología BIM a nivel de consultoría.

Nota: Obtenido de De la Peña Felaifel y Rodríguez Morón (2020), etapas del desarrollo BIM y sus respectivos Niveles

2.2.4.6 Softwares de Ingeniería BIM.

Según Yero Paneque (2021), los aspectos de recopilación, procesamiento y modelado de datos de un edificio se simplifican mediante la nube de puntos, una técnica métrica. Una aplicación inteligente que es capaz de generar modelos 3D a partir de información escaneada o adquirida de fotografías y que se puede utilizar para ver, modificar y gestionar archivos de proyectos de nubes de puntos. Es el archivo más eficaz para integrarlo en Revit después de generar la nube de puntos con Agisoft MetaShape. Este formato conserva la información de color de las imágenes, lo que permite verlas. Este tipo de archivo debe procesarse previamente para convertirlo a un formato (*.rcs) para poder utilizarlo en Revit.

Asimismo, Yero Paneque (2021) manifiesta que el Revit es el software BIM más utilizado en España entre los profesionales que emplean esta metodología colaborativa. Al tratarse de un formato de "Datos Abiertos", este último es el más utilizado en el sector de la construcción. Esto se debe a que es un modelo de datos abierto y estandarizado que se desarrolló mediante la construcción de SMART.

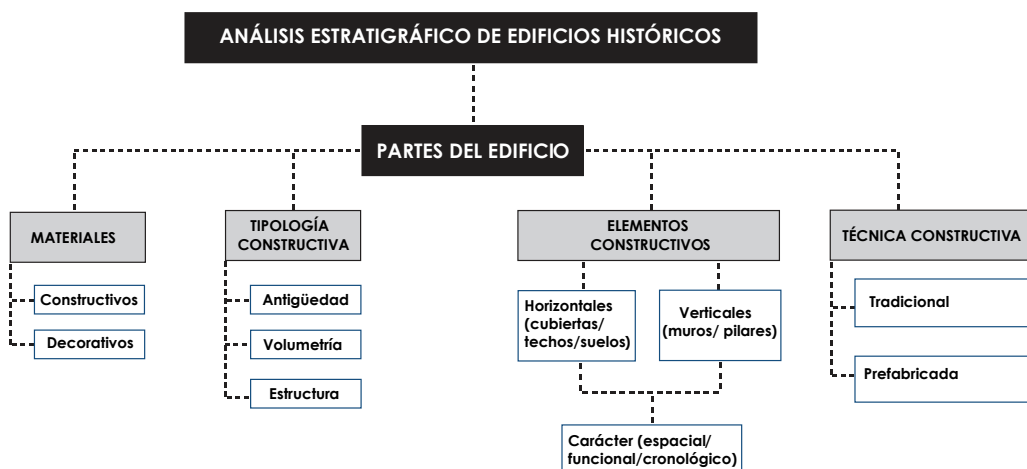
Figura 38 Visualización de dimensiones de la tecnología BIM.

Nota: Obtenido de Yero Paneque (2021)

2.2.5 Definición del HBIM

De acuerdo con José López (2021), el HBIM es un procedimiento multidisciplinario y en constante transformación que se emplea para administrar, documentar, gestionar y reconstruir digitalmente el bien patrimonial histórico.

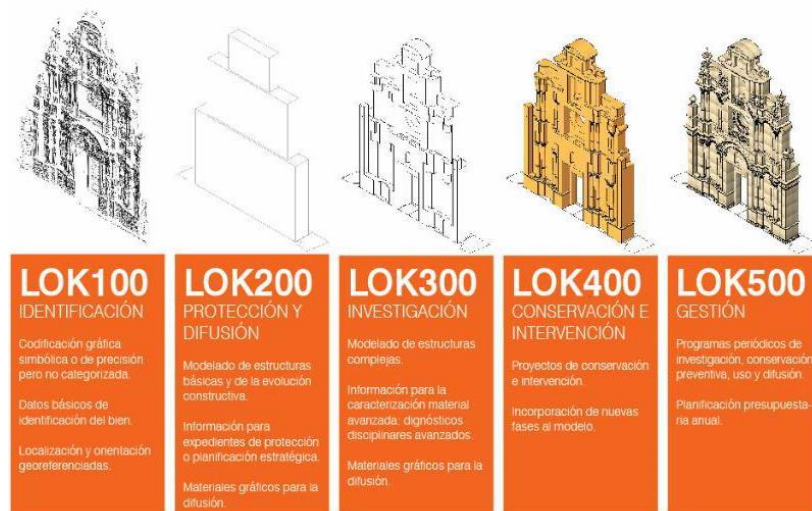
Asimismo, como plantea Yero Paneque (2021), un registro adecuado de las relaciones estratigráficas y tipologías de las edificaciones históricas es fundamental en los modelos HBIM, puesto que esta información es beneficiosa para comprender su transformación de la construcción y su lazo espacial, temporal y social. En la figura 39 ilustra la necesidad de realizar una evaluación de todos sus componentes, actividades y métodos constructivos.

Figura 39 Correspondencia estratigráfica y clasificación de materiales en edificios.

Nota: Obtenido de Yero Paneque (2021)

La metodología BIM se ha utilizado para establecer parámetros personalizados que se asocian a los distintos conceptos de la estructura de información, logrando así su efectiva introducción en el modelo. Dentro del paradigma HBIM se han designado los parámetros necesarios según los tres niveles de desarrollo. Estos niveles de desarrollo pueden denominarse niveles de conocimiento LOK a los efectos del uso patrimonial de BIM, (Angulo Fornos, 2020).

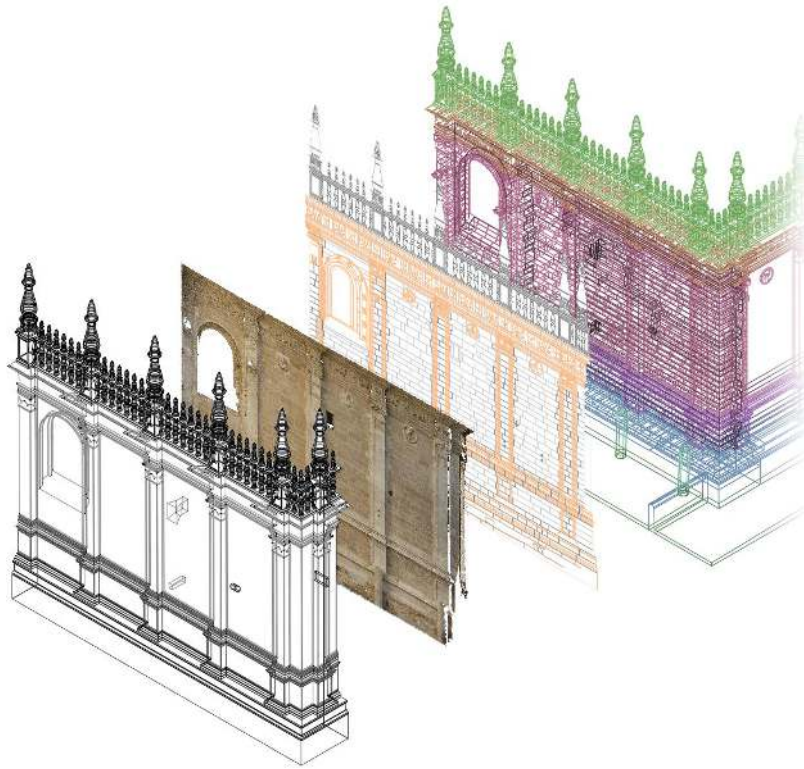
Figura 40 Dimensiones de la tecnología BIM.



Nota: Obtenido de Angulo Fornos (2020)

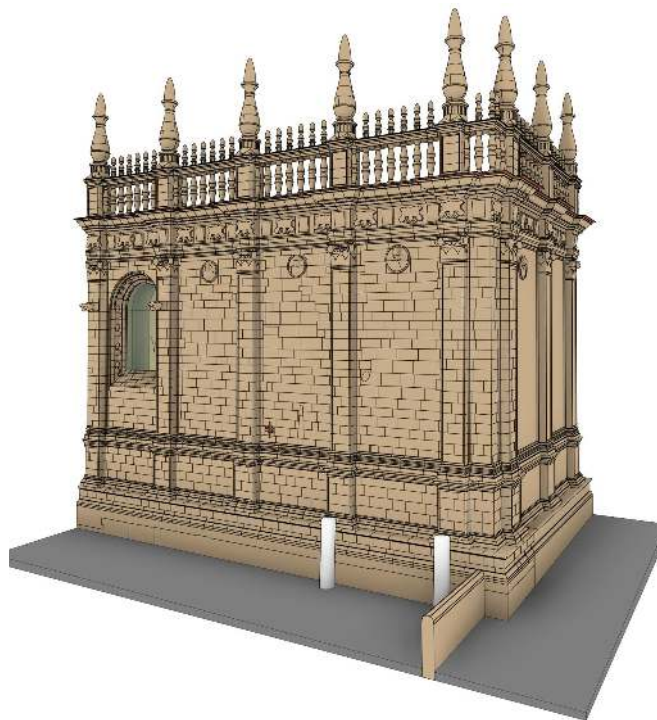
Es así que Angulo Fornos (2020) manifiesta que, el proceso metodológico del modelo se desacople de la creación y gestión del modelo HBIM mediante el programa utilizado. Esto se conseguirá mediante el uso de una aplicación o conjunto de aplicaciones que permitan transformar los datos procedentes de distintos tipos de capturas digitales 3D avanzadas como para crear un modelado de informaciones exactos y precisas de todo los niveles tras su importación al BIM. plataforma. En ese sentido, el modelo HBIM funcionará como una representación viva del edificio, recibiendo información sobre el objeto de forma continua. Sin embargo, no servirá como sustituto de la realidad.

Figura 41 *Proceso de edición en metodología CAD, el trazado de despiece se realiza en 2D y su aplicación al despiece final en entidades sólidas tridimensionales.*



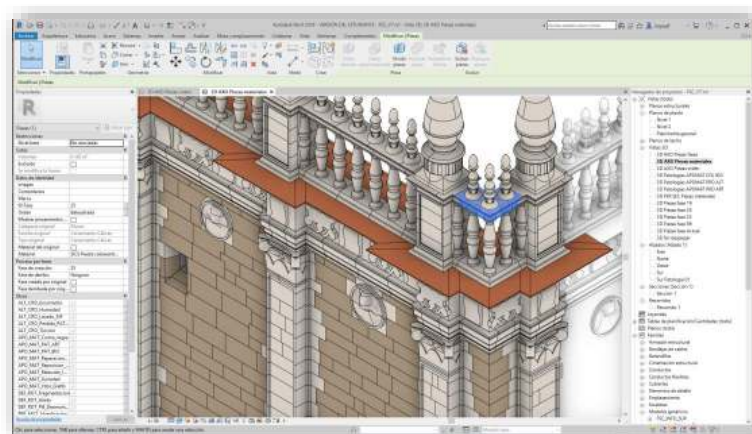
Nota: Obtenido de Angulo Fornos (2020)

Es en ese sentido Angulo Fornos (2020) menciona que, el tratamiento del NIS (Nodo de Información Superficial), a la escala de visualización y gestión está sujeto al mismo funcionamiento para cualquiera de las instancias de los elementos que componen el modelo. Por tanto, la ejecución de consultas alfanuméricas o visualizaciones temáticas se ve facilitada por los distintos valores introducidos en los parámetros asociados, así como por las conexiones con otras entidades, como se efectuará en el futuro, mediante el adecuado filtrado de la información.

Figura 42 *Vista de Modelo completo de proyecto parcial.*

Nota: Obtenido de Angulo Fornos (2020)

Una vez evaluado todas las características y la clasificación de la información mediante los parámetros introducidos en los apartados anteriores, es factible generar tablas de planificación en las bases de las plataformas BIM que sean filtrados y categorizados para cualquier parámetro o condiciones de relación, entre elementos que se han implementado en el modelo digitalizado, (Angulo Fornos, 2020).

Figura 43 *Visualización del proceso de trabajo con la metodología HBIM.*

Nota: Obtenido de Angulo Fornos (2020)

2.2.5.1 ¿Qué es un HBIM?

Como plantea Miranda (2024), en la era digital, la preservación y gestión del patrimonio cultural se benefician cada vez más de tecnologías innovadoras. Una de las herramientas más poderosas en este sentido es el Modelado de Información del Patrimonio de la Edificación (HBIM, Heritage/Historic Buiding Information Modelling), que se está convirtiendo en una pieza clave para comprender, conservar y gestionar el patrimonio cultural. El HBIM en realidad es la evolución del Building Information Modeling (BIM), pero adaptado específicamente al entorno del patrimonio cultural. Mientras que el BIM se centra en la creación de modelos digitales para la gestión de edificaciones modernas, el HBIM lo hace en estructuras históricas. Este enfoque permite analizar no solo la geometría de un edificio, sino también su historia, materiales, técnicas de construcción, intervenciones pasadas y entre otros, todo proceso HBIM tiene una serie de etapas que hay que observar para llevar a buen término el modelo y que este sea realmente útil:

2.2.5.2 Importancia del HBIM

Según Miranda (2024) menciona que, la importancia de HBIM tiene una trascendencia importancia por lo cual se menciona 4 aspectos muy importantes, que son los siguientes:

- a) **Toda la documentación en un solo sitio:** El HBIM captura no solo la geometría de un edificio, sino también detalles específicos como materiales, técnicas de construcción y cambios a lo largo del tiempo. Esto proporciona una documentación detallada de gran valor para la investigación y la conservación.
- b) **Gestionar eficientemente:** Facilita la gestión de proyectos de conservación al proporcionar una plataforma centralizada para almacenar y acceder a información crítica. Los gestores de patrimonio pueden planificar y ejecutar proyectos de restauración de manera más eficiente.
- c) **Visualización amigable:** Permite a los usuarios explorar virtualmente el patrimonio cultural en 3D, proporcionando una experiencia inmersiva que va más allá de las imágenes estáticas. Esto es especialmente útil para educar al público y promover el interés en la historia.
- d) **Análisis de impacto:** Antes de realizar cambios o restauraciones, el HBIM permite realizar simulaciones para evaluar el impacto de estas intervenciones en el patrimonio. Esto ayuda a tomar decisiones que preserven la autenticidad y el valor histórico.

Creación de los modelos analíticos HBIM Como expresa Pérez Sendín et al. (2023) el modelo HBIM se desarrolla inicialmente haciendo referencia a la nube de puntos. Los modelados BIM son procesos que implican el desarrollo de un modelo digital 3D que engloba información detallada de cada componente del edificio. El modelo BIM proporciona una base para la gestión del ciclo de vida del edificio y la colaboración multidisciplinar. Para conseguirlo se han desarrollado tres modelos paramétricos en formato IFC con distintos niveles de detalle. En la tabla 3 se presenta un análisis comparativo de los modelos generados y las expectativas desde la perspectiva del gestor BIM. Estos modelos nos permiten trabajar a varias escalas, dependiendo de las necesidades actuales.

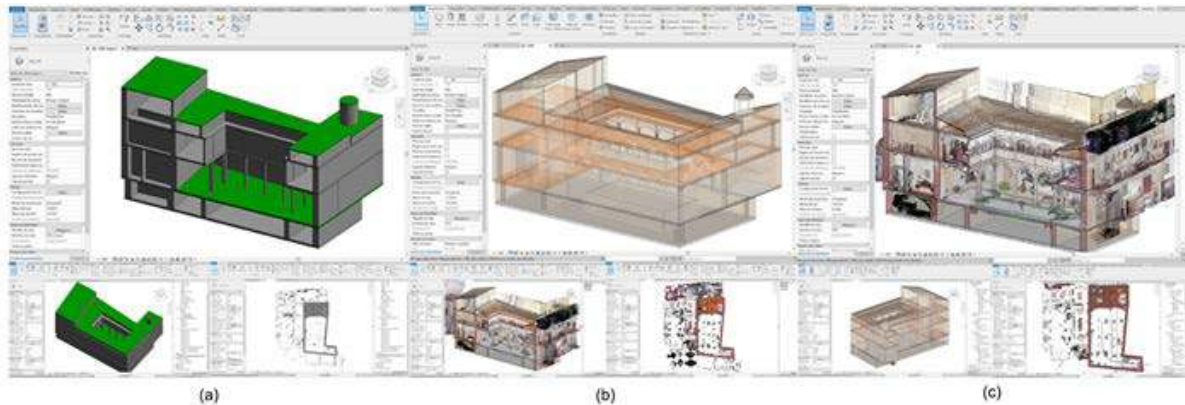
Tabla 3 *Especificaciones de los modelos de ingeniería.*

Especificaciones	M. I. Básico	M.I. intermedio	M.I. avanzado
Geometría a partir de TLS	✓	✓	✓
Materiales	✗	✓	✓
Huecos	✗	✓	✓
Carpinterías	✗	✗	✓
Instalaciones	✗	✗	✓

Nota: Obtenido de Pérez Sendín et al. (2023)

Según Pérez Sendín et al. (2023), el modelo de ingeniería fundamental, como se muestra en la Tabla 3, es un elemento versátil que facilita el diseño de instalaciones dentro de un flujo de trabajo BIM colaborativo en nuestro escenario particular. Por el contrario, los modelos son escalables dentro del flujo de trabajo; Comenzamos con el modelo fundamental y desarrollamos progresivamente los modelos de ingeniería, independientemente del LOD. Se priorizarán los requerimientos del equipo de trabajo de acuerdo con las exigencias de cada momento, coordinados por el gerente BIM.

Figura 44 Modelos analíticos de ingeniería: (a) modelo de ingeniería básico (b) modelo de ingeniería intermedio y (c) modelo de ingeniería avanzado.



Nota: Obtenido de Pérez Sendín et al. (2023)

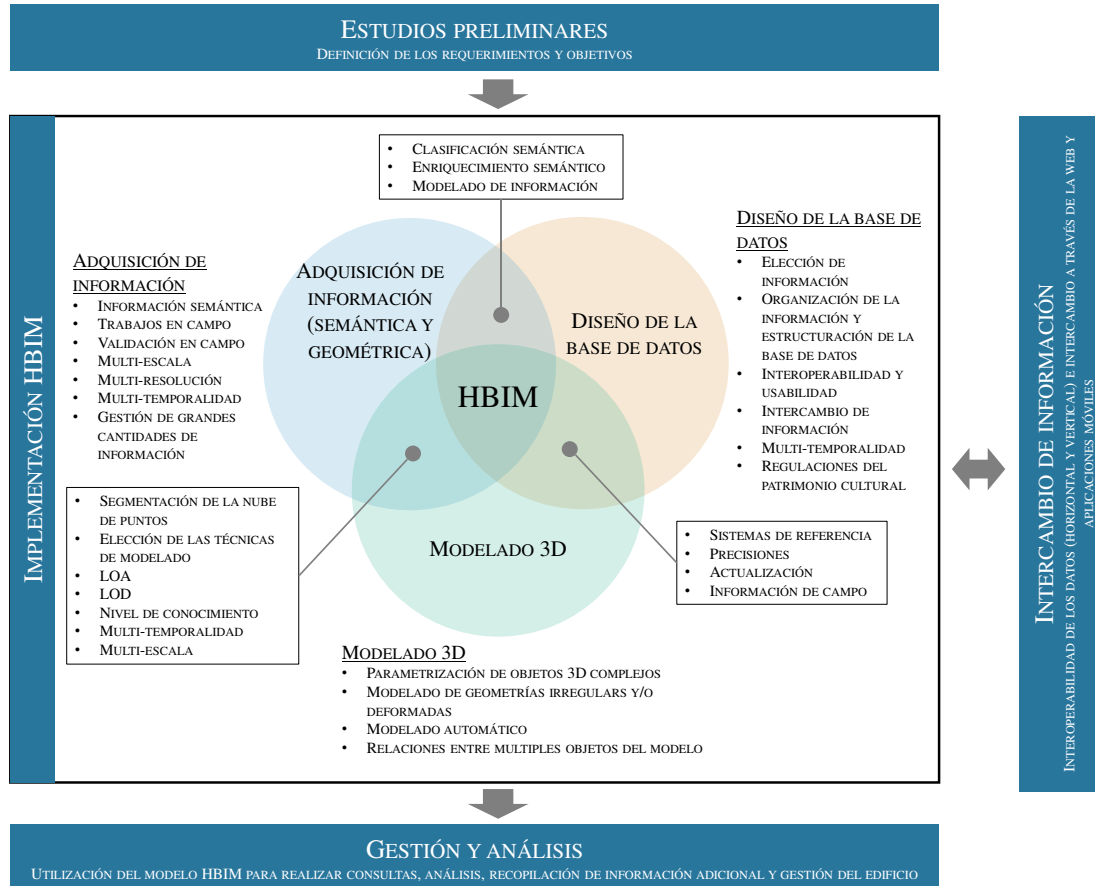
2.2.5.3 La implementación de HBIM.

Según Alejandro Velastegui-Cáceres et al. (2024), la implementación de la metodología HBIM en edificaciones patrimoniales es adecuada; la información se consigue de todos sus componentes, desde sus cimientos hasta la colocación de detalles exteriores. Esta información es importantísima, ya que permite realizar un evaluaciones exhaustivo del edificio para localizar fisuras, deformaciones, vestigios e incluso analizar si la estructura puede ser intervenida para su posterior rehabilitación con el paso del tiempo. Sin embargo, es una tecnología que presenta un alto costo de adquisición, provocando reticencias en las autoridades responsables.

Como señala Reategui Arrue (2022) el modelado de información de edificios históricos o patrimoniales (HBIM) es el término utilizado para describir la aplicación de BIM al patrimonio. Las ventajas de utilizar HBIM en iniciativas de diagnóstico, conservación y restauración del bien patrimonial son excelentes, similares a las de BIM. La figura 45 ilustra que la implementación de HBIM se compone principalmente de tres bloques fundamentales: adquisiciones de datos, modelados 3D y establecimiento de una base de datos que contiene información semántica. Los tres ámbitos son indispensables cuando se habla de HBIM y no pueden considerarse como componentes separados, ya que se refuerzan mutuamente. Podemos que, cada bloque presenta desafíos diferentes. De hecho, en los últimos años se han obtenido investigaciones sobre este tema. Aun cuando, los investigadores continúan desarrollando estudios en este campo debido a la ausencia de procedimientos para ayudar en el desarrollo de técnicas de conservación, documentacines y restauraciones utilizando la metodología

BIM, que además es necesario incorporarlo al HBIM con otras tecnologías como Sistemas de Información Geográfica (GIS), Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR).

Figura 45 Esquema explicativo de la metodología HBIM.



Nota: Obtenido de Reategui Arrue (2022)

Además, Reategui Arrue (2022) manifiesta en la presente investigación que la metodología S-HBIM se sugiere como una herramienta para diagnosticar estructuras históricas mediante la incorporación de datos de conservación estructural en un modelo geométrico 3D. Este enfoque es válido y apropiado para un estudio de caso particular. Comienza el proceso de recopilación de datos y creación de una red combinada de nodos. Posteriormente, se crea el modelo estructural 3D y también se representa la información semántica recuperada. El modelo 3D se crea mediante una combinación de métodos manuales y semiautomáticos que se basan en la nube de puntos y la programación gráfica. Esto se logra utilizando el software BIM Autodesk Revit. Los enfoques semiautomáticos utilizados para modelar la información semántica garantizan que sea accesible para todos los usuarios dentro del modelo 3D. Esta integración permite la gestión, presentación de informes y actualización de resultados, lo

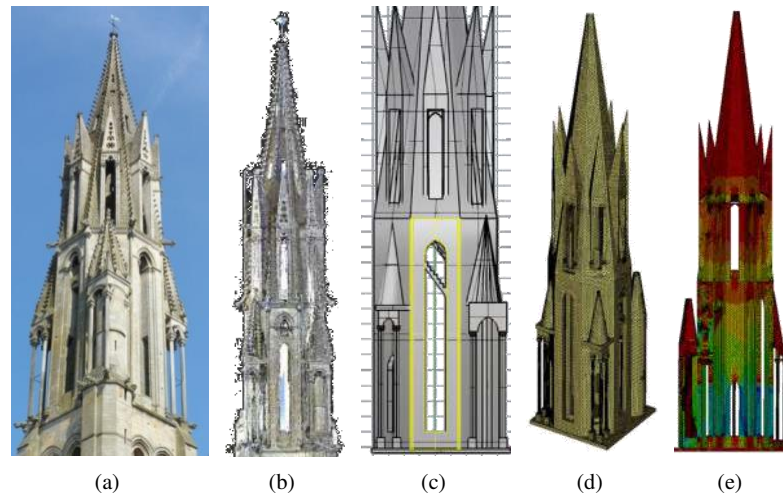
que sirve de base para el establecimiento de repositorios digitales como primer paso en la transformación digital de la infraestructura existente.

2.2.5.4 Aplicaciones del HBIM.

Como sostiene Reategui Arrue (2022), por primera vez, se acuñó el término "modelado híbrido de información de construcción", este modelo presenta un enfoque único para modelar edificios históricos utilizando datos de nubes de puntos. Un año antes, se examinó la idea, aunque utilizando el apodo de Architectural Information Modeling (AIM), que no ganó mucha fuerza debido a la cantidad limitada de estudios realizados sobre el tema. Posteriormente, se examinó el uso de nubes de puntos para la creación de modelos paramétricos de componentes arquitectónicos en entornos 3D, la generación automatizada de modelos BIM as-built y la utilización de BIM para la documentación de edificios históricos. Desde 2013, el término "HBIM" ha ganado popularidad como forma de describir el uso de BIM en edificios históricos. El enfoque HBIM se ha utilizado principalmente en situaciones de investigación en países como Italia, Portugal y España, y su uso ha aumentado en los últimos años. Estas naciones utilizan HBIM como medio para representar el proceso de restauración.

Además, Reategui Arrue (2022) manifiesta que los modelos HBIM también se utilizan para crear modelos de elementos finitos en relación con los estudios de caso. En este caso, la investigación utilizó modelos HBIM para análisis estructurales sofisticados con fotogrametría aérea. La nube de puntos se adquirió y luego se utilizó para construir un modelo 3D. La malla de elementos finitos se derivó de este modelo. De manera similar, al utilizar HBIM, los defectos estructurales se pueden mostrar en un modelo tridimensional. Sin embargo, los modelos ontológicos se utilizan para describir, preservar y establecer conexiones apropiadas entre el contenido semántico y geométrico de los modelos HBIM.

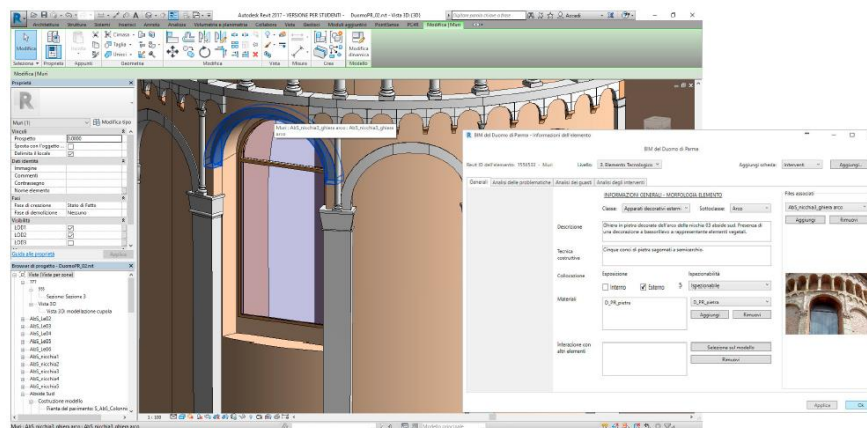
Figura 46 EL proceso fotogrametrico de la Catedral de Senlis, Francia: (a) fotografías, (b) nubes de puntos (c) modelos 3D, (d) mallas de elementos finitos, y (e) esfuerzos de compresión en las estructuras



Nota: Obtenido de Reategui Arrue (2022)

Además, de acuerdo con Reategui Arrue (2022), en la actualidad, no existe ningún programa que pueda satisfacer los requisitos integrales para el modelado 3D de estructuras patrimoniales y su gestionamiento eficiente de las informaciones. El modelado HBIM está por obtenerse; sin embargo, existen ciertos esfuerzos por desarrollar modelos para softwares BIM que mejoraran el procesamiento de datos, la generación de formas geométricas avanzadas y la gestionamiento de información, entre otras procedimientos dentro del marco HBIM. Un método alternativo es emplear programación dentro del software BIM para todo proceso de generación del modelado HBIM, reduciendo así la necesidad de software especializado.

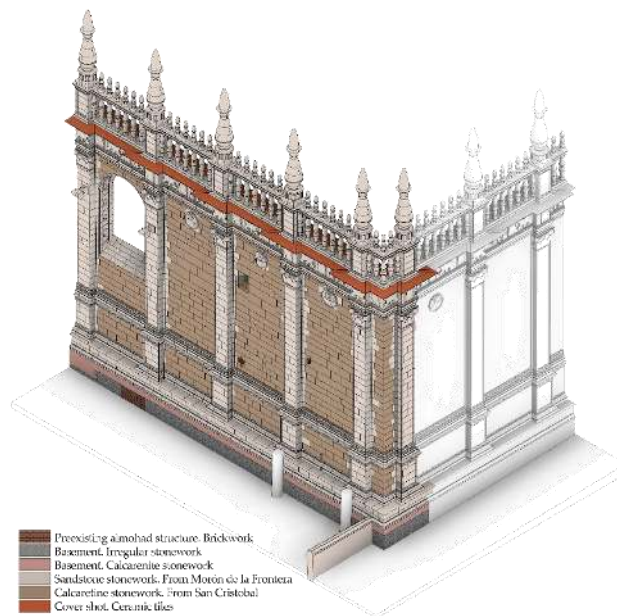
Figura 47 Visualización de Interfaz generado por el software Autodesk Revit.



Nota: Obtenido de Reategui Arrue (2022)

También Reategui Arrue (2022) manifiesta que el HBIM se utiliza para la conservación de información sobre la evaluación de los edificios existentes. Este objetivo es trazado generando datos semánticos sobre el estado de conservación de los elementos dentro del entorno HBIM. Esta información se refiere a datos geométricos, segmentos de los componentes, deformaciones existentes y características mecánicas de cada pieza. Además, la información se clasifica en dos clasificaciones principales: información procesada e información no procesada. Esto tiene especial importancia en iniciativas de diagnóstico estructural, ya que permite la interpretación de la información, el análisis en función de objetivos concretos e incluso comparaciones con otras técnicas de procesamiento.

Figura 48 Visibilizar los materiales en cada componente del modelo HBIM de la Catedral de Sevilla.



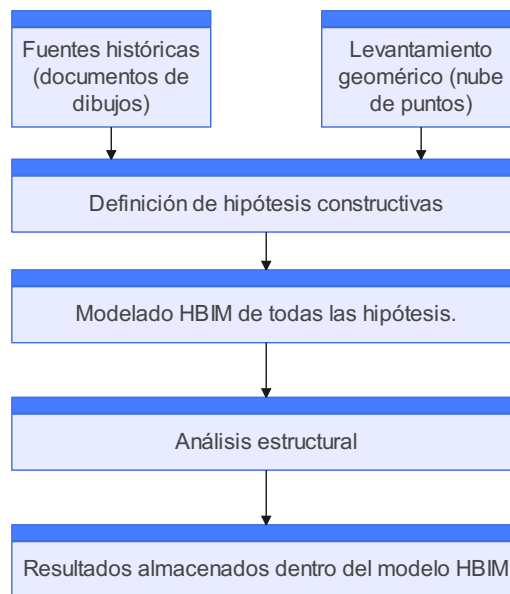
Nota: Obtenido de Reategui Arrue (2022)

2.2.5.5 Metodología HBIM.

El propósito de la investigación según Fazion et al. (2024) es crear y evaluar una metodología que se basa en HBIM con el fin de visualizar, almacenar y evaluar diversas hipótesis de construcción para componentes específicos de la estructura. Como caso de estudio se ha seleccionado la iglesia de San Michele Maggiore en Pavía. En consecuencia, ciertas etapas del método estarán estrechamente asociadas con el estudio de caso elegido, pero también pretenden ser ampliamente aplicables en otros contextos. El método propuesto implica una fase inicial de comprensión de las fases históricas de construcción del edificio. Para definir y

comprender la historia del edificio, es imperativo realizar un análisis de los archivos históricos y de todas las fuentes históricas. Para este fin también son beneficiosas las interpretaciones e hipótesis de construcción propuestas por estudiosos de reconocida importancia a lo largo del tiempo, además de las fuentes históricas. Para definir con mayor precisión el estado actual del edificio y compararlo con la información encontrada en fuentes históricas, es imperativo realizar un estudio geométrico junto con los análisis históricos.

Figura 49 El método propuesto para modelar y evaluar las diversas hipótesis constructivas utilizando un flujo de trabajo orientado a HBIM.



Nota: Obtenido de Fazion et al. (2024)

2.2.5.6 Modelado HBIM.

Según el punto de vista de Chiabrando et al. (2017), el proceso de desarrollo del modelo en los entornos BIM están relacionados con la generación de los objetos que representan cada componente del edificio, incluidos atributos y relaciones tanto geométricos como no geométricos. En las evaluaciones de los estudios realizados, los modelos se crean con fundamento en la información inicialmente captada.

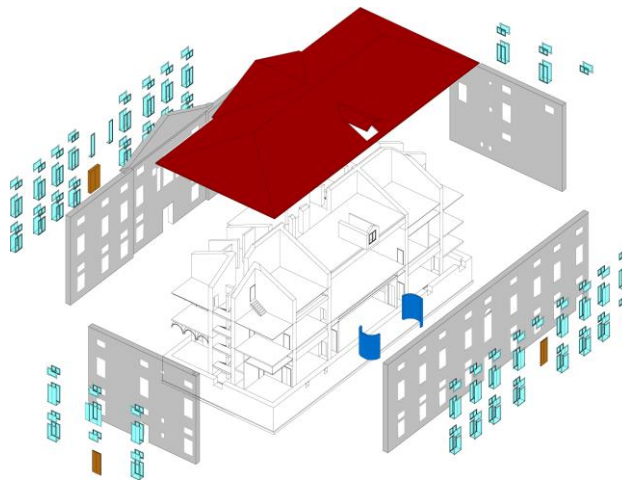
Figura 50 Nube de puntos obtenidos mediante UA de la parte exterior del Palazzo Sarmatoris.



Nota: Obtenido de Chiabrando et al. (2017)

Por lo tanto, según Chiabrando et al. (2017), la principal meta es la realización del diseño de nuevas metodologías que puedan aprovechar los beneficios de BIM. A pesar de que, la tradicional y representación por patrones 2D no puede enriquecerse con ningún otro parámetro. Este es el motivo por el cual se evaluó en detalle las posibilidades de mapearlas en 3D.

Figura 51 Axonometría expansionada del modelo final del Palacio Sarmatoris.



Nota: Obtenido de Chiabrando et al. (2017)

Sin embargo, Chiabrando et al. (2017) manifiesta que, El modelado 3D de deterioros en la plataforma BIM garantiza que la base de datos relacionada se enriquezca con datos gráficos, geométricos y alfanuméricos que puedan utilizarse eficazmente para diseñar y gestionar futuras intervenciones. El valor añadido se deriva de su capacidad de vincular nuevos parámetros

que delimitan el estado de conservación de los materiales y la descripción integral de las intervenciones necesarias para restaurar el edificio. Se pueden utilizar una serie de criterios para verificar la disponibilidad de este tipo de modelación, y también se puede implementar en el tiempo en el contexto de la vigilancia y el control diacrónico de los objetivos de conservación preventivos y planificados.

Figura 52 Visualización 3D del modelo paramétrico de Villa Sarmoris con el decaimiento mapeado.



Nota: Obtenido de Chiabrando et al. (2017)

2.2.6 Patología y Daños en Edificaciones.

En la opinión de Del Barrio Tajadura (2017), es crucial que los profesionales tengan una comprensión precisa de los conceptos relacionados con la rehabilitación antes de profundizar en el estudio teórico de la tecnología y las metodologías de rehabilitación. La patología es un tema muy importante. En el ámbito de la conservación y restauración de edificios, el término "patología" se refiere al examen de los problemas de construcción y rehabilitación.

Según Del Barrio Tajadura (2017) toma la referencia del RAE, define que la patología como el grupo de signos que pueden generarse en cualquier momento debido a defectos estructurales o circunstancias desfavorables. La rehabilitación es el método más eficiente para resolver estos problemas de manera sencilla y similar y preservar nuestra importante narrativa. Dentro del

ámbito de la construcción y la rehabilitación, la palabra "patología" tiene una característica distintiva que imparte un sentido de propósito.

La palabra "patología" se utilizará para denotar el campo científico que examina los problemas y sus mecanismos. Además, se utilizará el término "patológico" para describir procesos y estudios. El término "patología constructiva" se refiere a la evaluación de los problemas de construcción que ocurren en un proyecto terminado, (Del Barrio Tajadura, 2017).

2.2.6.1 Patología de la construcción.

De acuerdo con Fiol Olivan (2014), la palabra patología según el diccionario de la Real Academia Española (RAE) define patología como la rama de la medicina que se centra en el estudio de las enfermedades. La patología, como campo de estudio, se centra en el análisis y resolución de los problemas constructivos que surgen en los edificios. La patología se refiere específicamente al estudio científico de los problemas de la construcción, sus procesos y sus soluciones. El término "patológico" se utiliza para describir actividades e investigaciones vinculadas a esta área.

A juicio de Vera Guarnizo et al. (2022), la patología de la construcción engloba todos los daños descubiertos en una estructura como consecuencia de problemas constructivos, en ocasiones atribuibles a la irresponsabilidad del constructor. Es importante considerar que una investigación de patología implica realizar una investigación exhaustiva para identificar la causa de las enfermedades y descubrir la cura óptima sin comprometer el desempeño de ningún componente del edificio.

Como dice Vera Guarnizo et al. (2022), la patología de la construcción examina cambios perjudiciales o anomalías que aparecen en los componentes estructurales de un edificio, a menudo acompañados de síntomas y lesiones específicos que comprometen su longevidad e indican la presencia de un proceso patológico. Por lo tanto, es crucial abordar rápidamente estas cuestiones para evitar gastos excesivos y el deterioro prematuro del edificio.

Como expresa Diaz Barreiro (2014), la Patología procede según la Real Academia Española (RAE) del griego "pathos" enfermedad y "lagos" estudio, al trasladar el término "patología" al campo del conocimiento de la ingeniería civil se mantiene la relación semántica, para abordar estos problemas, se realiza un análisis para examinar los síntomas, procesos, causas y fuentes de fallas estructurales en los edificios con el fin de proporcionar un diagnóstico. La patología de la construcción es la disciplina científica que investiga y analiza los problemas que surgen

en la apariencia y funcionamiento de los sistemas constructivos.

De manera similar Díaz Barreiro (2014) afirma que esta definición especifica que los profesionales solo deben intervenir cuando haya signos visibles de anomalías o defectos en la construcción. Esta definición excluye acciones preventivas durante la fase de diseño, como cálculos estructurales, estudio de las características del suelo, consideración de las condiciones climáticas, evaluación de la calidad de los materiales y consideración de la percepción de los espacios habitables. Estos aspectos son cruciales para garantizar el rendimiento a largo plazo de las estructuras.

2.2.6.2 Etapas de un estudio de patología.

La posición de Vera Guarnizo et al. (2022), para comenzar la investigación del malestar en una estructura histórica, es crucial identificar los pasos secuenciales involucrados en el estudio de la patología. Los pasos para cualquier tipo de examen patológico, independientemente del tipo de edificio, se establecen de la siguiente manera:

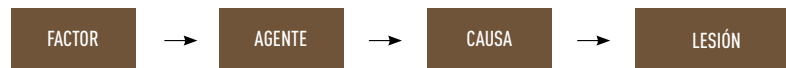
- a) **Etapa 1 - Reconocimiento:** Consiste en identificar visualmente la susceptibilidad de las fallas y determinar las pruebas adecuadas para establecer el origen del daño que el paciente pueda necesitar.
- b) **Etapa 2 - Historia clínica:** El enfoque implica recopilar información completa del paciente, sin excluir ninguna investigación, ya que los procedimientos de diagnóstico y rehabilitación dependen en gran medida de estos datos.
- c) **Etapa 3 - Ensayos y diagnóstico:** Pruebas y diagnóstico: Esta etapa implica la realización de pruebas destructivas o no destructivas en función de las necesidades específicas de los componentes y su estado actual. Si es posible, es aconsejable evitar realizar pruebas perjudiciales.
- d) **Etapa 4 - Propuesta de rehabilitación:** Esta etapa implica brindar todas las sugerencias e instrucciones necesarias para la rehabilitación del paciente, con el objetivo de restaurar las cualidades funcionales de las partes afectadas. Es importante señalar que no se debe confundir rehabilitación con restauración.

2.2.6.3 Proceso Patológico.

Para abordar un problema de conservación o restauración el MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020) afirma que es fundamental realizar primero un diagnóstico, que implica comprender su origen, progresión, factores subyacentes, desarrollo, síntomas y condición

actual. El conjunto de características sucesivas del problema al que nos referiremos como proceso patológico. Simultáneamente se diagnostican las lesiones y se establece el orden cronológico de este proceso, diferenciando las variables de los agentes, las causas y las lesiones. La identificación del proceso patológico permite la detección de anomalías o síntomas a nivel de superficie que afectan una ubicación específica. Sin embargo, existen elementos que aumentan y agilizan esta condición. El conservador es responsable de identificar las causas de la degradación y comprender sus procesos de actuación para establecer la forma adecuada de intervención necesaria para cada proyecto de conservación y/o restauración. Todos los materiales pueden ser susceptibles al mismo agente deteriorante, pero presentan síntomas distintos. Por ello, es recomendable examinar minuciosamente cada tipo de material.

Figura 53 Proceso patológico se empleará la siguiente secuencia.



Nota: Obtenido de MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020)

A) **Factores de Deterioro:** Según MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020), el ritmo del deterioro está directamente influenciado por el tipo de degradación, que puede acelerar, retrasar, agrandar o comprimir las lesiones. Para ello existen dos formas de clasificación: variables intrínsecas y extrínsecas.

- **Factores intrínsecos:** Estas variables pertenecen a las cualidades inherentes del propio material y son responsables de su degradación. Incluyen el tipo, tratamiento y/o uso de los materiales. Sin embargo, la permeabilidad al agua está influenciada por la morfología, dimensiones y configuración de los poros, así como por su interconectividad.

Figura 54 Proceso patológico de factores intrínsecos y extrínsecos.

1. CUADRO DEL PROCESO PATOLÓGICO			
FACTORES DE DETERIORO	AGENTE	CAUSA	LESIONES
INTRÍNSECOS	De origen	Materiales empleados en obra	Uso inadecuado de materiales e incompatibilidad de materiales
		Errores de construcción	Separación entre muros, desplomes parciales, remodelaciones, deformaciones y desplazamiento
EXTRÍNSECOS	Agentes ambientales	Radiación	Decoloración y resequedad
		Temperatura	Rajadura, fisuras por dilatación y contracción
		Humedad	Hongos, desprendimiento de material, pudrimiento y humedad por capilaridad
		Contaminación atmosférica	Oscurecimiento, esmog y lluvia ácida
		Vientos	Erosión, pérdida de mortero
		Salinidad	Manchas, meteorización del material y desprendimiento
		Lluvias	Sedimento de arcilla sobre paramento y manchas de agua

Nota: Obtenido de MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020)

- Elásticos: Este material, una vez deformada por una fuerza externa, tiene la capacidad de recuperar su forma y tamaño original.
- Plásticos: Tienen la capacidad de mantener perpetuamente las deformaciones generadas por fuerzas externas.
- Frágiles: Este material es propenso a romperse cuando se deforma por una fuerza externa.
- **Factores extrínsecos:** Se refieren a aquellas influencias que no son inherentes al material en sí, sino que provienen de agentes externos presentes en el entorno alrededor del material constructivo del monumento.

Figura 55*Proceso patológico de factores extrínsecos*

1. CUADRO DEL PROCESO PATOLÓGICO			
FACTORES DE DETERIORO	AGENTE	CAUSA	LESIONES
EXTRÍNECOS	Agentes biológicos	Microorganismos	Putrefacción
		Vegetación	Desmembramiento de estructuras
		Insectos	Apolillamiento
		Fauna	Desgaste de material y perforación
	Agentes fortuitos	Terremotos	Asentamientos, inestabilidad estructural y desplome
		Deslizamientos	Desgarramiento del terreno, pérdida de elementos y sepultura total o parcial
		Fuego	Calcinamiento
	Agentes humanos	Intervenciones erróneas	Desunión contextual
		Sobreuso	Desgaste, tugurización e impacto ambiental
		Vibración de tránsito	Rajaduras y asentamientos
		Agresiones contra el patrimonio	Inestabilidad estructural
		Vandalismo	Grafiti y pérdida de material
		Falta de mantenimiento	Suciedad

Nota: Obtenido de MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020)

B) Análisis de causas de deterioro

Como dice Miranda Muñoz y Rivera Paco (2023), el cual señala que Casa Ochoa está sufriendo un declive natural, aunque hay elementos que aceleran este proceso. Luego destaca que el deterioro se refiere a la degradación de las propiedades físicas, químicas y visuales originales, y sufre un proceso de inestabilidad provocado por ciertas variables. Además, es crucial comprender el proceso de deterioro, identificar las razones y sus procesos subyacentes para sugerir remedios, determinar el enfoque de intervención adecuado y elegir las tácticas a implementar.

C) **Causas de deterioro** Según MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020), la necesidad casi siempre tardía de prever eficazmente la conservación y la vida de un edificio histórico mediante la restauración requiere una selección cuidadosa de remedios adecuados a la naturaleza y causas del deterioro. Por lo tanto, todo proyecto de restauración debe ir precedido de un análisis preciso. estudio diagnóstico, así como cualquier tratamiento médico debe derivar de un minucioso análisis y estar estrictamente correlacionados con causas patológicas o traumáticas reales. Las razones difieren según

el tipo específico de agente podredumbre. El propósito del diagnóstico es identificar las causas subyacentes de las lesiones para atacar eficazmente la enfermedad en su origen. Un proceso patológico no se puede detener hasta que se haya interrumpido su origen, y este es un aspecto crucial de cualquier intervención de conservación.

D) Clasificaciones de Causas

Como manifiesta Regalado et al. (2022), la Identificación de Causa Probable de Patologías: muestra las causas probables para cada tipo de patología, las cuales han sido validadas mediante juicio experto de cinco ingenieros civiles colegiados con una larga experiencia profesional en proyectos de construcción y conocimientos adquiridos sobre las causas de patologías comunes. Una vez más cabe destacar que las patologías se refieren únicamente a la estética del edificio histórico. Sin embargo, la causa puede estar relacionada con su comportamiento estructural y es por eso que se decidió confiar en el asesoramiento de ingenieros civiles.

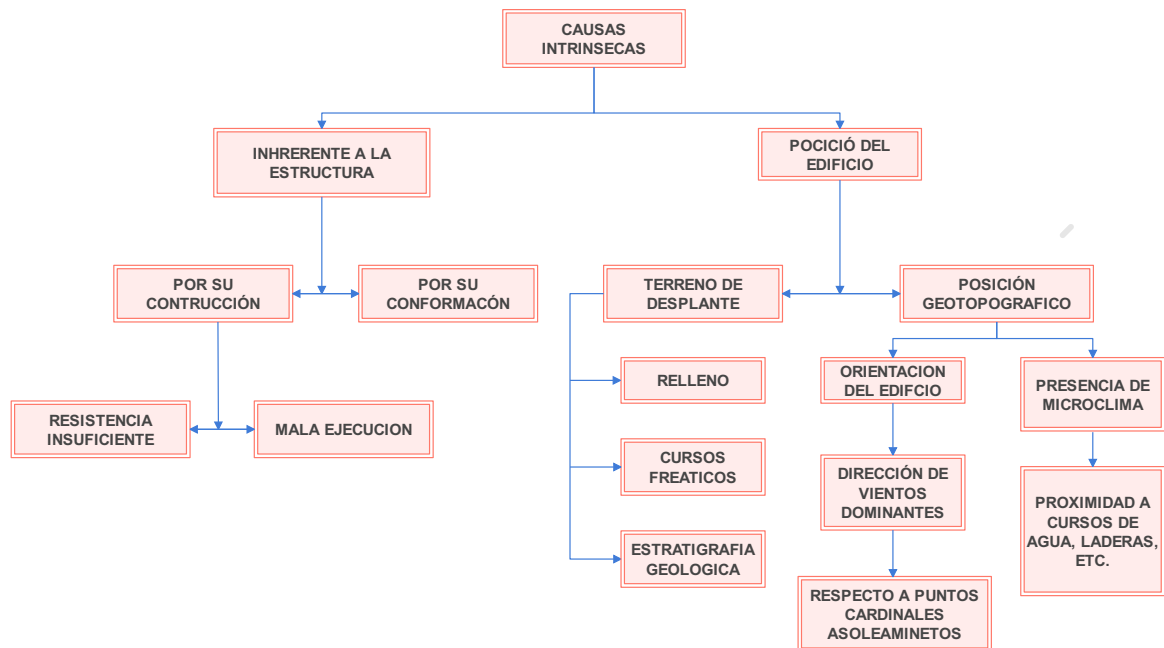
Tabla 4 *Causas probables según el tipo de patología.*

Tipo de Patología	Causa probable	Descripción
Grietas	Asentamiento del terreno	Los asentamientos pueden producir grietas en la estructura.
	Temblores	Los terremotos producen vibraciones en la estructura, generando con ello grietas.
	Mal proceso de construcción	Un desencofrado demasiado pronto, cuando el hormigón aún no ha alcanzado su máxima resistencia, provoca mayores deformaciones y por tanto fisuras.
Acabado desgastado	Humedad	Con el paso del tiempo y sin un mantenimiento adecuado, la humedad deteriora el material.
	excremento de paloma	Con el paso del tiempo, los excrementos de paloma deterioran el material. Produce más daños que la humedad debido a sus componentes orgánicos.
Agujeros en el Edificio	Mal proceso de construcción	Un desencofrado demasiado pronto, cuando el hormigón aún no ha alcanzado su máxima resistencia, provoca mayores deformaciones. En casos críticos, esto producirá aberturas en la estructura.
	Temblores	Producen vibraciones en la estructura, que pueden generar aberturas en zonas de menor resistencia estructural.
	Vibraciones externas	Las vibraciones de las máquinas que trabajan en el exterior pueden provocar vibraciones en la estructura, que pueden generar aberturas.
Cables colgantes	Falta de mantenimiento	La fachada está sujeta a desgaste por factores ambientales y, si no se realiza un mantenimiento periódico, los cables empezarán a quedar al descubierto y acabarán colgados de la estructura.
	picoteo de paloma	Las palomas desgastan físicamente la estructura constantemente.
Luz inutilizable Bombillas	Falta de mantenimiento	Con el paso del tiempo, la falta de mantenimiento inutiliza las bombillas. Muchos de ellos nunca cambian.
	picoteo de paloma	Las palomas destruyen las bombillas con sus picotazos. Muchos de ellos nunca cambian.
Tuberías expuestas	Vibraciones externas	El movimiento del suelo, provocado por terremotos o maquinarias, provoca grietas en el pavimento, dejando al descubierto las tuberías.
	Calidad del pavimento	Un pavimento de mala calidad se desgasta rápidamente y provoca la exposición de las tuberías.

Nota: Obtenido de Regalado et al. (2022)

- Causas intrínsecas

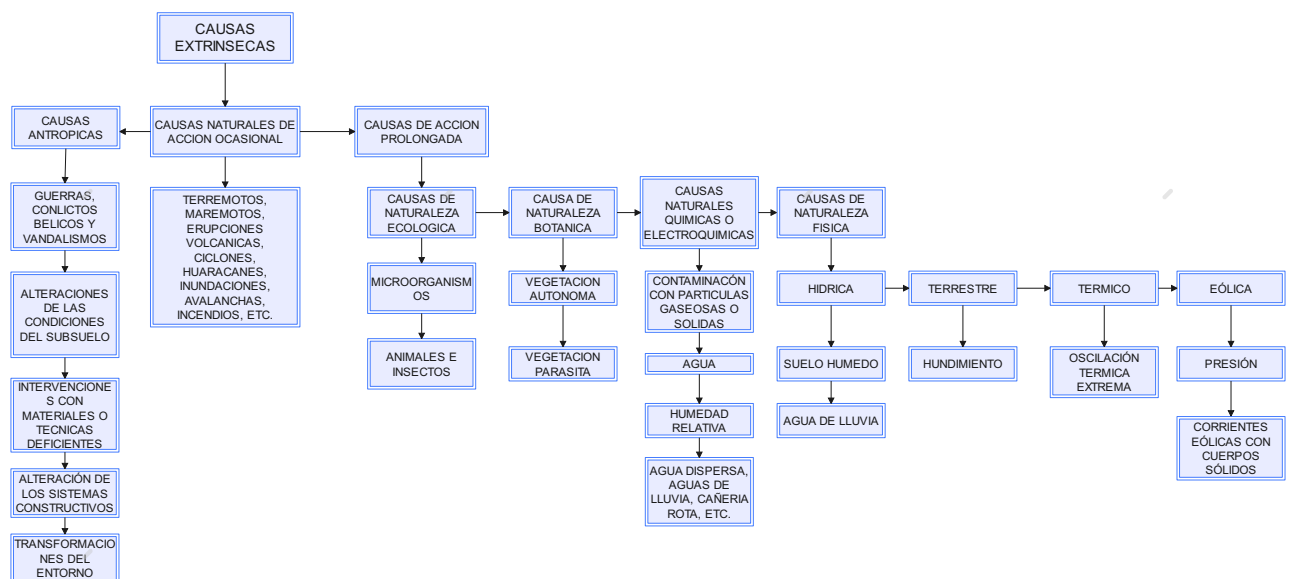
Figura 56 Causas intrínsecas del proceso patológico.



Nota: Obtenido de MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020)

- Causas extrínsecas

Figura 57 Causas extrínsecas del proceso patológico.



Nota: Obtenido de MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ (2020)

2.2.6.4 Detección de daños.

En opinión de Del Barrio Tajadura (2017), podemos identificar muchos tipos de lesiones que pueden ocurrir en estructuras históricas para poder evaluar la magnitud del daño. Este enfoque nos permitirá comprender los procesos anormales e identificar sus posibles causas subyacentes. Estableceremos tipologías de daños para distinguir entre causas físicas, mecánicas y químicas.

Concepto de Lesión

Como señala Fiol Olivan (2014), es crucial identificar con precisión la presencia de un problema constructivo e iniciar una investigación patológica para identificar correctamente cada síntoma visible del problema. Cualquier error en esta primera fase podría dar lugar a errores. Puede referirse a seleccionar un curso de acción incorrecto, que resulta en un resultado ineficaz.

Se describirá más adelante sobre los distintos tipos. Sin embargo, es importante tener en cuenta la diferenciación entre **lesiones primarias y secundarias**. Esta distinción es importante porque, como exploraremos más adelante, existen numerosos casos en los que una lesión conduce a otra. Normalmente, estas lesiones no ocurren de forma aislada, sino que se superponen entre sí. Por tanto, es beneficioso diferenciar entre las lesiones iniciales y las que resultan de las anteriores. En pocas palabras, la lesión principal en un determinado proceso patológico es la que ocurre inicialmente en su orden cronológico, mientras que la lesión secundaria en ese proceso es la que ocurre como consecuencia de un daño previo, (Fiol Olivan, 2014).

A) Lesiones físicas

En este ámbito categorizaremos las lesiones asociadas a humedad, hielo o partículas de tierra, entre otros factores, como destaca Del Barrio Tajadura (2017); ya que todos ellos se verán impactados por procesos físicos y su desarrollo sin que intervengan reacciones químicas en los materiales.

- (a) **Humedad:** La humedad se refiere a la presencia de una proporción de humedad mayor de lo deseable en un material o elemento de construcción, lo que resulta en cambios en las propiedades físicas de la sustancia.

- Humedad de obra
- Humedad capilar
- Humedad de filtración
- Humedad de condensación

- Humedad accidental

- (b) **Erosión:** Es la pérdida o transformación superficial de un material. La Erosión es provocada por acciones físicas de los agentes atmosféricos.
- (c) **Suciedad:** Es el depósito de partículas en suspensión en la atmósfera sobre la superficie de las fachadas exteriores y penetración de las mismas en los poros superficiales.

B) Lesiones mecánicas

Como manifiesta Del Barrio Tajadura (2017), existen situaciones patológicas en la edificación relacionadas con el elemento mecánico. Clasificamos estas lesiones como actos mecánicos que incluyen movimiento, aperturas, separación o desgaste entre materiales o componentes.

- (a) **Deformaciones:** Se refieren a alteraciones en la forma de una unidad constructiva resultantes de esfuerzos mecánicos, como cuando se somete a una carga. Estos cambios ocurren debido a la interacción de varias partes dentro de la unidad. Las diversas deformaciones se pueden clasificar en tres subcategorías distintas:
- Pandeo
 - Alabeo
 - Desplome
- (b) **Grietas:** Definimos grietas como cualquier abertura longitudinal incontrolada en un elemento constructivo, sea estructural o no, que afecta a todo el espesor del elemento. Por el contrario, si nos referimos a los agujeros que se extienden a lo largo de todo el espesor del elemento constructivo como grietas, podemos clasificarlos en dos grupos en función del tipo específico de tensión que desencadena su formación:
- Por exceso de carga
 - Por dilataciones y contracciones higrotérmicas
- (c) **Fisuras:** Se refieren a aberturas longitudinales que impactan específicamente en la superficie de un elemento constructivo o en su acabado. Estas aberturas pueden ser continuas u ocurrir en secciones separadas. De hecho, podemos identificar muchas subcategorías según la razón subyacente del fenómeno:
- Reflejo del soporte
 - Inherente al acabado
- (d) **Desprendimientos:** Se refiere al proceso de desprendimiento o caída de un

material de acabado de la superficie sobre la que originalmente estaba puesto. Muchas veces surge como consecuencia de lesiones previas como humedades, deformaciones, fracturas y otras.

- (e) **Erosiones mecánicas:** Se refieren a la eliminación de material de la superficie debido a la aplicación de fuerzas mecánicas. Los pavimentos se ven afectados por estos factores como resultado de la fricción constante y las fuerzas de perforación que se les imponen.

C) Lesiones químicas

Según Del Barrio Tajadura (2017), define las lesiones constructivas como procesos químicos que resultan en la descomposición y pérdida de integridad y durabilidad del material afectado. Estas lesiones suelen ser causadas por la reacción de sales ácidas. Las principales categorías que se pueden clasificarse de la siguiente manera:

(a) **Eflorescencias:**

Son las cristalizaciones de las superficies de los materiales de las sales solubles, los cuales son arrastrados hacia la parte externa por el líquido de agua que es disolvente. Este líquido siempre tiende a ir hacia la parte externa donde se evaporará y se realizara la cristalización.

(b) **Oxidación:**

Proceso por el cual la superficie de los metales entra en contacto con el oxígeno y sufre una transformación, dando como resultado la producción de óxidos. Normalmente, el metal puro es químicamente inestable y tiende a desarrollar un óxido más estable. Esta capa de óxido sirve como barrera protectora contra futuras reacciones químicas.

(c) **Corrosiones:**

La corrosión es el proceso continuo por el cual se pierden partículas de la superficie de un metal debido a la formación de una celda electroquímica en presencia de un electrolito. En este proceso, el metal funciona como un ánodo, liberando electrones al polo positivo.

- Corrosión por inmersión
- Corrosión por aireación diferencial
- Corrosión por par galvánico
- Corrosión intergranular

2.2.7 Gestión y Gerencia de Proyectos Históricos.

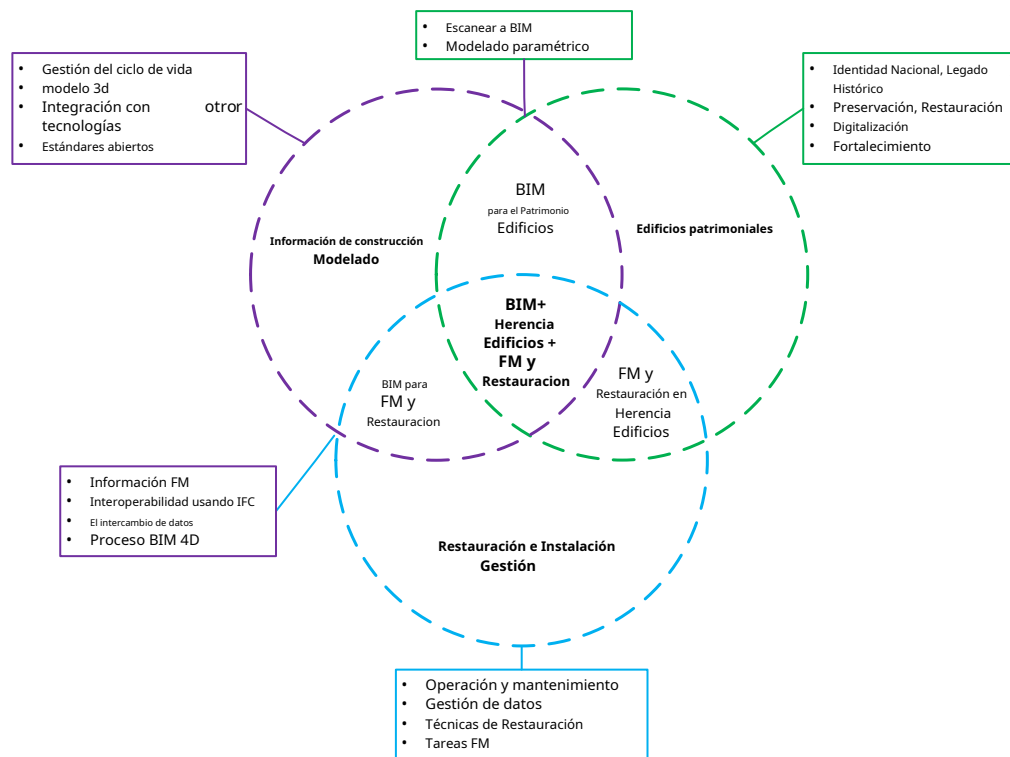
La gestión, administración, dirección o gerencia de proyectos es un campo de la gestión que se orienta en lograr exitosos proyectos históricos. Se orienta principalmente a gestionar emprendimientos de carácter limitado y con objetivos precisos, los que una vez cumplidos determinan la finalización de este proceso de gestión, (PAULINO, 2024).

Asimismo, PAULINO (2024), menciona que la gestión de los recursos de las edificaciones históricas para cumplir con la planificación, ejecución, control y consecución de muchos objetivos en un tiempo determinado, dentro de una empresa. Además, el gestionar de los proyectos es la metodología mediante la cual es posible emplear de manera eficiente los recursos con los que cuenta un determinado proyecto histórico.

2.2.7.1 HBIM para la Gestión de Edificios Patrimoniales.

Como menciona Khan et al. (2022), el concepto HBIM se ha utilizado recientemente para el modelado, documentación, conservación y clasificación efectiva de elementos arquitectónicos históricos. Se puede desarrollar un modelo de edificio patrimonial obteniendo datos gráficos mediante escaneo láser 3D y fotogrametría. HBIM proporciona un entorno de modelado donde la nube de puntos se puede convertir en un modelo 3D. Por lo tanto, la clase básica de la industria (IFC) se puede utilizar para mejorar la integración y el intercambio de información. IFC proporciona la información del proyecto de manera jerárquica y los datos geométricos y no geométricos se pueden integrar, gestionar y compartir entre diferentes participantes.

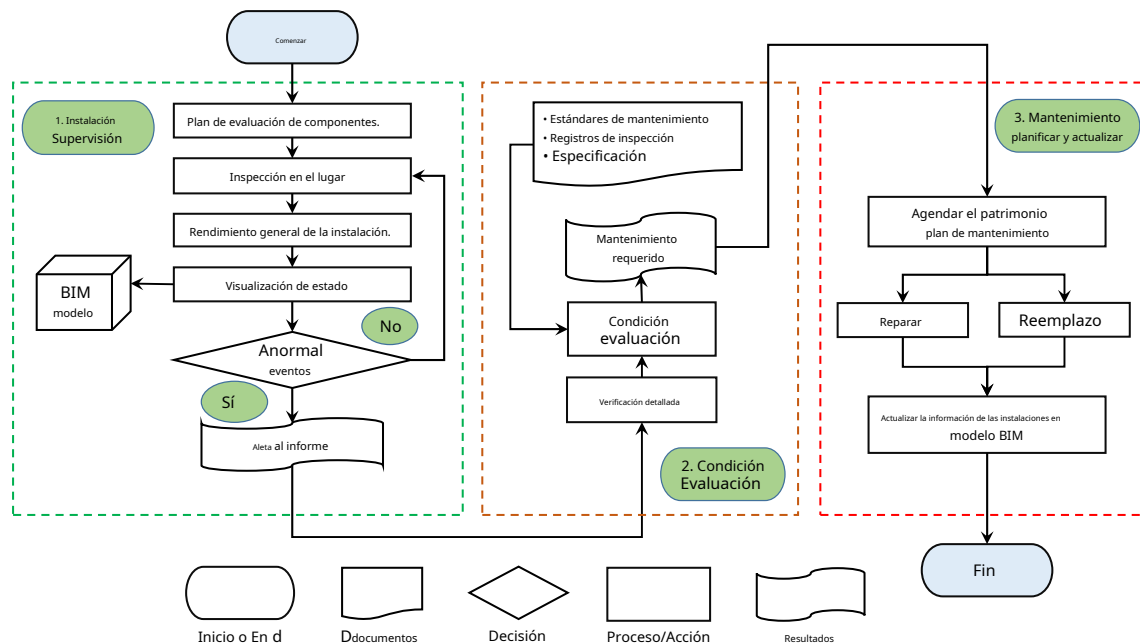
Además, Khan et al. (2022) manifiesta que, las características del patrimonio inmaterial se pueden integrar con el modelo 3D de una manera más consistente y estructurada. Todas las fuentes de datos se combinan en una única base de datos que proporciona fácil acceso y extracción de información. El modelo BIM histórico paramétrico que contiene información semántica puede servir como base de datos. La información se puede ampliar, editar, exportar y actualizar continuamente durante las actividades de conservación, reparación y mantenimiento (CRM).

Figura 58 *Análisis Teórico del Diagrama de Venn para nuestra restauración histórica.*

Nota: Obtenido de Khan et al. (2022)

2.2.7.2 Gestión de instalaciones (FM).

Como menciona Khan et al. (2022), el marco propuesto desarrollado en una investigación contiene importantes información e información semántica sobre la estructura del patrimonio que se puede utilizar para varios propósitos a lo largo del ciclo de vida del edificio patrimonial. Las aplicaciones soportadas Los edificios patrimoniales ya están contruidos, son antiguos y necesitan ser gestionados para el futuro. Tareas de O & M. El marco propuesto se puede utilizar para la gestión de la información y intercambio entre los participantes para apoyar las actividades de FM, como el mantenimiento planificado y mantenimiento correctivo. El modelo integrado tiene información sobre la frecuencia de las tareas y contenidos de FM vinculados a cada una de las instalaciones/elementos. El modelo desarrollado proporciona información lista para usar sobre cada activo presente en el edificio patrimonial. Utilizando el valor de rendimiento, se visualiza el estado del componente patrimonial.

Figura 59 Proceso de las tareas de mantenimiento soportadas por el marco propuesto.

Nota: Obtenido de Khan et al. (2022)

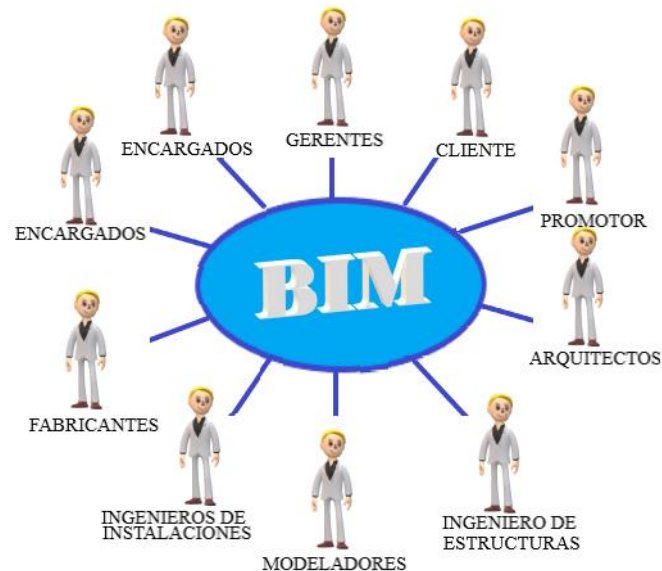
Como menciona Khan et al. (2022) concluye que, los edificios patrimoniales son activos existentes que representan el legado de la nación y que deben conservarse y gestionarse adecuadamente mediante técnicas avanzadas de gestión de datos. La aplicación HBIM para edificios patrimoniales puede crear modelos paramétricos 3D y agregar información semántica; sin embargo, se necesitan avances en los estudios actuales para apoyar los procesos de restauración y FM. Presenta un marco novedoso para adoptar la técnica BIM y crear un modelo 3D de patrimonio integrado para respaldar la planificación de la restauración y el FM. Además, integra la información de FM asociada con diferentes partes interesadas con el modelo BIM y utiliza el modelo integrado para planificar el proceso y la gestión de restauración.

2.2.7.3 Diseño Colaborativo.

El BIM mejora enormemente nuestro trabajo en esta etapa al permitir la colaboración sincronizada. Para garantizar claridad y eficiencia, el proyecto establecerá estándares de trabajo explícitos, delinearé deberes para todos los especialistas colaboradores y especificará los plazos de entrega del proyecto. La tarea se ejecutará en un repositorio centralizado supervisado por un administrador BIM, y el archivo del proyecto incluirá muchos subproyectos.

Al asegurarnos de que todo el equipo se adhiera a una estrategia predeterminada, podemos evitar que surjan disputas durante todo el proceso de modelado y mejorar la calidad general del proyecto, (Pacheco Orbegoso & Sopla Vilchez, 2019).

Figura 60 Trabajo colaborativo con BIM según personal técnico.



Nota: Obtenido de (Pacheco Orbegoso & Sopla Vilchez, 2019)

2.2.7.4 Elaboración del Proyecto de Restauración.

Según la idea de Sánchez Carvajal (2020), realizando una investigación previa exhaustiva, desarrollaremos un modelo que consolide toda la información en un solo archivo. Para la toma de decisiones de proyecto, es bastante beneficioso ya que nos permite identificar y comprender cada componente del edificio y sus atributos específicos. El proyecto de intervención se incluirá en el modelo, permitiéndole manipular los estratos y generar otros nuevos.

2.2.7.5 Seguimiento de las Obras.

El seguimiento de las obras según Sánchez Carvajal (2020), durante la restauración de estructuras históricas, pueden surgir sucesos inesperados que no se tuvieron en cuenta en el plan inicial del proyecto. La presencia de estructuras abandonadas o eventos geológicos como componentes enterrados o deslizamientos de tierra podrían afectar significativamente el avance de nuestro proyecto, ya que estamos ante edificios que han estado sin uso durante un período de tiempo considerable. La necesidad de seguimiento y adaptación del proyecto surge debido a las excavaciones planificadas y la aparición de nuevos estratos. Componentes imprevistos podrían

desprenderse del edificio debido a su mal estado, lo que requeriría opciones de intervención adicionales.

2.2.7.6 Mantenimiento del Edificio.

En palabras de Sánchez Carvajal (2020) menciona que la presencia de un modelo tridimensional que contiene información detallada sobre el estado del edificio en un momento determinado permite documentar cualquier modificación posterior. Estas son alteraciones que ocurren gradualmente como resultado del deterioro de superficies, componentes estructurales, cambios en el terreno que impactan la estructura, cambios de propósito, ampliaciones y adiciones. El modelo BIM permite el seguimiento del edificio para garantizar un correcto mantenimiento y proporciona una importante ayuda para futuras restauraciones o rehabilitaciones. Además, funciona como un medio para preservar estructuras históricas sin necesidad de renovarlas. La inclusión de sensores en todo el edificio permite el seguimiento en tiempo real de deformaciones, niveles de humedad y patologías. Estos sensores interactúan con la plataforma del modelo BIM.

2.2.7.7 Metodología BIM.

Según De la Peña Felaifel y Rodríguez Morón (2020) afirmar que engloba un conjunto de metodologías y herramientas de trabajo que implican el uso coordinado, coherente, computable y continuo de la información. Se basa en una o más bases de datos compatibles que almacenan toda la información relevante relacionada con el diseño, la construcción o el uso de un edificio. De manera similar, BIM se refiere a una representación digital de los atributos tangibles y operativos de una estructura. El sistema cuenta con datos completos sobre el edificio, lo que le permite proporcionar información sobre sus comodidades. Esta información sirve como base confiable para tomar decisiones informadas durante toda la vida útil de la estructura. El significado del término BIM según, De la Peña Felaifel y Rodríguez Morón (2020), es la relación de las siglas de la metodología estudiada:

- A) **Building:** La técnica se centra en el objeto de construcción, que incluye obras de edificación, rehabilitación, obra civil y otros proyectos potenciales. Abarca las fases de diseños , construcciones, desarrollo y reconversión, por lo que interviene en todas las etapas del ciclo de vida del activo.
- B) **Information:** La información útil generada a lo largo del ciclo de vida de los proyectos incluye desarrollo de planos, detalles constructivos, vistas 3D, fichas técnicas, cálculos

estructurales, cálculos de instalación, cálculos energéticos, mediciones, presupuestos, planificación de obra, documentos de usuario, documentos de mantenimiento y entre otros procesos.

- C) **Modeling:** Esta descripción abarca la mayor parte de la practicidad de la técnica BIM, ya que opera en un único modelo que puede ser utilizado por todas las partes involucradas en el proyecto. Esta funcionalidad se logra mediante la capacidad de exportar los modelos en formatos estándar que sean compatibles con otros programas informáticos.

2.2.7.8 Desarrollo del Modelo.

Siguiendo el discurso desde la perspectiva de Angulo Fornos (2020) afirma que, es una necesidad la creación de un modelo HBIM partiendo desde el objeto de estudio teniendo como fundamento los siguientes criterios:

A) Proceso de modelado HBIM

El desarrollo de modelo HBIM del Embalse de Isabel II es una información semejante con tipologías y geometrías reaccionadas entre sí. El modelado del desarrollo de este modelo HBIM fue realizado mediante el uso del software Autodesk Revit, (Yero Paneque, 2021).

B) Calibrado del equipo

Obtener un alto rigor en las investigaciones científicas es crucial en todas las disciplinas para proporcionar hallazgos precisos. Por lo tanto, es vital contar con equipos que estén libres de errores sistemáticos causados por defectos de fabricación, desgaste o impactos. El objetivo es abordar y minimizar el impacto de estas imprecisiones en los resultados o, idealmente, eliminarlas por completo. La calibración geométrica es el proceso de eliminar errores instrumentales de fallas visibles, sin profundizar en complejidades técnicas y matemáticas. Teniendo en cuenta el rápido ritmo al que operan estos equipos para recopilar mediciones, es crucial que los dispositivos proporcionen coordenadas que sean completamente confiables y libres de errores evitables, (Ávila Rodríguez, 2019).

C) Registro de Datos

El proceso de fotogrametría comienza con la adquisición de los datos que se están examinando, lo que requiere múltiples tomas o capturas mediante un dron. El número de disparos varía dependiendo de diversos factores, entonces (Ávila Rodríguez, 2019),

Menciona que los principales son:

- Un factor crucial es el tamaño del objeto a digitalizar; Los objetos más grandes, como los edificios, requieren una mayor cantidad de disparos.
- La capacidad de grabación del sistema debe ser suficiente para evitar la necesidad de realizar varias tomas para capturar toda la información requerida.
- Los accidentes que presenta el objeto de investigación: este es un elemento crucial ya que los sistemas ópticos pueden tener regiones o rincones que el escáner no logra captar. En tales circunstancias, es necesario ajustar la posición y el ángulo de incidencia para poder digitalizar todas las áreas.

D) **Procesado de Datos**

Como plantea Ávila Rodríguez (2019), la primera etapa del procesamiento muchas veces implica importar los datos al programa designado. El escáner crea una nube de puntos utilizando los datos medidos y consta de una colección de puntos en un sistema de coordenadas tridimensional. La nube de puntos consta de varias mediciones individuales en el sistema de coordenadas x, y, z, que juntas forman la representación tridimensional de los objetos registrados. Sin embargo, esta colección de puntos, si no se analiza adecuadamente, forma un modelo demasiado simple que funciona sólo de forma visual, ya que se compone únicamente de puntos individuales. Por lo tanto, la vasta base de datos, que consta de millones de puntos de datos, debe someterse a procesamiento para proporcionar resultados que faciliten la representación del elemento registrado de una manera comprensible. Es fundamental darse cuenta de que estas tecnologías pasarán rápidamente de ser creativas a quedar obsoletas y, como resultado, es probable que los datos adquiridos experimenten mejoras. Las digitalizaciones deberán ser transparentes y abstenerse de alterar el original en ningún caso.

E) **Desarrollo y captura de imágenes**

Los estudios fotogramétricos comienzan con la captura de imágenes. Esta técnica es particularmente crucial porque para crear un modelo 3D preciso del elemento que se va a registrar, es importante manejar el enfoque de manera efectiva.

F) **Software de cálculo de nubes**

Son accesibles a través de Internet, permite a los usuarios acceder a visualizaciones y datos en 3D sin la necesidad de comprar equipos o software avanzados, ni de poseer una computadora de alto rendimiento. Estos cálculos se realizan mediante fotogrametría en

servidores dedicados dentro de la red, eliminando la necesidad de equipos personales de alto rendimiento. Estas aplicaciones permiten obtener levantamientos fotogramétricos de calidad media sin necesidad de utilizar aparatos voluminosos, ya que las herramientas informáticas encargadas de construir el modelo 3D están alojadas en servidores externos, es decir, ubicadas en otros ordenadores, (Ávila Rodríguez, 2019).

G) **Softwares de Escritorio**

También conocido como aplicaciones de escritorio, son programas que utilizan las capacidades computacionales de una computadora personal para ejecutar cálculos fotogramétricos. Por lo tanto, es necesario contar con una computadora de alto rendimiento para poder utilizar este software de manera efectiva. Un beneficio importante de utilizar software en la nube es que permite un mayor nivel de control durante la creación de un modelo fotogramétrico. A diferencia de otros programas, el software en la nube permite al usuario interactuar con el programa en varias etapas del proceso. Al pasar a la siguiente fase, es posible realizar modificaciones y ajustes específicos. Estos pueden incluir seleccionar la densidad de la nube y determinar el número de triángulos, (Ávila Rodríguez, 2019).

H) **Modelado Geométrico 3D**

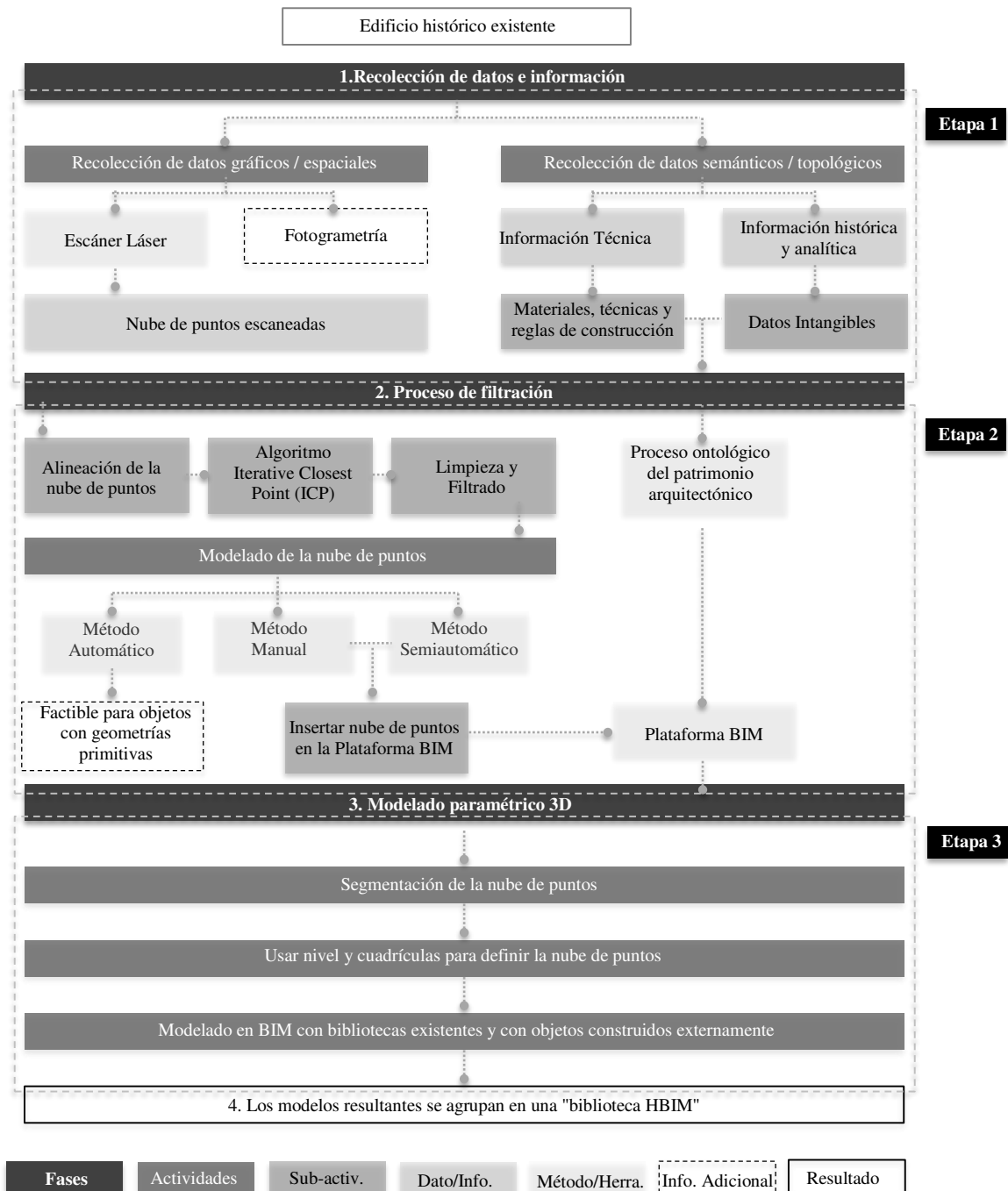
Según José López (2021) los recientes avances técnicos en escáneres láser han acelerado significativamente el proceso de recopilación de datos geométricos. Además, se ha observado que el progreso tecnológico también impacta en los instrumentos utilizados para procesar los datos escaneados, ya que esta etapa cada vez está más automatizada. A pesar del reciente desarrollo de varias herramientas de modelado 3D, el uso de datos escaneados para el modelado 3D sigue siendo un procedimiento humano laborioso y que requiere mucho tiempo. Por lo tanto, es necesario implementar modificaciones en los procesos y procedimientos para agilizar el proceso de modelado geométrico 3D.

I) **Modelado Geométrico 3D Desde La Nube De Puntos**

Desde el punto de vista de José López (2021), las nubes de puntos producidas por TLS proporcionan una representación precisa del modelo de superficie escaneado. Este procedimiento está mayoritariamente automatizado. Lamentablemente, las nubes de puntos recopiladas carecen de más datos sobre la geometría de los objetos que representan. Actualmente, la integración del software de modelado 3D con tecnologías de escaneo láser ha mejorado y acelerado el proceso, el diseño y la implementación de

tareas, al tiempo que ha reducido los requisitos de mano de obra. A pesar de todo, el proceso de modelado de objetos paramétricos utilizando nubes de puntos sigue siendo un desafío debido a la falta de herramientas de software avanzadas capaces de identificar y convertir sistemáticamente las superficies irregulares recopiladas por las nubes de puntos en objetos de modelado de información de construcción (BIM).

Figura 61 Proceso metodológico de una restauración histórica de un edificio existente.



Nota: Obtenido de José López (2021)

2.3 Marco conceptual.

En el marco conceptual según Muñoz Razo (2011), implica sintetizar los antecedentes de la investigación y resaltar el desarrollo conceptual del tema que se estudia. Es decir, se trata de determinar, a partir del fondo documental, el tema concreto que el autor de la tesis ha designado como foco de su investigación.

2.3.1 Fotogrametría.

Consiste en generar nubes de puntos a partir de imágenes del objeto a mostrar. Esto se logra mediante el uso de un software que posiciona automáticamente los puntos en un espacio tridimensional.

2.3.2 Dron o RPA.

Es fundamental señalar que esta categoría de equipo existe desde hace mucho tiempo denominado como vehículo aéreo que tiene autonomía en su vuelo controlado mediante un control remoto, asimismo tiene un coste de producción bastante elevados y con las características avanzadas que poseen dichos equipos hoy en día

2.3.3 Restauración virtual.

La restauración de restos físicos utilizando un modelo digital para recrear visualmente su apariencia original de un período de tiempo anterior. La reconstrucción virtual implica el uso de un modelo virtual para recrear visualmente un evento particular en el pasado, como un edificio o un producto producido. Esto se hace analizando los datos físicos existentes y emitiendo juicios científicamente fundamentados. Todas las investigaciones realizadas por arqueólogos y otros profesionales asociados al patrimonio arqueológico y a las ciencias históricas son en general racionales y aceptables.

2.3.4 Patrimonio histórico.

Conjunto de objetos portátiles de importancia artística, histórica, paleontológica, arqueológica, etnográfica, científica o tecnológica, así como del patrimonio documental, sitios arqueológicos, sitios naturales y parques, todos ellos con valor artístico, histórico o antropológico.

2.3.5 Nube de puntos.

Conjunto de vértices a menudo se indican mediante coordenadas tridimensionales X, Y y Z, y representan la superficie exterior de un objeto específico. Una nube de puntos es una colección de vértices ubicados dentro de un sistema de coordenadas tridimensional, que sirve para representar y caracterizar una geometría particular, como un edificio o una infraestructura.

2.3.6 Restauración.

Como expresa Bravo Guzman (2016), las restauraciones son obras especializadas que tienen como objetivo conservar y fortalecer un edificio, preservando o reemplazando el diseño original o las partes que tienen mayor significado histórico.

2.3.7 HBIM.

El HBIM (Heritage Building Information Modelling), tiene como objetivo crear un modelo BIM de un edificio o infraestructura que tenga importancia histórica o cultural y esté protegido. El bien puede estar categorizado como Bien de Interés Cultural (BIC), Bien de Relevancia Local (BRL), o puede poseer otros tipos de salvaguardia, como ser un sitio histórico, un edificio catalogado o tener protección ambiental. La técnica BIM (Building Information Modeling) permite incluir en el modelo datos e información no geométrica, como el orden cronológico de desarrollo del edificio o infraestructura, así como material histórico y cultural pertinente.

2.3.8 Centro histórico.

Son la parte más antigua de una ciudad, que simbolizan su establecimiento inicial. Estas áreas comprenden los principales mercados, tiendas, edificios gubernamentales y residencias de la familia fundadora.

2.3.9 Patrimonio Cultural.

Desde la perspectiva de Martel Orihuela y Campuzano Contreras (2020), se refiere al legado de bienes tanto tangibles como intangibles que se transmiten de una generación a otra a lo largo de la historia. Estos productos desempeñan un papel en la configuración de la identidad y una visión del mundo compartida en muchos niveles, reconociendo y apreciando las raíces culturales y sociales.

2.3.10 Conservación.

Desde la perspectiva de Ríos et al. (2024), la conservación es el conjunto de técnicas orientadas a salvaguardar la integridad de un edificio; realiza actuaciones preventivas en el patrimonio arquitectónico a fin de evitar su deterioro. En términos generales, se establecen una serie de directrices en cuanto a conservación se refiere, incluyendo la conservación preventiva, la intervención curativa y la restauración.

2.3.11 Restitución.

Según Bravo Guzman (2016), la restauración se refiere al proceso de utilizar materiales frescos para renovar un monumento o una obra de arte con el fin de devolverlo a su estado original, basándose en testimonios e inferencias lógicas.

2.3.12 Rehabilitación.

Desde la perspectiva de Bravo Guzman (2016), la rehabilitación se refiere al proceso de restaurar y reintegrar físicamente un edificio, abordando al mismo tiempo los problemas acumulados relacionados con la construcción, la funcionalidad, la higiene y la seguridad.

2.3.13 Reconstrucción.

Consiste en realizar de nuevo, total o parcialmente, que sustituyan una antigua instalación conservando los elementos fundamentales del diseño original, (Bravo Guzman, 2016).

2.3.14 Monumentos.

De acuerdo con Munives Laya (2019), los monumentos son bienes culturales fijos, como edificios o elementos urbanos de cualquier época, que necesitan ser conservados por su importancia arquitectónica y/o histórico-artística. Pueden ser designados explícitamente como tales o puede existir una asunción legal de su condición.

2.3.15 Refacción.

Según Munives Laya (2019) se refiere a las actuaciones realizadas para mejorar y/o actualizar las instalaciones, equipamientos y/o componentes estructurales, manteniendo el uso, la superficie total cubierta y los aspectos históricos, tanto visibles como ocultos.

2.3.16 Reparación.

Mediante la opinión de Munives Laya (2019) implica reforzar o sustituir componentes estructurales de un edificio que se han deteriorado sin posibilidad de reparación. Los componentes de reemplazo podrán ser de tecnología moderna, siempre y cuando sean compatibles con las estructuras existentes. Propiedades existentes que se conservan y no alteran el conjunto del inmueble.

2.3.17 Conservación de Centros Históricos.

Bajo lo que manifiesta Martel Orihuela y Campuzano Contreras (2020) la Conservación de Centros Históricos se refiere a la preservación de la estructura urbana y arquitectónica, así como de las características generales del entorno circundante. ambiente.

2.3.18 Software.

Se refiere a un programa o serie de programas informáticos, junto con los datos, protocolos y reglas que permiten realizar diversas operaciones en un sistema informático.

2.3.19 Modelado 3D.

Es el proceso de utilizar aplicaciones de software para generar objetos tridimensionales. Por tanto, podemos afirmar que el modelado 3D tiene semejanza con la destreza de un tallador o escultor en la construcción de una pieza.

2.3.20 Precisión.

De acuerdo con Sánchez Carvajal (2020) la precisión se refiere al carácter variado y complejo de la información visual, que puede incluir tanto proyecciones planas como modelos tridimensionales. La precisión del modelado variará y aumentará según el nivel de atención que reciba cada parte del edificio para el proyecto. Posteriormente, tendremos dos niveles de precisión, con un nivel más alto logrado mediante la recopilación de datos tridimensionales y un nivel más bajo logrado mediante extrusiones

2.3.21 Modelo BIM.

Es modelo descrita a través de un enfoque de trabajo colaborativo aplicable a nivel mundial que utiliza tecnologías informáticas para registrar todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción.

2.4 Marco Legal.

2.4.1 Conservación del patrimonio.

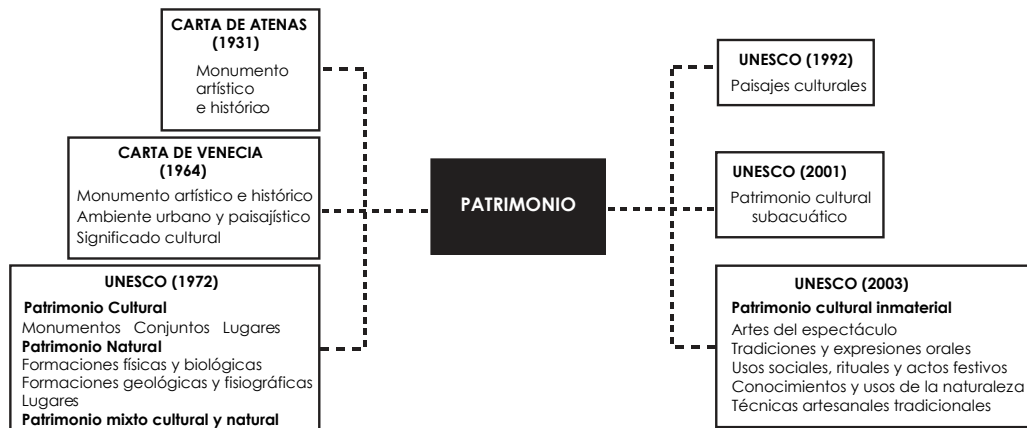
Según Antón García (2019), la Conservación del patrimonio en palabras de La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), se refiere a los aspectos tangibles e intangibles de nuestra historia cultural e histórica que configuran nuestro presente y se transmiten a las generaciones futuras. Los legados culturales que poseemos son reservas invaluable de nuestras vidas. Los lugares del Patrimonio Mundial son propiedades colectivas de todas las personas en todo el mundo, particularmente en las zonas geográficas específicas en la que se encuentren.

2.4.2 Normativa del Patrimonio Cultural.

De acuerdo con Yero Paneque (2021), manifiesta que el bien del patrimonio cultural esta en constante evolución, las cuales puedes ser reconocidos como legados culturales en un lugar específico teniendo en cuenta la historia de la ciudad en la cual se encuentra. Los proyectos de restauración arquitectónica son catalogados como riquezas históricas que nos transmitieron nuestros predecesores y representan nuestro legado arquitectónica histórico y cultural. Debemos adquirir, analizar, evaluar, apreciar y salvaguardar este conocimiento para transmitirlo a las generaciones futura.

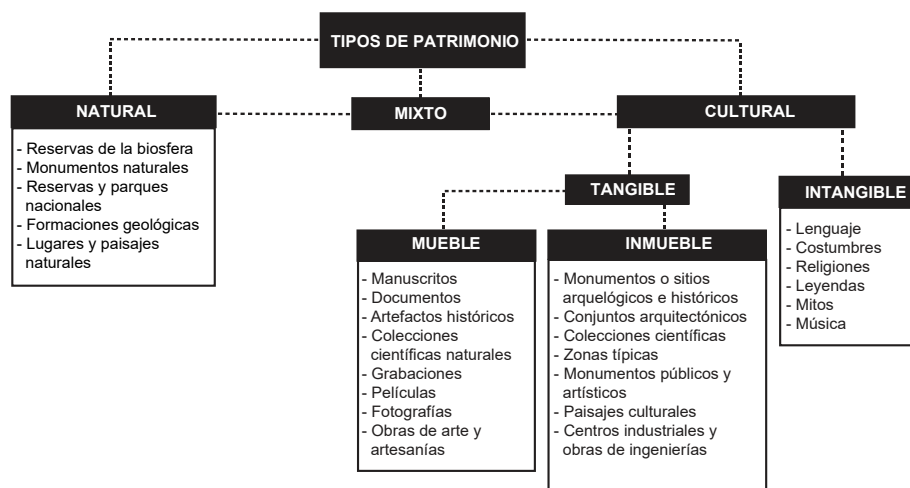
Figura 62

Cronología del patrimonio a lo largo de la historia.



Nota: Obtenido de Yero Paneque (2021)

Como lo señala Yero Paneque (2021), enfatiza que las edificaciones arquitectónicas son un componente del patrimonio cultural físico e inmueble. Por lo tanto, su registro visual debe tener como objetivo mantener su autenticidad. Este registro 3D es crucial porque puede usarse como recurso en caso de colapso, destrucción, decadencia o abandono del legado.

Figura 63 *Tipo de bienes patrimoniales definida por la UNESCO.*

Nota: Obtenido de Yero Paneque (2021)

2.4.3 Documentaciones Patrimoniales.

Según las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la finalidad y objetivo de mejorar nuestra comprensión de las sociedades pasadas y presentes. Define los elementos patrimoniales como evidencia y recursos para el análisis, lo que nos permite

adquirir conocimiento sobre el pasado, comprender nuestro presente y rastrear los orígenes de las perspectivas futuras. Este estudio también nos ayuda a conectarnos con nuestras raíces y tradiciones culturales. Como se indicó anteriormente, el patrimonio mundial se divide categóricamente en bienes naturales y culturales, UNESCO (1972).

2.4.3.1 Carta de Atenas.

La carta Atenas del congreso internacional de arquitectura moderna de 1933 se estipula que se debe salvaguardar el legado histórico de las ciudades, incluida la preservación de cualidades arquitectónicas como edificios individuales o complejos urbanos. Del mismo modo, estos artefactos culturales se conservarán siempre que representen una civilización pasada y sean de importancia significativa, de Atenas (1933).

2.4.3.2 Carta de Venecia 1964.

Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios. En el II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, celebrado en Venecia en 1964, tuvo lugar el establecimiento de la Carta Internacional sobre la Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios. Según el contenido de esta carta, el artículo 5 establece que preservar un monumento implica también preservar la estructura circundante en proporción a su tamaño. Si el marco histórico permanece intacto, se conservará, pero se rechazará cualquier nueva construcción, demolición o disposición que pueda cambiar las conexiones entre volúmenes y colores, (Gazzola, 1964).

Asimismo, como se señala en esta carta, el artículo 9 especifica que la restauración es un procedimiento que debe ser raro y extraordinario en su ocurrencia. El objetivo de la conservación y exposición del monumento es preservar su significado estético e histórico, respetando los principios de respeto a su esencia original y a su documentación genuina. El límite de la hipótesis está en el ámbito de las reconstrucciones que se construyen en torno a conjeturas. Todo el trabajo posterior que se considere necesario por razones estéticas o técnicas surge de la composición arquitectónica y refleja las características de nuestra época, (Gazzola, 1964).

2.4.3.3 Convención de San Salvador.

La Convención de la Organización de Estados Americanos Organización de los Estados Americanos (OEA) sobre la Defensa del Patrimonio Arqueológico, Histórico y Artístico de las Naciones Americanas. El objetivo de esta Convención es identificar, registrar, proteger y

vigilar los bienes que constituyen el patrimonio cultural de las naciones americanas. Estos activos incluyen monumentos, objetos, fragmentos de edificios desmantelados y material arqueológico que pertenecen a culturas americanas anteriores al contacto europeo. Además, abarca restos humanos, fauna y flora asociados a estas culturas, originarios de San Salvador , (de San Salvador, n.d.).

2.4.3.4 Constitución Política del Perú de 1993.

El principio fundamental que regula nuestra nación, tal como se establece en el artículo 21, establece lineamientos explícitos sobre preservación: "Los sitios y restos arqueológicos, edificios, monumentos, ubicaciones, documentos bibliográficos y de archivo, objetos artísticos y artefactos históricos de valor significativo, reconocidos oficialmente como Los bienes culturales, y potencialmente los que se supone que lo son, se consideran patrimonio cultural del país, independientemente de su situación de propiedad, ya sea privada o pública". Están bajo la protección del gobierno. La ley garantiza la propiedad de dicho patrimonio, (Perú, 1993).

2.4.3.5 Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación.

Mediante el título preliminar en el artículo IV, se manifiesta que la Declaración de interés social y necesidad pública nos dice: "Declárese de interés social y de necesidad pública la identificación, registro, inventario, declaración, protección, restauración, investigación, conservación, puesta en valor y difusión del Patrimonio Cultural de la Nación y su restitución en los casos pertinentes", (de Cultura, 2007).

2.4.3.6 Decreto Supremo N° 289-2019-EF.

ApruebandisposicionesparalaintegracióngradualdeBIMenlainversiónpública. Elsiguiente es el Decreto Supremo N° 289-2019-EF. El artículo 1 de la legislación establece disposiciones para la integración gradual del BIM en los procesos de inversión pública de las entidades y empresas públicas adheridas al Sistema Nacional de Programación Plurianual y Gestión de Inversiones. Este sistema fue creado mediante Decreto Legislativo N° 1252, que establece el Sistema Nacional de Programación Plurianual y Gestión de Inversiones. Además, el artículo 2 del documento define BIM como un conjunto de técnicas, tecnologías y estándares que permiten la conceptualización, diseño, construcción, operación y mantenimiento colaborativo de infraestructura pública en el Perú, dentro de un entorno virtual, de Perú (2019).

2.4.3.7 Resolución Ministerial N° 287-2019-MC.

Esta norma mediante su Artículo 1.- Encarga a la Unidad Ejecutora 008: Proyectos Especiales del Pliego 003; Ministerio de Cultura, el programa de inversión denominado "Recuperación del Patrimonio Cultural de los Centros Históricos de las regiones de Lima, Arequipa, Trujillo y Ayacucho", con código Único 2406702, así como los proyectos de inversión que lo integren, República del Perú (2019).

2.4.3.8 Instituto nacional de cultura.

La oficina nacional de información cultural ofrece una recopilación de los monumentos históricos del Perú. Es crucial mantener un registro completo de todos los monumentos declarados en el país. Esto no sólo ayuda a prevenir su deterioro y pérdida, sino que también sirve como componente evaluativo de nuestro patrimonio y una forma adecuada de mejorar la percepción de nuestra cultura nacional en la conciencia colectiva. Del mismo modo, contribuye a evaluar el grado de conciencia y sentido colectivo de pertenencia de todos aquellos involucrados en la preservación y promoción del patrimonio cultural de la nación. De acuerdo con los objetivos y funciones del Centro Nacional de Información Cultural, entidad dependiente del Instituto Nacional de Cultura, tenemos el agrado de presentar la edición inaugural de la Lista de Monumentos Históricos del Perú. Esta recopilación completa y precisa representa el esfuerzo más exhaustivo hasta la fecha. Esta recopilación incluye un catálogo de estructuras construidas entre el siglo XVI y el siglo XX, de Cultura (1999).

2.4.3.9 Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú.

Como parte de la implementación de BIM en Perú, es crucial evaluar la condición existente del sector de la construcción nacional para identificar los principales obstáculos. BIM, que significa Building Information Modeling, se utiliza ampliamente en el sector de la construcción nacional desde hace más de diez años. Ha sido adoptado globalmente por varias naciones y organizaciones, lo que ha dado lugar a una amplia gama de significados. Estas definiciones se han adaptado a los contextos y objetivos específicos de las instituciones implementadoras, (MEF, 2021).

Garantizar una toma de decisiones abierta y confiable es crucial para mejorar la eficiencia en el desarrollo de inversiones, ya que mejora la precisión de la información y afecta directamente los costos. Por tanto, BIM abarca más que la simple utilización de herramientas técnicas; debe considerarse como un conjunto de esfuerzos cooperativos que se adhieren a normas

establecidas y utilizan tecnologías digitales para supervisar los datos de inversión, (MEF, 2021).

2.4.3.10 Guías Nacionales BIM 2023 para la Gestión de la Información de Inversiones.

Este documento busca establecer definiciones y estándares claros para la implementación del proceso de Gestión de Información BIM en el desarrollo de inversiones. También proporciona ejemplos de cómo se aplica este proceso en las fases de Formulación, Evaluación y Ejecución, según lo manda la Ley de Contrataciones del Estado. De manera similar, dirige e instruye al lector en la comprensión y el cumplimiento de los reglamentos y estándares técnicos nacionales relacionados con BIM. Estas regulaciones y estándares establecen un marco y coherencia para la gestión de la información, permitiendo la creación y el intercambio de información de una manera más productiva y ágil, de Economía y Finanzas (2023a).

2.4.3.11 Guía técnica BIM para edificaciones e infraestructura 2023.

Este documento tiene como objetivo proporcionar orientación a las partes involucradas en la gestión de información para inversiones en infraestructura y construcción. Cubre los procesos, recursos y aplicación de BIM en la producción colaborativa de información. También aborda aspectos técnicos relacionados con el desarrollo de modelos de información vinculados a las fases del Ciclo de Inversión y los estados de avance de la información, tal y como se define en el Anexo A: “Matriz para definir el nivel de información necesaria” de la Guía Nacional BIM: Gestión de la Información. para inversiones desarrollado con BIM, de Economía y Finanzas (2023b).

2.4.3.12 Reglamento Nacional de edificaciones.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento establece el reglamento nacional de edificación mediante el decreto supremo N° 011-2006-vivienda. Estas normas tienen como objetivo establecer criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de Instalaciones y Edificios Urbanos, asegurando una mejor implementación de los Planes Urbanos, (Ministerio de Vivienda, 2006).

2.4.3.13 Norma Técnica Arquitectura A.140.

Según el Reglamento Nacional de Edificación, concretamente su norma técnica A-140, que se refiere a bienes culturales inmuebles y lugares monumentales. Sólo se han seleccionado las ideas más importantes relacionadas con este estándar y se describen a continuación. Según

esta norma en su artículo 3 manifiesta que, el Instituto Nacional de Cultura es el organismo competente encargado de promover y promover las expresiones culturales del país, así como realizar investigaciones, preservar, conservar, restaurar, difundir y promover el Patrimonio Cultural del país, (Ministerio de Vivienda, 2006).

2.4.3.14 Reglamento para la gestión y administración del centro histórico.

Según lo establecido en el artículo 1 de este reglamento- El propósito de este reglamento es dotar al Gobierno Local de una herramienta técnica regulatoria que le permita controlar y determinar la expansión y ubicación de las actividades dentro de un marco bien estructurado. Tiene como objetivo regular y orientar el proceso de conservación del Patrimonio Cultural del Centro Histórico de Ayacucho. Las regulaciones están diseñadas para promover el bienestar social, el bienestar público, el orden y la utilidad. Estas normas son establecidas para regir la conservación, protección y aprovechamiento del patrimonio cultural urbano en el Centro Histórico de Ayacucho, (de Huamanga, 2007).

2.4.3.15 Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Ayacucho.

La Ciudad de Ayacucho ha establecido un Plan de Desarrollo Urbano en el marco del Convenio de Cooperación Interinstitucional de Huamanga N° 121-2018-VIVIENDA. Este plan tiene como objetivo preservar y promover el legado cultural de la ciudad. Huamanga es una ciudad que fusiona las culturas preinca, inca y colonial con la modernidad y la globalización del siglo XXI. Esta combinación crea un territorio rico en tradiciones ancestrales y recursos naturales, al mismo tiempo que tiene potencial para el desarrollo sostenible. Consulta el mapa de destinos turísticos en el Centro Histórico, que es la región central de la ciudad caracterizada por su proceso de colonización Colonial. Abarca la parte histórica de la Ciudad, (de Huamanga, 2018).

Capítulo III

Método de la Investigación

3.1 Enfoque

Como plantea Hernández Sampieri et al. (2014) afirman que el método cuantitativo implica la recopilación de datos para probar hipótesis mediante mediciones numéricas y análisis estadístico. Esta estrategia se utiliza para identificar patrones de comportamiento y evaluar ideas.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se analizará la restauración arquitectónica digital obtenidas en mediante la fotogrametría y la metodología HBIM, las cuales serán validadas estadísticamente y comprobadas mediante valores teóricos y entrevistas realizadas a profesionales relacionados al tema, asimismo las hipótesis planteadas en la investigación fueron contrastadas a través del enfoque puesto que se trata de una investigación objetiva y rigurosa.

Además, se recopilan datos en base a un conjunto de preguntas para evaluar la opinion técnica de los profesionales relacionados a la edificación dentro del centro histórico respecto a las edificaciones históricas y su restauración arquitectónica digital, para una evaluación estadística con el fin de fundamentar las conclusiones adquiridas.

3.2 Alcance

Según Hernández Sampieri et al. (2014), afirman que luego de completar la revisión de la literatura y determinar el valor de nuestro estudio, la etapa posterior es determinar su alcance.

3.2.1 Tipo de investigación

Esta investigación que se desarrollará será del tipo observacional y analítico.

3.2.2 Niveles de investigación

La investigación que se desarrollará, es de un nivel aplicativo, por lo cual esperamos mejorar la restauración arquitectónica digital para contribuir a la conservación y mantenimiento de las edificaciones históricas.

3.3 Diseño de investigación

De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) el diseño, el plan o estrategia de diseño se crea para recopilar la información (datos) necesaria para una indagación, con el objetivo final de abordar efectivamente el planteamiento del problema.

Se realiza la implementación de técnicas de fotogrametría y modelado HBIM de las edificaciones históricas para mejorar la restauración arquitectónica digital para tener una mejor gestión y un buena gerencia los proyectos históricos. Es en ese sentido que se opta por tomar el diseño de investigación No experimental y transversal.

3.4 Población y muestra

De acuerdo con Bernal Torres (2016), población es el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación, asimismo se tiene la concepción que la población es la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer referencia.

3.4.1 Población

Según el Instituto Nacional de Cultura en su Centro Nacional de Información Cultural se observa que en la Relación de Monumentos Históricos del Perú existe 90 edificaciones históricas a nivel de la región de Ayacucho.

Es en ese sentido que la población total son edificaciones Históricas que se encuentran dentro del centro histórico de la ciudad de Ayacucho y los monumentos o edificaciones que se encuentran dentro de la region de Ayacucho, la cual se encuentran como un bien patrimonial que son identificadas como proyectos arquitectónicos.

3.4.2 Muestra del estudio

De acuerdo con Hernández Sampieri and Mendoza Torres, 2018, las muestras probabilísticas incluyen seleccionar unidades, instancias o componentes de una población de manera que le dé a cada uno la misma probabilidad de ser elegido. Esto se hace determinando las características de la población y el tamaño de muestra apropiado.

Por lo tanto se toma como muestra principal la Edificación histórica del Arco el Triunfo o Arco de San Francisco, para identificar las características geométricas y estado situational de la edificación que nos permite identificar las patologías de la edificación, mediante la fotogrametría y el uso del Modelado de información de edificios patrimoniales. Por lo tanto, según las características de la investigación que se plantea se toma muestras no probabilísticas

3.5 Hipótesis

Según Ortega Barba, 2016 una hipótesis es una explicación provisional de un fenómeno de estudio que puede ser contrastada mediante evidencia empírica. Es una suposición razonable que puede confirmarse o refutarse.

En concordancia con Huairé Inacio et al., 2022 las hipótesis son especulaciones informadas que brindan respuestas preliminares y bien fundamentadas a una investigación científica inicial. Se crean mediante un análisis estructurado y enfocado de un tema determinado.

3.5.1 Hipótesis general

Si al aplicar la implementación de técnicas de fotogrametría y modelado HBIM del Arco el Triunfo incorporando estos métodos digitales, entonces se mejora restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas para su gestión y conservación en el Centro Histórico de la Ciudad de Ayacucho 2023.

3.5.2 Hipótesis específicas

- A) Si al aplicar el modelado de información de edificaciones históricas de un proyecto con la inclusión de estos métodos digitales, entonces se mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.
- B) Si al aplicar la gestión de procesos de reconstrucción digital de los patrimonios culturales,

entonces mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.

- C) Si al identificar de manera precisa las características físicas actuales de las edificaciones históricas, entonces se mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.

3.6 Operacionalización de variables

3.6.1 Variables

Mediante Hernández Sampieri et al. (2014) se define que, una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. La variable identificada se encuentra en la tabla 5.

3.6.2 Dimensiones

A través del autor Huairé Inacio et al. (2022) Las dimensiones juegan un papel crucial a la hora de identificar las múltiples facetas, aspectos o partes intermedias de una variable, Huairé Inacio et al., 2022. Las dimensiones identificadas se encuentran en la tabla 5.

3.6.3 Indicadores

De acuerdo con Huairé Inacio et al. (2022) los indicadores son componentes abstractos que indican la presencia de un determinado rasgo o variable, lo que permite una medición confiable. Los indicadores deben cumplir los siguientes criterios: Los conceptos de validez, confiabilidad, interpretabilidad, no direccionalidad, sensibilidad y especificidad.

Los indicadores identificados se encuentran en la tabla 5 según la interpretación que se dio a las variables y dimensiones.

Tabla 5 Operacionalización de las variables.

Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Unidades
Independientes	Implementación de técnicas de Fotogrametría y modelado HBIM	El HBIM es una metodología de trabajo colaborativo para preservar y gestionar el patrimonio cultural. Es una de las herramientas más poderosas para el Modelado de Información del Patrimonio de una edificación histórica, que se está convirtiendo en una pieza clave conservar y mantenimiento del patrimonio cultural.	Es la aplicación de un método o metodología HBIM que nos permitirá desarrollar los proyectos de restauración de edificación históricas. El modelado HBIM dentro de su marco de gestión de proyectos, tiene como objetivo recolectar información de una edificación histórica en una sola base de datos.	Modelado de información edificaciones históricas	✓ Medidas geométricas ✓ ancho, largo y altura ✓ Flecha del arco ✓ Tiempo de digitalización ✓ Programación	✓ ML ✓ M2 ✓ M3 ✓ HH ✓ Días
				Gestión de proceso de reconstrucción digital de los patrimonios culturales.	✓ Optimización ✓ Rendimiento ✓ Cronograma ✓ Planificación ✓ Costo ✓ Eficiencia ✓ Tiempo	✓ m/d ✓ m2/d ✓ m3/d ✓ horas ✓ días ✓ meses ✓ soles
		La fotogrametría es conocimiento que emplea las fotografías mediante las cuales se realizan medidas, para generar precisión, dimensión y posicionamiento de un objeto. Esto se logra mediante el uso de un software que posiciona automáticamente los puntos en un espacio tridimensional.	Es la aplicación en función de las características de vuelo, posicionamiento y delimitación del área de vuelo del RPAs	Características físicas actuales de las edificaciones históricas.	✓ Planificación de vuelo ✓ Estado actual ✓ Deterioro, lesiones en edificaciones. ✓ Precisión ✓ Resolución de cámara ✓ Área de estudio ✓ Puntos de control	✓ mm ✓ cm ✓ m ✓ m2 ✓ T° ✓ %
Dependientes	Restauración arquitectónica digital	Las restauraciones de edificaciones históricas digitales son obras especializadas que tienen como objetivo conservar y fortalecer un edificio, preservando el diseño original. La reconstrucción virtual implica el uso de un modelo virtual para recrear visualmente un evento particular de una edificación histórica.	Es el conjunto de procesos dedicados a la preservación de los bienes culturales para el futuro, devolviendo la eficacia y originalidad a un producto de la actividad humana o natural.	Cantidad de datos para el procesamiento y el tiempo de procesamiento teniendo en cuenta las características geométricas reales del monumento.	✓ Dimensiones evaluadas ✓ Delimitación de área. ✓ Valor histórico ✓ Examinación ✓ Conservación ✓ Tiempo ✓ Integración de edificaciones ✓ Sistematización de la arquitectura	✓ Píxeles/cm ✓ mm ✓ cm ✓ m ✓ m2

Nota: Elaboración propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Observación estructurada y pruebas estandarizadas.

3.7.2 Instrumentos

- **Instrumentos de medición mecánico:** Dron, GPS Diferencial los cuales son validados por el fabricante.
- **Instrumentos documentales:** Cuestionarios, guías y manuales los cuales son validados por el investigador.

3.8 Desarrollo del trabajo de tesis

3.8.1 Información del Monumento Histórico

El Arco de Triunfo de Ayacucho, también conocido como Arco de San Francisco, es el mejor monumento y el más renombrado en la región de Ayacucho y es considerado el arco triunfal más destacado del Perú. Este bien patrimonial está ubicado en el centro histórico de Ayacucho, precisamente a 2 cuadras de la plaza principal. Se ubica en la intersección del jirón 28 de Julio y el jirón Carlos F. Vivanco, junto al Templo de San Francisco de Asís.

Se hace mención de que el punto de inicio de la construcción la tuvo como procedente al burgomaestre la Pedro José Ruiz y el prefecto de la región Mariano Velarde Álvarez. En consecuencia a ello se otorga la celebración del Centenario de la Batalla de Ayacucho, asimismo se le modificó su estructura original añadiendo nuevas estructuras sobre la original para embellecer el monumento histórico.

Figura 64 *Fotografía antigua construcción del arco el triunfo o arco de San francisco.*



Nota: Elaboración propia

El principal problema del Arco de San Francisco se encuentra en la falta de mantenimiento en las partes más altas de la edificación, provocando que se genere un deterioro del Arco San

Francisco; situación que se observa a simple vista al dar un recorrido por la vía y se observa que la fachada luce un tanto descuidado por el transcurrir de los años de este monumento.

El Arco de San Francisco fue pintado en el año 2018 mediante un mantenimiento realizado por la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA con los colores que tradicionalmente se han utilizado en la ciudad, de este modo se manifiesta que es necesario no perder los antiguos colores que hoy en día corren peligro de ser omitidos por nuevos materiales. Asimismo el Arco San Francisco está declarado Monumento Histórico el cual debe ser conservado y se deberá plantear mantenimiento de la estructura para que perdure más tiempo nuestra tradición. Según la DIRECCIÓN DESCONCERTADA DE CULTURA DE AYACUCHO, del proyecto de identificación y estudio histórico de patrimonio cultural material e inmaterial del centro histórico de la ciudad de ayacucho, encabezado por el responsable Mg. Claudio Rojas Porras, en dicho informe de evaluación técnica no se ha encontrado la composición del material con el cual está construido el arco el triunfo, asimismo debemos aclarar que esta información fue remitida por la oficina de Instituto Nacional de Cultura.

Además, se tuvo acceso a la información del PLAN MAESTRO DE REVITALIZACIÓN INTEGRAL DEL CENTRO HISTÓRICO DE AYACUCHO, en la cual se plasma la RESTAURACIÓN DE LAS ARQUERÍAS Y CONSTRUCCIÓN DE PLAZOLETA SUR DE LA ALAMEDA VALDELIRIOS, en este proyecto se ha identificado la composición de material que compone estos arcos, el cual es la piedra checco y balaustrada piedra sillar.

Por lo tanto, según la recolección de información documentaria respecto a este monumento, no se ha encontrado la identificación del material o la piedra que compone el Arco el Triunfo, asimismo no se ha realizado ningún tipo de prueba para la identificación de dichos materiales que componen el Arco de San Francisco, puesto que este proyecto de investigación no estaba contemplado la realización de pruebas de laboratorio.

3.8.2 Esquema del Proceso HBIM

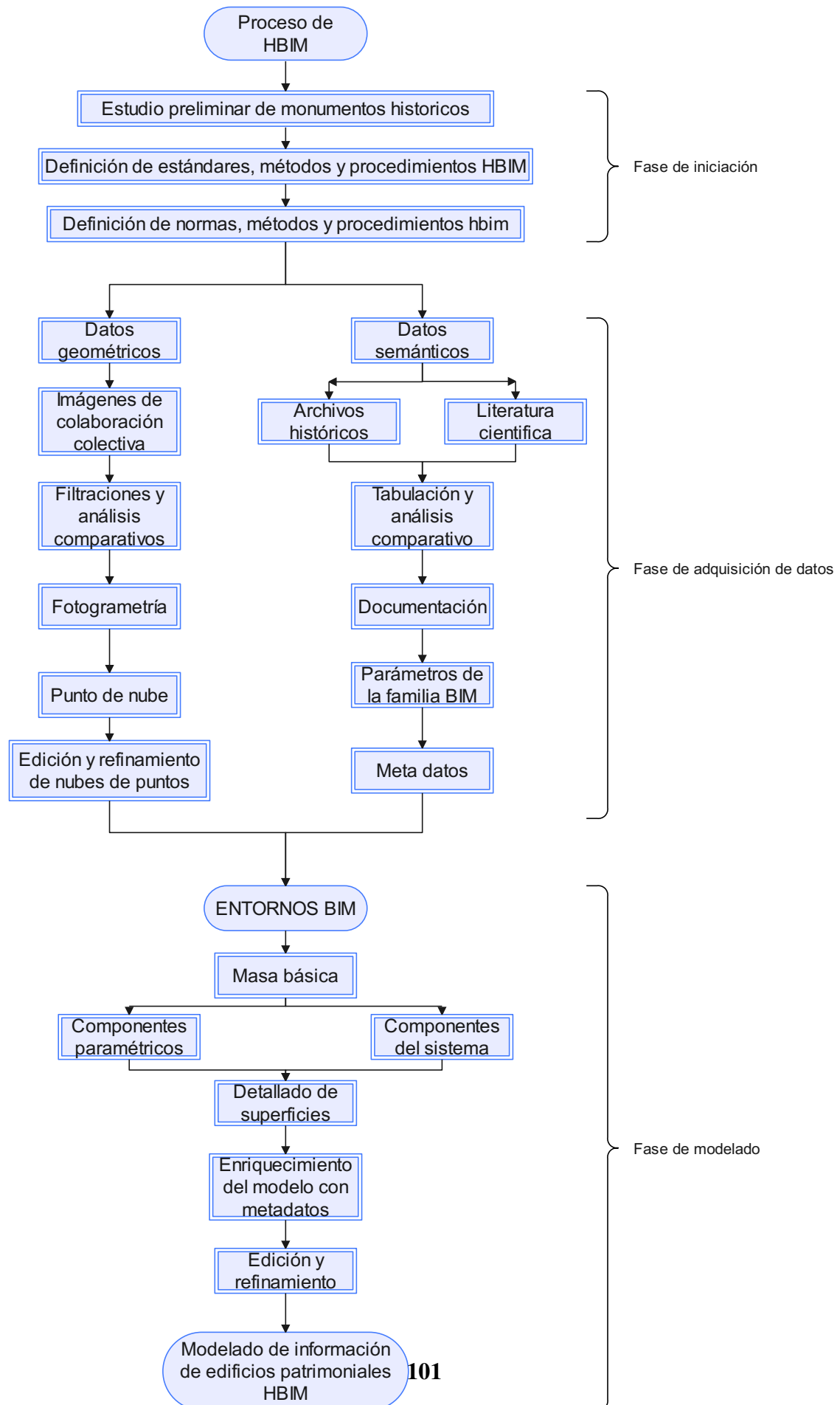
En esta investigación se plantea una metodología HBIM de modelos digitalizados, es decir, estos esquemas son aplicados a la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas bajo el concepto de HBIM (Heritage Building Information Modelling).

Figura 65 Estado actual de arco el triunfo o arco de San francisco.

Nota: Elaboración propia

Se realiza la evaluación en los casos de patrimonio histórico dañado o los que requieren una restauración arquitectónica digital, recuperación digital en base de la fotogrametría en la cual se ha utilizado un conjuntos de imágenes que han sido procesadas y desarrolladas para la obtención una digitalización 3D de la edificación histórica para su mantenimiento y conservación para evitar el colapsa. Es en ese sentido que se plantea tres etapas del proceso de la metodología HBIM.

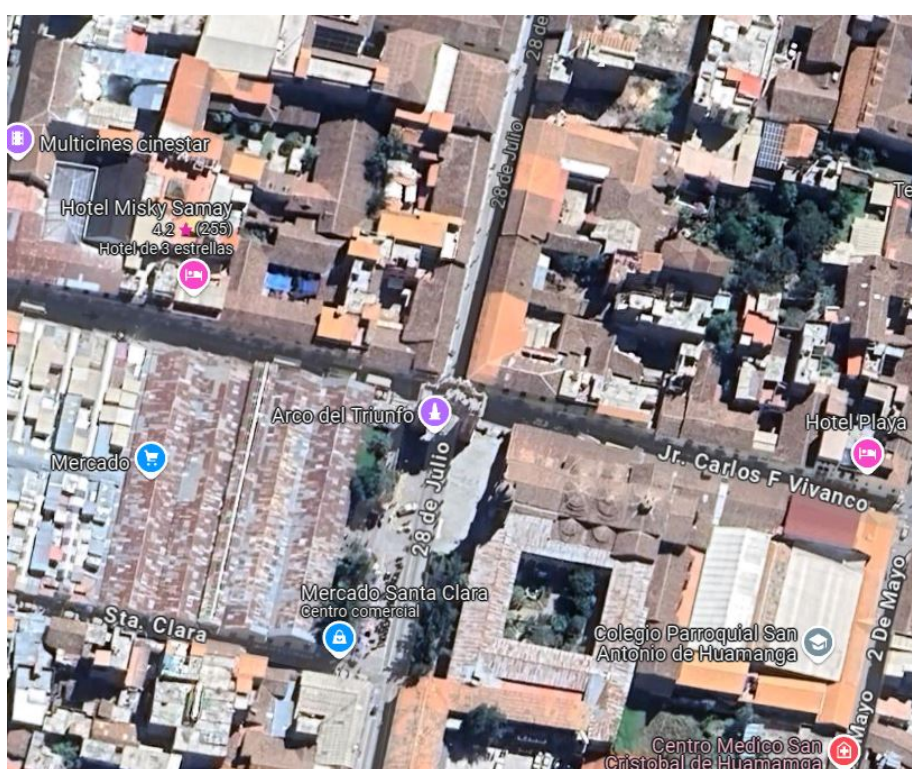
- A) El primer proceso de la fase del desarrollo de la metodología HBIM abarca la recolección de datos geométricos, esta fase esta denominada como la fase de iniciación.
- B) En el segundo proceso de la fase del desarrollo de la metodología HBIM procesa los datos adquiridos, mediante de un desarrollo inteligente, el cual nos permite utilizarlo como fundamento del conocimiento de toda la información digital; denominada como la fase de adquisición de datos.
- C) En el tercer proceso de la fase del desarrollo de la metodología HBIM se realiza la generación de nube de puntos y los datos se usan en el entorno HBIM. Por esa razón, la nube de puntos generadas se delimitan manualmente para reconocer los objetos que serán modelados con los softwares de ingeniería establecidos para el HBIM; esta etapa es denominada como fase de modelado.

Figura 66 Proceso de trabajo realizado según el organigrama propuesto.

3.8.3 Análisis preliminar de monumentos históricos

Este patrimonio histórico denominado el Arco de Triunfo de Ayacucho o Arco de San Francisco, es un monumentos muy famoso de la región de Ayacucho . Además, es denomina Patrimonio Cultural del Perú, este bien es de tipo arquitectónico histórico, artístico, intelectual. En Ayacucho es considerado como Patrimonio cultural y representa una un hecho histórico que es reflejado su grandeza mediante la vista imponente de la edificación existente, el cual es validado y protegido por el Ministerio de Cultura.

Figura 67 Proceso metodológico de HBIM.



Nota: Adaptado y modificado en Google Maps.

- A simple vista se puede observar que tiene una altura mayor a 15 metros de altura.
- compuesta de dos bases colosales de base rectangular mayor a 4 metros de ancho.
- En la parte central esta compuesta por la parte curva, por la cual lleva la denominación de arco según su geometría.
- En la parte superior se puede observar un sin fin de detalles como una especie de fachaletas, las cuales le otorgan el aspecto estético y arquitectonico.

3.8.4 Identificar de patologías en edificaciones históricas

El Arco de Triunfo de Ayacucho o Arco de San Francisco viene desarrollando un deterioro natural durante la línea de tiempo desde el momento que se realizó la construcción de esta edificación, existiendo factores que incrementan este proceso natural de deterioro o daño de los elementos arquitectónicos que componen el monumento.

Se puede observar en la figura 69 se puede observar la acumulación de excremento de aves y toda la suciedad que se ha generado en las partes más altas de este monumento las cuales ocasionan lesiones físicas. Asimismo se puede observar el estado de abandono de las partes más altas de este monumento, los cuales necesitan ser conservados a través de un mantenimiento realizado por el ente que corresponde.

Figura 68 Proceso de identificación de daños y deterioros en la parte superior de la edificación.



Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Podemos observar que en la figura 68 la percepción de desplome de material de recubrimiento, además se puede observar que no existe ningún tipo de mantenimiento en las partes más altas de este monumento. Además se puede percibir que las partes más altas están compuestas por elementos arquitectónicos denominados ladrillos los cuales van desprendiéndose de su componente monolítico, asimismo se puede notar un claro abandono por parte de las autoridades locales, nacionales y no existe una supervisión por parte del Ministerio de Cultura.

Figura 69 *Identificación de deterioro en la parte superior derecho del monumento.*

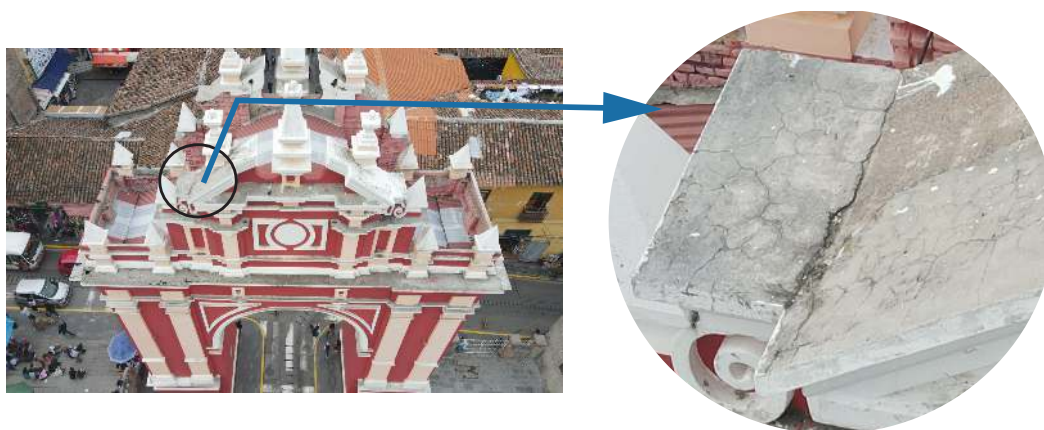
Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Podemos observar que en la figura 70 los daños ocasionados a través de los años, que este caso es el desprendimiento de los pedazos de elementos arquitectónica. Estas piezas van desprendiéndose poco a poco las cuales generan la necesidad de tener un mantenimiento adecuado para su conservación.

Figura 70 *Identificación de deterioro en la parte superior derecho del monumento.*

Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

A su vez las propiedades de los materiales de la mampostería están compuestos de piezas de diferente material, formas y tamaños que se ven reunidos en el adobe con sus múltiples fisuras, grietas y falta de mantenimiento durante la actualidad.

Figura 71 *Proceso de identificación de daños y lesiones del lado izquierdo de la edificación histórica.*

Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Una de las patologías que se produce en las fachadas son las Eflorescencia la cual se define como las capas de sales que se conglomeran de manera blanquesina en las superficies de las edificaciones históricas en sus partes porosas. Paralelamente a ello se tiene que las lluvias ácidas contribuye con el deterioro de materiales que tendrían como resultado del desprendimiento de revocos por contaminaciones y lluvias ácidas.

Figura 72 *Identificación de daños y lesiones del lado izquierdo la edificación histórica.*

Nota: Captación propia mediante el proceso de fotogrametría.

También podemos observar que podemos encontrar lesiones de putrefacción las cuales generan alteración de las propiedades químicas y físicas de los materiales orgánicos del arco el triunfo. Las cuales ocasionan la desagregación de las piezas y su posible pérdida y envejecimiento de los materiales que componen el monumento histórico.

Figura 73 *Identificación de daños y lesiones de la edificación histórica.*

Nota: Captación propia mediante el proceso de fotogrametría.

Asimismo se tiene el desprendimiento de alguna de las componentes o pedazos piezas que son parte del monumento, es en ese sentido la causa que provoca la reactivación de las sales cristalinas que se encuentran en la parte superior de la edificación. Asimismo también se tiene la precipitación fluvial que generan fisuras, daños de capacidad estructural, elementos que se desprenden y deterioro general de la edificación histórica.

Figura 74 *Identificación de tabaquería en la parte superior derecho.*

Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Además se ha identificado mediante la fotogrametría (fotografías areas tomadas con el dron) los daños y lesiones que tiene el monumento histórico, las cuales nos permiten identificar

estas características físicas y mecánicas de la edificación histórica.

Tabla 6 *Identificación de patologías (daños y lesiones).*

Tipos de Patologías	Causas probables	Descripciones	Lesiones
Humedad	Acumulación de aguas fluviales de precipitaciones naturales	A través de tiempo la humedad genera deterioro en los materiales que componen la edificación histórica.	Físicas
Filtración	Acumulación de precipitaciones naturales que se almacenan en la parte interior del as edificaciones históricas.	Deterioro de los materiales que generan espacio (poros, fisuras y grietas) para el aislamiento de aguas fluviales naturales.	
Erosión	Se produce por un movimiento de rozamiento o efecto de los vientos atmosféricos.	En este caso se genera el deterioro en los detalles más pequeños, sobre todo en las partes esquinadas de la edificación histórica.	
Suciedad	Uso de materiales porosos usados en los edificios históricos, las cuales quedan como partículas suspendidas.	Son impurezas que están incrustadas y no fijas, que con el tiempo generan lesiones y daños.	
Grietas	Las grietas ocurren cuando existen reacciones químicas en los materiales de construcción o movimientos externos que actúan frente a la edificación histórica.	Tienen la característica de una abertura mayor a 1mm y no es denominado superficial.	Mecánicas
Fisuras	Son generados por fallo de algún elemento o deterioro y desprendimiento de algún elemento arquitectónico de la edificación histórica.	Son discontinuidades que surgen en la edificaciones históricas por factores externos.	
Desprendimiento	Es por la pérdida de adherencia y pérdida de propiedades de los materiales de los elementos arquitectónicos de la edificación histórica.	Es una secuencia de un proceso de separación del material de acabado en la edificación.	

Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Además se debe tener en cuenta que no ha ocurrido un terremoto a una escala e intensidad considerable para evaluar daños estructurales, producto de esta acción sísmica que ocurre cada cierto tiempo, la cual es difícil de predecir.

3.8.5 Uso de Equipos Mecánicos

Uno de los equipos usados fue el DGPS (Differential Global Positioning System), GPS diferencial, en este contexto, podríamos describirla como una estrategia de localización que se basa en corregir los datos recopilados por un receptor GPS utilizando información de uno o más receptores GPS estacionarios, conocidos como estaciones de referencia o de monitoreo.

Figura 75 Equipos usados en el proceso de fotogrametría.



Nota: Captación propia de los equipos de georeferenciación.

El equipo usado es el dron, el cual es un vehículo aéreo no tripulado, en otras palabras, un avión no tripulado es un tipo de avión que puede navegar por el aire sin la presencia de un piloto humano a bordo. Estos dispositivos pueden controlarse o programarse de forma remota mediante software y GPS para funcionar de forma independiente.

Figura 76 *Uso y manejo de Dron usado en campo.*



Nota: Captación propia de los equipos de la fotogrametría.

Se puede observar que la manipulación del control del dron es primordial puesto que se debe tener en cuenta las palomas que se encuentran en vuelo al rededor del arco el triunfo.

Figura 77 *Uso de Dron en el area delimitada para la evaluación de espacio de vuelo.*



Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Cabe mencionar que el uso del GPS Diferencial para ubicar las coordenadas UTM en el Jr. 28 de Julio y Jr. Carlos F. Vivanco, teniendo en cuenta las posiciones adecuadas en referencia de la señal captadas.

Figura 78 *Uso de equipo dron y manipulación de vuelo.*



Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Se tuvo la necesidad de alquilar los equipos de GPS diferencial y el dron en conjunto; asimismo se tuvo que recurrir a personal profesional para realizar las mediciones correspondientes dentro del área delimitada.

Figura 79 *Proceso metodológico de la investigación y uso de equipos mecánicos.*



Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Se puede observar que el trabajo realizado fue en equipo, que tuvo que seguirse el procedimiento correspondiente para obtener resultados adecuados de esta presente investigación.

Figura 80 *Proceso de uso de equipos del GPS Diferencial.*



Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

3.8.6 Proceso de fotogrametría

Para este tipo de proceso se utiliza equipos mecánicos adecuados, y teniendo en cuenta sus características nos servirán para identificar un objeto, estos equipos nos permitirá la captura de imágenes de alta calidad.

Se realiza la identificación del objeto que va ser evaluado, en este caso un patrimonio histórico como es el arco del triunfo, para lo cual se planifica el area específica de intervención. Seguidamente a ello se realiza el uso de los equipos mecánicos para la captura de fotografías mediante la fotogrametría.

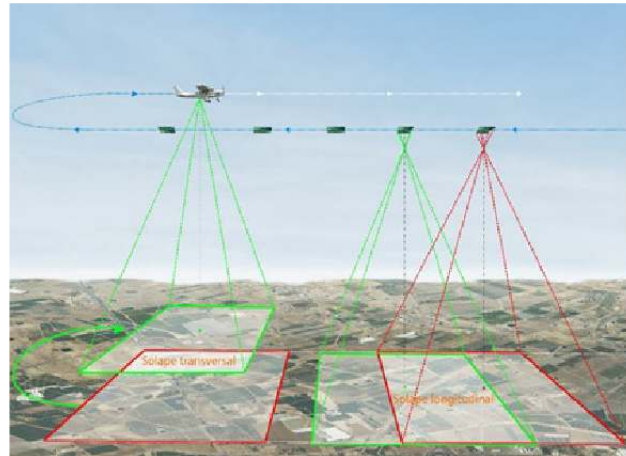
Entonces podemos decir que la fotogrametría es la ciencia consiste en obtener mediciones fotográficas confiables de imágenes digitales, es por eso que se concluye que la fotogrametría es una metodología muy eficiente pues es una alternativa de recaudar datos de un proyecto histórico.

3.8.6.1 Tomas fotográficas

El tipo de tomas fotográficas son realizadas teniendo en cuenta la posición y ángulo relativo que se va obtener mediante la fotogrametría, las cuales nos permitan seguir un proceso de

trabajo realizado mediante el uso del equipo mecánico llamado Dron, este equipo nos permite identificar orientar la ruta de vuelo del Dron las cuales nos permitieran a captura de las fotos del patrimonio histórico.

Figura 81 *Proceso metodológico de tomas de fotos según el recorrido del Dron.*



Nota: Adaptado y modificado en Google Maps.

3.8.6.2 Puntos de control del Dron

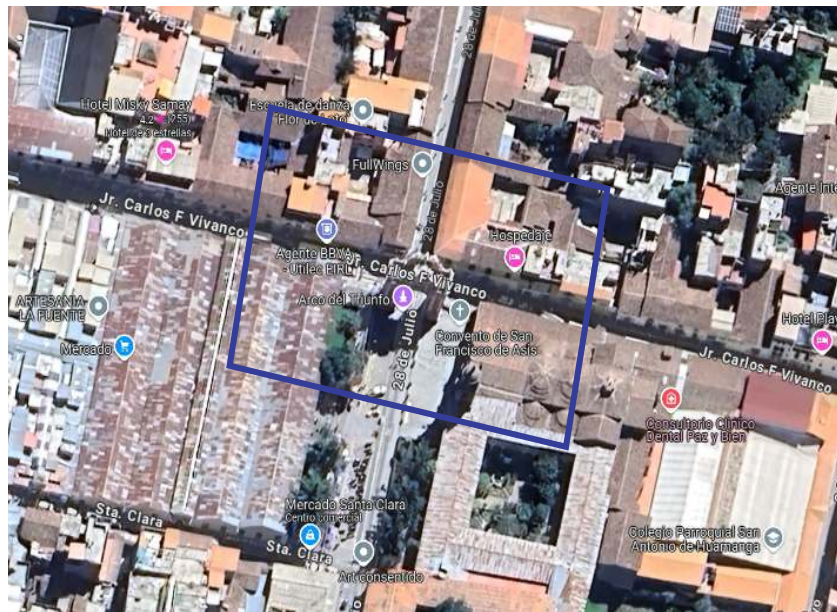
La captura de las fotografías se realiza teniendo una planificación de vuelo, entonces para mejorar una mejor captura de imágenes se da uso a los puntos de control de apoyo teniendo en cuenta su posicionamiento y su respectiva orientación. Es por esa razón que se tiene en cuenta un sistema de coordenadas generales, por lo cual se tomo la decision de ubicar un conjunto de marcas para la captura de fotografías, las cuales después nos servirán de fundamento para la orientación del vuelo a realizarse teniendo en cuenta el recorrido del Dron.

3.8.6.3 Plan de vuelo

La toma de fotos que se realiza para obtener una mejor calidad fotográfica va depender de los niveles de altura en la cual se va tomar las fotos, teniendo en cuenta la ruta de vuelo del dron.

- **Altitud:** Son las distancias verticales entre el nivel central del mar y un punto en el aire.
- **Altura:** Son las distancias verticales entre el terreno y un punto en el aire.
- **Elevación:** Son las distancias verticales entre el nivel central del mar y el terreno.

Además, el uso de GPS diferenciales es muy esencial puesto que nos permite ubicar las coordenadas de una manera correcta y adecuada; así mismo se tendrá un mejor complemento con el dron usado.

Figura 82 *Proceso de ubicación del punto de análisis de la edificación.*

Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

3.8.7 Proceso de Nube de puntos

Figura 83 *Proceso de captura de fotos de diferentes posiciones.*

Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

Figura 84 Vista frontal, lateral derecho, lateral izquierdo y posterior del arco el triunfo o arco san francisco, para tener la veracidad del proceso fotogramétrico.



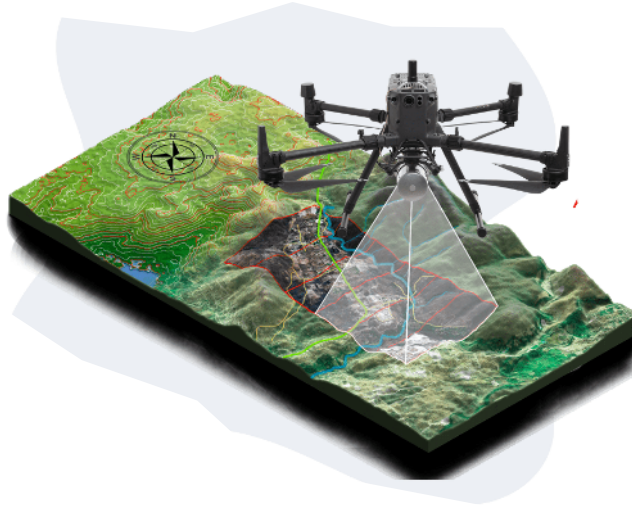
Nota: Captación propia a través de la fotogrametría.

3.8.8 Uso de softwares HBIM

3.8.8.1 Software Agisoft Metashape

Se ha dado uso al programa Agisoft Metashape el cual hace posible la generación de ortofotos georreferenciadas en alta calidad a partir de fotografías aéreas tomadas mediante un dron. Es un software que tiene la finalidad procesar fotogramétricamente imágenes digitales y genera datos geométricos 3D que se pueden utilizar en aplicaciones de la metodología BIM, para generación de documentos referentes al patrimonio histórico, para efectos visuales y para realizar mediciones de objetos de diferentes escalas.

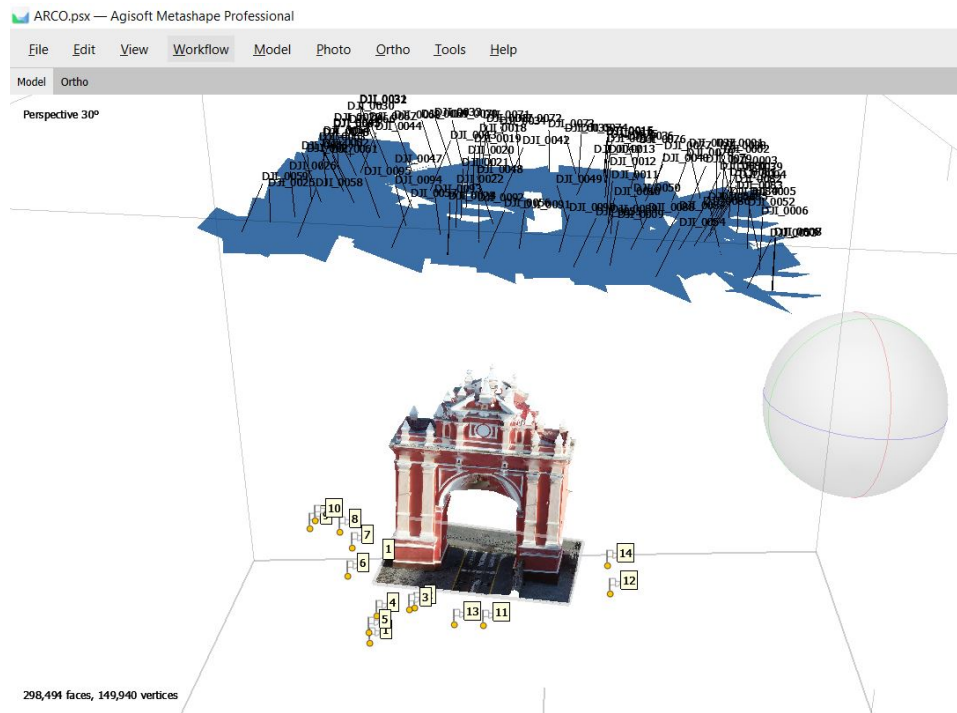
Figura 85 Vista de area delimitado por el Software.



Nota: Adaptado de página de Agisoft Metashape.

Según el procesamiento de las fotográficas en el punto de análisis se tiene la vista referencial en el Software Agisoft Metashape teniendo en cuenta sus coordenadas y su posición conferenciadas en torno a los puntos dados y planificados.

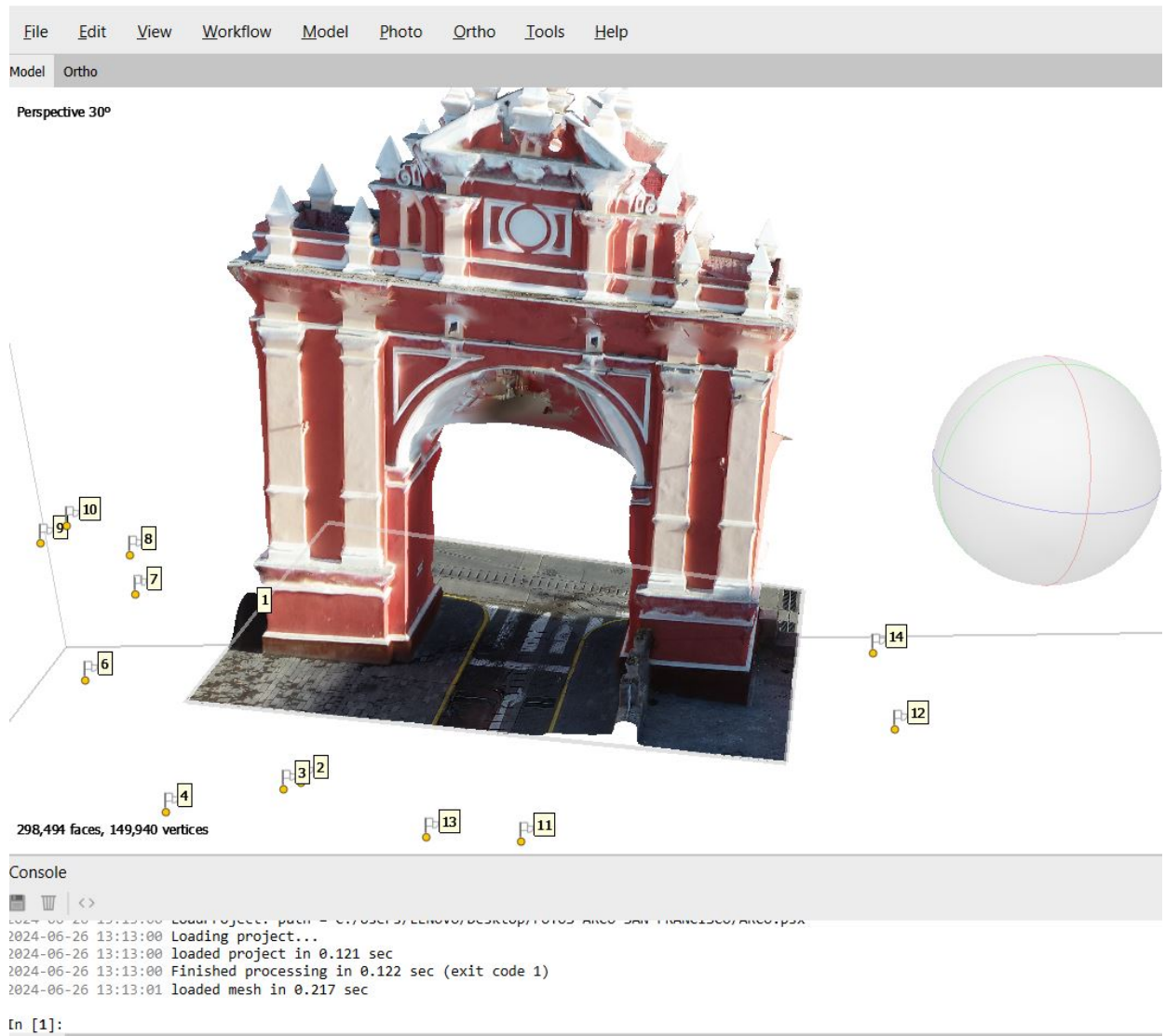
Figura 86 Vista general del arco el triunfo o arco san francisco.



Nota: Adaptado de página de Agisoft Metashape.

Finamente se tiene una visibilidad final del 3D generado por este software que sera oportunamente exportado al Autodesk Revit, para realizarse el procedo de modelado con la metodología HBIM.

Figura 87 Visualización del arco el triunfo o arco san francisco.



Nota: Adaptado de página de Agisoft Metashape.

La utilización del Software Agisoft Metashape, nos sirve para crear redes con una textura moderno y visible teniendo en cuenta su ubicación real , generando así las nubes de puntos de las condiciones existentes a partir de las fotografías tomadas por el Dron, según su recorrido espacial.

3.8.8.2 Software Autodesk Revit

Este programa Revit, es un software de HBIM utilizado ampliamente por arquitectos, ingenieros civiles y profesionales técnicos especialistas en el área de diseño para crear un modelo unificado. Asimismo se puede decir que el Autodesk Revit se ha creado para impulsar BIM, no para generar una sustitución.

Además el Revit permite la colocación de elementos inteligentes y su uso nos permite calcular delimitaciones con la herramienta de habitaciones, para así mostrar varias opciones de diseño de las edificaciones en el mismo archivo.

Figura 88 *Visualización de prestación del Software.*



Nota: Adaptado de Autodesk Revit.

Capítulo IV

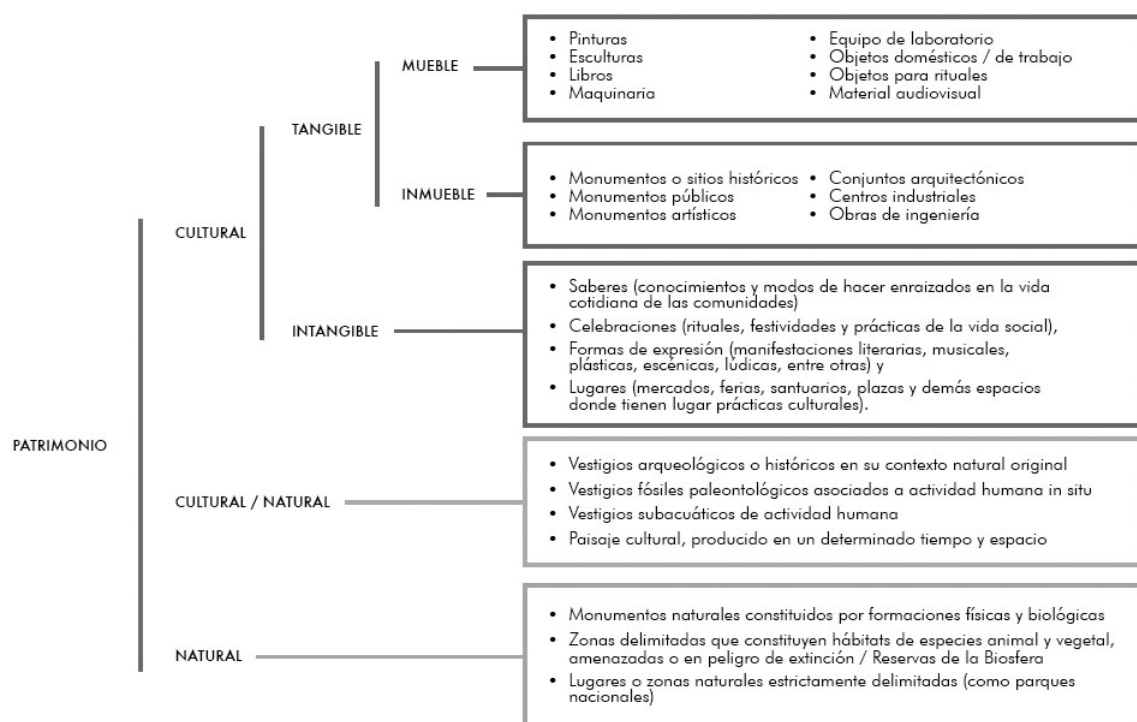
Resultados

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Identificación del patrimonio

En esta capítulo se muestra los resultados obtenidos del uso del dron y la captura de fotografías mediante la fotogrametría para dar uso de la metodología HBIM. En ese sentido el punto de partida para la identificación de un patrimonio puede basarse en antecedentes, étnicos, religiosos e históricos, que son trascendentales en una linea de tiempo durante un proceso de temporal de identidad cultural.

Figura 89 Clasificación de un patrimonio.



Nota: Adaptado de la clasificación de UNESCO.

El patrimonio cultural de la nación esta integrado por bienes materiales que pueden ser clasificados como inmuebles y muebles. ya que estos patrimonios históricos tienen un permanencia ne el tiempo, esta presente memoria colectiva nos permite conocer nuestro pasado y conmemorar acontecimientos históricos que contribuyen a construcción de una estructura de nuestra identidad que conforman nuestra region de ayacucho.

4.1.2 Contratación de hipótesis

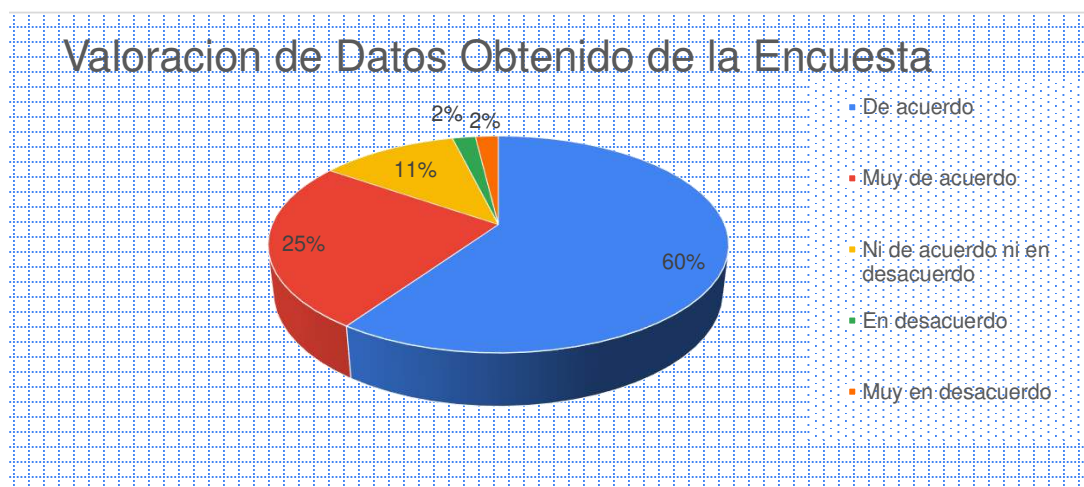
Este estudio se refiere a las estadísticas del cuestionario cumplimentado, en este sentido el objetivo principal es estimar los valores de los parámetros desconocidos en la población y probar la exactitud de las hipótesis sobre la población de estudio en esta. estudiar. estudiar.

4.1.2.1 Contratación de hipótesis general

H_0 : Si al analizar la implementación de técnicas de restauración arquitectónica digital del Arco el Triunfo a través de la precisión de la fotogrametría y modelado HBIM, entonces **no** se obtendrá mejores modelos digitales para su gestión en las edificaciones históricas en la ciudad de Ayacucho 2024.

H_1 : Si al analizar la implementación de técnicas de restauración arquitectónica digital del Arco el Triunfo a través de la precisión de la fotogrametría y modelado HBIM, entonces se obtendrá mejores modelos digitales para su gestión en las edificaciones históricas en la ciudad de Ayacucho 2024.

Figura 90 *Calculo Estadístico del cuestionario realizado con los profesionales en la especialidad respecto a las variables.*



Nota: Referencia de las preguntas mas importantes realizadas a los profesionales del area.

Interpretación:

La implementación de técnica de fotogrametría y modelado hbim es más eficiente puesto que la medición tradicional o manual llevaría más tiempo de lo debido en la elaboración de datos digitales. Asimismo, la aplicación de esta metodología reduce el tiempo y buen manejo de restauración digital de la edificación histórica evaluada, teniendo en cuenta que este edificio está construido.

Además, se ha realizado una encuesta con el propósito de conocer la opinion profesional frente a la problematical de la restauración arquitectónica de las edificación históricas; dicha encuesta fue realizada a profesionales de ingeniería civil y profesionales de arquitectura, para reforzar nuestra contratación de hipótesis puesto que fue necesario la opinion técnica de los profesionales.

Estas preguntas fueron realizadas bajo el formato de la escala Likert, teniendo en cuenta las variables de la investigación; estas preguntas esta compuestas por 15 oraciones afirmativas. Estas preguntas fueron planteadas teniendo en cuenta la operacionalización de variables, y recurriendo a la opinion de profesionales expertos para la validación de instrumento, dando su opinion mediante una constancia de validación.

Figura 91 *Calculo Estadístico del cuestionario realizado con los profesionales en la especialidad.*

Resumen de procesamiento de casos				Estadísticas de fiabilidad		
		N	%			
Casos	Válido	52	100.0	Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
	Excluido ^a	0	.0			
	Total	52	100.0			
a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.				.785	.809	15

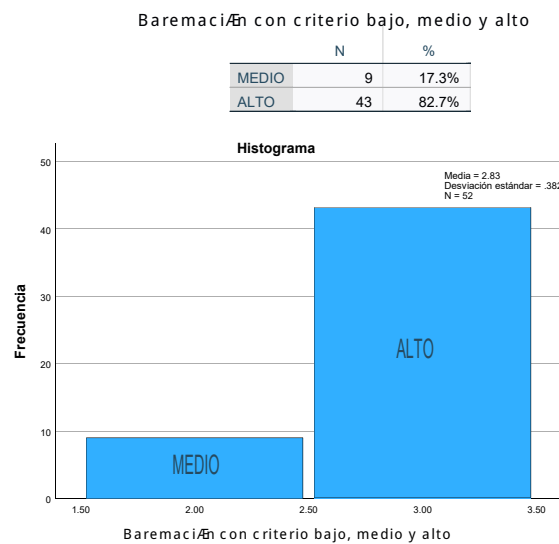
Nota: Calculado mediante el Software IBM SPSS Statistics.

La implementación de las técnicas de restauración arquitectónica digital, se obtiene mediante las precisiones de dos modelos que deben ser validados midiendo las distancias entre la malla del modelo fotogramétrico y el modelo paramétrico creado de la metodología HBIM. Por lo tanto, este estudio ha demostrado mediante diferentes secuencias de trabajo y a través de la utilización del software Revit, con la cual demuestra que se ha obtenido un modelo 3D de alta precisión, con lo cual se realiza la contratación de la hipótesis planteada en un inicio.

Por tanto, constatamos la veracidad de nuestra hipótesis general y se rechaza la HIPÓTESIS NULA (H_0).

De igual manera se realizó la baremación de las encuestas para identificar de una manera más precisa la valoración con tres aspectos importantes, que fueron un nivel bajo, medio y alto de la importancia de la restauración arquitectónica de las edificaciones históricas de la region de ayacucho.

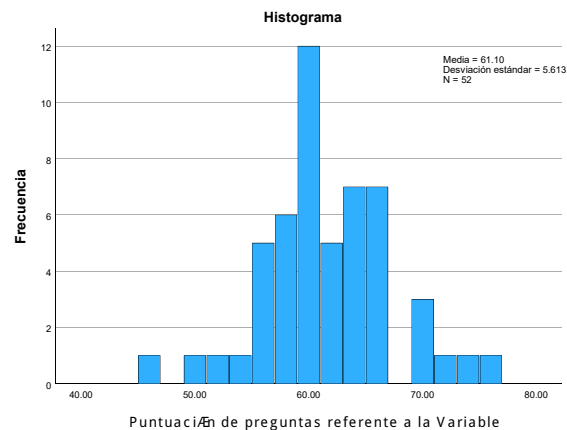
Figura 92 *Calculo Estadístico del cuestionario realizado con los profesionales en la especialidad.*



Nota: Calculado mediante el Software IBM SPSS Statistics.

Seguidamente con el uso del Software IBM SPSS Statistics, con la cual se realizó el cálculo de las valoraciones estadísticas en referencia a las preguntas realizadas en nuestra encuesta de investigación, asimismo como la validación para encontrar una confiabilidad de dichos cálculos.

Figura 93 *Calculo Estadístico del cuestionario realizado.*



Nota: Calculado mediante el Software IBM SPSS Statistics.

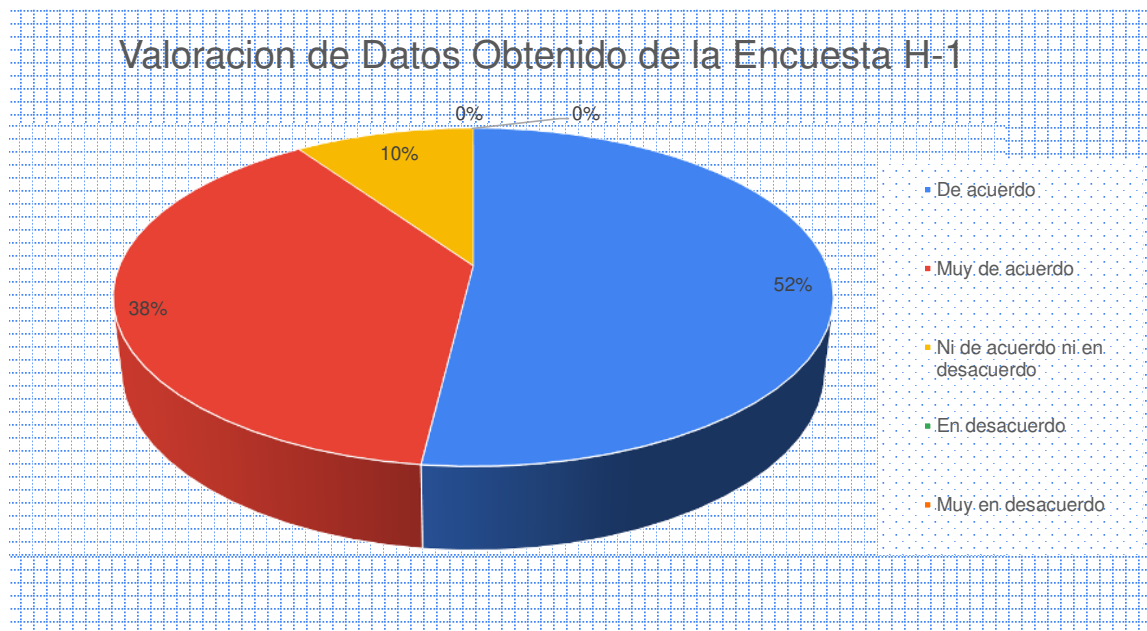
4.1.2.2 Contratación de hipótesis específico

A) hipótesis específico N° 01

- H_0 : Si al aplicar el modelado de información edificaciones históricas con la inclusión de estos métodos digitales, entonces **no** se mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.
- H_1 : Si al aplicar el modelado de información edificaciones históricas con la inclusión de estos métodos digitales, entonces se mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.

Interpretación: Se ha realizado el procesado del cuestionario realizado en el software SPSS de los datos necesarios, entonces la metodología HBIM nos permite tener una secuencialidad y proceso de manejo de mantenimiento y conservación de las edificaciones históricas, a través de las metodología de trabajo HBIM, con lo cual se realiza la contratación de la hipótesis planteada en un inicio.

Figura 94 *Calculo Estadístico del cuestionario realizado de la hipótesis N° 01.*



Nota: Calculado realizado teniendo en cuenta la confiabilidad de lo evaluado estadísticamente.

En la figura 94 se indica que el 52% de los encuestados esta de acuerdo en realizar el modelado de información edificaciones históricas teniendo en cuenta la restauración arquitectónica digital, por tanto, constatamos la veracidad de nuestra hipótesis específica N° 01 y se rechaza la HIPÓTESIS NULA (H_0).

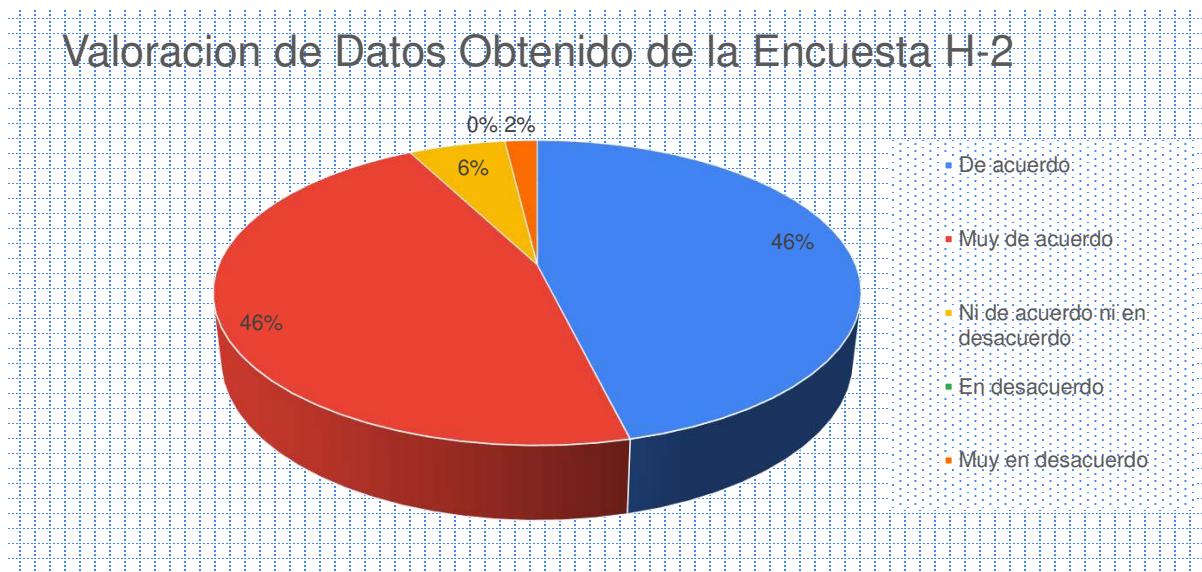
B) hipótesis específico N° 02

- H_0 : Si al aplicar la gestión de procesos de reconstrucción digital en los patrimonios culturales, entonces **no** mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.
- H_1 : Si al aplicar la gestión de procesos de reconstrucción digital en los patrimonios culturales, entonces mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.

Interpretación:

Se ha realizado el procesamiento del cuestionario realizado en el software SPSS de los datos necesarios, la gestión de procesos de reconstrucción digital nos permite gestionar la conservación y el mantenimiento de las edificaciones históricas, por esta razón este proceso nos permite mejorar el valor histórico de la edificación, con lo cual se realiza la contratación de la hipótesis planteada en un inicio

Figura 95 *Calculo Estadístico del cuestionario realizado de la hipótesis N° 02.*



Nota: Calculado realizado teniendo en cuenta la confiabilidad de lo evaluado estadísticamente.

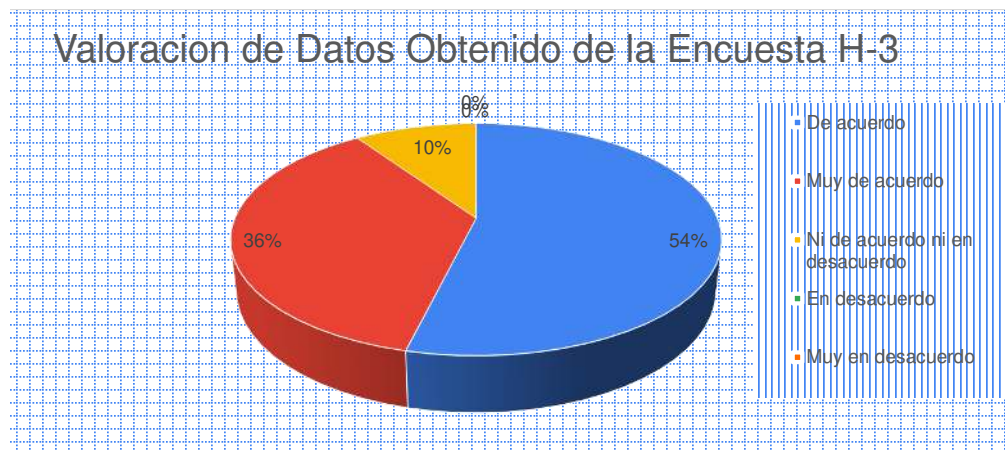
En la figura 95 se indica que el 46% de los encuestados están muy de acuerdo en realizar o generar el banco de proyectos digitales de las edificaciones históricas teniendo en cuenta la restauración arquitectónica digital, por tanto, constatamos la veracidad de nuestra hipótesis específica N° 02 y se rechaza la HIPÓTESIS NULA (H_0).

C) hipótesis específico N° 03

- H_0 : Si al identificar de manera precisa las características físicas actuales de las edificaciones históricas, entonces **no** se mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.
- H_0 : Si al identificar de manera precisa las características físicas actuales de las edificaciones históricas, entonces se mejora la restauración arquitectónica digital de las edificaciones históricas.

Interpretación: La implementación de la metodología de la fotogrametría nos permite identificar el estado situational actual de las edificaciones históricas de forma eficiente, es por ello que se da inicio al contraste de la hipótesis planteada en un inicio, con lo cual se realiza la contratación de la hipótesis planteada en un inicio

Figura 96 *Calculo Estadístico del cuestionario realizado de la hipótesis N° 03.*



Nota: Calculado realizado teniendo en cuenta la confiabilidad de lo evaluado estadísticamente.

En la figura 96 se indica que el 54% de los encuestados está de acuerdo en realizar el el proceso de análisis tecnológico de drones para la identificación de las características físicas de la edificación histórica teniendo en cuenta la restauración arquitectónica digital, por tanto, constatamos la veracidad de nuestra hipótesis específica N° 03 y se rechaza la HIPÓTESIS NULA (H_0).

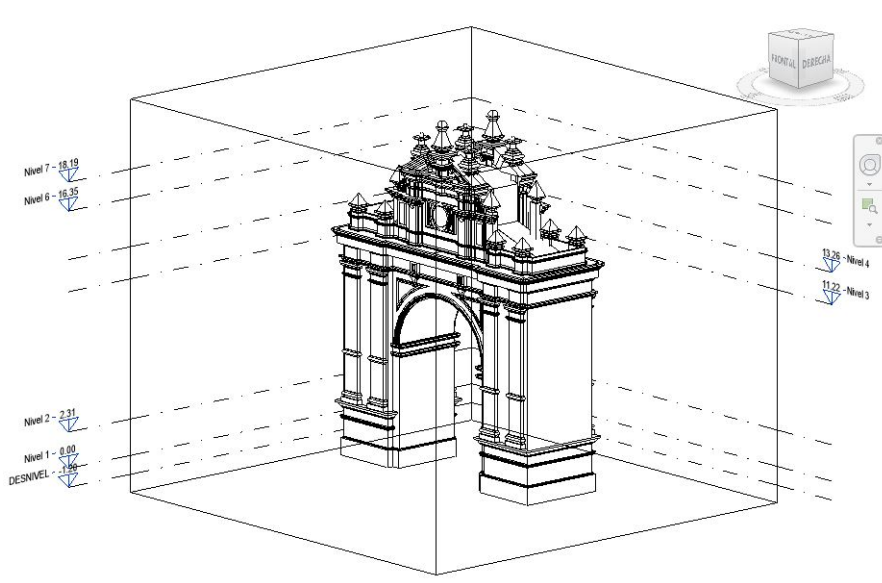
La asignación de la normativa peruana en los proyectos a nivel nacional solicitan emplear la metodología BIM, en esta investigación se ha observado que esta metodología puede ser aplicado a edificaciones históricas existentes, teniendo resultados favorables dentro de los parámetros trazados según la evaluación del bien histórico requerido.

Se ha demostrado que los trabajos realizados mediante la combinación de estos procesos de fotogrametría y la metodología HBIM, se han realizado de manera eficiente y sostenible, para este modo obtener optimizar el costo de reparación y restauración de las edificaciones históricas una vez obtenida la restauración digital y de este modo lograr la administraciones de estos bienes patrimoniales de la ciudad de ayacucho.

4.1.3 Integración de los modelos

Es la parte final de este trabajo consiste en obtener un modelo paramétrico que combine el ejemplar geométrico y los ejemplares analíticos denominados HBIM respecto a la etapa arquitectónica del proyecto. Es por esa razón que el enfoque presentado por por el programa Revit es la digitalización y modelado HBIM de edificios patrimoniales se convierten o transforman en una herramienta poderosa para la conservación y gestión efectiva de estos bienes culturales.

Figura 97 Vista inicial del Modelado 3D del arco el triunfo en Software Autodesk Revit.



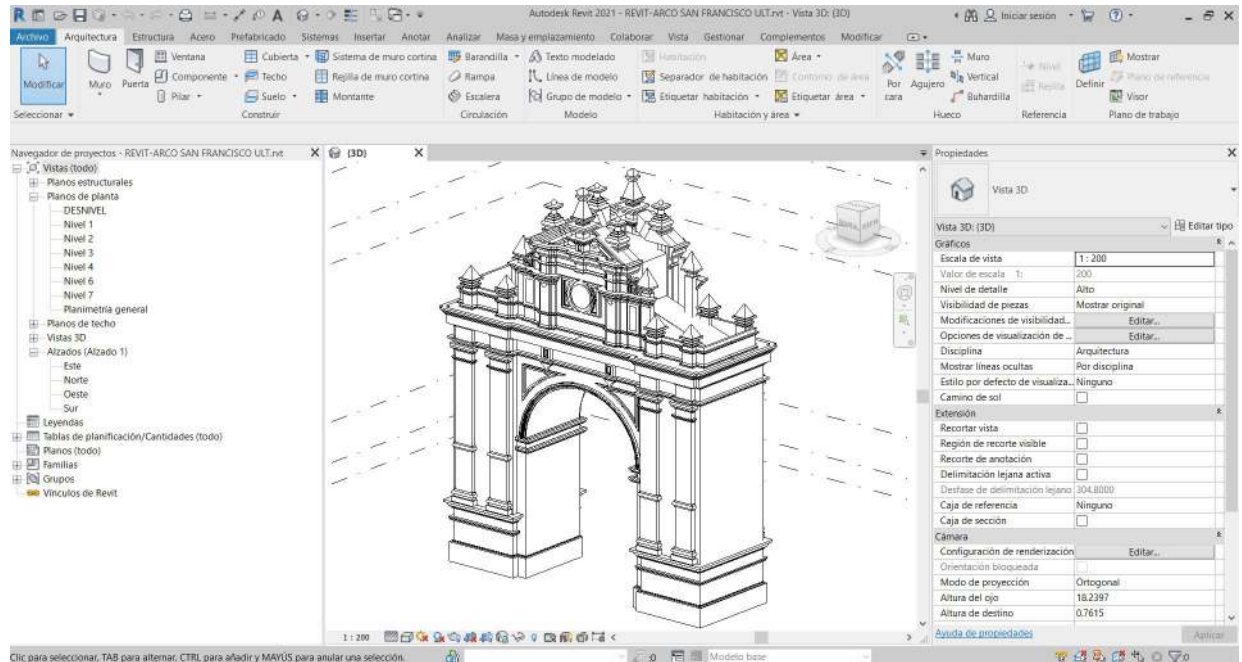
Nota: Diseño inicial realizado mediante Software Revit.

Es relevante la importancia del uso tecnológico 3D de estos equipos y softwares puesto que mediante estas metodologías de restauración digital 3D, se puede tener una conservaciones y dar un mantenimiento adecuado a las edificaciones históricas o obras de arte, ya que se puede intervenir físicamente puesto que estos son construcciones existentes dentro de un area histórico.

La implementación de estas metodología mediante el uso de avances tecnológicos son

enfoques multidisciplinario es muy útil para las conservación, restauración, recuperación y mantenimiento de este tipo de monumentos; ya que la metodología HBIM nos permite sistematizar estos modelos digitales 3D que son muy útiles para el proceso constructivo de la restauración de una edificación histórica.

Figura 98 Modelado 3D del arco el triunfo en Software Autodesk Revit.



Nota: Diseño realizado propio mediante Software Revit.

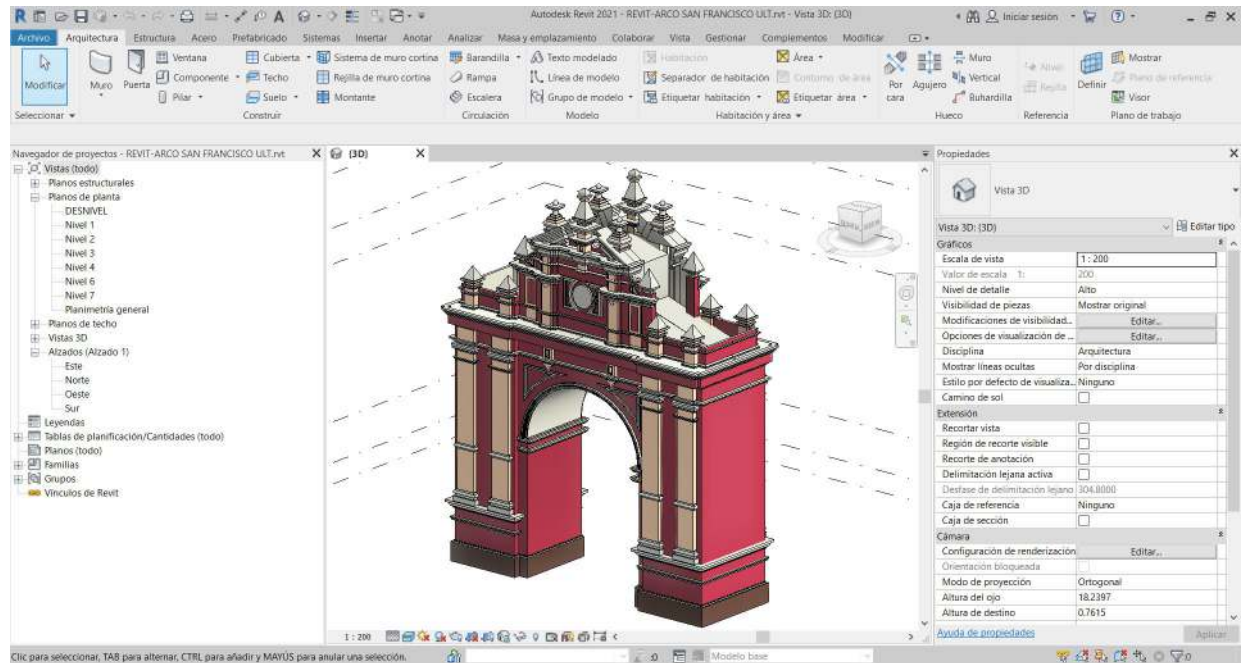
La integración que se realiza es la composición de los elementos de la edificación históricas, como por ejemplo las dos columnas principales, arco y detalles en la parte superior del arco san francisco. Es en ese sentido que todos los elementos que componen la edificaciones históricas pueden ser visto a detalle con el software Revit, las cuales nos permiten identificar y observar la composición de los elementos arquitectónicos de este patrimonio histórico.

Una de las características más importante del uso del software revit es que nos permite visualizar independientemente las parte más importantes del arco e inclusive dividirlo a nivel de detalle para tener mejor observación de cada elemento que compone la edificación histórica y de este modo nos permite tener una mejor gestión del proyectos históricos.

Además, se debe tener en cuenta que una vez aplicado este método se puede verificar el estado actual del proyecto y asimismo se puede identificar todo el proceso o ciclo de un proyecto desde su inicio ejecución hasta la culminación de ella, y de igual modo esta metodología nos

permite realizar mantenimiento y conservación histórica de cada edificio entonces podremos tener un mejor manejo y control de proyectos históricos.

Figura 99 Modelado 3D del arco San Francisco en Software Autodesk Revit.



Nota: Diseño realizado propio mediante Software Revit.

4.1.4 Detalle del arco el triunfo

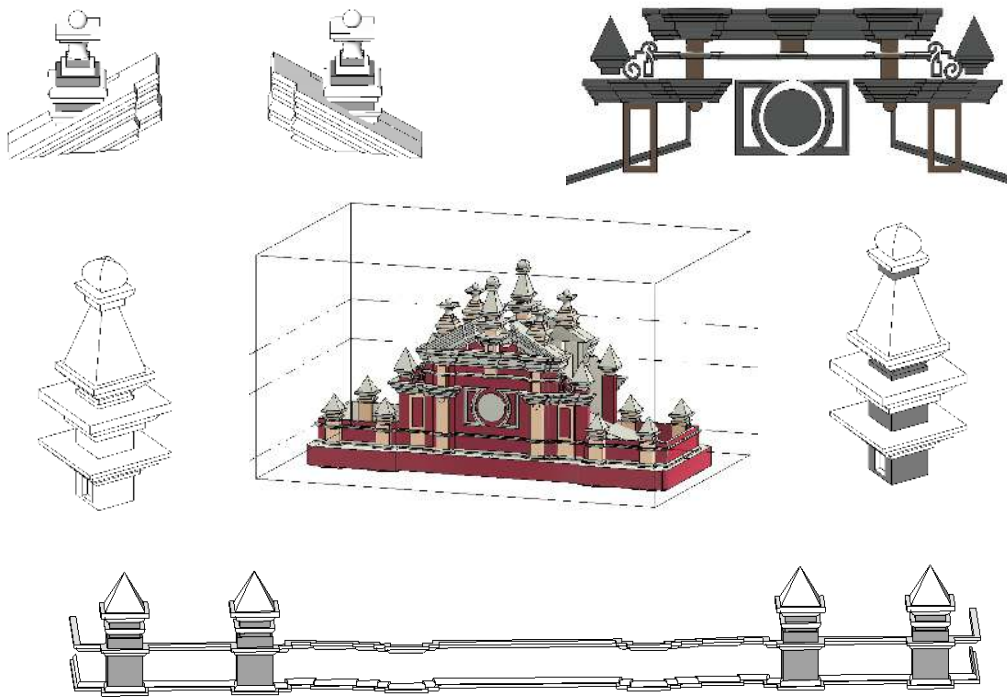
Según esta metodología del HBIM se puede realizar la desagregación de los elementos arquitectónica para de este modo obtener mejores detalles que tienen continuidad o homogeneidad en cada elemento y de este modo identificar qué tipo de elemento arquitectónico compone la edificaciones históricas.

Los detalles de cada elemento que compone el arco del triunfo pueden ser divididos para tener mayor control de visualización, puesto que el modelado es tridimensional que nos permite explorar de distintas maneras los diseño arquitectonicos, las cuales nos permitirán tener buenas decisiones en la visualización y manejo de elementos a detalle. Asimismo nos permite las automatizaciones en tiempo real e inclusive generar manipulaciones en tiempo real para obtener mejores restauraciones digitales.

Al aplicar esta metodología nos permite nos permite minimizar la cantidad de errores, ya que este softwares es una herramienta automatizada y con acoples a conjunto. Además, son mecanismos que nos permiten tomar decisiones en el manejo de cada componente

arquitectónica.

Figura 100 *Diseño realizado propio mediante Software Revit.*



Nota: Elaboración propia de la metodología HBIM.

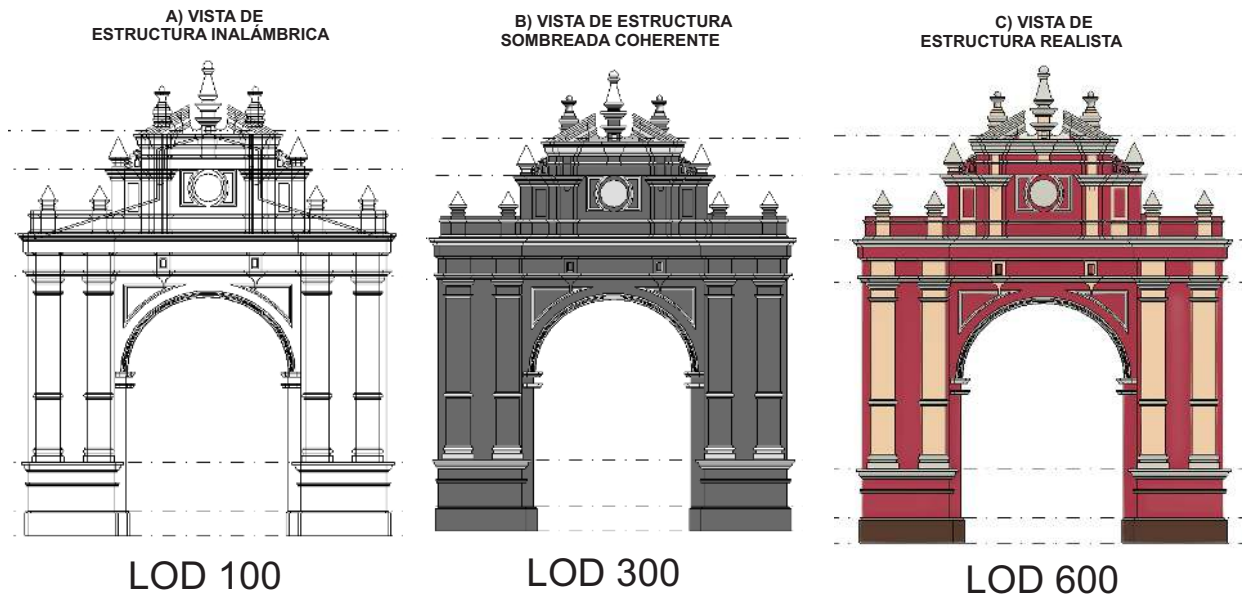
4.1.5 Modelos 3D del arco el triunfo

Los modelos 3D son utilizados en los diferentes ámbitos laborables para realizar la visualización, simulación, renderización del diseño de la edificación histórica.

En sentido se realiza las muestras en ñas vistas frontal, posterior y las vistas laterales, para tener mejores detalles del patrimonio histórico.

Este proyecto describe una metodología para obtener un modelado HBIM que sea funcional para el análisis arquitectónico y estructural. Estos resultados obtenidos muestran que el enfoque HBIM es útil para realizar un seguimiento de todas las fases del proceso constructivo de un edificación histórica que se ejecuta dentro de un area histórico.

Además, al crear fases en Revit también es posible documentar diferentes configuraciones constructivas relacionadas con el edificio el cual se va manipulando. En el modelo HBIM es posible representar la evolución de la construcción del edificio a lo largo del tiempo y mediante parámetros específicos estos datos quedan documentados en el modelo tridimensional.

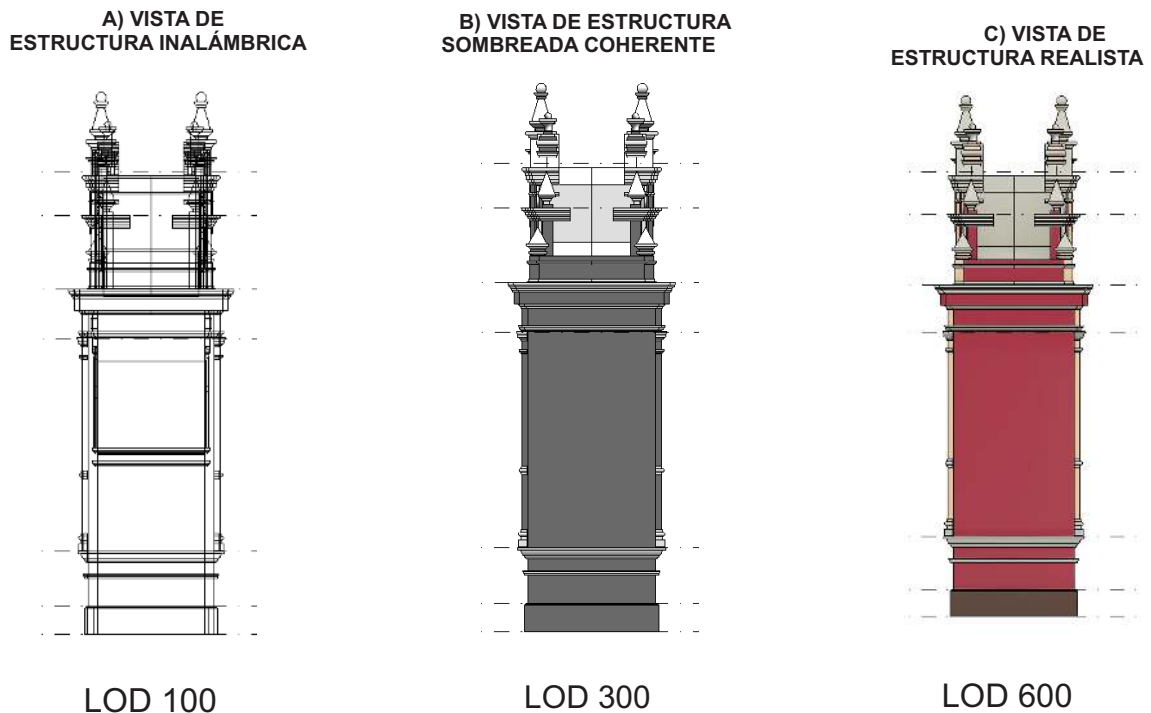
Figura 101 Modelado 3D del arco san francisco con la metodología HBIM.

Nota: Diseño realizado propio mediante Software Revit.

Además, de estas vistas se pueden generar planos a detalle 3D para su uso en el mantenimiento y conservación de las edificaciones históricas, que en este caso es el arco el triunfo o arco de san francisco. En la figura 101 se puede observar los niveles de desarrollo (LOD) con lo cual se evidencia la metodología HBIM.

Asimismo, respecto a los edificios históricos existentes actualmente, en referencia a los proyectos de restauración arquitectónica y estructural, resulta útil para realizar un seguimiento y documentar los sistemas antiguos derribados y reemplazados, a través de una reconstrucción que se base en la recuperación de fuentes y documentos históricos en la literatura histórica y tradicional.

El trabajo realizado hasta ahora muestra que el uso del modelo HBIM resulta apropiado para documentar configuraciones incluso hipotéticas, según las diferentes fases históricas, y también para realizar un seguimiento de aquellas que ya no existen, todo este manejo se engloba dentro de la metodología de modelado de información de edificios patrimoniales.

Figura 102 Modelado 3D lateral del arco san francisco con la metodología HBIM

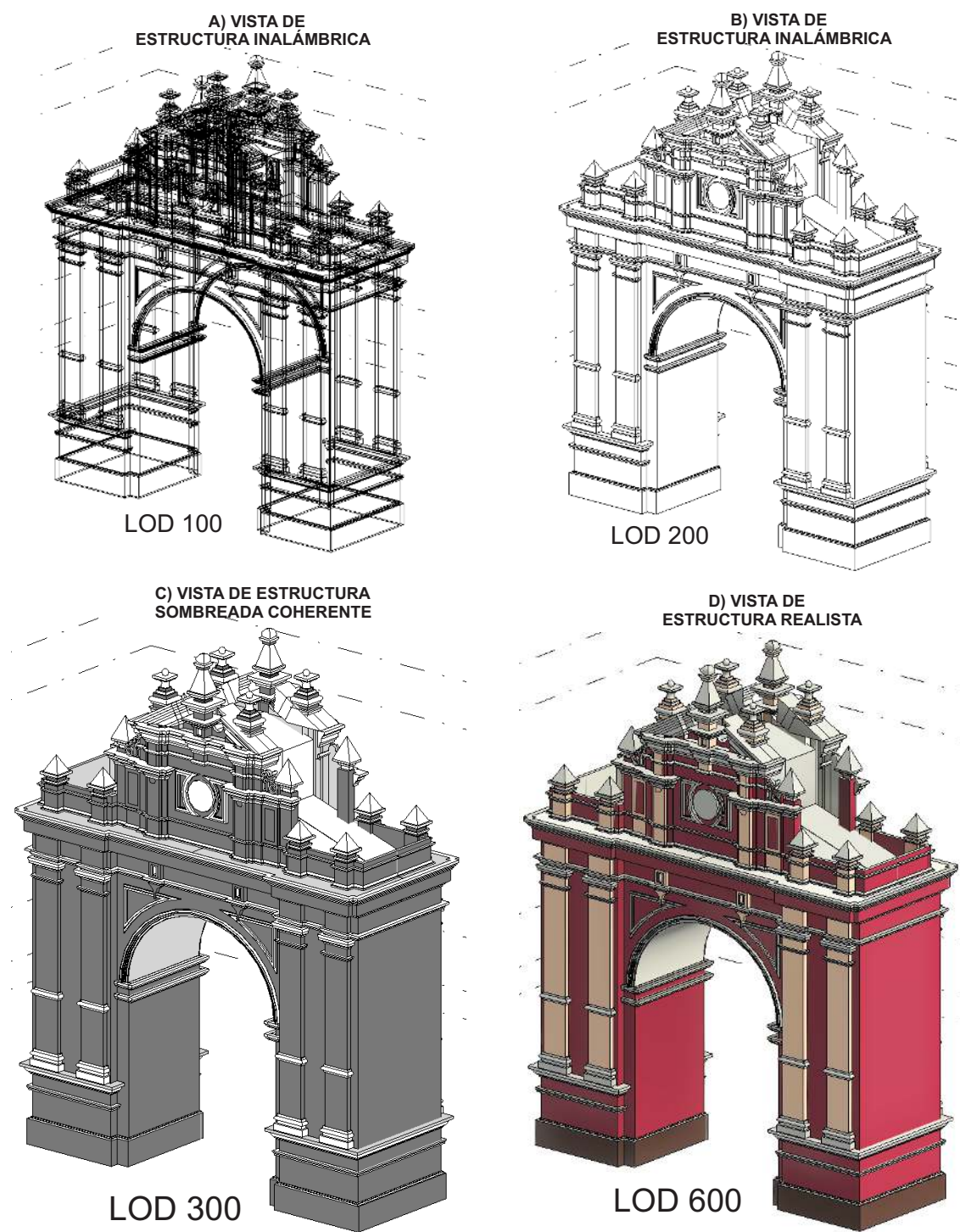
Nota: Diseño realizado propio mediante Software Revit.

Las vistas generadas tridimensionalmente (3D) nos permiten identificar las diferentes visualizaciones a nivel de desarrollo (LOD), las cuales son clasificaciones que realiza la metodología HBIM, es en ese sentido que se da cumplimiento a dicha metodología llegando a obtener valores reales y objetivos dentro de los parámetros del modelado de información de edificios patrimoniales.

Un modelo HBIM basado en un estudio preciso es un punto de partida para la definición de modelos para análisis arquitectónico. Una de las etapas más importantes es la fase de esta investigación identificará la forma más adecuada de poder importar el modelo completo, con todas las complejidades específicas de la estructura, al software de cálculo más adecuado según la interoperabilidad con el software Autodesk Revit para estudiar la comportamiento arquitectónica global y local de la edificación histórica.

Es necesario mencionar que, según la UNESCO tiene la facultad de retirar la calificación otorgada de patrimonio histórico, es en ese sentido que debe tener el compromiso de conservar su valor histórico en el tiempo mediante la restauración arquitectónica digital.

Figura 103 Modelado 3D con la metodología HBIM según los niveles LOD.



Nota: Diseño realizado propio mediante Software Revit.

4.1.6 Composición del arco el triunfo

- A) Este arco el triunfo en la primera etapa de su construcción estaba compuesto por piedra y uniones de argamasa, puesto de manera artesanal o empírica debido a la época en la cual fue construida, en cuyo remate estaba un arco de medio punto con una clave tallada con un escudo de la ciudad de dicha época.
- B) En el año 1920 a 1930 se realiza la remodelación y completando las enjutas y entablamento con piedras más labradas.
- C) En 1960 se realiza la remodelación del arco utilizando los ladrillos como materiales primordiales para completar su ornamentación, con un fronton roto y las pilastras adosadas a los pilares, pináculos superiores y dos detalles de bolutas decorativas revestidos de diablo fuerte o cemento mas cal.
- D) A finales de los años 80 se realiza la ultima remodelación, cuya propuesta fue pintar todo el arco de una escala cromática del rojo que replica las piedras de san francisco a un blanco tono cal, por la cercanía a la intarsia san francisco dando como resultado el arco que conocemos en la actualidad.
- E) A partir de los años 90 se realizan pintados y mantenimientos a nivel de pintados realizando la variación de colores en el monumento histórico.

Figura 104 *Monumento histórico actual y Monumento histórico Digitalizado (Modelado 3D)*



Nota: Diseño realizado propio mediante Software Revit.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- A) Al culminar esta investigación nos permite conocer, la asociación de fotos capturadas mediante la fotogrametría y con la exactitud y precisión de las nubes de puntos de los elementos geométricos en el flujo de trabajo HBIM, nos ofrece una visión integral de la restauración arquitectónica digital. Esta metodología HBIM nos permite el uso de tecnologías de equipos y softwares avanzados que nos garantiza una gestión eficiente y la planificación de las intervenciones en los patrimonios arquitectónicos; es de este modo que el presente trabajo fomenta un mantenimiento sostenible de los monumentos históricos al permitir una restauración digital, planificación para resguardar el patrimonio histórico y su conservación en la línea de tiempo.
- B) El surgimiento de estas nuevas metodologías en base a la tecnologías genera grandes avances, generando de este modo digitalizaciones y creación de modelos 3D de las edificaciones históricas. La automatización de estas plataformas HBIM han implicado nuevos desarrollos en la evaluación del bien patrimonial arquitectónico y cultural. Debemos mencionar que las plataformas HBIM administran patrimonios históricos, que nos permite la difusión al público a través del uso de los modelos HBIM, es en ese sentido que se concluye que el uso de herramientas tecnológicas 3D, nos permiten obtener restauraciones arquitectónicas digitales modernas, para tener un mejor manejo gerencial de proyectos históricos, como muestra de ello se tiene el resultado final de la restauración arquitectónica digital del arco de San Francisco o arco del triunfo.
- C) Se concluye que en la presente investigación fue necesario plasmar la importancia de la restauración de edificaciones históricas teniendo en cuenta el aspecto normativo y la legislación referente al patrimonio de las edificaciones históricas, es por ello, que es esencial la revisión de las normativas referente al tema legal de los patrimonios históricos y tomar en cuenta el aspecto normativo nos llevara a promover la rehabilitación histórica y su conservación.

- D) En la presente investigación se concluye que, se tiene una referencia a las patologías que pueden detectarse en las edificaciones históricas, para luego plantear una reparación teniendo en cuenta el origen de estas patologías, por lo que resaltamos la importancia de conocer estas patologías. Las evaluaciones contemporáneas de fallas de diversos edificios y estructuras presagian una nueva era en el avance de las inspecciones técnicas. Las tecnologías existentes proporcionan una evaluación integral y detallada del estado de nuestros edificios tomando en cuenta la inspección, rehabilitación y restauración digital 3D, lo que aumenta la conciencia de las autoridades sobre la importante crítica de rehabilitar y mantener las edificaciones históricas.
- E) La sociedad profesional de ingenieros y arquitectos en el campo de la conservación del bien cultural viene empleando la metodología HBIM para la restauración digitalizada 3D como complemento a las metodologías tradicionales de restauración, es en ese sentido, este presente trabajo contribuye a la generación de administración digital de un bien patrimonial para su restauración y conservación patrimonial dentro del centro histórico, asimismo tener una manera más adecuada de poder gerenciar los proyectos históricos.

Recomendaciones

- A) Se recomienda al Ministerio de Cultura y a la Municipalidad Provincial de Huamanga, poner énfasis a los bienes patrimoniales, teniendo en cuenta el presente proyecto arquitectónico con referencia al proceso de restauración arquitectónica digital y de igual manera plantear la rehabilitación de las edificaciones del centro histórico de Ayacucho y los monumentos que se encuentran fuera de ella.
- B) Para realizar un levantamiento fotogrametría y posterior a ello usar la metodología HBIM, es necesario colocar puntos de control en tierra (PCT) y de este modo complementar la precisión de la nube de puntos debe añadirse un scanner laser para aumentar la precisión con la limitante de que este equipo es costoso.
- C) Se recomienda de la implementación de las técnicas de la fotogrametría y la metodología HBIM de manera constante en las edificaciones históricas de la ciudad de Ayacucho a modo de tener mejor gestión en la conservación del patrimonio histórico, para hacer expansivo los beneficios de esta metodología y presentar los cambios que se avecinan con las nuevas tecnologías aplicados a la ingeniería.

Trabajos futuros

- A) La implementación de las técnicas de la fotogrametría y la metodología HBIM en las edificaciones históricas usando equipos de scanner laser y software de ingeniería como Software Autodesk ReCap Pro.

Referencias bibliográficas

Centro Historico

- Al-Muqdadi, F., & Ahmed, A. (2022). Applying Heritage Building Information Modelling (HBIM) to Lost Heritage in Conflict Zones: Al-Hadba' Minaret In Mosul, Iraq. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 753–760 (cit. on pp. 1, 11, 12, 101).
- Bravo Guzman, T. (2016). *Criterio de Diseño Urbano de las Plazas y Parques del Centro de la Ciudad de Huamanga* (Doctoral dissertation). UNIVERSIDAD CONTINENTAL. Ayacucho, Perú. (Cit. on pp. 16, 23, 25, 83, 84).
- Chiabrando, F., Lo Turco, M., & Rinaudo, F. (2017). Modeling the decay in an HBIM starting from 3D point clouds. A followed approach for cultural heritage knowledge. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 605–612 (cit. on pp. 59–61).
- Fazion, B., Treccani, D., Fregonese, L., Lombardini, N., et al. (2024). HBIM STRUCTURAL MODEL TO EVALUATE BUILDING EVOLUTION AND CONSTRUCTION HYPOTHESES: PRELIMINARY RESULTS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 213–219 (cit. on pp. 58, 59).
- Khan, M. S., Khan, M., Bughio, M., Talpur, B. D., Kim, I. S., & Seo, J. (2022). An integrated hbim framework for the management of heritage buildings. *Buildings*, 12(7), 964 (cit. on pp. 73–75).
- Larrea Ascue, A. X. (2021). *El Centro Histórico Limeño: Entre Conservación y Destrucción de la Arquitectura de las Alteraciones Arquitectónicas como Consecuencia de las Problemáticas Lécales*. (Doctoral dissertation). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Lima, Perú. (Cit. on pp. 2, 12, 13).
- Martel Orihuela, R. M., & Campuzano Contreras, A. C. (2020). *Renovación Urbana en el Centro Histórico de Arequipa Caso Quinta Salas*. UNIVERSIDAD RICARDO PALMA. (Cit. on pp. 83, 85).

- Miranda Muñoz, S. B., & Rivera Paco, R. G. (2023). *Propuesta de Restauración Rehabilitación y Obra Nueva de la Casa Ochoa del Centro Histórico de Cusco para Vivienda Colectiva, bajo el Modelo de Intervención Objetiva*. UNIVERSIDAD ANDINA DE CUSCO. (Cit. on p. 66).
- Moyano, J., Justo-Estebarez, Á., Nieto-Julián, J. E., Barrera, A. O., & Fernández-Alconchel, M. (2022). Evaluation of records using terrestrial laser scanner in architectural heritage for information modeling in HBIM construction: The case study of the La Anunciación church (Seville). *Journal of Building Engineering*, 62, 105190 (cit. on p. 9).
- Munives Laya, H. (2019). *Propuesta de Conservación del Patrimonio Arquitectónico Comprendido en el Eje Turístico Cultural de las Avenidas 9 de diciembre y 28 de Julio en la Ciudad de Ayacucho para la Mejora del Turismo de la Ciudad - 2018* (Master's thesis). UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES. Lima, Perú. (Cit. on pp. 16, 17, 20, 21, 84, 85).
- Reategui Arrue, R. W. (2022). *S-HBIM: Herramientas de Digitalización 3D para el Diagnóstico Estructural de Edificaciones Patrimoniales* (Doctoral dissertation). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Lima, Perú. (Cit. on pp. 2, 13–15, 32, 54–58).
- Sanseverino, A., Messina, B., Limongiello, M., & Guida, C. G. (2022). An HBIM methodology for the accurate and georeferenced reconstruction of urban contexts surveyed by UAV: the case of the castle of Charles V. *Remote Sensing*, 14(15), 3688 (cit. on p. 30).

Fotogrametría

- Fernández Muñoz, M. A. (2023). *Propuesta de Aplicación de Fotogrametría con Drones y Metodología BIM en el Diseño Geométrico de una Carretera en el Distrito de Limabamba para Reducir el Tiempo de Diseño* (Master's thesis). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Lima, Perú. (Cit. on p. 40).
- Lubong Blanza, A. (2019). *Estudio del Uso de Drones en el Flujo de Trabajo BIM (Building Information Modeling)* (Master's thesis). UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA. La Laguna, España. (Cit. on pp. 34–36).
- René Ledesma, N. (2019). *Los Drones y sus Aplicaciones en la Ingeniería*. (Cit. on pp. 38–40).

Metodología BIM

- Alarcón Moret, M., Cerdán Castillo, A., Ferrer Coll, A., Fuentes Giner, B., Martínez Gómez, D., Oliver Faubel, I., Soria Zurdo, L., Suay Orensa, J., Torromé Belda, D., & Santi Andreu, V. (2022). *EUBIM Congreso Internacional BIM 11º Encuentro de Usuarios BIM*. (Cit. on p. 42).
- Alonso Madrid, J. (2016). Nivel de desarrollo LOD Definiciones, innovaciones y adaptación a España., 17 (cit. on pp. 43, 44).
- De la Peña Felaifel, M. A., & Rodríguez Morón, M. C. (2020). *Modelo 3D de las Murallas de Cartagena Utilizando la Metodología BIM, Integrando Información Específica sobre su Estado de Conservación en el tramo Comprendido desde el Baluarte de San Miguel hasta el Baluarte de Santa Teresa* (Master's thesis). UNIVERSIDAD DE CARTAGENA. (Cit. on pp. 40, 45, 47, 77).
- Durán Falcón, J. (2021). *Estudio y Análisis Constructivo Mediante el Modelado en BIM de la Iglesia de Santa Ana de Carmona* (Master's thesis). UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Sevilla, España. (Cit. on pp. 31–33, 41–43).
- Soto, C., Manriquez, S., Tala, N., Suaznabar, C., & Henriquez, P. (2022). *Guía para la Implementación de Building Information Modelling a Nivel de Pilotos en Proyectos de Construcción Pública*. (Cit. on p. 41).

Metodología HBIM

- Alejandro Velastegui Cáceres, L., Guevara-Bonifaz, B., Velastegui-Cáceres, J., Carretero Poblete, P. A., & Espinoza-Figueroa, E. (2024). DOCUMENTACIÓN DIGITAL DEL PATRIMONIO EDIFICADO: MODELADO EN NUBES DE PUNTOS 3D DE LA IGLESIA DE BALBANERA, ECUADOR. *Arqueología Iberoamericana*, 53 (cit. on p. 2).
- Alejandro Velastegui-Cáceres, L., Guevara-Bonifaz, B., Velastegui-Cáceres, J., Carretero Poblete, P. A., & Espinoza-Figueroa, E. (2024). DOCUMENTACIÓN DIGITAL DEL PATRIMONIO EDIFICADO: MODELADO EN NUBES DE PUNTOS 3D DE LA IGLESIA DE BALBANERA, ECUADOR. *Arqueología Iberoamericana*, 53 (cit. on p. 54).

- Angulo Fornos, R. (2020). *Desarrollo de Modelos Digitales de Información como Base para el Conocimiento, la Intervención y la Gestión en el Patrimonio Arquitectónico de la Captura Digital al Modelo HBIM* (Master's thesis). Universidad de Sevilla. Sevilla, España. (Cit. on pp. 10, 28, 31, 49–51, 78).
- Antón García, D. (2019). *Modelado de Información y Alteraciones Geométricas para Respaldar el Análisis Preciso de Activos Patrimoniales* (Doctoral dissertation). Universidad de Sevilla. Sevilla, España. (Cit. on pp. 1, 86).
- Aspesi, C. (2024). *Puesta en valor del patrimonio arquitectónico de la ciudad de Neuquén*. (B.S. thesis). Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Turismo. (Cit. on pp. 26, 27).
- Ávila Rodríguez, M. (2019). *Aplicación de la Tecnología 3D a las Técnicas de Documentación, Conservación y Restauración de Bienes Culturales* (Doctoral dissertation). UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Madrid, España. (Cit. on pp. 27–30, 78–80).
- Barrile, V., & Fotia, A. (2022). A proposal of a 3D segmentation tool for HBIM management. *Applied Geomatics*, 14(Suppl 1), 197–209 (cit. on pp. 10, 11).
- Del Barrio Tajadura, R. (2017). *Uso de Drones en la Inspección para la Rehabilitación del Patrimonio Iglesia de la Merced* (Master's thesis). UNIVERSIDAD DE BURGOS. Burgos, España. (Cit. on pp. 33, 37, 61, 62, 70–72).
- José López, F. (2021). *Reconstrucción Tridimensional del Patrimonio Arquitectónico mediante la Utilización de los Sistemas BIM Y HBIM. Validación con dos Casos de Estudio: La Iglesia Santa María la Real de Mave y el Castillo de los Comuneros de Torrelobatón*. (Doctoral dissertation). UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. Valladolid, España. (Cit. on pp. iv, 30, 42, 48, 80, 81).
- Martorell Carreño, A. (2017). *Turismo Cultural Reflexiones para un Encuentro Sostenible entre Turismo y Cultura*. Universidad de San Martín de Porres. (Cit. on p. 19).
- Miranda, A. (2024). *Patrimonio Global*. <https://www.patrimonioglobal.es/que-es-un-hbim/>. (Cit. on p. 52)
- Pérez Sendín, M., Montaña Rueda Márquez de la Plata, A., & Cruz Franco, P. A. (2023). *Proceso de Digitalización de Edificios Históricos y Parametrización de Instalaciones* (cit. on pp. 53, 54).

- Ríos, C. A. G., Meseguer, L. C., & Valle, A. I. A. (2024). *Patrimonio Arquitectónico e Innovación Tecnológica: Restauración iconográfica Arquitectónica de Colta, Ecuador*. Editorial Investigativa Latinoamericana. (Cit. on pp. 25, 26, 84).
- Sánchez Carvajal, D. (2020). *Modelos BIM para la Conservación y Difusión de Edificios Históricos* (Master's thesis). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. (Cit. on pp. 18–20, 41, 76, 77, 85).
- Yero Paneque, L. M. (2021). *Fotogrametría UAV y Modelado HBIM para la Reconstrucción Virtual del Patrimonio Cultural* (Doctoral dissertation). UNIVERSIDAD DE ALMERIA. Almeria, España. (Cit. on pp. iv, 28, 29, 47, 48, 78, 86, 87).

Patología

- Berenguel Paredes, A. E. et al. (2014). Patología de la edificación patrimonial en el Centro Histórico de Lima. Humedades, causas y consecuencias (cit. on p. 2).
- Díaz Barreiro, P. (2014). *Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia* (Master's thesis). PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Bogotá, Colombia. (Cit. on pp. 62, 63).
- Fiol Olivan, F. (2014). *Manual de Patología y Rehabilitación de Edificios* (1ra, Ed.). UNIVERSIDAD DE BURGOS. (Cit. on pp. 62, 70).
- MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ, ((2020). *GUÍA METODOLÓGICA DE CONSERVACIÓN 2: Pautas para el Diagnóstico en Conservación de los Sitios Arqueológicos del Sistema Vial Inca* (1ra). Lima, Perú. (Cit. on pp. 63–66, 69).
- Paredes, A. E. B. (2014). Patología de la edificación patrimonial en el Centro Histórico de Lima. Humedades, causas y consecuencias. *Devenir-Revista de estudios sobre patrimonio edificado*, 1(1), 93–108 (cit. on p. 15).
- Regalado, M., Santa María, E., Gutiérrez, A., Suyón, D., Altamirano, J., Villanes, L., & Rojas, M. (2022). Quality pathology assessment in historic buildings—case of the “basilica and convent of San Francisco”. *Revista Ingeniería de Construcción*, 37(3) (cit. on pp. 13, 14, 67, 68).
- Vera Guarnizo, M. C., Miranda Gutiérrez, D. A., Monroy Gutiérrez, J. E., Díaz Ochoa, M. L., & Grimaldo Rodríguez, J. F. (2022). *Patología de la Construcción un Ejercicio de Impacto al Servicio de la Comunidad* (1era., Ed.). (Cit. on pp. 62, 63).

Marco Normativo

- de Atenas, C. (1933). *Congreso internacional de Arquitectura Moderna 1933*. (Cit. on p. 88).
- de Cultura, I. N. (2007). *Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación 28296 y su Reglamento*. (Cit. on p. 89).
- de Cultura, I. N. (1999). *Centro Nacional de Información Cultural - Relación de Monumentos Históricos del Perú*. (Cit. on p. 90).
- de Economía y Finanzas, M. (2023a). *Guía Nacional BIM Gestión de la Información para Inversiones Desarrolladas con BIM*. INVIERTE.PE. (Cit. on p. 91).
- de Economía y Finanzas, M. (2023b). *Guía Técnica BIM para Edificaciones e Infraestructura*. INVIERTE.PE. (Cit. on p. 91).
- de Huamanga, M. P. (2007). *Reglamento para la Gestión y Administración del Centro Histórico*. (Cit. on p. 92).
- de Huamanga, M. P. (2018). *Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Ayacucho*. (Cit. on p. 92).
- de Perú, R. (2019). *Aprueban Disposiciones para la Incorporación Progresiva de BIM en la Inversión Pública, DECRETO SUPREMON° 289-2019-EF*. (Cit. on p. 89).
- de San Salvador, C. (n.d.). *Convención sobre Defensa del Patrimonio Arqueológico, Histórico y Artístico de las Naciones Americanas*. Organización de las Naciones Unidas. (Cit. on p. 89).
- Gazzola, P. (1964). *Carta Internacional sobre la Conservación y la Restauración de Monumentos y Sitios (Carta De Venecia 1964)*. II Congreso Internacional de Arquitectos y de Técnicos de Monumentos Históricos. (Cit. on p. 88).
- MEF, M. d. E. F. (2021). *Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú*. (Cit. on pp. 90, 91).
- Ministerio de Vivienda, C. y. S. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda (1era, Ed.)*. (Cit. on pp. 91, 92).
- Perú. (1993). *Constitución Política del Perú*. (Cit. on p. 89).
- Republica del Perú, M. d. C. (2019). *Resolucion Ministerial N° 287-2019-MC*. (Cit. on p. 90).
- UNESCO, I. C. y. I. C., Organización de las Naciones Unidas para la Educación. (1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural*. (Cit. on p. 88).

Metodología de Investigación

- Bernal Torres, C. A. (2016). *Metodología de Investiagacion - Administracion, economia, humanidades y ciencias sociales*. (4ta, Ed.). PEARSON. (Cit. on p. 94).
- Caballero Romero, A. (2014). *Metodologia Integral Innovadora para Planes y Tesis LA METODOLOGÍA DEL CÓMO FORMULARLOS*. (Cit. on p. 6).
- Hernández Sampieri, R., Fernandez Colado, C., & Baptista Lucio, M. d. P. (2014). *Metodologia de Investigación* (6ta). McGrawHill. (Cit. on pp. 6, 93, 96).
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodologíade la Investigación:las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. McGrawHill. (Cit. on pp. 9, 94, 95).
- Huaire Inacio, E. J., Marquina Luján, R. J., Horna Calderón, V. E., Llanos Miranda, K. N., Herrera Álvarez, Á. M., Rodríguez Sosa, J., & Villamar Romero, R. M. (2022). *TESIS FÁCIL El arte de dominar el método científico* (1ra). Analéctica. (Cit. on pp. 4, 7–9, 18, 95, 96).
- Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de TESIS* (2da). Prentice Hall. (Cit. on p. 82).
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa Cualitativa y Redacción de la Tesis* (5ta). (Cit. on p. 4).
- Ortega Barba, C. F. (2016). *El Proceso de Investigación: Construyendo El Proyecto*. (Cit. on p. 95).

Gestión de Proyectos

- Pacheco Orbegoso, P. A., & Sopla Vilchez, O. G. (2019). *Propuesta de Implementación de la Tecnología BIM como Herramienta en la Planificación De La Construcción En La Segunda Etapa Del Conjunto Residencial Paseo Victoria en la Ciudad de Lima - Chorrillos*. UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO. (Cit. on p. 76).
- PAULINO, Y. E. (2024). *PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO PARA RESALTAR EL VALOR HISTÓRICO DE LAS CALLES DE LA CIUDAD COLONIAL DE SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA: PILOTO CALLE SALOMÉ UREÑA (PROYECTO RVH-CCC)* (Doctoral dissertation). UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL. (Cit. on p. 73).

Anexo A

Cuestionario realizado



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



Cuestionario

- 1) El estado actual de todos los monumentos y edificaciones históricas de la ciudad de Ayacucho se encuentran conservados arquitectónicamente.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 2) Los monumentos y edificaciones históricas en ciudad de Ayacucho se encuentran en total abandono sin inspección y evaluación a nivel arquitectónico.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 3) No existe un buen planteamiento, manejo y protección de restauración arquitectónica de los monumentos y edificaciones históricas en la ciudad de Ayacucho.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 4) Es evidente la falta de disposiciones normativas por parte del Gobierno Central y Regional referente a la restauración arquitectónica de las edificaciones históricas de la ciudad de Ayacucho.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 5) La conservación, mantenimiento y restauración arquitectónica de las edificaciones históricas de la ciudad de Ayacucho no tienen un adecuado manejo técnico arquitectónico.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 6) La problemática de deterioro, daños y lesiones de las edificaciones, monumentos, iglesias en la ciudad de Ayacucho deben identificarse con las nuevas herramientas tecnológicas como es la fotogrametría y metodología HBIM.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 7) Se debe plantear metodologías de reconstrucción digital 3D por parte de las Instituciones Públicas y Privadas en resguardo de las edificaciones históricas de la ciudad de Ayacucho y así evitar el alto riesgo frente al desplome de la Infraestructura.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 8) Se debe efectuar un diagnóstico de las edificaciones históricas del centro histórico, asimismo identificar cuáles son los puntos críticos a priorizarse para evitar el riesgo de pérdida del patrimonio histórico y cultural.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 9) Es necesario crear un banco digital de las edificaciones históricas y de este modo proponer proceso de modernización de los proyectos históricos, para evitar la pérdida del patrimonio histórico de la ciudad de Ayacucho.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 10) Los movimientos sísmicos ocasionan daño y agrietamiento en los muros de adobe en las edificaciones patrimoniales, por lo cual es necesario la restauración arquitectónica, puesto que no es necesario alterar los principios de preservacionistas y mantenimiento (mínima intervención, autenticidad, reversibilidad y renovación)
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 11) La rehabilitación, preservación y restauración arquitectónica de las edificaciones del centro histórico deben ser adecuadamente compatibilizadas y aplicadas dentro de un contexto social, tradicional, cultural y patrimonial.
() **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



- 12) Es necesario contar con un presupuesto exclusivo asignado por parte del estado para el mantenimiento y conservación de las edificaciones arquitectónicas de la ciudad de Ayacucho.
 () **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 13) La Transformación digital de un patrimonio histórico y el uso tecnológico de drones en la ingeniería son necesarios para el mantenimiento y conservación de las edificaciones históricas del centro histórico de la ciudad de Ayacucho.
 () **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 14) Las entidades responsables del patrimonio histórico deben gerenciar proyectos históricos digitales 3D, mediante un proceso metodológico HBIM y reconstrucción virtual 3D de las edificaciones históricos.
 () **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**
- 15) La buena conservación y mantenimiento de los patrimonios históricos en el centro histórico aportar positivamente al turismo e historia en la ciudad de Ayacucho.
 () **Muy de acuerdo** () **De acuerdo** () **Ni de acuerdo ni en desacuerdo** () **En desacuerdo** () **Muy en desacuerdo**

Anexo B

Validación de Instrumento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quién suscribe, Hermano Ligache Alarcón....., con título de postgrado:
Dr. Med. a. ambiente y. Huamanga sostenible....., a través de la presente,
manifiesto que he validado el modelo de encuesta diseñado por la Ing. **Clever
ATAUCUSI CHOQUECAHUA** Tesista aspirante para Optar el grado Académico de
Maestro en Gerencia de Proyectos y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional
de San Cristóbal de Huamanga, cuya Tesis tiene por objetivo es " **Restauración
Arquitectónica del Arco el Triunfo a través de la Fotogrametría y Modelos
HBIM en el Centro Histórico de la Ayacucho 2024** ". Y considero que el
cuestionario Presentado:

Es claro, es decir está formulado con lenguaje apropiado; es objetivo, existe
constructo lógico entre los ítems, cumple con lineamientos metodológicos de
investigación y está orientado a cumplir objetivos.

En Ayacucho a los 28 días del mes de mayo de 2024.


DNI 43582533



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos y nombres del experto:	Lizarbe Alarcón, Emerson
Institución donde labora:	UNSCH
Cargo:	Docente ordinario
Formación profesional:	Ing. Civil
Identificación académica:	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Aspectos de validación:

Muy poco	Poco	Regular	Aceptable	Muy aceptable
1	2	3	4	5

Criterios	Criterios	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, libre de ambigüedades.				X	
Objetividad	Los ítems permitirán medir la variable en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operaciones.			X		
Actualidad	Los ítems reflejan vigencia acorde al conocimiento científico, tecnológico y legal.				X	
Organización	Los ítems se encuentran redactados en concordancia de las variables, indicadores y dimensiones.			X		
Suficiencia	Los ítems contienen lo necesario en información y calidad.				X	
Intencionalidad	Los ítems miden adecuadamente las variables de investigación.			X		
Consistencia	La información que se obtendrá mediante los ítems permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.			X		
Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.				X	
Metodología	Los instrumentos responden al propósito de la investigación.				X	
Pertinencia	Los ítems responden al momento oportuno o más adecuado				X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones, consignas, opciones de respuesta bien definidas.				X	
Congruencia	Los ítems son congruentes entre sí y con concepto que miden.			X		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



Opinión de aplicación:

Procede su aplicación:	☒
Debe corregirse :	☐

Ayacucho, 29 de mayo de 2024


Firma del experto
DNI:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quién suscribe, Mtr. Marshia Gabriela Ruiz Fernández, con título profesional de: Magister en Gestión de proyectos, a través de la presente, manifiesto que he validado el modelo de encuesta diseñado por la Ing. **Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA** Tesista aspirante para Optar el grado Académico de Maestro en Gerencia de Proyectos y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuya Tesis tiene por objetivo es " **Restauración Arquitectónica del Arco el Triunfo a través de la Fotogrametría y Modelos HBIM en el Centro Histórico de la Ayacucho 2024** ". Y considero que el cuestionario Presentado:

Es claro, es decir está formulado con lenguaje apropiado; es objetivo, existe constructo lógico entre los ítems, cumple con lineamientos metodológicos de investigación y está orientado a cumplir objetivos.

En Ayacucho a los 30 días del mes de mayo de 2024.

DNI. 70098509



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos y nombres del experto:	Ruiz Fernández Martha Gabriela
Institución donde labora:	Gobierno Regional de Ayacucho
Cargo:	Asistente en Infraestructura
Formación profesional:	Arquitecta.
Identificación académica:	Magister en Gestión de proyectos

Aspectos de validación:

Muy poco	Poco	Regular	Aceptable	Muy aceptable
1	2	3	4	5

Criterios	Criterios	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, libre de ambigüedades.				X	
Objetividad	Los ítems permitirán medir la variable en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operaciones.				X	
Actualidad	Los ítems reflejan vigencia acorde al conocimiento científico, tecnológico y legal.				X	
Organización	Los ítems se encuentran redactados en concordancia de las variables, indicadores y dimensiones.				X	
Suficiencia	Los ítems contienen lo necesario en información y calidad.				X	
Intencionalidad	Los ítems miden adecuadamente las variables de investigación.				X	
Consistencia	La información que se obtendrá mediante los ítems permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.					X
Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.					X
Metodología	Los instrumentos responden al propósito de la investigación.					X
Pertinencia	Los ítems responden al momento oportuno o más adecuado					X
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones, consignas, opciones de respuesta bien definidas.					X
Congruencia	Los ítems son congruentes entre si y con concepto que miden.				X	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



Opinión de aplicación:

Procede su aplicación:	☒
Debe corregirse :	☐

Ayacucho, 30 de mayo de 2024

Firma del experto

DNI: 70098509



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quién suscribe, Angel Hugo Vilchez Peña, con título de postgrado: Maestro en Ingeniería Civil - Geotecnia, a través de la presente, manifiesto que he validado el modelo de encuesta diseñado por la Ing. **Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA** Tesista aspirante para Optar el grado Académico de Maestro en Gerencia de Proyectos y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuya Tesis tiene por objetivo es " **Restauración Arquitectónica del Arco el Triunfo a través de la Fotogrametría y Modelos HBIM en el Centro Histórico de la Ayacucho 2024** ". Y considero que el cuestionario Presentado:

Es claro, es decir está formulado con lenguaje apropiado; es objetivo, existe constructo lógico entre los ítems, cumple con lineamientos metodológicos de investigación y está orientado a cumplir objetivos.

En Ayacucho a los 30 días del mes de mayo de 2024.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO



Apellidos y nombres del experto:	Vilchez Peña Angel Hugo
Institución donde labora:	UNSCH.
Cargo:	Docente
Formación profesional:	Ingeniero Civil
Identificación académica:	Investigador Geotecnia

Aspectos de validación:

Muy poco	Poco	Regular	Aceptable	Muy aceptable
1	2	3	4	5

Criterios	Criterios	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, libre de ambigüedades.				X	
Objetividad	Los ítems permitirán medir la variable en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operaciones.			X		
Actualidad	Los ítems reflejan vigencia acorde al conocimiento científico, tecnológico y legal.				X	
Organización	Los ítems se encuentran redactados en concordancia de las variables, indicadores y dimensiones.			X		
Suficiencia	Los ítems contienen lo necesario en información y calidad.				X	
Intencionalidad	Los ítems miden adecuadamente las variables de investigación.				X	
Consistencia	La información que se obtendrá mediante los ítems permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.					X
Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.				X	
Metodología	Los instrumentos responden al propósito de la investigación.				X	
Pertinencia	Los ítems responden al momento oportuno o más adecuado					X
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones, consignas, opciones de respuesta bien definidas.				X	
Congruencia	Los ítems son congruentes entre sí y con concepto que miden.				X	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



Opinión de aplicación:

Procede su aplicación:	☒
Debe corregirse :	☐

Ayacucho, 30 de mayo de 2024

Firma del experto

DNI: 09720928



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quién suscribe, Félix H. Valverde Orchés, con título de postgrado: Doctorado en Economía, a través de la presente, manifiesto que he validado el modelo de encuesta diseñado por la Ing. Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA Tesista aspirante para Optar el grado Académico de Maestro en Gerencia de Proyectos y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuya Tesis tiene por objetivo es " **Restauración Arquitectónica del Arco el Triunfo a través de la Fotogrametría y Modelos HBIM en el Centro Histórico de la Ayacucho 2024** ". Y considero que el cuestionario Presentado:

Es claro, es decir está formulado con lenguaje apropiado; es objetivo, existe constructo lógico entre los ítems, cumple con lineamientos metodológicos de investigación y está orientado a cumplir objetivos.

En Ayacucho a los 30 días del mes de mayo de 2024.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO



Apellidos y nombres del experto:	Félix H. Valverde Orchés
Institución donde labora:	U.N.S.C.H.
Cargo:	Docente Posgrado
Formación profesional:	Economía
Identificación académica:	Investigación

Aspectos de validación:

Muy poco	Poco	Regular	Aceptable	Muy aceptable
1	2	3	4	5

Criterios	Criterios	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, libre de ambigüedades.				x	
Objetividad	Los ítems permitirán medir la variable en todas sus dimensiones e indicadores en sus aspectos conceptuales y operaciones.				x	
Actualidad	Los ítems reflejan vigencia acorde al conocimiento científico, tecnológico y legal.				x	
Organización	Los ítems se encuentran redactados en concordancia de las variables, indicadores y dimensiones.				x	
Suficiencia	Los ítems contienen lo necesario en información y calidad.					x
Intencionalidad	Los ítems miden adecuadamente las variables de investigación.				x	
Consistencia	La información que se obtendrá mediante los ítems permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de la investigación.				x	
Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.				x	
Metodología	Los instrumentos responden al propósito de la investigación.					x
Pertinencia	Los ítems responden al momento oportuno o más adecuado				x	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones, consignas, opciones de respuesta bien definidas.				x	
Congruencia	Los ítems son congruentes entre sí y con concepto que miden.					x

Anexo C

Calibración de Equipos

GEOSERVIC



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N° 0003 - 2024

SOLICITANTE: INNOVACION TECNOLOGICA PERU S.A.C.

EQUIPO : **RECEPTOR GPS** FECHA DE MANTENIMIENTO : **08/01/2024**
MARCA : **HI-TARGET** FECHA DE VENCIMIENTO : **07/01/2025**
MODELO : **IRTK4**
N° DE SERIE : **15840258**

GEOSERVIC E.I.R.L. certifica que el equipo de topografía arriba cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo Real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias de fabricante.

PRECISION LEVANTAMIENTO GNSS POST (ESTADISTICA DE ALTA PRECISION)

HORIZONTAL	2.5 MM + 0.5 PPM RMS
VERTICAL	5 MM + 0.5 PPM RMS

CERTIFICADO POR <i>Yordy B</i> SOPORTE TÉCNICO GEOSERVIC E.I.R.L Gerente Del Laboratorio Técnico Geoservic E.I.R.L	FECHA DE EMISION Enero 08, 2024
--	---

GEOSERVIC



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N° 0004 - 2024

SOLICITANTE. INNOVACION TECNOLOGICA PERU S.A.C.

EQUIPO : RECEPTOR GNSS FECHA DE MANTENIMIENTO : 08/01/2024
 MARCA : HI- TARGET FECHA DE VENCIMIENTO : 07/01/2025
 MODELO : iRTK4
 N° DE SERIE : 15840259

GEOSERVIC E.I.R.L. certifica que el equipo de topografía arriba cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas en Tiempo Real los equipos, estos se encuentran dentro de las tolerancias de fabricante.

PRECISION LEVANTAMIENTO GNSS POST (ESTADISTICA DE ALTA PRECISION)

HORIZONTAL	2.5 MM + 0.5 PPM RMS
VERTICAL	5 MM + 0.5 PPM RMS

CERTIFICADO POR <i>Ordery B</i> SOPORTE TÉCNICO GEOSERVIC E.I.R.L. Gerente Del Laboratorio Técnico Geoservic E.I.R.L	FECHA DE EMISION Enero 08, 2024
--	---



CEO-CATV-240007

CERTIFICADO DE GARANTIA Y OPERATIVIDAD

Ciente:	INNOVACION TECNOLOGICA PERU SAC	RUC/DNI:	20451823630
Importador/Proveedor:	COLLSCOM SOLUTIONS SAC	RUC:	20607911518
Equipo	MAVIC 2PRO	Fecha Certificado	01/12/2023
Marca	DJI	Fecha Vencimiento	01/06/2024
Modelo	LP1	Revisión	1
Numero de serie	0019H59-163DFDF	Numero Interno	

COLLSCOM SOLUTIONS SAC, Certifica que el equipo en mención cumple con las especificaciones técnicas del fabricante y lo estándares internacionales establecidos.

En las pruebas efectuadas se encontró que los parámetros de vuelo, así como también la calibración de los diferentes sensores que componen el equipo se encuentran dentro de margen de tolerancia y están óptimos para su operación.

Parámetros Medidos MAVIC 2 PRO		ESTADO	NOTA
Tiempo de vuelo	25M	CONFORME	CONDICION CON VIENTO MODERADO EN COSTA, INTENSIDAD DE SEÑAL FUERTE, NO HUBO MOTIVO DE MANDARLO MAS LEJOS
Altura de Vuelo	120M>1	CONFORME	
Distancian Maxima de Transmision	2KM>	CONFORME	
Velocidad Máxima			
Modo P	50kph	CONFORME	
Modo A	60kph	CONFORME	
Sensores			
IMU	VERDE	CONFORME	
Giroscopio	VERDE	CONFORME	
Compass	VERDE	CONFORME	
GPS	22 en Linea	CONFORME	
Sonar	Detección de piso	CONFORME	
Sensor FPV	No Aplica	No Aplica	
Sensores Infrarojos	Activo	CONFORME	

ATVSTORE L


Servicio Técnico
COLLSCOM SOLUTIONS SAC
 RUC: 20607911518


Victor Coll Cardenas Tafur
 GERENTE GENERAL
COLLSCOM SOLUTIONS SAC
 RUC: 20607911518
VICTOR IVAN COLL CARDENAS TAFUR
COLLSCOM SOLUTIONS SAC



ESCUELA DE

POSGRADOUNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD 55-2024-UNSCH-EPG/OGH**

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la Escuela de Posgrado – UNSCH; en cumplimiento a la Resolución De Consejo Directivo N°109-2024-UNSCH-EPG/CD, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

AUTOR	Bach. Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS	MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO	MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
TÍTULO DE TESIS	Restauración Arquitectónica del Arco del Triunfo a través de Fotogrametría y Modelo HBIM en el Centro Histórico de la Ciudad de Ayacucho 2023
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	13% de similitud
N° DE TRABAJO	2539483120
FECHA	03 de diciembre de 2024

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

03 de diciembre de 2024.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Escuela de Posgrado
Dr. Oscar Gutiérrez HuamaniCC
Archivo
OGH

Restauración Arquitectónica del Arco del Triunfo a través de Fotogrametría y Modelo HBIM en el Centro Histórico de la Ciudad de Ayacucho 2023

por Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA

Fecha de entrega: 03-dic-2024 01:44p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2539483120

Nombre del archivo: BorradorTesis_CAC.docx (79.36M)

Total de palabras: 46417

Total de caracteres: 220557

Restauración Arquitectónica del Arco del Triunfo a través de Fotogrametría y Modelo HBIM en el Centro Histórico de la Ciudad de Ayacucho 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	4%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	2%
	Trabajo del estudiante	
2	tesis.pucp.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
4	uvadoc.uva.es	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.usmp.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	riull.ull.es	<1%
	Fuente de Internet	
7	riunet.upv.es	<1%
	Fuente de Internet	
8	idus.us.es	<1%
	Fuente de Internet	

9	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad de Cartagena Trabajo del estudiante	<1 %
11	www.laiesken.net Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.cultura.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
17	busquedas.elperuano.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.ellitoral.com Fuente de Internet	<1 %
19	ctecinnovacion.cl Fuente de Internet	<1 %
20	qdoc.tips Fuente de Internet	

<1 %

21

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

anyflip.com

Fuente de Internet

<1 %

24

Paulina Meza, Mauricio González.
"Construction and validation of the self-
efficacy scale for disciplinary academic
writing", Cogent Education, 2020

Publicación

<1 %

25

libros.uam.es

Fuente de Internet

<1 %

26

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

27

theibfr.com

Fuente de Internet

<1 %

28

www.novasur.cl

Fuente de Internet

<1 %

29

addi.ehu.es

Fuente de Internet

<1 %

30

doku.pub

Fuente de Internet

<1 %

31	es.m.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
32	Wilman, Reategui Arrue Rony. "S-HBIM: Herramientas de Digitalización 3D Para el Diagnóstico Estructural de Edificaciones Patrimoniales", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru), 2022 Publicación	<1 %
33	www.erfgoedenergieloket.be Fuente de Internet	<1 %
34	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	1library.co Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
38	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
39	docstore.ohchr.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR

EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 000872-2024-UNSCH-EPG/D.

Siendo las 11:00 a.m. del 13 de noviembre de 2024 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis, presidido por el **Dr. Oscar GUTIERREZ HUAMANI** Director (e) de la Escuela de Posgrado, el **Mg. Edmundo CANCHARI GUTIERREZ** Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, e integrado por los siguientes miembros: **Msc. Javier Francisco TAIPE CARBAJAL** y el **Mg. Angel Hugo VILCHEZ PEÑA**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **RESTAURACIÓN ARQUITECTÓNICA DEL ARCO DEL TRIUNFO A TRAVÉS DE FOTOGRAMETRÍA Y MODELO HBIM EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE AYACUCHO 2023**. En la ciudad de Ayacucho del 2024 presentado por el **Bach. Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA**. Teniendo como asesor al **Dr. Jaime Alberto HUAMAN MONTES**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: QUINCE (15).

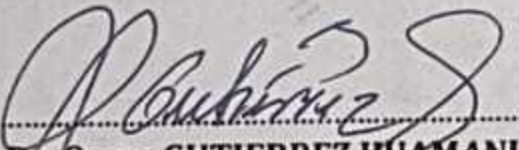
CALIFICACION (x)

Aprobado(a) por Unanimidad.	X
Aprobado(a) por Mayoría.	—
Desaprobado(a) por Unanimidad.	—
Desaprobado(a) por Mayoría.	—

(x) Marcar con aspa.

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue al **Bach. Clever ATAUCUSI CHOQUECAHUA**, el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**. Siendo las 12:15 hrs. se levanta la sesión.

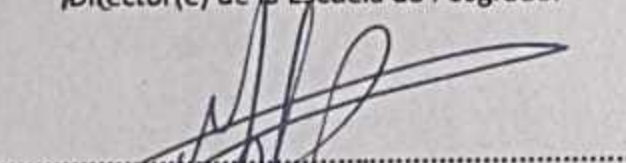
Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las 12:15 hrs. del 13 de noviembre de 2024.



Dr. Oscar GUTIERREZ HUAMANI
Director(e) de la Escuela de Posgrado.



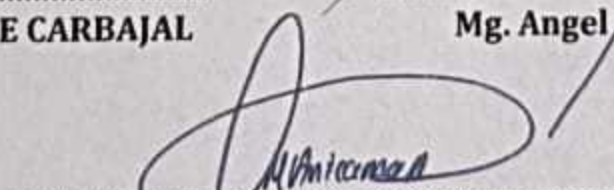
Mg. Edmundo CANCHARI GUTIERREZ
Director de la UPG-FIMGC



Msc. Javier Francisco TAIPE CARBAJAL
Miembro.



Mg. Angel Hugo VILCHEZ PEÑA
Miembro.



Mtro. Juan Miguel ANICAMA ANICAMA
Secretario (e).

Observaciones: