	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15	
			<b>VERSIÓN</b>	02	
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>			<b>FECHA</b>	03/04/2017
				<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

### RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S) Jose Alejandro APELLIDOS: Hernandez Prada

FACULTAD: Educación, artes y humanidades

PLAN DE ESTUDIOS: Arquitectura

DIRECTOR:

NOMBRE(S): Juan Manuel APELLIDOS: Villa Carrero

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): BIENES DE INTERÉS CULTURAL INMUEBLE Y SU TRANSMISIÓN EN MATERIA DIGITAL ENTRE LA CONTIGÜIDAD DE NUESTRO MUNDO Y DE LO VIRTUAL

Este trabajo, derivado del proyecto "La Materia y sus Formas" del grupo d\_lab, se centra en la relación entre la materia y la información en el contexto del patrimonio cultural. En primer lugar, se inició con la revisión de la noción de patrimonio digital y su impacto en las técnicas de conservación, de esta forma se plantea la pregunta de si es posible transferir la esencia de un Bien de Interés Cultural (BIC) de un medio a otro sin que se pierda. Seguidamente, se realizan experimentos con tres BIC en Cúcuta, poniendo a prueba la resiliencia de la data al ser transmitida entre nuestro mundo y lo virtual. Finalmente, en el análisis de datos se identificaron patrones y elementos que afectan en la confianza de la información y así establecer un umbral de resiliencia. Acto seguido, se discuten los resultados en relación al problema e hipótesis planteados, así como los aspectos teóricos e investigativos, concluyendo con recomendaciones para futuros proyectos relacionados con el patrimonio cultural y la transferencia de la información digitalmente.

PALABRAS CLAVE: Bien de Interés Cultural (BIC), Patrimonio, Fotogrametría, mundo virtual, confianza

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 157

PLANOS: NO

CD ROOM: NO

ILUSTRACIONES: 0.

BIENES DE INTERÉS CULTURAL INMUEBLE Y SU TRANSMISIÓN EN MATERIA  
DIGITAL ENTRE LA CONTIGÜIDAD DE NUESTRO MUNDO Y DE LO VIRTUAL

JOSE ALEJANDRO HERNANDEZ PRADA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES  
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

BIENES DE INTERÉS CULTURAL INMUEBLE Y SU TRANSMISIÓN EN MATERIA  
DIGITAL ENTRE LA CONTIGÜIDAD DE NUESTRO MUNDO Y DE LO VIRTUAL

JOSE ALEJANDRO HERNANDEZ PRADA

Proyecto de grado presentado como requisito para el título de  
Arquitecto

Director de trabajo dirigido:

JUAN MANUEL VILLA CARRERO

Doctor Arquitecto

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES

PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS  
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA**

Fecha: octubre 12 de 2023

**TITULO:** "BIENES DE INTERÉS CULTURAL INMUEBLE Y SU TRANSMISIÓN EN  
MATERIA DIGITAL ENTRE LA CONTIGÜIDAD DE NUESTRO MUNDO Y DE LO  
VIRTUAL",

**Presentado por:** JOSE ALEJANDRO HERNANDEZ PRADA, código 1501103

**Modalidad:** Trabajo dirigido.

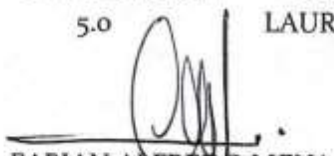
**JURADO** JAVIER ALBERTO MARIÑO  
FABIAN ALFREDO MENA  
MATIAS HERRERA CACERES

**DIRECTOR:** JUAN MANUEL VILLA CARRERO

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE**  
JOSE ALEJANDRO HERNANDEZ PRADA

**CALIFICACIÓN** A. M. L.  
5.0 LAUREADA

  
JAVIER ALBERTO MARIÑO

  
FABIAN ALFREDO MENA

  
MATIAS HERRERA CACERES

  
LUZ KARIME CORONEL RUIZ  
Coordinadora Comité Curricular

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, en especial a mi madre Claudia, quien fue mi principal apoyo y polo a tierra durante toda mi carrera, que con mucho esfuerzo y trabajo me brindó la oportunidad de llegar a este punto de mi vida. También a mi padre Alberto (QEPD) cuyos últimos años de vida los dedicó para vernos a sus hijos triunfar profesionalmente y que desde donde quiera que esté sé que está orgulloso de verme culminando esta etapa de mi vida

A mi director de proyecto Juan Manuel Villa, quien con paciencia dedicó su tiempo para orientar y consolidar este proyecto investigativo.

A mis profesores de carrera, quienes compartieron conmigo su conocimiento y experiencia académica y profesional para afrontar cada obstáculo como estudiante y como futuro profesional de la Arquitectura.

Finalmente a Diego Osorio, piloto profesional de dron, y a los estudiantes de la electiva de profundización Patrimonio e Informática 2023.1 quienes apoyaron esta investigación en su etapa inicial.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA	17
1.1. Título	17
1.2. Planteamiento del Problema	17
1.3. Formulación del problema	18
1.4. Justificación	18
1.5. Hipótesis	19
1.6. Objetivos	19
1.6.1. Objetivo General	19
1.6.2. Objetivos Específicos	19
1.7. Alcances y Delimitaciones	19
1.8. Limitaciones	20
CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Antecedentes Locales	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales	24
2.1.3. Antecedentes Internacionales	27
2.2. Bases Teóricas	32
2.3. Marco conceptual.	36
2.3.1. Glosario de términos.	36
2.3.2. Softwares de Procesamiento fotogramétrico y Manipulación de puntos.	41

2.4. Marco Legal	44
2.4.1. Marco Legal Internacional	44
2.4.1. Marco Legal Nacional	46
<b>CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>54</b>
4.1. Experimento 1: MONUMENTO CRISTO REY.	54
4.1.1. Identificación del BIC.	54
4.1.2. Captura fotográfica.	55
4.1.3. Procesamiento Fotogramétrico.	57
4.1.4. Cálculo de confianza de los modelos procesados.	57
4.1.5. Informar Materia.	62
4.1.6. Captura y Procesamiento del clon análogo.	63
4.1.7. Cálculo de confianza del clon análogo.	64
4.1.8. Resumen de la transmisión entre medios.	67
4.1.9. Recopilación de datos de Captura y Procesamiento	68
4.1.10. Descripción por modelos	74
4.2. Experimento 2: CAPILLA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.	82
4.2.1. Identificación del BIC.	82
4.2.2. Captura fotográfica.	84
4.2.3. Procesamiento Fotogramétrico.	86
4.1.4. Cálculo de confianza de los modelos procesados.	87
4.2.5. Informar Materia.	91
4.2.6. Captura y Procesamiento del clon análogo.	92

4.2.7. Cálculo de confianza del clon análogo.	93
4.2.8. Resumen de la transmisión entre medios.	94
4.2.9. Recopilación de datos de Captura y Procesamiento	95
4.2.10. Descripción por modelos.	101
4.3. Experimento 3: QUIOSCO DEL PARQUE LA VICTORIA.	108
4.3.1. Identificación del BIC.	108
4.3.2. Captura fotográfica.	111
4.3.3. Procesamiento Fotogramétrico.	114
4.3.4. Cálculo de confianza de los modelos procesados.	114
4.3.5. Informar Materia.	117
4.3.6. Captura y Procesamiento del clon análogo.	118
4.3.7. Cálculo de confianza del clon análogo.	119
4.3.8. Resumen de la transmisión entre medios.	120
4.3.9. Recopilación de datos de Captura y Procesamiento	120
4.3.10. Descripción por modelos.	127
4.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS	134
4.4.1. Análisis Correlacional.	134
4.4.2. Umbral de Resiliencia	139
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	141
CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	147
REFERENCIAS	151



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Poster de presentación de modelo 3D y fabricación digital	22
Figura 2 Manipulación del proceso de espacios o vacíos dentro de la materia informada en relación con las dinámicas de fuerzas.	23
Figura 3 Modelo 3D del Baluarte Santo Domingo e identificación de patologías.	25
Figura 4 Mapeo LiDAR de la Sierra Nevada de Santa Marta.	27
Figura 5 Visión General del enfoque propuesto.	28
Figura 6 Visión General del enfoque propuesto.	30
Figura 7 Escaneo 3D de la bahía central de la Sagrada Familia de Antoni Gaudí.	31
Figura 8 Esquema de marco teórico Proyecto Experimentación compleja la materia y sus formas.	33
Figura 9 Flujo de trabajo Agisoft Metashape y Magiscan.	43
Figura 10 Formato de Ficha de Registro de datos preliminares.	51
Figura 11 Formato Matriz Comparativa de Captura Y procesamiento.	52
Figura 12 Monumento de Cristo Rey Década del 50.	54
Figura 13 Esquema General de captura: Monumento Cristo Rey.	56
Figura 14 Modelos procesados Monumento Cristo Rey.	57
Figura 15 Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta.	58
Figura 16 Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz.	59
Figura 17 Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta.	60

Figura 18 Comparación de nubes de puntos - Monumento Cristo Rey.	61
Figura 19 Cálculo de confianza modelo Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta.	61
Figura 20 Clon análogo Monumento Cristo Rey.	62
Figura 21 Ubicación de las cámaras durante la captura.	63
Figura 22 Modelo de nube de puntos obtenido en Agisoft Metashape Monumento Cristo Rey.	64
Figura 23 Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled.	65
Figura 24 Cálculo de confianza modelo SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled.	66
Figura 25 Transmisión entre medios de la data - Monumento Cristo Rey.....	67
Figura 26 Vista de la nube de puntos densa del modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta.	75
Figura 27 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz.	76
Figura 28 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta.	78
Figura 29 Vista de la nube de puntos densa del modelo Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta.	79
Figura 30 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled.	81
Figura 31 Capilla Original antes del terremoto de 1875.	82
Figura 32 Recientes adecuaciones varias en la Capilla mayo 2023.	83
Figura 33 Estado Actual de la Capilla Nuestra Señora del Carmen.	84
Figura 34 Esquema general de captura - Capilla Nuestra Señora del Carmen.	85
Figura 35 Modelos procesados - Capilla Nuestra Señora del Carmen.	86
Figura 36 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa.	87

Figura 37 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Terr-Semiorb70°- luzdirecta.	88
Figura 38 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA21-Terr-Semiorb72°- contraluz.	89
Figura 39 Comparación de nubes de puntos en CloudCompare - Capilla Nuestra Señora del Carmen.	90
Figura 40 Cálculo de confianza modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa.	91
Figura 41 Clon análogo Capilla Nuestra Señora del Carmen.	92
Figura 42 Modelo de nube de puntos obtenido en Agisoft Metashape Capilla Nuestra Señora del Carmen.	92
Figura 43 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Clon-Terr- Orbit.Luzled.	93
Figura 44 Cálculo de confianza modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.	94
Figura 45 Transmisión entre medios de la data - Capilla Nuestra Señora del Carmen.	94
Figura 46 Vista de la nube de puntos densa del modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa.	102
Figura 47 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-Terr-Semiorb70°- luzdirecta.	104
Figura 48 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA21-Terr-Semiorb72°- contraluz.	105
Figura 49 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°- luzdifusa.	107
Figura 50 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.	108

Figura 51 Parque la Victoria primera década siglo XX.	109
Figura 52 Estado actual del Quiosco del Parque La Victoria.	110
Figura 53 Flujo peatonal durante la captura del modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa.	111
Figura 54 Esquema General de captura - Quiosco del Parque la Victoria.	112
Figura 55 Modelos procesados - Quiosco del Parque la Victoria.	114
Figura 56 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa.	114
Figura 57 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta.	115
Figura 58 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta.	115
Figura 59 Comparación de nubes de puntos en CloudCompare - Quiosco del Parque La Victoria.	116
Figura 60 Cálculo de confianza modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa.	116
Figura 61 Clon Análogo Quiosco del Parque la Victoria.	117
Figura 62 Ubicación de las cámaras durante la captura.	118
Figura 63 Modelo de nube de puntos obtenido en Agisoft Metashape Quiosco del Parque la Victoria.	118
Figura 64 Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.	119
Figura 65 Cálculo de confianza modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.	119
Figura 66 Transmisión entre medios de la data – Quiosco del Parque la Victoria.	120
Figura 67 Vista de la nube de puntos densa del modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa.	127
Figura 68 Vista de la nube de puntos densa del modelo IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta.	129

Figura 69 Vista de la nube de puntos densa del modelo Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta.	131
Figura 70 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa.	132
Figura 71 Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	134
Figura 72 Umbral de Resiliencia.	140

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de softwares de procesamiento fotogramétrico	42
Tabla 2 Captura de datos - Monumento Cristo Rey	68
Tabla 3 Contexto - Monumento Cristo Rey	69
Tabla 4 Orientación de fotos - Procesamiento Fotogramétrico -Monumento Cristo Rey	70
Tabla 5 Nube de puntos densa - Procesamiento Fotogramétrico -Monumento Cristo Rey	71
Tabla 6 Malla/Modelo - Procesamiento Fotogramétrico -Monumento Cristo Rey	72
Tabla 7 Tiempo Total de Procesamientos - Monumento Cristo Rey	73
Tabla 8 Captura de datos – Capilla Nuestra Señora del Carmen	95
Tabla 9 Contexto – Capilla Nuestra Señora del Carmen	96
Tabla 10 Orientación de fotos - Procesamiento Fotogramétrico – Capilla Señora del Carmen	97
Tabla 11 Nube de puntos densa - Procesamiento Fotogramétrico – Capilla Nuestra Señora del Carmen	98
Tabla 12 Malla/Modelo - Procesamiento Fotogramétrico – Capilla Nuestra Señora del Carme	100
Tabla 13 Tiempo Total de Procesamientos – Capilla Nuestra Señora del Carmen	100
Tabla 14 Captura de datos – Quiosco del Parque la Victoria	121
Tabla 15 Contexto – Quiosco del Parque la Victoria	121
Tabla 16 Orientación de fotos - Procesamiento Fotogramétrico – Quiosco del Parque la Vict..	123
Tabla 17 Nube de puntos densa - Procesamiento Fotogramétrico – Quiosco del Parque la Victoria	124
Tabla 18 Malla/Modelo - Procesamiento Fotogramétrico – Quiosco del Parque la Victoria	125
Tabla 19 Tiempo Total de Procesamientos – Capilla Nuestra Señora del Carmen	126

## RESUMEN

Este trabajo, derivado del proyecto "La Materia y sus Formas" del grupo d\_lab, se centra en la relación entre la materia y la información en el contexto del patrimonio cultural, el cual utiliza una metodología basada en el método científico desde un enfoque mixto con alcances correlacionales.

En primer lugar, se inició con la revisión de la noción de patrimonio digital y su impacto en las técnicas de conservación, de esta forma se plantea la pregunta de si es posible transferir la esencia de un Bien de Interés Cultural (BIC) de un medio a otro sin que se pierda. Seguidamente, se realizan experimentos con tres BIC en Cúcuta, poniendo a prueba la resiliencia de la data al ser transmitida entre nuestro mundo y lo virtual empleando técnicas como la fotogrametría y la impresión 3d para hacer posible dichas transmisiones.

Finalmente, en el análisis de datos se identificaron patrones y elementos que afectan en la confianza de la información y así establecer un umbral de resiliencia. Acto seguido, se discuten los resultados en relación al problema e hipótesis planteados, así como los aspectos teóricos e investigativos, concluyendo con recomendaciones para futuros proyectos relacionados con el patrimonio cultural y la transferencia de la información digitalmente.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo dirigido se desarrolla como apoyo a la investigación que viene llevando el grupo de investigación d\_lab “La materia y sus formas”, cuya principal actividad se ha centrado en informar materia, en el caso de la presente investigación esta se enfoca en el estudio de los Bienes de Interés Cultural (BIC) que son transmitidos en materia digital entre nuestro mundo y lo virtual, con el fin de verificar la confianza y resiliencia de la información que transita entre medios.

Por lo tanto, esta investigación se centra en experimentar con la información mediante la captura y procesamiento de Bienes de Interés Cultural y su transmisión entre medios, generando distintos modelos de información reflejados en nubes de puntos y materia informada, y así de esta forma analizar patrones y factores incidentes en la confianza de la información.



## **CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA**

### **1.1. Título**

Bienes de interés cultural inmueble y su transmisión en materia digital entre la contigüidad de nuestro mundo y de lo virtual.

### **1.2. Planteamiento del Problema**

Actualmente nos enfrentamos ante una creciente preocupación por preservar los bienes de interés cultural (BIC) de orden material inmueble, los cuales carecen del suficiente respaldo que de lugar a la preservación y transmisión de su información esencial hacia las futuras generaciones. Esta situación se fundamenta en la ausencia de procedimientos sólidos que repercuten en la degeneración, alteración o pérdida total de la información patrimonial así como en el decrecimiento progresivo de las labores de restitución o reconstrucción patrimonial.

Dentro de este contexto, el tema de tratar el patrimonio digitalmente se ha convertido en una cuestión de interés global que a la fecha sigue en desarrollo. Por ello, la idea de transmitir el patrimonio material desde el plano físico a lo virtual se incrementa al transferir la información hacia un entorno espacial que rompe con las leyes de la realidad (Rodríguez de las Heras, 2004) garantizando la conservación y difusión de nuestra herencia cultural material.

En este orden de ideas, dentro de lo que aquí se plantea, surge el principal desafío de esta investigación: La información proveniente del plano físico al ser transmitida hacia lo digital debe ser lo suficientemente confiable, por ende, es preciso estudiar la confianza y resiliencia de la información que transita entre medios, debido a que la afinación o ausencia de estos factores incide directamente en la factibilidad de uso de dicha información como punto de partida de toda acción que requiera la data esencial de un bien de interés cultural material inmueble.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Es posible transferir la esencia de un Bien de Interés Cultural inmueble representada en información de un medio a otro sin que se pierda esta virtud esencial?

### **1.4. Justificación**

El propósito de esta investigación se justifica en la importancia de conservar los datos relacionados con el patrimonio material inmueble mediante el uso de métodos que respalden la información del bien. Esto tiene como objetivo abordar el principal desafío que surge en la transmisión de información entre nuestro mundo y lo virtual: garantizar la confiabilidad y resiliencia de la información al ser transferida entre el mundo físico y el virtual.

Según Bouza, Comesaña y González (2013), desde el ámbito académico surge la necesidad de preservar el patrimonio material inmueble utilizando técnicas que permitan gestionar su información sin causar daños físicos (Montoto, 1996). Por lo tanto, en este estudio se considera relevante la transición hacia el ámbito digital de los bienes inmuebles de interés cultural (BIC) y analizar los cambios significativos que se producen al transferir datos digitales entre el mundo físico y el virtual.

Como se mencionó anteriormente, al preservar la información de los bienes culturales en formato digital, se abre la posibilidad de reconstruirlos en caso de que desaparezcan físicamente. En otras palabras, los datos almacenados digitalmente permiten la recreación precisa de estos elementos patrimoniales, asegurando así su continuidad incluso cuando no estén presentes de manera tangible. Este enfoque garantiza la salvaguardia de la herencia cultural para las futuras generaciones, manteniendo viva la esencia de los bienes en cuestión.

## **1.5.Hipótesis**

La información de un bien de interés cultural pierde su esencia cada vez que es transmitida entre nuestro mundo y el virtual.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo General***

Experimentar con la información como unidad básica que antecede la materia en el marco de patrimonio inmueble.

### ***1.6.2. Objetivos Específicos***

- Desarrollar experimentos con la transmisión entre medios de la información de Bienes de Interés Cultural:
- Capturar y procesar la data para la reconstrucción digital de los BIC objetos de estudio.
- Informar materia mediante la creación de clones análogos a partir de la data inicial procesada para su posterior transmisión en materia digital.
- Comparar las datas procesadas (iniciales y de clones análogos) a fin de verificar la confianza y resiliencia de la información transmitida.

## **1.7. Alcances y Delimitaciones**

### **Alcances**

Este trabajo se enfoca en estudiar específicamente la confianza y resiliencia de la data procesada mediante fotogrametría y los cambios emergentes durante la transmisión en materia digital entre nuestro mundo y lo virtual de los BIC objeto de estudio de la ciudad de San José de

Cúcuta: Monumento Cristo Rey, Capilla Nuestra Señora del Carmen y Quiosco del parque La Victoria.

### **Delimitación Espacial**

Este trabajo realizó sus investigaciones de campo dentro de los sectores correspondientes a los BIC objeto de estudio: Monumento Cristo Rey, Capilla Nuestra Señora del Carmen y Quiosco del Parque La Victoria.

### **Delimitación Temporal**

Este trabajo se desarrolla dentro del marco académico del semestre lectivo 2023.1 y 2023.2 en un periodo hábil de cuatro meses a partir de su respectiva revisión y aprobación.

### **1.8. Limitaciones**

- De tiempo: Debido al periodo en el que se debe desarrollar la investigación los resultados se ven acotados por el tiempo.

- De recursos: Posibles fallas técnicas de software y equipos pueden generar contratiempos o modificaciones en el desarrollo de las actividades.

## CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes Locales

“**Photogrammetry Workshop d\_lab2**”. Un primer antecedente local corresponde al taller de fotogrametría impartido por el Grupo de Investigación Design Research Laboratory (d\_lab) de la Universidad Francisco de Pula Santander a cargo del arquitecto Juan Manuel Villa como método de estudio para la electiva de profundización Patrimonio e Informática (Villa, 2022), cuyo objetivo fue informar la materia a partir de la digitalización de bienes de interés cultural inmueble.

Los métodos empleados fueron: fotogrametría aérea por dron, digitalización de imágenes en software Agisoft, generación y tratamiento de los modelos en software Rhino Inside y Revit, realidad aumentada y fabricación digital en filamento PLA por impresión 3D.

Los resultados obtenidos fueron:

- Modelos 3D y planimetrías en Revit.
- Modelos cargados y visualizados por realidad aumentada en Augment.
- Modelos 3D impresos (materia informada).

## Figura 1

*Poster de presentación de modelo 3D y fabricación digital*



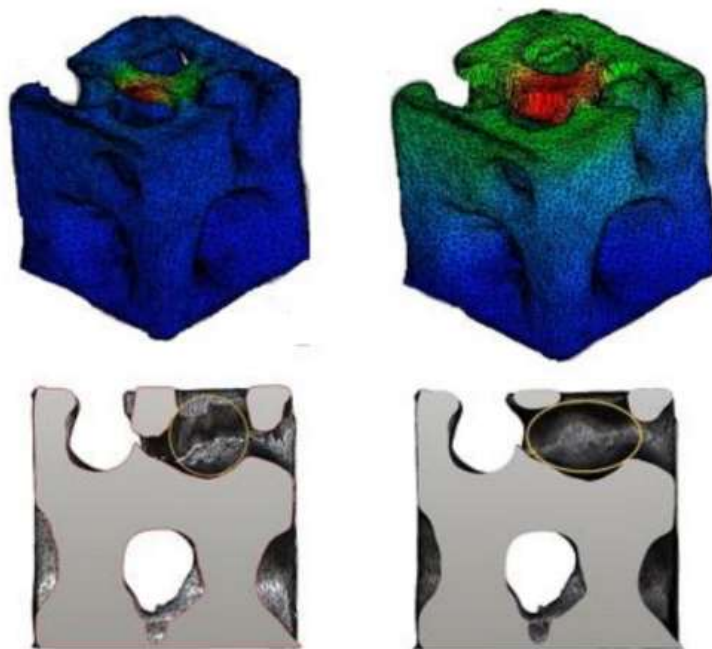
*Nota.* A la izquierda se muestra el poster de presentación del modelo 3d proporcionado por los estudiantes Marcelo Silva y Natalia Alvarez, y a la derecha se muestra una publicación en el perfil de instagram del grupo d\_lab en relación a la fabricación digital.

Estos estudios son relevantes en el presente proyecto porque aprovechan la información digitalizada para reproducir productos informados con datos primarios, así como recursos didácticos que restituyen el patrimonio con escenarios generados mediante realidad aumentada para preservar y transmitir la información morfológica de un elemento físico que refleja la cultura de una sociedad.

**“Informed Matter, Design and its Relationship to Force Dynamics”**. Un Segundo antecedente local corresponde a La investigación de Villa y Maldonado (2018) llevada a cabo en los Laboratorios de la Universidad Francisco de Paula Santander tuvo como objeto “Explicar el trabajo de informar la materia en el mundo digital en relación con las dinámicas de fuerzas y su sustancia” sobre una probeta material fabricada de forma análoga por los estudiantes de la asignatura de Taller de diseño. Partiendo de estos requisitos preliminares, se segmenta la investigación en tres fases: digitalización del modelo análogo, recolección de data análoga (pruebas físicas) e introducción de información análoga en el modelo digitalizado.

## Figura 2

*Manipulación del proceso de espacios o vacíos dentro de la materia informada en relación con las dinámicas de fuerzas.*



*Nota.* La imagen muestra la simulación de aplicación de fuerzas sobre un modelo 3d. Fuente: Villa y Maldonado (2018).

Los resultados obtenidos fueron:

- Modelo digitalizado.
- Data Análoga.
- Producto digital – Materia informada

Esta investigación aporta significativamente al presente proyecto debido a que la información real de la materia puede ser transferida a un entorno digital, y es a partir de esto que un objeto puede ser explorado y sometido a procesos experimentales virtuales si se consideran los aspectos esenciales que definen a dicha materia. Para efectos del aspecto patrimonial, la digitalización posibilita la conservación y el estudio de la información formal que constituyen a los bienes, preservando de esta manera las características morfológicas que reconocen las memorias colectivas de una sociedad cuyo interés común es transmitir dicha información a las futuras generaciones.

### ***2.1.2. Antecedentes Nacionales***

**“Modelación 3d del Cordón Amurallado de la ciudad de Cartagena de indias Caso de estudio: Tramo comprendido entre el baluarte de Santo Domingo hasta el Baluarte de San Ignacio”.** Dentro de las investigaciones más recientes a nivel Nacional se encuentra el trabajo de Echavez y Poveda (2022), quienes desde el grupo de investigación estructuras, construcciones y patrimonio (ESCONPAT) de la Universidad de Cartagena tuvieron como objetivo general desarrollar un modelo tridimensional de un tramo del cordón amurallado de Cartagena entre los baluartes Santo Domingo y San Ignacio a través del flujo de trabajo BIM en aras de proporcionar un recurso interactivo informado de datos primarios y secundarios.

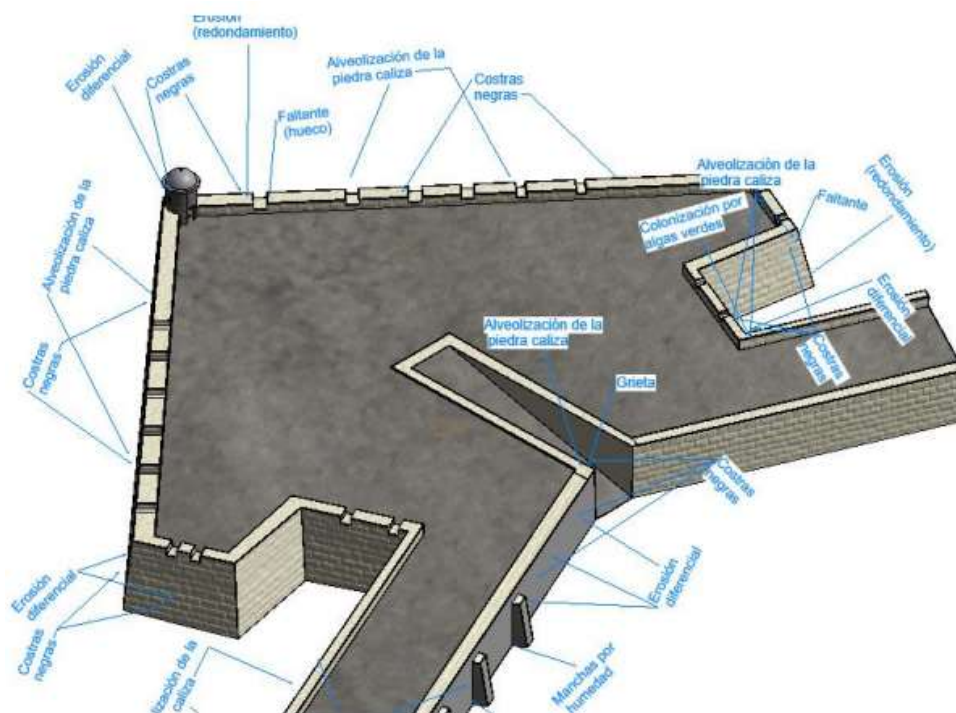
Esta investigación fue planteada dentro del enfoque mixto con un diseño metodológico no experimental, este proceso fue repartido en tres etapas, la primera se basó en la obtención de



información secundaria, mientras que en la segunda se encargó de la información primaria (fotografías, patologías, pruebas de humedad y temperatura) Finalmente, en la tercera etapa, se procesaron las fotografías mediante el software Agisoft y la nube de puntos obtenida fue exportada a Revit para la creación del modelo sintetizado y ubicar la información primaria

### Figura 3

*Modelo 3D del Baluarte Santo Domingo e identificación de patologías.*



*Nota.* La imagen muestra la modelización de una sección del Baluarte Santo Domingo con las patologías identificadas a partir de una nube de puntos. Fuente: Echavez y Poveda (2022).

Los resultados obtenidos fueron:

- Identificación y análisis de patologías.
- Ensayos de temperatura y humedad relativa.
- Modelo digitalizado (nube de puntos).

- Modelo sintetizado y ubicación de patologías.

Esta investigación aporta relevantemente en el uso de Revit como software de flujo BIM para informar modelos 3D de bienes patrimoniales con datos primarios y así mismo modelar a partir de estos elementos gráficos sintetizados (HBIM).

**“El Dorado City of Gold”**. Un segundo antecedente nacional corresponde a una colaboración con National Geographic y el arqueólogo Santiago Giraldo, director Global Heritage Fund, ejecutó un estudio detallado de Ciudad Perdida en Sierra Nevada de Santa Marta junto al científico explorador Albert Lin con el objetivo de descubrir nuevas ciudades perdidas de los Taironas (Semana S.A., 2020).

La investigación realizada tuvo el apoyo de tecnología de punta para escanear toda la sierra mediante la combinación de las técnicas Lidar (light detection and ranging), fotogrametría y realidad aumentada para llegar a las zonas inexploradas y cubiertas por vegetación para encontrar el rastro de los Taironas (Bartlett, 2019).

Dentro de los principales resultados se destacan:

- Escaneo Lidar completo del territorio con vegetación suprimida.
- Modelo escaneado del prototipo de vivienda Tairona.
- Fotogrametría y modelo 3D de mapa tallado en piedra de las ciudades Taironas.
- Descubrimiento de nuevas Terrazas inexploradas.

Esta investigación colaborativa se relaciona y fundamenta con el presente proyecto en el estudio del patrimonio extinto e incentiva la exploración de patrimonio inmueble mediante técnicas sofisticadas de digitalización para la recreación de escenarios inexistentes a partir de la reconstrucción con información primaria.

**Figura 4**

*Mapeo LiDAR de la Sierra Nevada de Santa Marta.*



*Nota.* Las manchas más claras corresponden a terrazas y senderos Taironas. Fuente: Bartlett (2019).

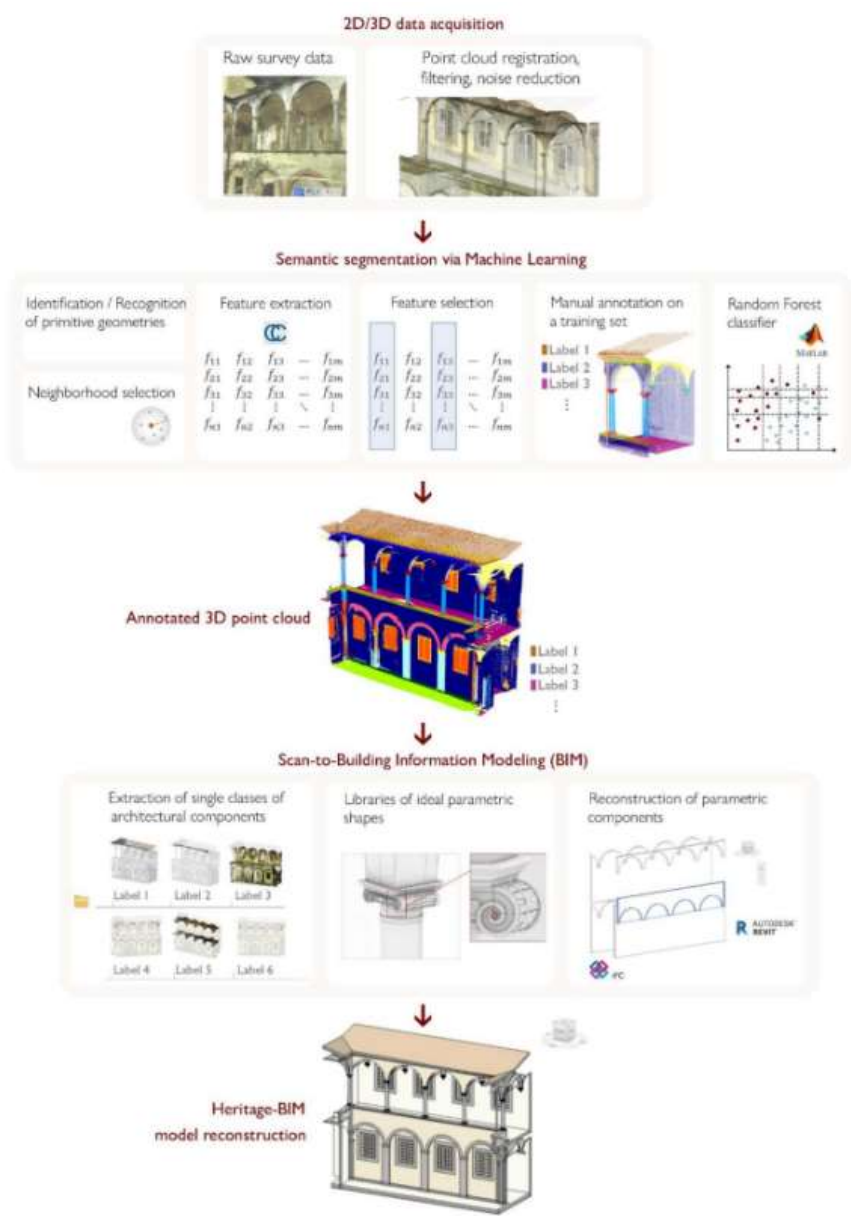
### ***2.1.3. Antecedentes Internacionales***

**“From the Semantic Point Cloud to Heritage-Building Information Modeling: A Semiautomatic Approach Exploiting Machine Learning”**. Un primer antecedente internacional es el de Croce, y otros, (2021), quienes plantean este estudio con el objetivo de “proponer un enfoque semiautomático para la transición de nubes de puntos no estructuradas, derivadas del levantamiento, a modelos de información de edificios patrimoniales”. La metodología propuesta se basa en, primero, obtener información primaria (data 2D y 3D), segundo, segmentar semánticamente las nubes de puntos vía aprendizaje de inteligencia

artificial, tercero, pasar el escaneo al modelado de información de construcción (BIM), y cuarto, reconstrucción del modelo por HBIM (Modelado de información de edificios patrimoniales).

**Figura 5**

*Visión General del enfoque propuesto.*



*Nota.* La imagen muestra el esquema metodológico para segmentar nubes de puntos por elementos arquitectónicos y constructivos. Fuente: Croce et al. (2021).

A partir de este proceso, los resultados fueron:

- Segmentación semántica mediante aprendizaje automática.
- Escaneo a BIM.
- Modelo HBIM.

Esta investigación se relaciona con el presente proyecto fomentando el uso de la información digitalizada para ser informada con datos reales, es relevante mencionar el HBIM como método conveniente la modelización y tratamiento de bienes patrimoniales. Así mismo es de destacar el nivel de trasfondo al que se puede llegar empleando la técnica fotogramétrica y el escaneo láser, en donde no solo se almacena la información digitalizada, sino que puede ser estudiada y ser sometida a distintos procesos experimentales.

**“Scan-to-HBIM aplicado a la Iglesia de Pampulha de Oscar Niemeyer”**. Un segundo antecedente se le atribuye al trabajo de Cogima, y otros, (2020), plantean como objetivo “aplicar un método en la creación del modelo BIM para un edificio representativo de la arquitectura moderna brasileña, la Iglesia de São Francisco de Assis en el complejo arquitectónico de Pampulha”, método que gira en torno a la automatización de la construcción y que los investigadores segmentan en tres etapas: primero, levantamiento de información espacial y documental, segundo, procesamiento, creación y comparación de nubes de puntos y softwares de reconstrucción fotogramétrica, y tercero, alineamiento de nubes de puntos y modelado BIM.

**Figura 6**

*Visión General del enfoque propuesto.*



*Nota.* La imagen muestra el esquema metodológico aplicado para el escaneo de la iglesia de Oscar Niemeyer. Fuente: Cogima, et al. (2020).

De acuerdo a la investigación, los principales resultados fueron:

- Comparación entre programas de procesamiento fotogramétrico.
- Unificación de nubes de puntos (fotogrametría y LiDAR).
- Modelo BIM.

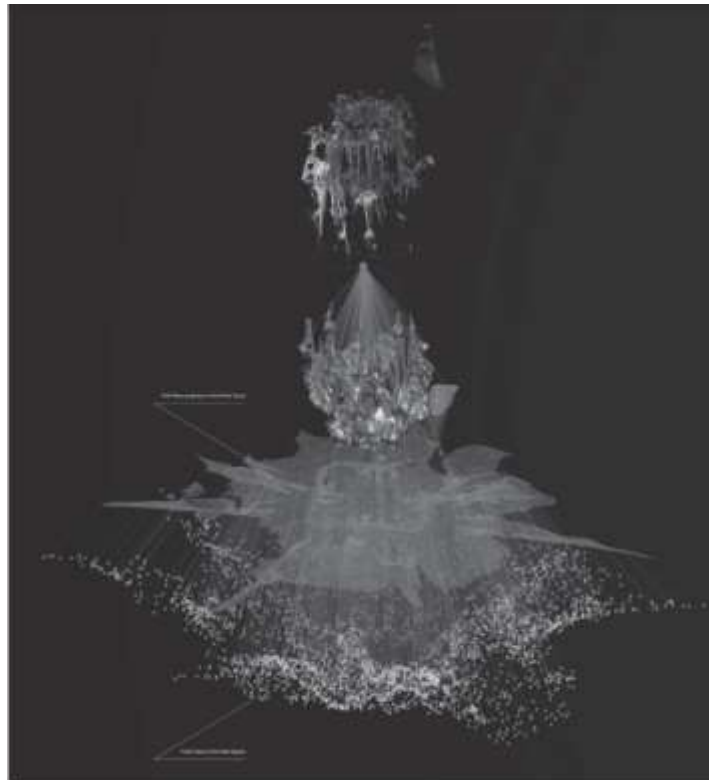
Este trabajo introduce la comparación de técnicas y softwares de procesamiento digital para someter a juicio las diferencias de eficiencia y eficacia de acuerdo a las condiciones económicas que cada grupo de investigación pueda tener para desarrollar este tipo de trabajos. Así mismo, se relaciona con el presente proyecto en la medida que otorga la manipulación de nubes de puntos antes de ser exportadas al flujo de trabajo BIM, y finalmente, ratifica las propiedades e información que pueden ser incorporadas y tratadas en la modelización de bienes patrimoniales.

**“POST-DIGITAL AS DESIGN AUTHORSHIP in Informed Material Processes”.**

Un tercer antecedente internacional es La investigación de Eiroa (2019) planteada dentro del marco de la materia informada tiene como objeto de estudio explorar la codificación de la realidad en los sistemas computacionales para expandir la autoría del diseño a las condiciones y parámetros que hacen referencia explícita a la arquitectura, esta concepción es analizada desde la tesis “No se puede separar la tecnología de la cultura, ya que la arquitectura revolucionaria implica necesariamente una integración e innovación crítica en ambos niveles” (Eiroa, 2019, p. 136).

**Figura 7**

*Escaneo 3D de la bahía central de la Sagrada Familia de Antoni Gaudí.*



*Nota.* La imagen muestra el escaneo de la nave central de la catedral y la proyección de la nube de puntos. Fuente: Eiroa (2019).

Dentro de los trabajos realizados por este autor, se resalta el ejercicio ejecutado sobre La Sagrada Familia de Antonio Gaudí. Eiroa (2019) propone la materialización de la nube de puntos en la búsqueda de una forma, que dentro del entorno digital no existe, por ello la información obtenida es traducida en un material por medio de una fresadora CNC que va deformando el material acorde a la data digital, el resultado de este procedimiento es una técnica híbrida de materialización informada.

Resultados relevantes de la investigación:

- Materia digitalizada (nube de puntos).
- Materia informada (lámina fresada).

Esta investigación fundamenta el presente proyecto, en primer lugar, al profundizar las posibilidades de análisis que concede la técnica de fotogrametría en la comprensión de las fuerzas físicas y procesos constructivos de un bien patrimonial, en segundo lugar, al poner en juicio las propiedades esenciales que componen a la materia, acotando la cosmovisión que se tiene de cada elemento, los cuales, interpretados en este proyecto como bienes patrimoniales compuestos de información, pueden ser indexados acorde a sus particularidades constructivas y culturales por las que son reconocidos.

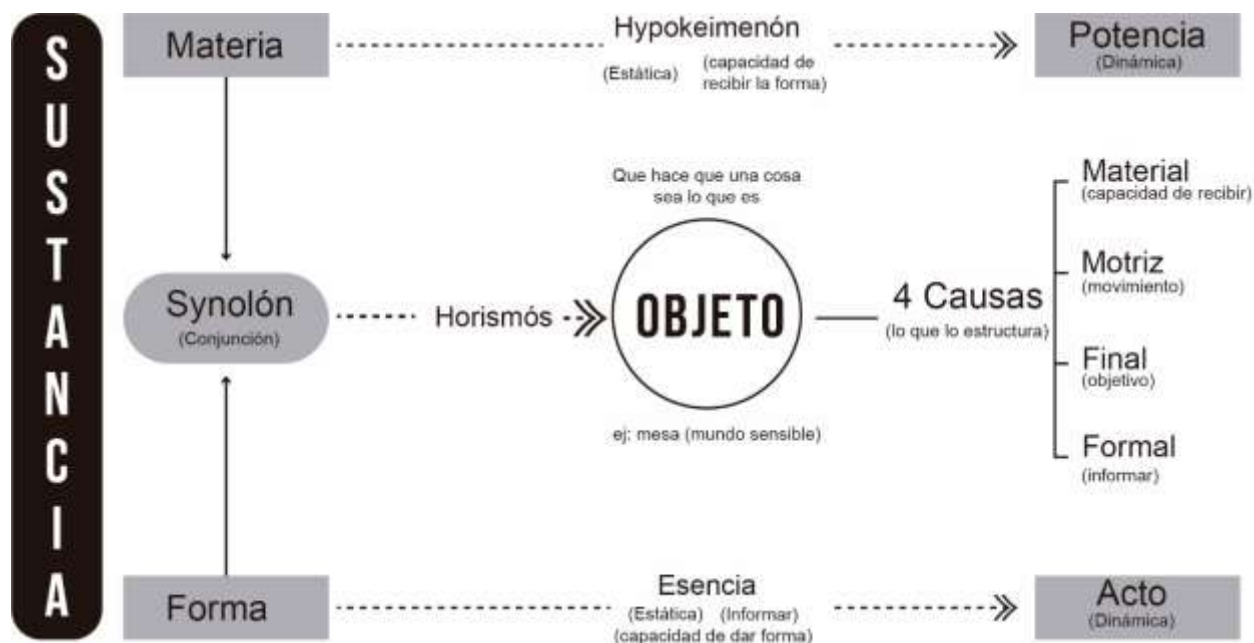
## **2.2. Bases Teóricas**

Para comprender el enfoque que tomará esta investigación en su fase experimental es relevante definir las bases teóricas que justifican y acotan la decodificación, análisis, organización e interpretación de los cambios que sufre la materia en relación al patrimonio inmueble. Acorde a lo anterior, el proyecto “Experimentación compleja la materia y sus formas” del cual se desprende este trabajo dirigido, establece el siguiente marco teórico basado en la visión aristotélica:



**Figura 8**

*Esquema de marco teórico Proyecto Experimentación compleja la materia y sus formas.*



*Nota.* La imagen muestra el resumen teórico en base a la metafísica de Aristóteles. Fuente: d\_lab

### 2.2.1. El Synolón – Estructura de una sustancia

Este término se refiere a cada individuo existente, es decir, a todo lo que llamamos “cosas”, por ejemplo: una calle, este puente, aquel bolígrafo, etc. Básicamente, quiere explicar el significado de lo que algo es. En este orden de ideas, debe entenderse que una cosa es una unión entre una forma y materia, para dar razón de lo que dice Aristóteles “Synolón”, dando una explicación (Horismós) de lo que es una cosa.

En este orden de pensamiento, la materia (Hypokeimenón) es un sujeto que se resiste al cambio, es decir, está sujeto a cambios inesperados en el tiempo y es informado y transformado por la forma. La forma, por su parte, como dice el nombre, constituye o informa la materia, haciéndola materia definida, y según Aristóteles nada se percibe como mera materia, porque por

el solo hecho de existir admite cierto grado de certeza, es decir, se supone que está determinado por la forma.

### **2.2.2. Materia en acto y en potencia.**

La raíz de todo movimiento yace en la potencialidad de la materia, si la materia y la forma permanecen estáticas se dice que el objeto permanecerá estático con sus propiedades en acto, sin embargo, como esta permanece en constante movimiento (va adquiriendo propiedades accidentales) pasan a ser dinámicas en acto y potencia. En acto es la forma vigente, producto de la admisión de propiedades accidentales que se tiene de la materia, mientras que en potencia es lo que la materia puede llegar a ser, por ejemplo, un bloque de marfil es en acto y la escultura tallada es en potencia a lo que este puede llegar a ser.

En todo caso, el acto y la potencia son conceptos paralelos, pero no desligados que mediante el devenir llegan a realizar su forma o esencia del objeto, y es en el movimiento (proceso para cambiar) donde se da el paso continuo del ser en potencia al ser en acto.

### **2.2.3. Categorías (o atributos) relacionados con el movimiento**

Son los cambios sustanciales (afectaciones al objeto) cuando se genera o se corrompe modificando sus propiedades esenciales, adquiriendo otras accidentales, dejando de ser lo que era en acto, se definen cuatro categorías que ocurren durante el movimiento:

**El cambio sustancial.** Alude a la modificación definitiva de una sustancia, en pocas palabras, lo que era ha pasado a ser otra cosa: una sustancia se “convierte” en otra.

**El cambio cualitativo.** Está directamente relacionado con la introducción de propiedades accidentales, admite la sustitución de una cualidad por otra con la que la sustancia no contaba inicialmente, por ejemplo, el cambio de pintura cada pocos años sobre el monumento al Indio Motilón de San José de Cúcuta.

**El cambio cuantitativo.** Se limita al cambio en aumento o disminución en cantidad de una sustancia (masa, peso, volumen), por ejemplo, un incendio forestal reduce la masa y volumen de árboles de una reserva natural.

**El cambio de lugar.** Se refiere al traslado de la sustancia de un lugar a otro, puede ocurrir de forma natural, como el movimiento del cauce de un río por acumulación de sedimentos, o de forma artificial (o por mano del hombre), el busto de Nefertiti descubierto y extraído de Egipto y ahora expuesto en Alemania.

#### **2.2.4. Las Cuatro Causas**

Aristóteles busca la forma de definir la existencia de las cosas, puntualizando las causas que delimitan las características esenciales de la materia. Ante esto, el filósofo propone un enfoque cuádruple de la causalidad discerniendo cuatro tipos de causas, que son formas por las que la materia es una cosa determinada u origen del cambio:

**Causa Material.** Alude a los materiales con potencialidad de recibir información digital y física (filamento Pla, madera, arcilla, metal, carbono, concreto, etc.)

**Causa Formal.** Información primaria y secundaria que se tiene sobre el objeto: escáner 3D por fotogrametría o luz blanca, georreferenciación, planos, libros, relatos.

**Causa Motriz (o eficiente).** Su intención es demostrar cómo se fabrica el objeto: fabricación digital, CNC, 3D, corte a láser, simulaciones digitales.

**Causa Final.** Revela el objetivo, propósitos o funciones del objeto.

## 2.3. Marco conceptual.

### 2.3.1. Glosario de términos.

**Bienes de Interés Cultural (BIC).** La Unesco define al patrimonio cultural como: el legado cultural que recibimos del pasado, que vivimos en el presente y que transmitiremos a las generaciones futuras [...] el patrimonio cultural no se limita a monumentos y colecciones de objetos. Comprende también expresiones vivas heredadas de nuestros antepasados como tradiciones orales, artes del espectáculo, usos sociales, rituales, actos festivos, conocimientos y prácticas relativos a la naturaleza y el universo, y saberes y técnicas vinculados a la artesanía tradicional (UNESCO, 2021).

En Colombia, La ley 1185 de 2008 por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 –Ley General de Cultura– y se dictan otras disposiciones. Define:

“El patrimonio cultural de la Nación está constituido por todos los bienes materiales, las manifestaciones inmateriales, los productos y las representaciones de la cultura que son expresión de la nacionalidad colombiana, tales como la lengua castellana, las lenguas y dialectos de las comunidades indígenas, negras y creoles, la tradición, el conocimiento ancestral, el paisaje cultural, las costumbres y los hábitos, así como los bienes materiales de naturaleza mueble e inmueble a los que se les atribuye, entre otros, especial interés histórico, artístico, científico, estético o simbólico en ámbitos como el plástico, arquitectónico, urbano, arqueológico, lingüístico, sonoro, musical, audiovisual, fílmico, testimonial, documental, literario, bibliográfico, museológico o antropológico” (Art. 1. (“A C U E R D O n.º 017 DE 2021”) Literal b).

“La declaratoria de un bien material como de interés cultural, o la inclusión de una manifestación en la Lista Representativa de Patrimonio Cultural Inmaterial es el acto administrativo mediante el cual, previo cumplimiento del procedimiento previsto en esta ley, la autoridad nacional o las autoridades territoriales, indígenas o de los consejos comunitarios de las comunidades afrodescendientes, según sus competencias, determinan que un bien o manifestación del patrimonio cultural de la Nación queda cobijado por el Régimen Especial de Protección o de Salvaguardia previsto en la presente ley.” (Art. 1. Literal b).

Mientras que, en San José de Cúcuta, el Departamento Administrativo de Planeación Municipal definió a los bienes de interés cultural (BIC) inmueble como “referencia a aquellos que contienen valores de orden histórico, estético o simbólico, que pertenecen a un territorio y que generan un sentido de identidad en una comunidad.” (Alcaldía de San José de Cúcuta, 2022).

### **Espacio Virtual**

El espacio virtual es un espacio contiguo creado artificialmente por el hombre, y crece conjunto con nosotros, pues es una creación de la actividad cerebral, por el avance del proceso de la memoria, y el sueño, hay experiencias que dan las ideas para poder ir evolucionando este espacio. (Rodríguez de las Heras, 2004).

Es así que el espacio virtual no está ligado directamente al mundo que accedemos mediante los dispositivos smart, sino a aquello donde el ser humano rompe con las leyes naturales que rigen nuestra realidad (sueños, pensamientos, imaginación, etc.). A lo que comunmente relacionan las personas con este término es al espacio digital, que dentro de lo que

aquí se plantea, son escenarios virtuales contiguos creados por el hombre mediante las herramientas tecnológicas (Rodríguez de las Heras, 2004)

**Forma y Materia.** Dentro de una perspectiva general, La Real Academia Española define a la forma como “Configuración externa de algo [...] Modo o manera en que se hace o en que ocurre algo” (Definición 1 y 2). Haciendo énfasis en lo que aquí se está estudiando. desde la perspectiva de la Metafísica de Aristóteles, Zingano (2003) afirma que “la forma se concibe como principio de identidad del objeto sobre todas las condiciones materiales, de modo que, sin apelar a ella, no es posible concebir la objetividad del objeto” (p.278), de este modo, “la forma no se reduce a la materia, siendo por el contrario lo que coordina y ordena la materia” (p.298).

Adicional a ello, en el Hilemorfismo, Aristóteles argumenta que “la materia vive a la espera de recibir forma, de hecho, no hay materia sin forma, pero la forma vive dando forma a la materia, formándola” (Salgado, 2012, p.11).

**Fotogrametría.** Etimológicamente, este término puede ser interpretado como “la métrica de lo escrito con la luz”, desde una perspectiva más general, es un método que obtiene la data tridimensional de un objeto a partir de fotografías (Buill, Núñez, y Rodríguez, 2008). La ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) lo define:

La fotogrametría y la percepción remota es el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información confiable a partir de imágenes sin contacto y otros sistemas de sensores sobre la Tierra y su entorno, y otros objetos y procesos físicos mediante el registro, la medición, el análisis y la representación.

De acuerdo al entorno, la posición y los aparatos empleados para la captura de información, Buill, Núñez, y Rodríguez (2003) categorizan que es Fotogrametría Terrestre si se toma desde la superficie terrestre manualmente (cámaras digitales, celulares, sensores, etc.), y

Fotogrametría Aérea si se toma desde alturas que el ser humano por limitaciones físicas no puede alcanzar (aviones, drones, satélites, etc.) (p.11). Adicionalmente se incluye una tercera categoría, la Fotogrametría Submarina o Subacuática, cuyo método de captura es más complejo incluyendo métodos de iluminación y ondas acústicas (Lucet, 2017).

**HBIM (Heritage Building Information Modelling).** “Es un sistema de trabajo colaborativo donde los agentes involucrados comparten información geométrica, semántica y documental del bien patrimonial de forma coordinada. HBIM se presenta como oportunidad para mejorar la eficiencia de la gestión del uso público del patrimonio” (Salvador, 2020).

**Memoria.** “La memoria es una facultad de los seres vivos. Es básicamente la facultad de reconocer algo con lo cual se tuvo previamente alguna clase de contacto” (Tomasini , 2015, p.10), en relación a lo expresado, Kundera (2010) añade que:

la memoria no es un almacén, ni una biblioteca, sino una facultad que conserva y elabora, es una memoria creativa. Además, la memoria no es una realidad unitaria, sino la integración de múltiples sistemas. Y no es perfecta, está sujeta a errores, distorsiones e ilusiones (p.134).

Así mismo, se considera el término de Memoria Colectiva, que estudiándolo dentro del marco que Maurice Halbwachs propone, se puede decir que la capacidad de recordar está ligado a estímulos sociales, ya que las vivencias que experimentan los seres humanos acontecen en su mayoría junto a otros seres humanos, quienes más tarde pueden influir para recordar hechos vividos como individuos (ErlI, 2012).

**Clon.** “la imagen idéntica de lo que se plantea en la realidad, y se copia 100% la imagen, lo que la puede volver original, ya que no hay jerarquía de la copia y la original” (Rodríguez de las Heras, 2004).

**Patrimonio Digital.** Alude a todo tipo de material electrónico con con información de gran valor cultural que debe ser conservado para futuras consultas y emplear como herramientas en el futuro. Según la Carta para la preservación del patrimonio digital dice:

El patrimonio digital consiste en recursos únicos que son fruto del saber o la expresión de los seres humanos. Comprende recursos de carácter cultural, educativo, científico o administrativo e información técnica, jurídica, médica y de otras clases, que se generan directamente en formato digital o se convierten a éste a partir de material analógico ya existente. Los productos “de origen digital” no existen en otro formato que el electrónico. (UNESCO, 2003).

**Nube de Puntos.** “Una nube de puntos es un sistema de representación de cualquier superficie a través de un conjunto de vértices (X, Y, Z) en un sistema tridimensional” (Equipo BIMnD, 2022). Entre los usos más comunes de la nube de puntos se encuentra:

Obtención de gemelo digital, documentación as built, levantamientos topográficos, levantamiento de infraestructuras de gran dimensionado, inspección y control de instalaciones industriales y en la detención de interferencias. La nube de puntos nos ayuda a crear y obtener recreaciones en 3D de espacios y volúmenes arquitectónicos. (Equipo BIMnD, 2022).



### ***2.3.2. Softwares de Procesamiento fotogramétrico y Manipulación de puntos.***

#### **Agisoft Metashape:**

Agisoft Metashape es un producto de software independiente que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales en 3D para su uso en aplicaciones GIS, documentación del patrimonio cultural y producción de efectos visuales, así como para mediciones indirectas de objetos de varias escalas (Agisoft, 2021).

En la aplicación del patrimonio material, Agisoft permite realizar reconstrucciones muy confiables de edificios, monumentos y ruinas gracias al procesamiento de imágenes oblicuas, dando apertura para realizar restauraciones, recorridos virtuales, modelos ilustrativos, etc. (Agisoft, 2021).

**Magiscan:** Es una aplicación de escáner 3D para celulares, esta funciona como cámara y procesador fotogramétrico. No se requiere conocimiento previo para manejar esta app debido a que el flujo de trabajo consiste en tomar las fotografías alrededor del objeto es escena y esperar a que se genere el modelo tridimensional (AR Generation, s.f.).

En base a lo anterior, la elección de utilizar diferentes herramientas para los procesamientos se basa en las características y capacidades de cada una. Agisoft Metashape ofrece una mayor robustez y control en el flujo de trabajo, lo que es especialmente beneficioso para proyectos que requieren un alto nivel de precisión y detalle en los datos generados. Por otro lado, Magiscan proporciona una solución más rápida y sencilla para casos donde la precisión no es tan crítica y se busca una mayor facilidad de uso.

**Tabla 1***Comparación de softwares de procesamiento fotogramétrico*

<b>Propiedades</b>	<b>Agisoft Metashape</b>	<b>Magiscan</b>
Tipo de licencia empleada	Free trial (30 días todo desbloqueado)	Free trial (3 escaneos versión de prueba)
Dispositivos compatibles	Windows, Mac OS X, Debian/Ubuntu	Android, IOS
Tiempo de Procesamiento	O	<
Magnitud Límite de Fotografías	>>	O
Capacidad de manipulación de información	✓	X
Visualización de fotografías orientadas	✓	X
Generación de nube de puntos	✓	X
Generación de Malla	✓	✓
Visualización de confiabilidad	✓	X
Generación de texturas	✓	✓
Generación de informe de procesamiento	✓	X
Interoperabilidad	O	<<
Procesamiento de elementos de gran magnitud	O	<<
Procesamiento de elementos de pequeña magnitud	O	=

Nota. O:Referencia >, >>: mayor que la referencia (niveles crecientes) <,<<: menor que la referencia (niveles crecientes) =: Igual que la referencia ✓: cumple con la propiedad

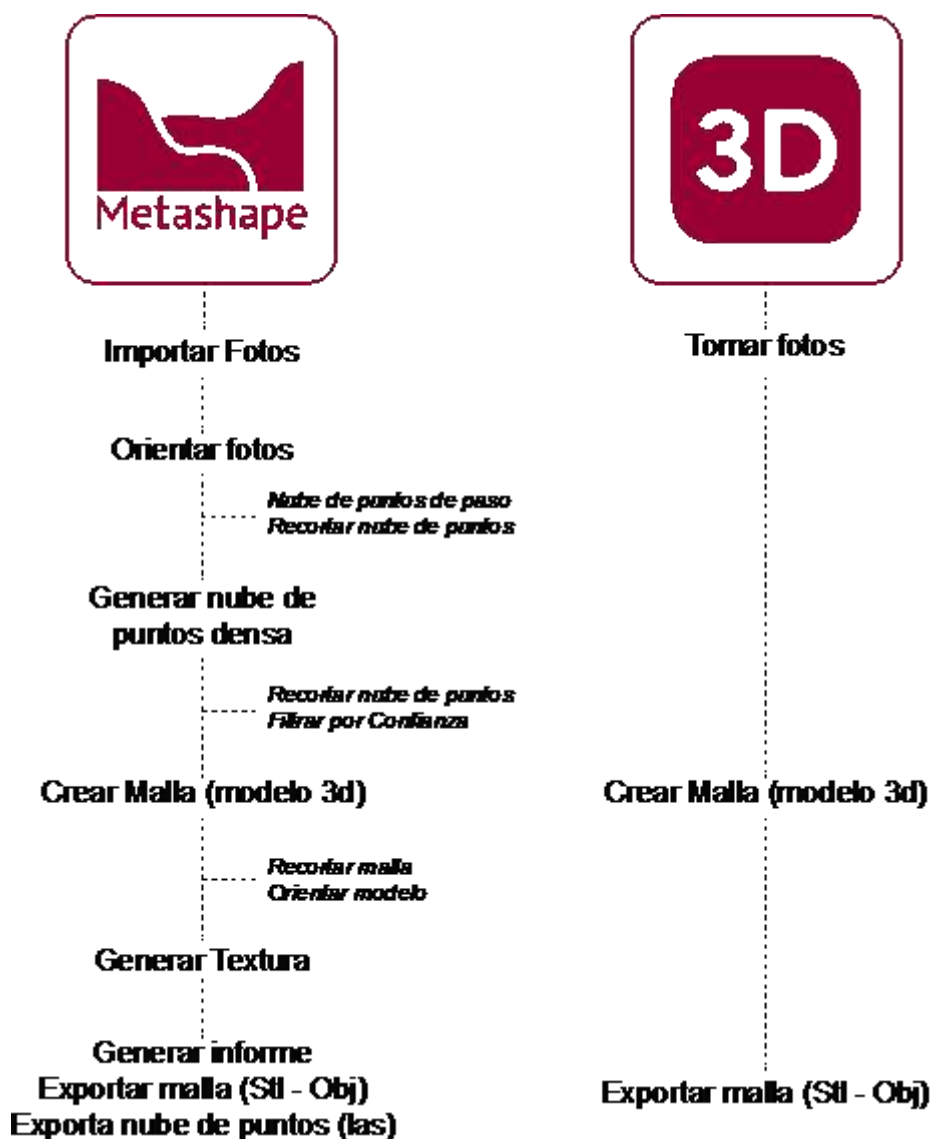
X: carece de la propiedad

En cuanto a flujos de trabajo, Agisoft Metashape presenta un proceso más estructurado, lo que conlleva un mayor tiempo de procesamiento fotogramétrico, pero permite un análisis más detallado de la información así como la manipulación de la misma. Por otro lado, Magiscan

ofrece un flujo de trabajo intuitivo y directo, aunque tiene limitaciones en la obtención de información más allá del modelo 3D. Para acceder a datos adicionales y evaluar la confiabilidad del modelo, es necesario importarlo en Agisoft Metashape y CloudCompare.

**Figura 9**

*Flujo de trabajo Agisoft Metashape y Magiscan.*



*Nota.* La Figura muestra a modo comparativo los flujos de trabajo de los softwares de procesamiento fotogramétricos empleados.

**CloudCompare.** Es un software de uso libre que como su nombre lo dice, compara nubes de puntos, sus desarrolladores lo describen de la siguiente forma:

CloudCompare es un software de procesamiento de nube de puntos 3D (y malla triangular). Ha sido diseñado originalmente para realizar la comparación entre dos nubes de puntos 3D densas (como las que se obtienen con un escáner láser) o entre una nube de puntos y una malla triangular. Se basa en una estructura octábol específica dedicada a esta tarea. Posteriormente, se ha ampliado a un software de procesamiento de nubes de puntos más genérico, que incluye muchos algoritmos avanzados (registro, remuestreo, manejo de campos de color/normales/escalares, cálculo de estadísticas, gestión de sensores, segmentación interactiva o automática, mejora de visualización, etc.) (CloudCompare, s.f.).

## **2.4. Marco Legal**

### ***2.4.1. Marco Legal Internacional***

**Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural (UNESCO, 1972).** Es un acuerdo internacional destinado a proteger y preservar los sitios culturales y naturales de gran importancia para la humanidad. La convención establece una lista de sitios considerados patrimonio mundial, que abarcan desde sitios arqueológicos y arquitectónicos hasta parques naturales y zonas de conservación. De igual forma, el tratado establece medidas para la conservación y protección de estos sitios, incluyendo la promoción de la investigación y la educación sobre su importancia y la creación de planes de gestión para garantizar su preservación a largo plazo.

Dentro de los artículos contemplados en este acuerdo se destacan para el interés de esta investigación el Artículo 1, donde se define el patrimonio cultural, agrupándolos en tres clases: monumentos, conjuntos y lugares, todo esto aludido a lo intervenido por la mano del hombre. Paralelamente se encuentra el Artículo 2, donde se definen y agrupan el patrimonio natural de esta forma: “Formaciones físicas y biológicas, formaciones geológicas y fisiográficas, y zonas naturales estrictamente delimitadas” (UNESCO, 1972).

Igualmente, en el Capítulo II, se enfoca en la protección y conservación del patrimonio cultural y natural dentro de los territorios nacionales de los Estados Partes. Establece la obligación de los Estados Partes de adoptar medidas para proteger los bienes que se encuentran en sus territorios y evitar su exportación o transferencia ilícita, así como la cooperación entre los Estados para la protección de bienes de importancia internacional. (UNESCO, 1972).

Finalmente, en el Capítulo III de este tratado, establece la creación de un Comité Intergubernamental compuesto por representantes de los Estados Parte en la Convención, para tomar decisiones importantes sobre la inscripción, conservación y protección del patrimonio mundial. Este Comité se reúne anualmente para examinar informes de los Estados Partes y tomar decisiones sobre la protección del patrimonio mundial y la asignación de fondos para su conservación (UNESCO, 1972).

**Carta sobre la Preservación del Patrimonio digital (UNESCO, 2003).** Es un documento que establece principios y directrices para la preservación y acceso a la información digital a largo plazo. El objetivo es asegurar que la información digital sea accesible y utilizable para las generaciones actuales y futuras. La carta enfatiza la necesidad de desarrollar estrategias y políticas de preservación que tengan en cuenta la rápida evolución de la tecnología y los formatos digitales.

Dentro de los artículos más relevantes de este documento se mencionan: El Artículo 2, donde se ratifica la accesibilidad que debe tener el patrimonio digital en el dominio público. Por otra parte, se hallan los Artículos 3 y 4, que hacen especial llamado de atención en los riesgos que corre el el patrimonio digital de desaparecer por la obsolescencia de equipos tecnológicos y de software. Finalmente, los Artículos 7 y 8, en los cuales se insta la obligación por parte de los Estados pertenecientes a enlistar y develar los bienes digitales que por su valor merecen ser conservados, estableciendo procesos metodológicos y legales adecuados.

#### ***2.4.1. Marco Legal Nacional***

**ley 1185 de 2008 por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997.** Esta ley busca promover la protección, conservación y difusión del patrimonio cultural del país, a través de medidas que involucran tanto al Estado como a la sociedad en general. También establece sanciones para quienes realicen acciones que atenten contra el patrimonio cultural, así como para aquellas personas o entidades encargadas de su protección y conservación que no cumplan con sus responsabilidades. Además, se instauran mecanismos para el fomento de la investigación, documentación y difusión del patrimonio cultural. A continuación, se muestran algunos artículos de interés:

Artículo 1: Definición de lo que constituye el patrimonio cultural de Colombia.

Artículo 7. Estructura general del Consejo Nacional del Patrimonio Cultural.

Artículo. 8. Proceso para declarar un bien de interés cultural.

#### **Constitución Política de Colombia de 1991.**

Artículo 63. El Patrimonio cultural de la Nación no puede ser embargado, ni privatizado y debe asegurarse su perdurabilidad. (Constitución Política de Colombia, 1991)

Artículo 72. El Patrimonio cultural de La Nación está amparado por la ley, en el caso de encontrarse en mano de particulares, el Estado tomará las medidas pertinentes para recuperarlo y darle su debido tratamiento. Adicionalmente, brindará derechos especiales a las comunidades étnicas que posean patrimonio arqueológico. (Constitución Política de Colombia, 1991).

**Decreto 763 de 2009.** Define la constitución y funciones del Sistema Nacional de Patrimonio Cultural de La Nación: “El SNPCN tiene como objeto contribuir a la valoración, preservación, salvaguardia, protección, recuperación, conservación, sostenibilidad, divulgación y apropiación social del patrimonio Cultural” (Ministerio de Cultura, 2009).

**Resolución 983 de 2010.** Define los lineamientos de orden administrativo y técnico en lo que concierne al patrimonio material de la Nación. Esta resolución establece los procesos y requisitos para declarar un BIC, postular y elaborar la LicBIC, así como la aplicación de PEMP y su presentación ante el Consejo de Patrimonio Cultural (Ministerio de Cultura, 2010).

### CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

Este trabajo tiene su origen dentro del proyecto “La Materia y sus Formas” que ha venido desarrollando el grupo d\_lab, cuyo principal objetivo se ha centrado en informar materia, y en el caso de esta investigación la metodología se plantea dentro del método científico desde un enfoque mixto con alcances correlacionales para identificar patrones y factores incidentes, esta metodología se compone de las fases de observación, planteamiento del problema, hipótesis, experimentación, análisis de datos, discusión de los resultados y conclusiones.

En primer lugar, durante la fase de observación se realizó la revisión conceptual del patrimonio y cómo, desde comienzos de éste siglo ha surgido la noción de patrimonio digital, abriendo las puertas a nuevas técnicas de conservación y preservación. Por consiguiente, se consultaron trabajos investigativos recientes que tuvieran relación con éste tema, demostrando avances en técnicas de captura, softwares de procesamiento y empleabilidad de la información.

En ese mismo orden de ideas, se observó dentro del marco teórico proporcionado por el d\_lab que los objetos son una conjunción de forma y materia según los postulados aristotélicos, así mismo, a pesar de que la materia aparentemente desaparezca del plano tangible ésta continúa existiendo en información, de manera que la información contiene la esencia de cada objeto y puede ser empleada para su reconstrucción material.

De acuerdo a lo observado, se formula la pregunta ¿Es posible transferir la esencia de un Bien de Interés Cultural inmueble representada en información de un medio a otro sin que se pierda esta virtud esencial? Debido a que lo más importante de tratar con la data patrimonial yace en conservar sus propiedades esenciales, por este motivo, se plantea hipotéticamente que la información de un bien de interés cultural pierde su esencia cada vez que es transmitida entre nuestro mundo y el virtual.



Posteriormente, para dar paso con la fase de experimentación, se plantea la realización de 3 experimentos con la transmisión de información de Bienes de Interés Cultural de la ciudad de Cúcuta, los cuales son seleccionados por muestreo no probalístico (Hernández et al., 2014), siendo el Monumento Cristo Rey, la Capilla de Nuestra Señora del Carmen y el Quiosco del Parque la Victoria la muestra objeto de experimentación.

Acto seguido, se definen las variables con las que se experimentará la información. Las variables independientes corresponden a los modelos de nubes de puntos que se obtienen por primera vez con fotogrametrías a Bienes de Interés Cultural, mientras que las variables dependientes consisten en la información replicada en clones análogos impresos en 3D obtenidos a partir de archivos en formato stl de las nubes de puntos procesadas.

Aclarado ésta información preliminar, se procede a realizar el **Diseño experimental**, el cual se centra en analizar el papel de la información como unidad básica que antecede la materia en el marco del patrimonio inmueble experimentando con distintos modelos de nubes de puntos, capturas y transmisión de la información digital a clones impresos en 3D, de esta forma se define a continuación los pasos detallados para la realización de cada experimento:

1. Identificar el BIC mediante una breve descripción del inmueble y los criterios de selección como objeto de estudio.
2. Realizar 4 capturas fotográficas in situ (2 con cámara de celular, 1 con cámara de app Magiscan y 1 con dron), consignar información en las fichas de registro.
3. Procesar las fotogrametrías con el software Agisoft Metashape y la app Magiscan.
4. Calcular la confianza de los modelos de nubes de puntos con Agisoft Metashape y CloudCompare para el modelo obtenido con Magiscan.

5. Informar en materia física mediante la impresión 3D en material pla del modelo de mayor confianza calculada para crear un clón análogo.
6. Realizar la captura y procesamiento fotogramétrico al clón análogo.
7. Calcular la confianza del clon análogo.
8. Demostrar la transición de la información entre los distintos medios.
9. Recopilar los datos de captura y procesamiento de los modelos capturados in situ y del clón análogo, ésta información se registra la matriz comparativa.
10. Describir detalladamente por modelos los factores que inciden en la confianza de la esencia de la información.

Con relación al punto 2 y 3, la captura y procesamiento fue realizada con el apoyo de los estudiantes de la electiva de Patrimonio e Informática del programa de arquitectura para las tomas terrestres con celular, mientras que las tomas aéreas fueron realizadas por el piloto profesional de dron Diego Osorio. En cuanto a los puntos 2 y 9, se menciona el empleo de dos instrumentos de recopilación de datos que son “Ficha de Registro” y “Matriz Comparativa” que fueron desarrollados bajo la técnica de observación estructurada para recopilar y consignar la información de la captura y procesamiento de la información:

#### **Ficha de registro de datos preliminares:**

Este formato fue diseñado para registrar la información durante el proceso de captura, es un soporte técnico que permite a los elaboradores registrar datos básicos del BIC, cómo fue la captura, la fecha y hora de la realización, describir el tipo de toma, dispositivo empleado, así como los factores contextuales incidentes: Ambientales (temperatura, precipitación, viento, nubosidad), infraestructura, humanos o legales. Este instrumento es muy importante debido a que

es el punto previo a la experimentación con la información obtenida posteriormente mediante el procesamiento fotogramétrico.

## Figura 10

*Formato de Ficha de Registro de datos preliminares.*

DATOS PRELIMINARES				DESCRIPCIÓN DE LA CAPTURA DE DATOS				
Nombre del BIC		Ubicación: (dirección)		Tipo de toma	Terrestre	Aérea	Mixta	
Fotografía de referencia		Ubicación: (dirección)		Dispositivo	Cámara	Celular	Dron	
fotografía		plano de ubicación		Fabricante:		Modelo		
				DESCRIPCIÓN CONTEXTUAL				
Fecha de captura		Rango de tiempo Desde: Hasta:		Factores Ambientales	Temperatura (°C)			
					Precipitación (mm cantidad de lluvia)			
					Viento (dirección y velocidad Km/h) (aplicar solo para tomas aéreas)			
					Nubosidad (% cobertura del cielo)			
				Otros (vegetación, fauna, ruido, etc.)				
DISEÑO DE LA RUTA DE CAPTURA				Factores de Infraestructura	(Edificaciones, mobiliario urbano, materiales)			
(Diseño de la ruta para la toma de fotografías, ruta en planta y en alzado)					Factores Humanos	(posturas, conductores, dinámicas sociales)		
						Factores legales:	(permisos, normativa)	
				Observaciones				Elaboró
				Nombre				
				Nombre				

*Nota.* En la imagen se muestra la vista general de la ficha de registro diseñada y los items contenidos.

### **Matriz comparativa de Captura y Procesamiento:**

Este instrumento abarca la exploración general de los datos generados durante la captura y procesamiento de los distintos modelos obtenidos a partir de fuentes primarias y secundarias (En el caso de los modelo creados por clones análogos). En este se recopila detalladamente información de la captura, que además de la información que se encuentra en la ficha de registro,

aquí se detallan las propiedades de la cámara de cada dispositivo empleado. Por otra parte, en cuanto al procesamiento, se consignan los datos obtenidos de los softwares de procesamiento fotogramétrico. En general, este instrumento permite tener una visión integral de todos los modelos generados por captura y procesamiento fotogramétrico por cada BIC de estudio.

**Figura 11**

*Formato Matriz Comparativa de Captura Y procesamiento.*

The image shows a screenshot of a software interface for a comparative matrix. The interface is titled 'UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER' and 'SISTEMA COMPARATIVO DE CAPTURA Y PROCESAMIENTO FOTOGRAFICO MEDIANTE DISPOSITIVOS DE SISTEMAS DE TELEFONIA MOVIL'. It features a grid with five rows, each representing a different BIC (Banco de Información Científica). Each row contains columns for camera type, lens, resolution, capture date, processing software, and 3D model outputs. The 3D models are visualized as human figures in various colors (blue, red, green). The interface also includes a sidebar on the left and a top navigation bar with a 'd\_job' logo.

*Nota. Los items contenidos dentro de la matriz se muestran desglosados más adelante en el desarrollo del diseño experimental.*

Como siguiente fase de la metodología, se procede con el Análisis de los datos y los resultados obtenidos durante la experimentación con cada BIC, aquí se realiza un análisis correlacionando los factores incidentes y los efectos generados de los distintos modelos obtenidos entre los BIC, donde se identifican patrones y elementos que afectan la confianza de la información. En base a esto, se calcula un umbral de resiliencia ponderando la confianza de todos

los modelos procesados y la información de los factores incidentes de cada caso para determinar los casos en donde la esencia de la información se mantuvo o fue resiliente hasta cierto punto.

Finalmente de acuerdo a lo analizado, se discuten los resultados obtenidos en relación al problema e hipótesis planteados, así como los postulados que anteceden a éste trabajo en materia investigativa y teórica, para que en última instancia, dar apertura a las conclusiones de lo elaborado, así como la proposición de recomendaciones para futuros proyectos o trabajos investigativos relacionados con el tema en cuestión.

## CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

### 4.1. Experimento 1: MONUMENTO CRISTO REY.

#### 4.1.1. Identificación del BIC.

El monumento a Cristo Rey, ubicado en la avenida 4 con calle 19 en lo que anteriormente se conocía como el Cerro de la Cruz, fue una de las numerosas obras concebidas por el sacerdote Daniel Jordán. La escultura fue creada por el reconocido escultor boyacense Marco León Mariño y se inauguró en el año 1947 (La Opinión, 2004).

#### Figura 12

*Monumento de Cristo Rey Década del 50.*



*Nota.* En la fotografía se aprecia el monumento en su estado original. Fuente: Cúcuta a través de la fotografía.

Cristo Rey es el monumento más alto de la ciudad y uno de los principales atractivos turísticos, enfrenta riesgos debido a su magnitud y manejo inadecuado del contexto. En 1981, un

fuerte temblor causó daños físicos, incluida la desviación de su cabeza, que fue restaurada por la Sociedad de Mejoras Públicas (García Herreros, 1983). Recientemente, la intervención del nuevo mirador en 2019, aunque ha impulsado la economía local, ha disminuido su protagonismo y el valor histórico del BIC.

Los criterios de selección del BIC como objeto de estudio se fundamentan en varios aspectos. En primer lugar, se considera su destacado papel como atractivo turístico, lo que lo convierte en un punto relevante para investigar. Además, se toma en cuenta su magnitud así como su condición de elemento aislado, sin estar adosado a otras estructuras físicas. Por último, uno de los aspectos resaltantes es el entorno contextual, particularmente la iluminación natural directa o difusa que puede influir de manera significativa en la captura fotográfica de información.

#### ***4.1.2. Captura fotográfica.***

Se llevaron a cabo 4 capturas denominadas de la siguiente forma según el dispositivos de captura, el tipo de toma, el ángulo de captura y las condiciones lumínicas:

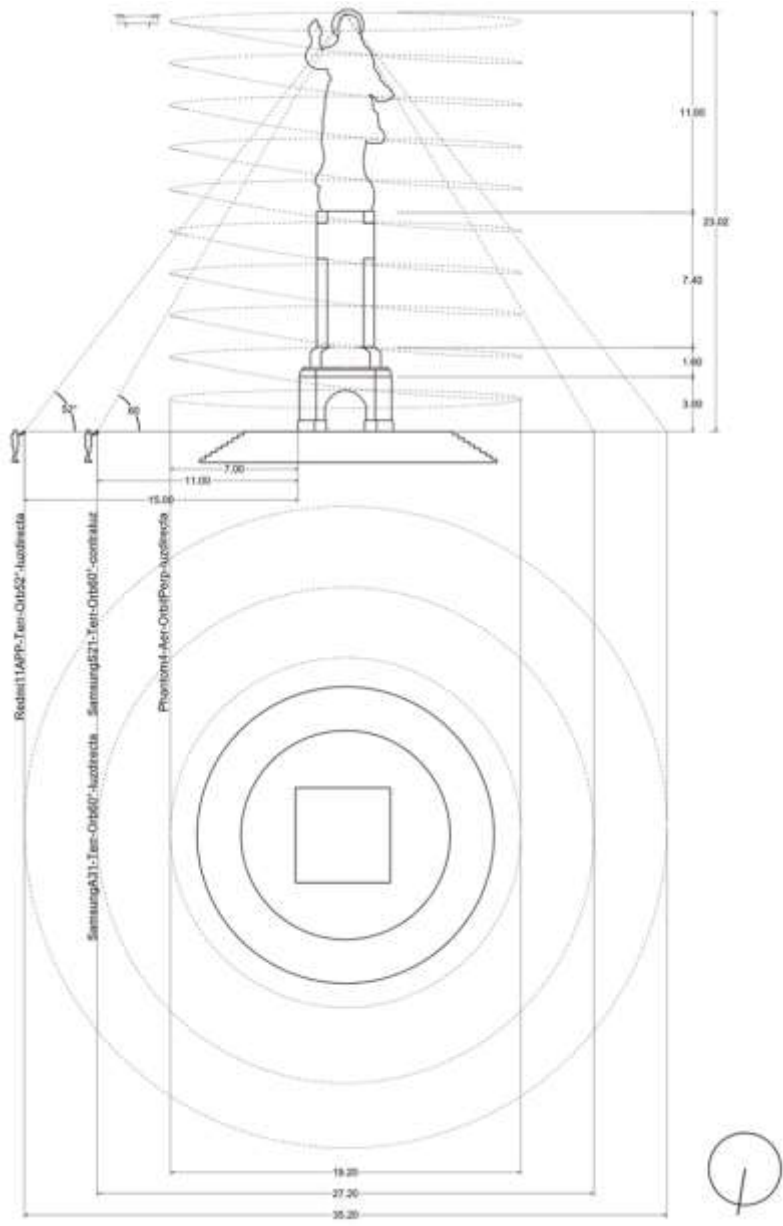
- Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta (dron).
- SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz (celular).
- SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta (celular).
- Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta (app).

Las cuatro capturas fueron realizadas durante el mismo día en horas similares, sin embargo se registró la iluminación como factor predominante, la cual según las fichas diligenciadas esta varió entre la luz directa y la contraluz. Cabe destacar que para la captura del modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta se solicitó permiso a la app DJI Go 4 (permiso que se solicitaría en todas las tomas de tipo aérea) para realizar el vuelo y en la captura del modelo

Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta se registró la ubicación de barandillas alrededor del pedestal del monumento como factor incidente de infraestructura. A continuación se muestran las capturas realizadas:

**Figura 13**

*Esquema General de captura: Monumento Cristo Rey.*



*Nota.* El esquema muestra planimétricamente las distancias de captura de cada dispositivo.

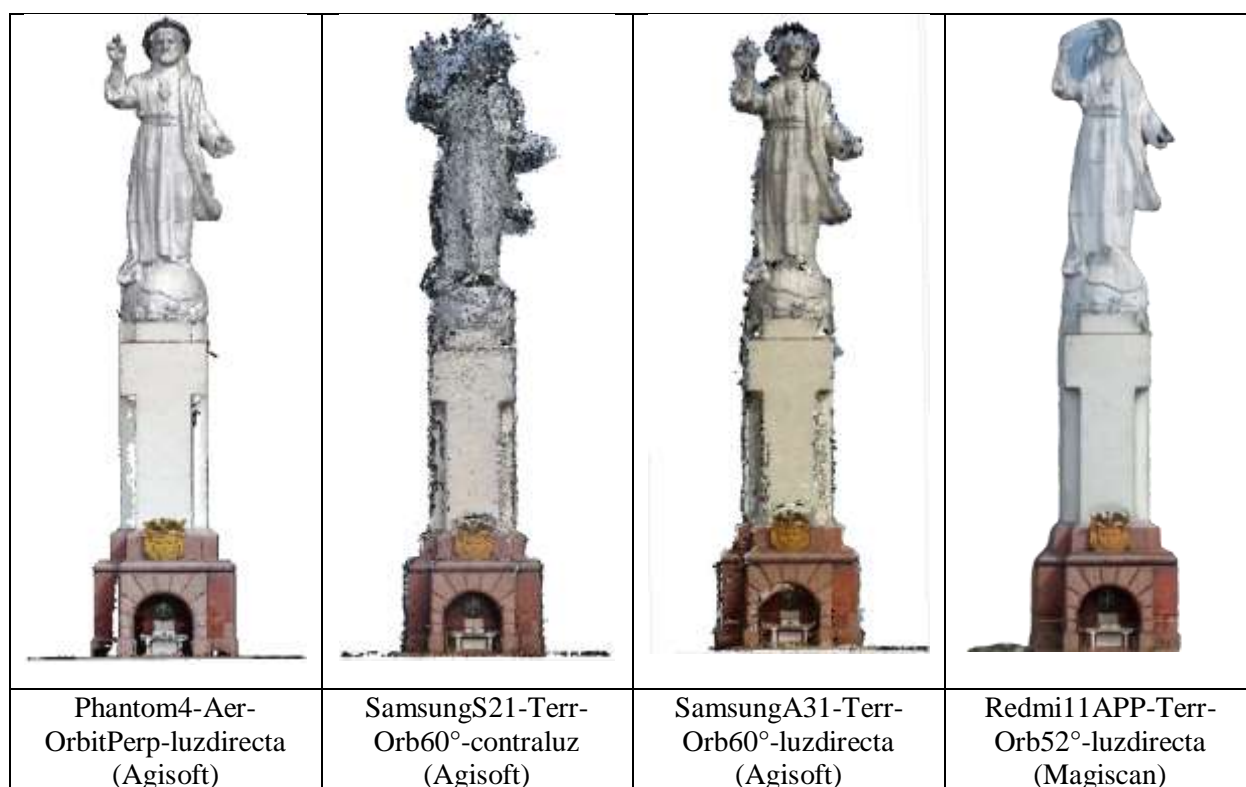


### 4.1.3. Procesamiento Fotogramétrico.

Después de haber capturado las fotos, 3 de las capturas fueron procesadas con Agisoft Metashape y 1 con la app Magiscan, siguiendo los flujos de trabajo que cada plataforma demanda. De esta forma estos fueron los modelos resultantes:

**Figura 14**

*Modelos procesados Monumento Cristo Rey.*



*Nota.* La figura muestra los distintos modelos de nubes de puntos obtenidos del procesamiento fotogramétrico

### 4.1.4. Cálculo de confianza de los modelos procesados.




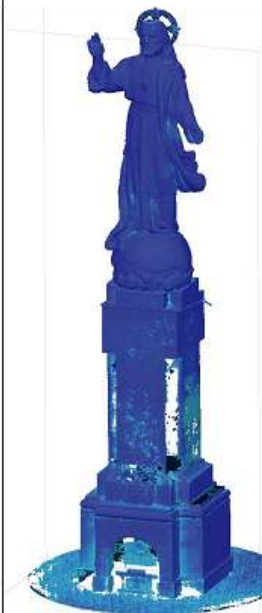
La confianza de los modelos fueron calculados segmentando por rangos de confianza las nubes de puntos en Agisoft Metashape, cabe aclarar que estos rangos fueron designados

manualmente en cuatro niveles de confianza: baja, media-baja, media-alta y alta, de los cuales, fueron sumados los puntos de confianza media-alta y alta para calcular el porcentaje de confianza global. Estos fueron los resultados de los modelos procesados con Agisoft Metashape:

- Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta: **82,7%** de confianza.

### Figura 15

*Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta.*

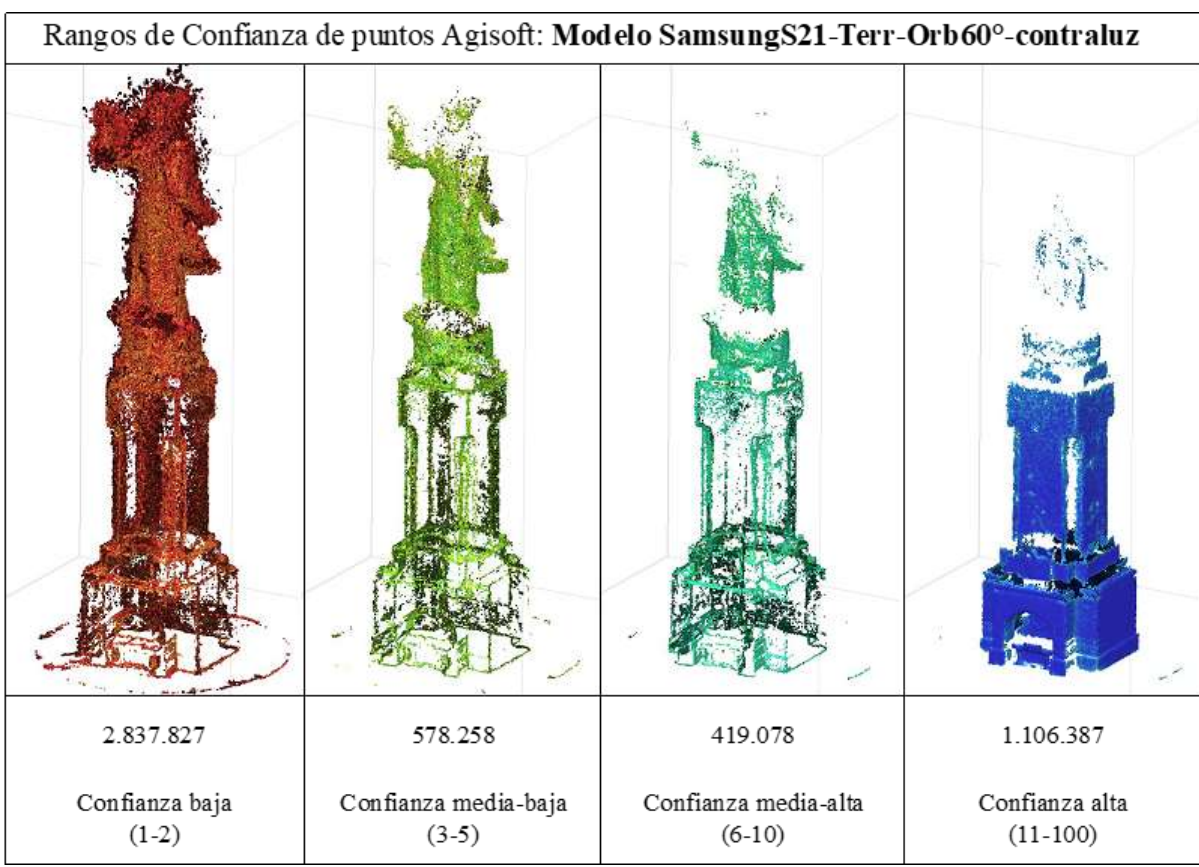
Rangos de Confianza de puntos Agisoft: <b>Modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta</b>			
			
1.785.375	2.284.965	4.310.064	15.123.943
Confianza baja (1-2)	Confianza media-baja (3-5)	Confianza media-alta (6-10)	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la alta confianza de la información procesada por medio del dispositivo drone empleado.

- SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz: **30,9%** de confianza.

**Figura 16**

*Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz.*



*Nota.* En la figura se aprecia la baja confianza de la información procesada por medio del dispositivo celular empleado.

- SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta: **52,6%** de confianza.

**Figura 17**

*Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta.*


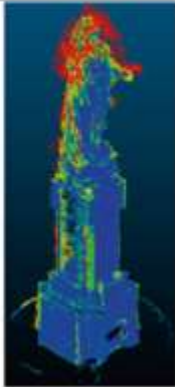
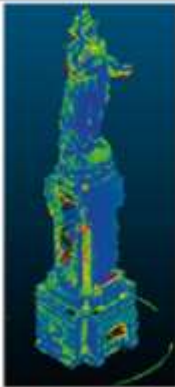
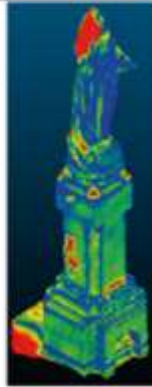
Rangos de Confianza de puntos Agisoft: <b>Modelo SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta</b>			
751.814	373.134	389.194	858.420
Confianza baja (1-2)	Confianza media-baja (3-5)	Confianza media-alta (6-10)	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la confianza que oscila entre baja y alta de la información procesada por medio del dispositivo celular empleado.

Por otra parte, para el cálculo de confianza del modelo Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta realizado con la app Magiscan fue necesario comparar en CloudCompare la nube de puntos de este con el del modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp que tiene el mayor porcentaje de confianza, el proceso utilizado para calcular el porcentaje basado en otro porcentaje se basa en el concepto matemático de proporciones y porcentajes, este cálculo fue necesario debido a que la app Magiscan no proporciona la información para obtener la confianza de la data procesada.

Figura 18

Comparación de nubes de puntos - Monumento Cristo Rey.

		Nubes de puntos comparadas			
		SamsungS21-Terr-Orb60° -contraluz	SamsungA31-Terr-Orb60° -luzdirecta	Redmi11APP-Terr-Orb52° -luzdirecta	
Nube de puntos de referenci	Phantom4-Air-Orbit4Pp-luzdirecta				
	% de Coincidencias --->	74%	81%	89%	

Nota. En la imagen se muestra la comparación de nubes de puntos respecto al modelo de mayor confianza procesada y las coincidencias halladas en CloudCompare.

- Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta: **74%** de confainza.

Figura 19

Cálculo de confianza modelo Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta.

$$\begin{aligned}
 & \left( \left( \frac{\text{Puntos de confianza} / \text{Nube de puntos densa}}{100} \times 100 \right) \times \left( \frac{\% \text{ de confianza modelo de ref.}}{100} \right) \right) \times 100 \\
 & \left( \left( \frac{896.146 / 999.995}{100} \times 100 \right) \times \left( \frac{82,7}{100} \right) \right) \times 100 \\
 & \left( \frac{89,6}{100} \times \frac{82,7}{100} \right) \times 100 \\
 & (0,896 \times 0,827) \times 100 \\
 & 0,74 \times 100 = 74\%
 \end{aligned}$$

*Nota.* Se muestra el cálculo de confianza por coincidencias para este modelo procesado con la app Magiscan

#### ***4.1.5. Informar Materia.***

Una vez calculados los porcentajes de confianza de los modelos de nubes de puntos, se selecciona el de mayor confianza, en este caso fue el modelo **Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta** con **82,7%**, cuya malla es exportada en archivo.stl para ser impreso en 3D con filamento pla blanco. El resultado fue un clon análogo de gran detalle:

#### **Figura 20**

*Clon análogo Monumento Cristo Rey.*



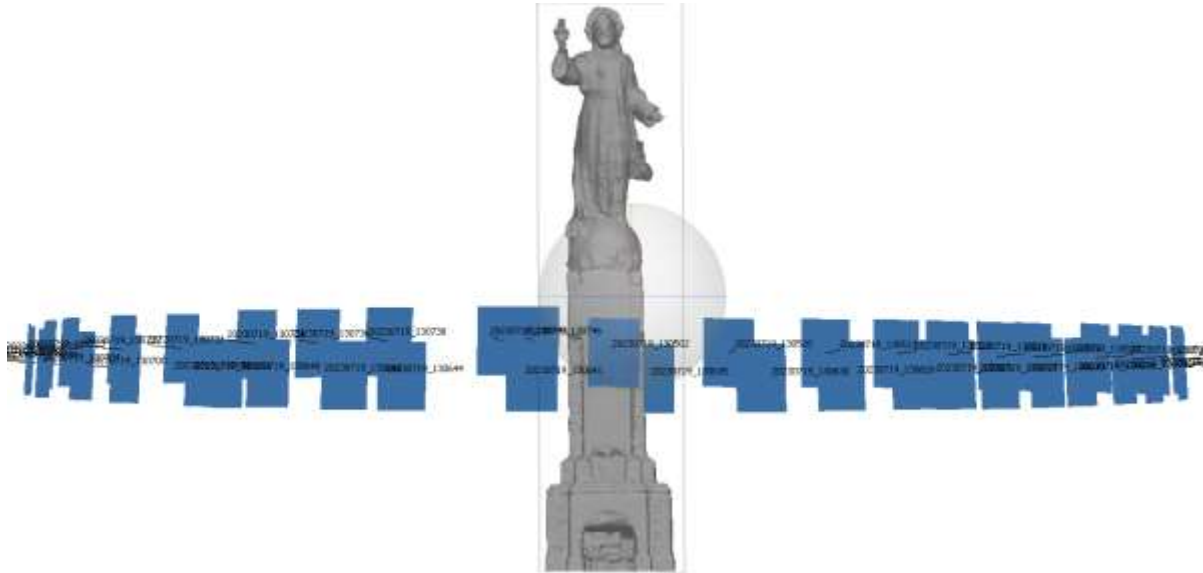
*Nota.* En la fotografía se muestra el monumento Cristo Rey impreso en 3d, se observa que se mantienen varias de sus características morfológicas.

#### ***4.1.6. Captura y Procesamiento del clon análogo.***

Posterior a la impresión 3D del clon análogo, se realizó la captura fotográfica de éste en un entorno artificialmente controlado. Siguiendo la misma forma de denominación que en las capturas in situ, este fue denominado como SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled. A partir de las fotografías tomadas se procedió a realizar el procesamiento fotogramétrico con Agisoft Metashape generando el siguiente modelo:

#### **Figura 21**

*Ubicación de las cámaras durante la captura.*



*Nota.* En la imagen se muestra en el software Agisoft Metashape la ubicación de cada fotografía tomada para el procesamiento del clon análogo.

**Figura 22**

*Modelo de nube de puntos obtenido en Agisoft Metashape Monumento Cristo Rey.*



*Nota.* En la imagen se muestra el modelo de nube de puntos del clon análogo, adquiere las propiedades cromáticas del objeto físico impreso.





**4.1.7. Cálculo de confianza del clon análogo.**

Para este punto, el modelo de nube de puntos del clon se segmenta por rangos de confianza al igual que la variable independiente del que este se origina para obtener el porcentaje global de confianza, el cuál es un porcentaje parcial, ya que como está basado en otro procesamiento, se debe aplicar el concepto matemático de proporciones y porcentajes para obtener el porcentaje final de confianza de éste clon.



**Figura 23**

*Rangos de confianza obtenidas de Agisoft - modelo SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled.*

Rangos de Confianza de puntos Agisoft: <b>Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled</b>			
			
165.600	300.927	451.286	258.720
Confianza baja (1-2)	Confianza media-baja (3-5)	Confianza media-alta (6-10)	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la confianza medianamente alta de la información procesada por medio del dispositivo celular empleado.

**Figura 24**

*Cálculo de confianza modelo SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled.*

$$\left( \left( \frac{\left( \frac{\text{Puntos de confianza}}{\text{Nube de puntos densa}} \right) \times 100}{100} \right) \times \left( \frac{\% \text{ de confianza modelo de ref.}}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \left( \frac{\left( \frac{710.006}{1.176.533} \right) \times 100}{100} \right) \times \left( \frac{82,7}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \frac{60}{100} \times \frac{82,7}{100} \right) \times 100$$

$$(0,60 \times 0,827) \times 100$$

$$0,499 \times 100 = 49,9\%$$

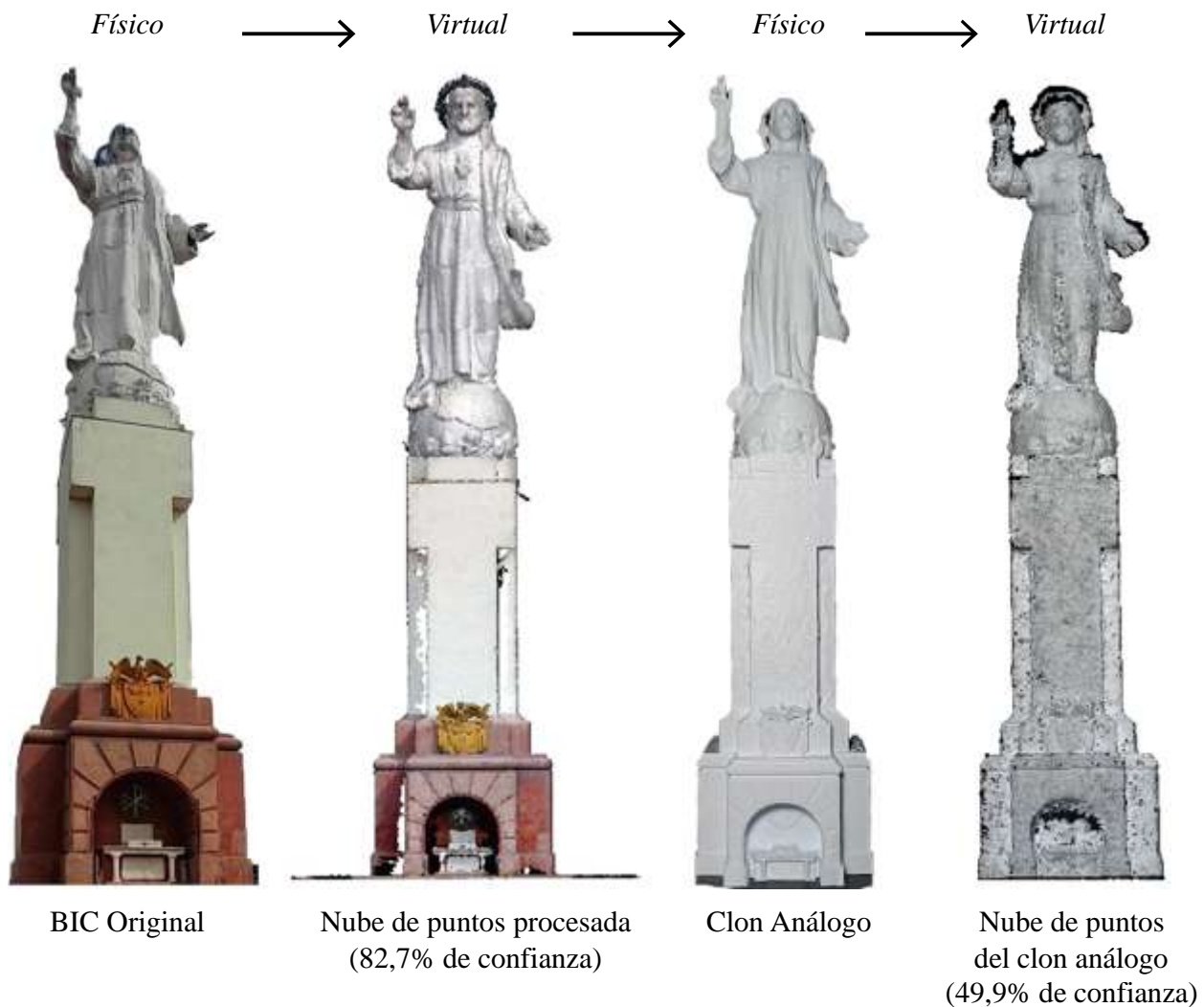
*Nota.* Se muestra el cálculo de confianza por coincidencias para el modelo procesado del clon análogo.

- La confianza final del modelo **SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled** del BIC Monumento Cristo Rey es de **49,9%**.

#### 4.1.8. Resumen de la transmisión entre medios.

**Figura 25**

*Transmisión entre medios de la data - Monumento Cristo Rey.*



Nota. En la imagen se muestra la transición de la información entre nuestro mundo y lo virtual, así como las transformaciones que sufre la misma al ser transmitida entre los medios.

#### 4.1.9. Recopilación de datos de Captura y Procesamiento

A continuación se consigna la información obtenida de las variables independientes obtenidas de los procesamientos in situ y de la variable dependiente que corresponde al clón análogo obtenido de una de las variables independientes:

**Tabla 2**

*Captura de datos - Monumento Cristo Rey*

Modelo	Fecha / hora de Captura	Tiempo de Captura	Dispositivo	Modelo de Cámara	Resolución	Distancia Focal	Punto F	Velocidad de Obturación	Velocidad ISO	Distancia de Captura	Tipo de toma	Tipo de ángulo Fotográfico
Redmi 11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta	16/05/2023 - 2:30 pm	40 min	CELULAR Xiaomi Redmi 11	-	1472 x 3264	-	-	-	-	15 m	Terrestre	Orbital - Contrapicado 52°
SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta	16/05/2023 - 2:38 pm	15 min	CELULAR Samsung A13	SM-A135M	3000 x 4000	4.6 mm	f/2.2	1/2387 s	ISO-40	11 m	Terrestre	Orbital - Contrapicado 60°
SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz	16/05/2023 - 2:37 pm	13 min.	CELULAR Samsung Galaxy S21 FE	SM-G990E	3000 x 4000	5.4 mm	f/1.8	1/3928 s	ISO-50	11 m	Terrestre	Orbital - Contrapicado 60°
Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta	16/05/2023 - 2:38 pm	12 min.	DRONE Phantom 4	FC6310	5472 x 3070	8.8 mm	f/6.3	1/640 s	ISO-100	7 m	Aérea	Orbital - Normal 0°

SamsungA31-CLON- Terr-Orbit.Luzled	19/07/2023 - 1:05 pm	6 min	CELULAR Samsung Galaxy A31 SM-A351G	3000 x 4000	4.6 mm	f/2.0	1/60 s	ISO-64	0.3 m	Terrestre	Orbital - Normal 0°
---------------------------------------	----------------------	-------	---	-------------	--------	-------	--------	--------	-------	-----------	---------------------

*Nota.* La tabla abarca la información correspondiente al proceso de captura, las características de las cámaras empleadas y el modo de toma.

**Tabla 3**

*Contexto - Monumento Cristo Rey*

Modelo	Cobertura de cielo / Iluminación	Factores de Vegetación	Factores de Infraestructura	Factores Humanos
Phantom4-Aer- OrbitPerp-luzdirecta	58% Parcialmente nublado - mayor Luz directa	No incidente	No incidente	No incidente
SamsungS21-Terr- Orb60°-contraluz	58% Parcialmente nublado - mayor Luz directa	No incidente	No incidente	No incidente
SamsungA31-Terr- Orb60°-luzdirecta	58% Parcialmente nublado - mayor Luz directa	No incidente	No incidente	No incidente
Redmi11APP-Terr- Orb52°-luzdirecta	58% Parcialmente nublado - mayor Luz directa	No incidente	Barandas que rodean el pedestal incidieron en la captura	No incidente

SamsungA31- CLON-Terr- Orbit.Luzled	Iluminación artificial - Luz led	No incidente	No incidente	No incidente
---	-------------------------------------	--------------	--------------	--------------

*Nota.* Las condiciones contextuales de los primeros cuatro modelos son parcialmente coincidentes debido a que fueron realizadas al mismo tiempo.

#### **Tabla 4**

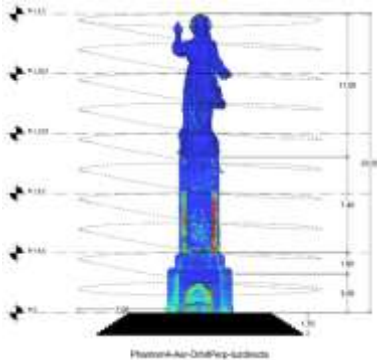
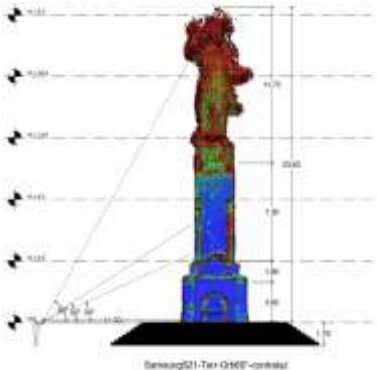
##### *Orientación de fotos - Procesamiento Fotogramétrico -Monumento Cristo Rey*

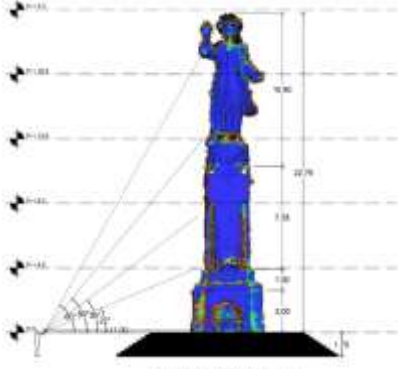
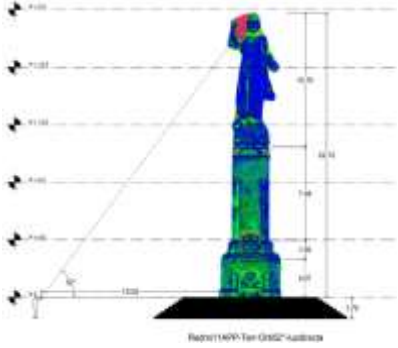
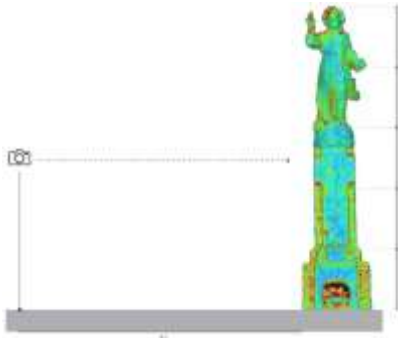
Modelo	Software Fotogramétrico	Número de fotos	Parámetro de Precisión de orientación	Nube de puntos de paso
Phantom4-Aer- OrbitPerp-luzdirecta	Agisoft Metashape	332	Alta	65851
SamsungS21-Terr- Orb60°-contraluz	Agisoft Metashape	257	Alta	80870
SamsungA31-Terr- Orb60°-luzdirecta	Agisoft Metashape	386	Alta	143797
Redmi11APP-Terr- Orb52°-luzdirecta	Magiscan	30	-	-
SamsungA31- CLON-Terr- Orbit.Luzled	Agisoft Metashape	43	Alta	8692

*Nota.* La tabla muestra la información parcial de orientación de fotos y la cantidad de puntos generados de paso (iniciales) obtenidos de este proceso.

**Tabla 5**

*Nube de puntos densa - Procesamiento Fotogramétrico -Monumento Cristo Rey*

Modelo	Número de mapas de profundidad	Parámetros de calidad y filtrado de obtención de la nube densa	Altura del modelo	Cantidad de puntos de la nube densa	Vista de la nube de puntos densa	Puntos de mayor confianza	Porcentaje Global de confianza de la nube
Phantom4-Aer-OrbitPerp-	332	Alto - Moderado	23 m	23504347		19434007	82,7 %
SamsungS21-Terr-Orb60°-	257	Alto - Moderado	23,62 m	4941550		1525465	30,9 %

SamsungA31-Terr-Orb60° -	385	Alto - Moderado	22,76 m	2372562		1247614	52,6%
Redmi 1APP-Terr-Orb52° -	-	-	22,72 m	999995		896146	74,1%
SamsungA31-CLON-Terr-	43	Alto - Moderado	0,35 m	1176533		710006	49,9%

*Nota.* Ver a continuación Descripción por modelos

**Tabla 6**

*Malla/Modelo - Procesamiento Fotogramétrico -Monumento Cristo Rey*

Modelo	Caras	Vértices	Parámetro de precisión de calidad	Parámetros de modo de mapeado y modo de mezcla	Tamaño de textura
--------	-------	----------	-----------------------------------	--	-------------------



Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta	1967473	984719	Alta	Genérico - Mosaico	8192 x 8192
SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz	277895	137868	Alta	Genérico - Mosaico	4096 x 4096
SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta	229536	115235	Alta	Genérico - Mosaico	4096 x 4096
Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta	124273	62215	Baja	Genérico - Mosaico	830 x 830
SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled	206398	103365	Alta	Genérico - Mosaico	8192 x 8192

### Tabla 7

#### *Tiempo Total de Procesamientos - Monumento Cristo Rey*

Modelo	Tiempo Total de Procesamiento
Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta	2 h 37 min 11 seg
SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz	4 h 28 min 6 seg
SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta	1 h 13 min 49 seg

---

Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta	50 min
SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled	26 min 42 seg

---

*Nota.* La sumatoria de tiempo de procesamiento abarca la orientación de fotos, generación de la nube de puntos densa, generación de la malla y texturizado.

#### **4.1.10. Descripción por modelos**

##### **Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta**

Este modelo fue generado a partir de la captura con un dron Phantom 4, el cuál orbitó alrededor del monumento a una distancia de 7 metros generando una ruta cilíndrica de 332 fotos desde la altura de la cabeza hasta (N+ 23 m) hasta la base del pedestal (N+ 1,5 m). A pesar de las distintas alturas de las órbitas, todas las tomas fueron realizadas en un ángulo constante de 0° generando imágenes paralelas respecto al plano objetivo, en donde no se registró incidencia de factores contextuales como vegetación, infraestructura o seres humanos.

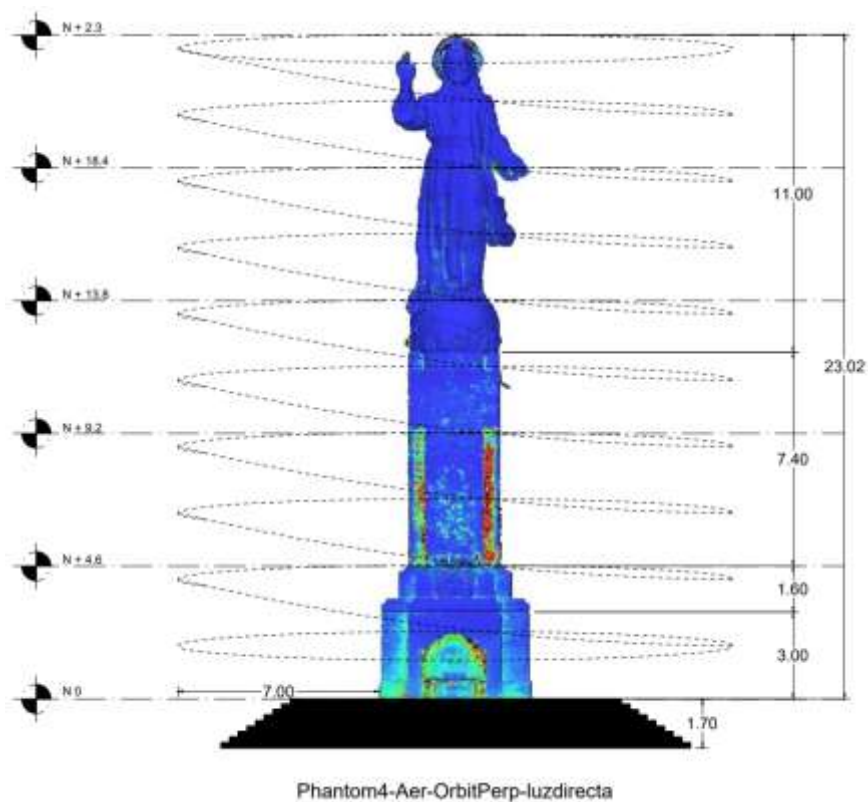
Paralelamente, las propiedades de la configuración de la cámara durante la captura contribuyeron significativamente en el control de la incidencia de la luz directa: La pequeña apertura de la cámara (f/6.3) condicionó la cantidad de luz proporcionando mayor definición en la profundidad de las fotos, así mismo el tiempo de exposición rápido (1/640 s) evita el desenfoque de movimiento apoyado en un ISO-100 que ofrece una sensibilidad moderada a la luz, reduciendo el ruido y generando imágenes más nítidas.

Posteriormente, como producto del procesamiento fotogramétrico se obtuvo una nube de puntos densa con un nivel de confianza del 82,7% respecto a la data primaria, la cual, como se observa, el modelo generado mantiene una confianza alta casi uniforme a lo largo del monumento procesado a excepción del tramo N+4,6 m – N+9,2 m en donde se observan ciertas

manchas rojas de confianza baja que el software de procesamiento Agisoft Metashape cataloga como información carente o no coincidente.

### Figura 26

*Vista de la nube de puntos densa del modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

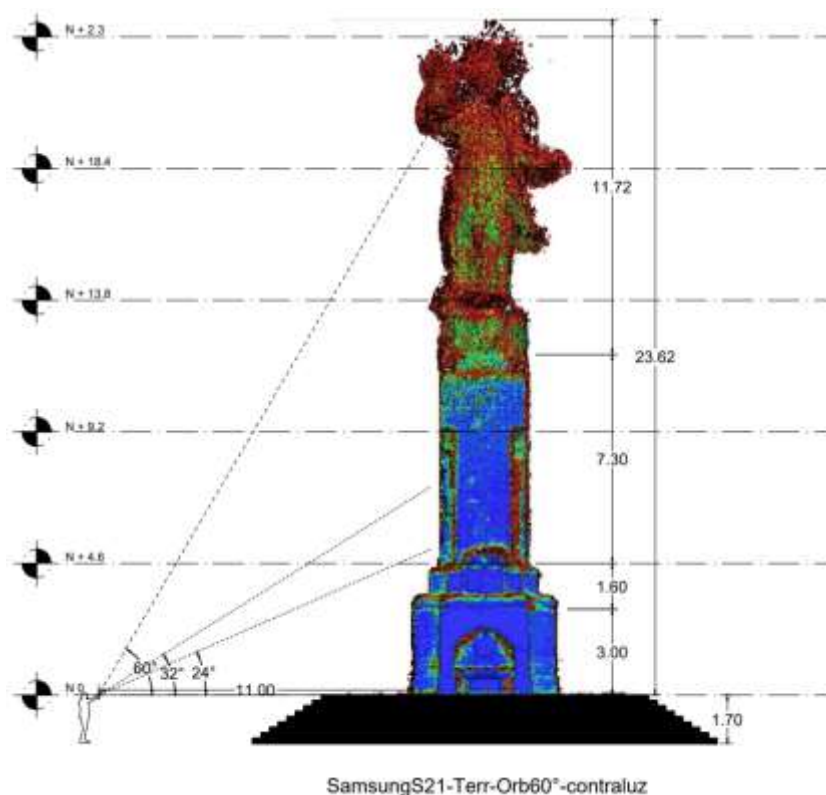
### **SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz**

La captura fotogramétrica de este modelo se llevó a cabo con un celular Samsung Galaxy S21 desde una perspectiva cónica estrecha con un ángulo de contrapicado de 60°. Durante la captura de 257 fotografías, a pesar de que las condiciones lumínicas in situ fueron con iluminación directa, la configuración de la cámara (no precalibrada) incidió en una contraluz en

la mayoría de las fotos: Propiedades como la apertura amplia de la cámara (f/1.8) provocó una mayor incidencia de la luz y una definición de profundidad significativamente inferior lo que resulta en dificultades para enfocar correctamente todo el objeto en la escena.

### Figura 27

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

En relación con la perspectiva cónica comprendida por la posición relativamente cercana del fotógrafo y la altura del BIC, se obtienen imágenes de buena calidad respecto a los planos objetivos del fotógrafo que apuntan mayormente al pedestal del monumento, sin embargo, cuando se realizaron tomas de mayor altura aumentó el desenfoque y el ruido visual desde los 12

m de alto en adelante correspondiente a la figura del Cristo Rey, cabe destacar que las fotografías donde se aprecia la imagen religiosa son en su mayoría del elemento completo (Pedestal y Estatua) con baja nitidez.

En este orden de ideas, cuando se realiza el procesamiento fotogramétrico, se genera un modelo de nube de puntos relativamente distorsionado con una confianza global del 30,9%, en donde el software Agisoft Metashape asigna una confianza que oscila entre la media-alta y media-baja únicamente a las áreas correspondientes al pedestal del monumento (N0 – N+12 m aprox.), mientras que a la superficie de la imagen de Cristo Rey (N+12 m – N+23m) la confianza de los puntos es ampliamente baja.

### **SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta**

Este modelo fue obtenido a partir de la captura de 386 fotos orbitando alrededor del monumento a 11 metros de distancia del objeto en escena, generando una perspectiva cónica de 60° estrecha con un celular Samsung A13 cuya configuración de cámara (no precalibrada) durante la captura generó ciertas imágenes tanto subexpuestas como sobreexpuestas debido a la apertura de diafragma del lente ( $f/1.8$ ), el tiempo de obturación ( $1/2387$  s) y la baja sensibilidad ante la luz (ISO-40) dentro de un contexto condicionado particularmente por las condiciones lumínicas del entorno.

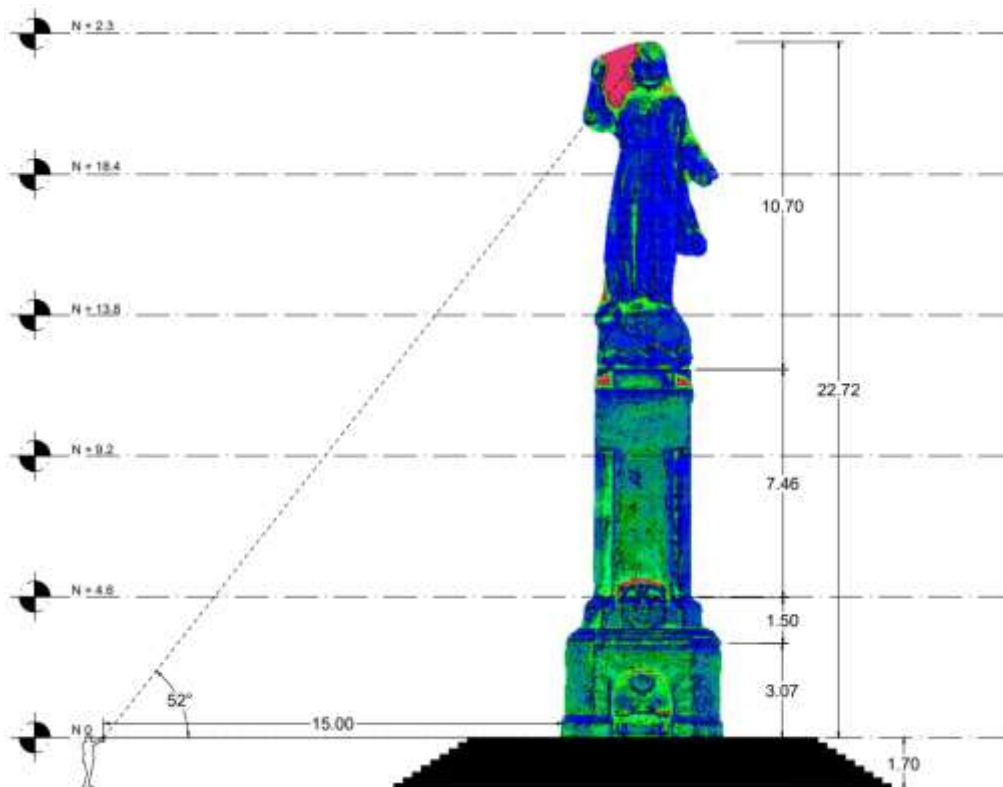
Como resultado del procesamiento fotogramétrico se obtuvo un modelo de nube de puntos con una confianza del 52,6% que visualmente reconstruye en su mayoría la morfología del monumento, sin embargo, presenta una confianza uniforme que oscila entre la baja y alta resiliencia de la información respecto al objeto original, esta uniformidad está estrechamente relacionada con los múltiples ángulos de captura desde la posición del fotógrafo desde la cual no es posible acceder ciertos puntos que superan el alcance de la cámara (N+4.6, N+13.8 y N+23).



Con respecto a la información de procesamiento, sólo se registra que se orientaron 30 fotos de 45 que es el límite máximo que permite la app en free trial, por otro lado, se generó una nube de puntos densa de 999.997 puntos en CloudCompare de los cuales 896.146 son coincidentes respecto al modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta anteriormente presentado en vista de su muy alto nivel de confianza. Estos puntos son considerados como confiables, lo que se ve reflejado en un 74.1% de confianza.

### Figura 29

*Vista de la nube de puntos densa del modelo Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

La confianza del modelo de nube de puntos se presenta media-alta en la sección comprendida por el pedestal (N0 – N+12), mientras tanto, la sección comprendida por la figura del Cristo Rey (N+12 – N+23) presenta en su mayoría una confianza alta a excepción de la franja roja que une el brazo derecho con la cabeza, cuya confianza es nula según la comparación elaborada en CloudCompare y que junto al objeto original se ratifica que no existe dicha información contruida durante la transmisión en materia digital.

### **SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled (Clon Análogo)**

Este modelo está basado en una data secundaria (modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta) transmitida en materia física que a su vez está basada en el BIC original. De esta forma, la captura se llevó a cabo utilizando un celular Samsung Galaxy A31. Durante la captura, se emplearon 47 imágenes obtenidas de manera orbital gracias a la propiedad mueble del clon análogo apoyada en la iluminación artificial mediante luz led blanca, sin embargo, las propiedades de la cámara como la apertura amplia del diafragma (f/2.0) permitió mayor ingreso de luz a través de la lente.

Como resultado del procesamiento fotogramétrico se obtiene un modelo de nube de puntos con una confianza del 49,9% a escala 1\_66 de 35cm de altura, cuya confianza oscila entre media.baja y media-alta, a pesar de estar basado en un modelo de alta confianza, durante la transmisión de la materia digital se evidencia una leve desviación vertical del modelo reconstruido digitalmente así como ciertos puntos rojos repartidos casi uniformemente a lo largo del modelo que representan pequeñas áreas de sobreexposición y subexposición de luz.

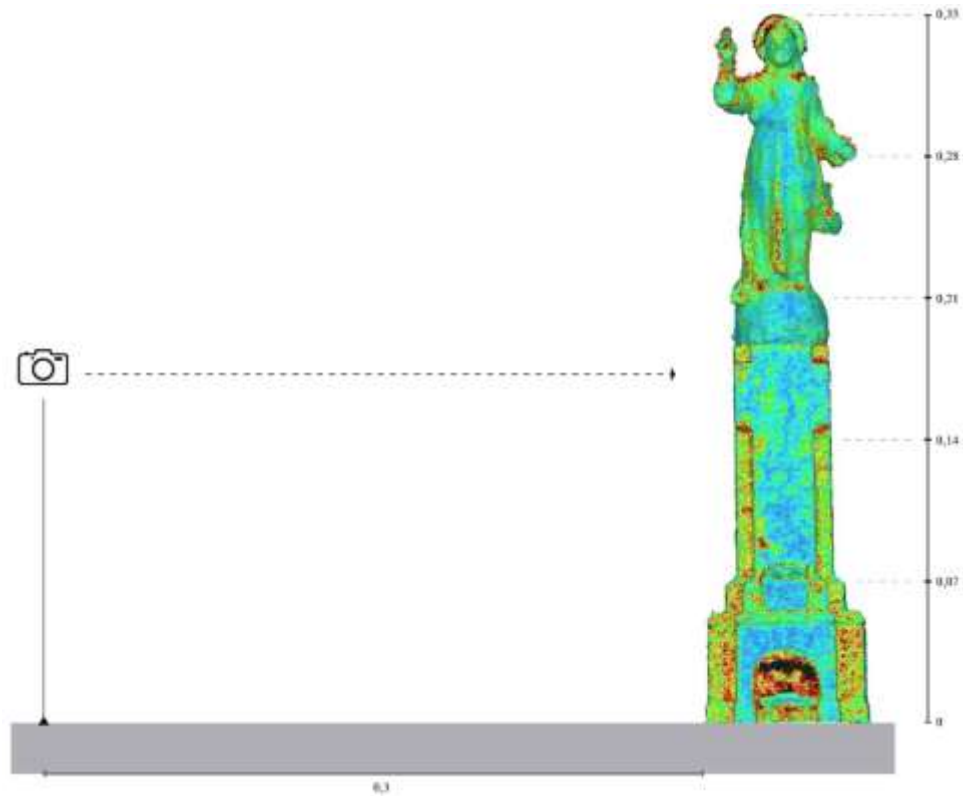
Cabe resaltar que las propiedades del material de reconstrucción en materia física, pla blanco, juega un papel relevante en la afectación de la definición de confianza, debido a que al ser sometido bajo una iluminación directa, en este caso luz led blanca, las características



cromáticas y refractantes del material de impresión afectan la definición en ciertos puntos del modelo transmitido digitalmente.

### Figura 30

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

## 4.2. Experimento 2: CAPILLA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.

### 4.2.1. Identificación del BIC.

La Capilla del Carmen, ubicada frente al parque Colón en la intersección de la avenida 2ª con calle 13, es reconocida como el templo católico más antiguo de Cúcuta. Los historiadores Juan Agustín Ramírez Calderón y Fernando Vega Pérez llegaron a la conclusión, tras un detallado análisis, de que la primera capilla en ese lugar fue completamente destruida por el terremoto de 1875 (La Opinión, 2001).

### Figura 31

*Capilla Original antes del terremoto de 1875.*



*Nota.* Fotografía del estado original de la capilla antes del terremoto. Fuente: Cúcuta a través de la fotografía

La Capilla cuenta con elegantes columnas de mampostería y tiene dimensiones de 45 metros de longitud y 16 metros de frente, detrás se encuentra un patio, que luego fue utilizado para alojar a religiosas traídas de Bogotá para apoyar en el antiguo Hospital San Juan de Dios

(La Opinión, 2001). A lo largo del tiempo, ha sido objeto de diversas remodelaciones, como la de su frontis a inicios del siglo XX, una réplica de la capilla original de 1875, de igual forma los constantes cambios en el color de sus fachadas, la inserción de luminarias en el 2021 como parte del plan de alumbrado de Cúcuta y recientes adecuaciones varias.

### Figura 32

*Recientes adecuaciones varias en la Capilla mayo 2023.*



*Nota.* En las imágenes se muestran adecuaciones y remoción de escombros los cuales fueron capturado durante una salida académica por parte de los estudiantes de la electiva Patrimonio e Informática. Fuente: Cleidy Medina

La elección de la Capilla del Carmen como BIC objeto de estudio se fundamenta en su significativa longevidad como patrimonio histórico arquitectónico religioso. También, se destaca su adyacencia a la Biblioteca Julio Pérez Ferrer, que antes era el Hospital San Juan de Dios,

generando un contexto que dificulta la captura fotográfica debido a factores de infraestructura y vegetación. Además, la constante realización de remodelaciones al BIC representa un desafío en la preservación de su esencia fija.

### **Figura 33**

*Estado Actual de la Capilla Nuestra Señora del Carmen.*



*Nota.* Se muestra el estado actual de la capilla, después de las adecuaciones en mayo de 2023.

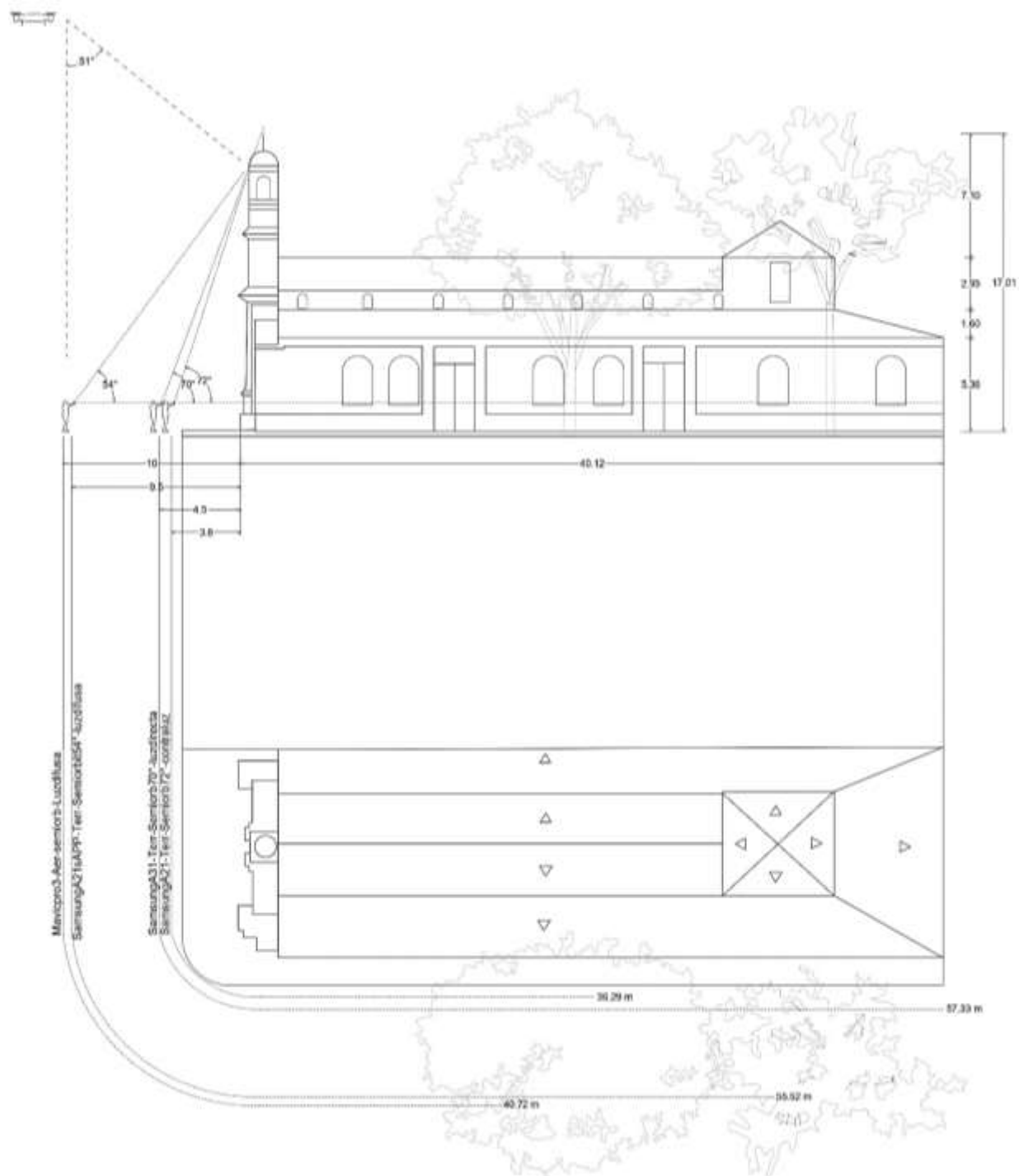
#### **4.2.2. Captura fotográfica.**

Se llevaron a cabo 4 capturas denominadas de la siguiente forma según el dispositivo de captura, el tipo de toma, el ángulo de captura y las condiciones lumínicas:

- Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa (dron).
- SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta (celular).
- SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz (celular).
- SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa (app).

**Figura 34**

*Esquema general de captura - Capilla Nuestra Señora del Carmen.*



*Nota.* El esquema muestra planimétricamente las distancias de captura de cada dispositivo.

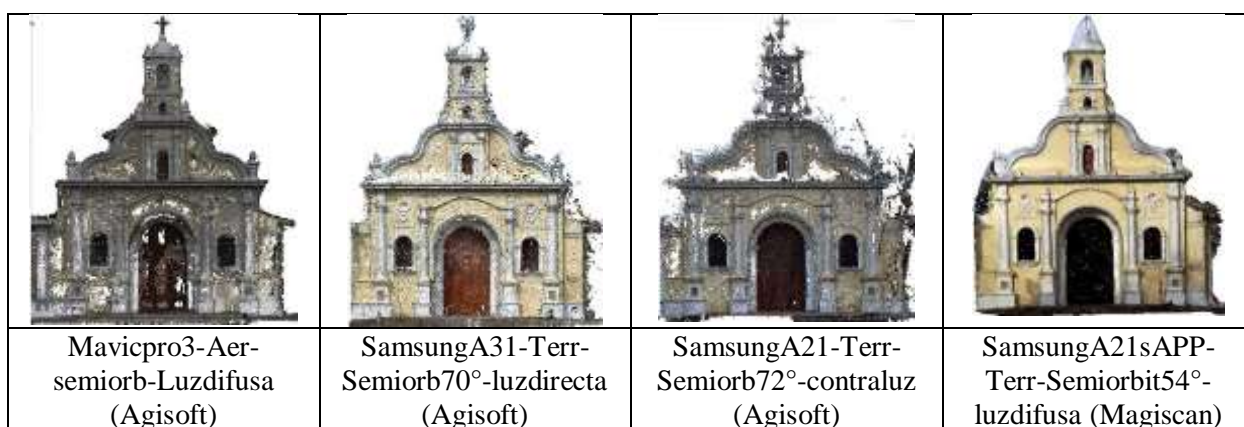
Los procesos de captura llevados a cabo sobre La Capilla Nuestra Señora del Carmen registran variabilidad en fechas y horarios así como en los factores contextuales, de los cuales los factores ambientales (iluminación y vegetación) son coincidentes en las cuatro capturas en donde la iluminación varió entre luz directa, contraluz y luz difusa. Similar caso ocurre con los factores humanos con la diferencia de la captura del modelo SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta que se desarrolló durante un día domingo con flujo peatonal y vehicular casi nulo.

También se registra incidencia de factores de infraestructura como postes de luz y señales verticales de tránsito en las cuatro capturas, cabe considerar que las capturas de los modelos SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz y SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa se realizaron en fechas similares en donde la Capilla estaba siendo sometida a adecuaciones y los residuos de obra eran acumulados al costado de la fachada que colinda con la calle 13.

#### 4.2.3. Procesamiento Fotogramétrico.

#### Figura 35

*Modelos procesados - Capilla Nuestra Señora del Carmen.*



*Nota.* Se muestra los distintos modelos de nubes de puntos procesados fotogramétricamente.





#### 4.1.4. Cálculo de confianza de los modelos procesados.

Al igual que el experimento 1, estos fueron los porcentajes de confianza calculados con Agisoft Metashape:

- Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa: **32,1 %** de confianza.

#### Figura 36

Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa.

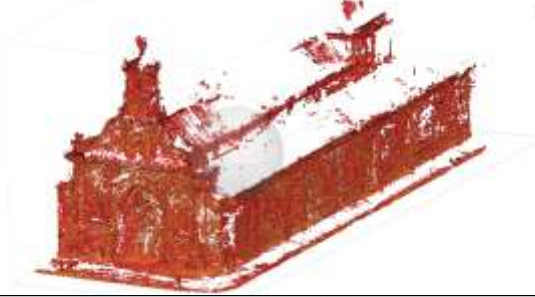



Rangos de Confianza de puntos Agisoft: Modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa	
	3.590.568
	Confianza baja (1-2)
	1.962.929
	Confianza media-baja (3-5)
	1.432.114
	Confianza media-alta (6-10)
	1.194.591v
	Confianza alta (11-100)

*Nota.* Se aprecia la baja confianza de la información procesada con el dron empleado.

- SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta: **3,3%** de confianza.

**Figura 37**

*Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta.*

Rangos de Confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta	
	17.357.169
	Confianza baja (1-2)
	3.224.014
	Confianza media-baja (3-5)
	647.236
	Confianza media-alta (6-10)
	64.298
	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la baja confianza de la información procesada por medio del dispositivo celular empleado.



- SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz: **2,7%** de confianza.

**Figura 38**

*Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz.*

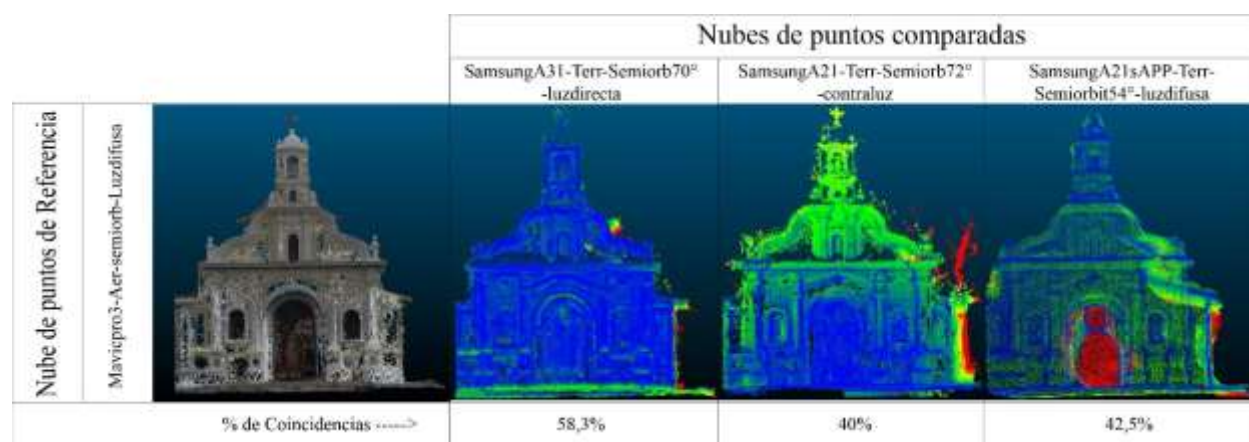
Rangos de Confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz	
	6.764.884
	Confianza baja (1-2)
	1.127.660
	Confianza media-baja (3-5)
	205.496
	Confianza media-alta (6-10)
	15.964
	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la casi nula confianza de la información procesada por medio del dispositivo celular empleado.

De la misma manera que se llevó a cabo con el experimento 1, para calcular la confianza del modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa (obtenido por Magiscan), fue necesario comparar en CloudCompare su nube de puntos con la del modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa, que cuenta con el mayor porcentaje de confianza.

### Figura 39

*Comparación de nubes de puntos en CloudCompare - Capilla Nuestra Señora del Carmen.*



*Nota.* En la imagen se muestra la comparación de nubes de puntos respecto al modelo de mayor confianza procesada y las coincidencias halladas en CloudCompare.

- SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa: **13,7%** de confianza.

#### Figura 40

*Cálculo de confianza modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa.*

$$\left( \left( \frac{\left( \frac{\text{Puntos de confianza}}{\text{Nube de puntos densa}} \right) \times 100}{100} \right) \times \left( \frac{\% \text{ de confianza modelo de ref.}}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \left( \frac{\left( \frac{425.203}{1.000.032} \right) \times 100}{100} \right) \times \left( \frac{32,1}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \frac{42,5}{100} \times \frac{32,1}{100} \right) \times 100$$

$$(0,425 \times 0,321) \times 100$$

$$0,137 \times 100 = 13,7\%$$

*Nota.* Se muestra el cálculo de confianza por coincidencias para este modelo procesado con la app Magiscan

#### 4.2.5. Informar Materia.

En relación al cálculo de confianza , el modelo **Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa** presentó el mayor porcentaje de confianza, aunque fue relativamente bajo con **32,1%**, a partir de éste modelo se exportó el archivo .stl para dar continuidad con la impresión 3D en pla blanco, como resultado se obtiene un clón análogo con considerables fallas morfológicas:

**Figura 41**

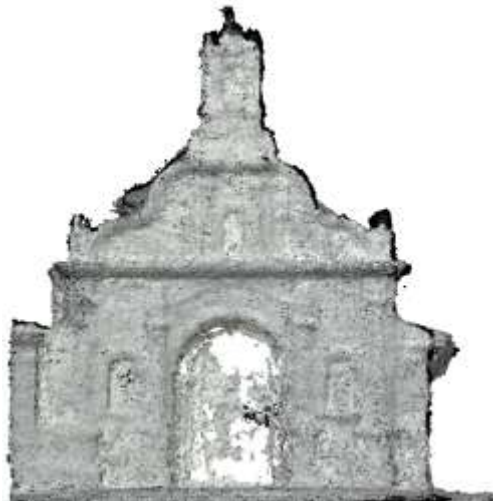
*Clon análogo Capilla Nuestra Señora del Carmen.*



*Nota.* En la fotografía se muestra la Capilla Nuestra Señora del Carmen impreso en 3d.

**4.2.6. Captura y Procesamiento del clon análogo.****Figura 42**

*Modelo de nube de puntos obtenido en Agisoft Metashape Capilla Nuestra Señora del Carmen.*



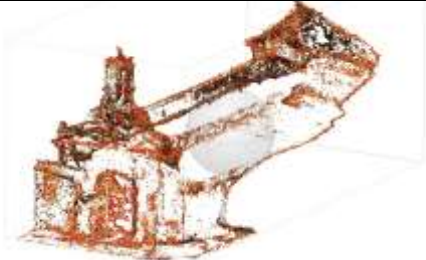



*Nota.* En la imagen se muestra el modelo de nube de puntos del clon análogo, adquiere las propiedades cromáticas del objeto físico impreso.

#### 4.2.7. Cálculo de confianza del clon análogo.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el experimento 1, el cálculo de confianza del modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled (comparte igual denominación) fue el siguiente:

**Figura 43**

*Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.*

Rangos de Confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	
	17.357.169
	Confianza baja (1-2)
	3.224.014
	Confianza media-baja (3-5)
	647.236
	Confianza media-alta (6-10)
	64.298
	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la confianza medianamente alta de la información procesada por medio del dispositivo celular empleado.

**Figura 44**

*Cálculo de confianza modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.*

$$\left( \left( \frac{\left( \frac{\text{Puntos de confianza}}{\text{Nube de puntos densa}} \right) \times 100}{100} \right) \times \left( \frac{\% \text{ de confianza modelo de ref.}}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \left( \frac{\left( \frac{790.421}{2.015.620} \right) \times 100}{100} \right) \times \left( \frac{32,1}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \frac{39,2}{100} \times \frac{32,1}{100} \right) \times 100$$

$$(0,392 \times 0,321) \times 100$$

$$0,1258 \times 100 = 12,6\%$$

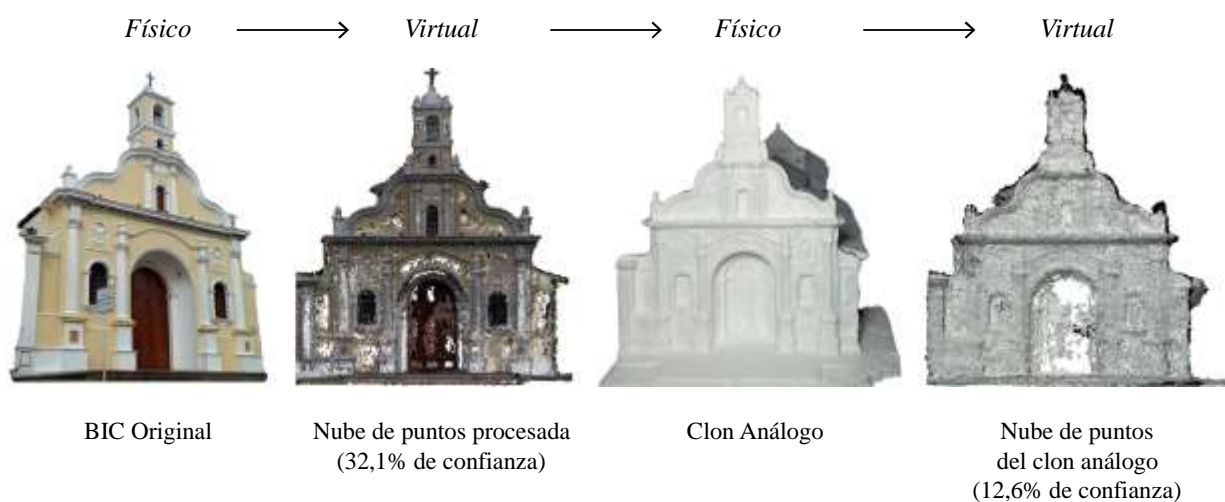
*Nota.* Se muestra el cálculo de confianza por coincidencias para el modelo del clon análogo.

- La confianza final del modelo **SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled** del BIC Capilla Nuestra Señora del Carmen es de **12,6%**.

#### 4.2.8. Resumen de la transmisión entre medios.

**Figura 45**

*Transmisión entre medios de la data - Capilla Nuestra Señora del Carmen.*



Nota. En la imagen se muestra la transición de la información entre nuestro mundo y lo virtual, así como las transformaciones que sufre la misma al ser transmitida entre los medios.

#### 4.2.9. Recopilación de datos de Captura y Procesamiento

Se muestra la data generada de las variables independientes obtenidas de los procesamientos in situ y de la variable dependiente que corresponde al clón análogo:

**Tabla 8**

*Captura de datos – Capilla Nuestra Señora del Carmen*

Modelo	Fecha / hora de Captura	Tiempo de Captura	Dispositivo	Modelo de Cámara	Resolución	Distancia Focal	Punto F	Velocidad de Obturación	Velocidad ISO	Distancia de Captura	Tipo de toma	Tipo de ángulo Fotográfico
SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54° - luzdifusa	22/05/2023 - 4:00 pm	10 min	Celular Samsung Galaxy A21s	-	1600 x 900	-	-	-	-	9.5 m	Terrestre	Semiorbital - Contrapicado 54°
SamsungA21-Terr-Semiorb72° -contraluz	19/05/2023 - 9:00 am	40 min	Celular Samsung Galaxy A21	SM-A217M	3000 x 4000	4.6 mm	f/2.2	1/1672 s	ISO-40	3.8 m	Terrestre	Semiorbital - Contrapicado 72°
SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta	04/06/2023 - 2:37 pm	36 min	Celular Samsung Galaxy A31	SM-A315G	4000 x 2250	4.6 mm	f/2	1/1058 s	ISO-25	4.5 m	Terrestre	Semiorbital - Contrapicado 70°
Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa	05/06/2023 - 7:35 am	7 min.	Dron MavicPro 3	FC220	4000 x 2250	4.73 mm	f/2.2	1/2110 s	ISO-100	10 m	Aérea	Semiorbital - Picado 52°

SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	19/07/2023 - 2:21 pm	7 min.	CELULAR Samsung Galaxy A31 SM-A351G	3000 x 4000	4.6 mm	f/2.0	1/60 s	ISO-64	0.3 m	Terrestre	Orbital - Normal 0°
-----------------------------------	----------------------	--------	-------------------------------------	-------------	--------	-------	--------	--------	-------	-----------	---------------------

*Nota.* La tabla abarca la información correspondiente al proceso de captura, las características de las cámaras empleadas y el modo de toma.

## Tabla 9

### Contexto – Capilla Nuestra Señora del Carmen

Modelo	Cobertura de cielo / Iluminación	Factores de Vegetación	Factores de Infraestructura	Factores Humanos
Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa	81% Nublado - luz difusa	Vegetación frondosa y alta hacia la fachada sur que colinda con la calle 13	Postes de luz, señales de tránsito verticales (letreros y semáforo)	Tráfico constante de vehículos sobre la Av. 2a
SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta	70% Nublado - mayor luz directa	Vegetación frondosa y alta hacia la fachada sur que colinda con la calle 13	Postes de luz, señales de tránsito verticales (letreros y semáforo)	Flujo bajo de peatones y de vehículos
SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz	54% Parcialmente Nublado - contraluz	Vegetación frondosa y alta hacia la fachada sur	Postes de luz, señales de tránsito verticales, escombros	Tráfico constante de vehículos sobre la Av. 2a, alto flujo de peatones



			que colinda con la calle 13		
SamsungA21sAPP- Terr-Semiorbit54°- luzdifusa	78% Nublado - luz difusa	Vegetación frondosa y alta hacia la fachada sur que colinda con la calle 13	Postes de luz, señales de tránsito verticales, escombros	Tráfico constante de vehículos sobre la Av. 2a, alto flujo de peatones	
SamsungA31-Clon- Terr-Orbit.Luzled	Iluminación artificial - Luz led	No incidente	No incidente	No incidente	

*Nota.* Las condiciones contextuales de los primeros cuatro modelos fueron realizadas en fechas y jornadas diferentes, por ende, la variación de los factores incidentes.

### Tabla 10

#### *Orientación de fotos - Procesamiento Fotogramétrico – Capilla Nuestra Señora del Carmen*

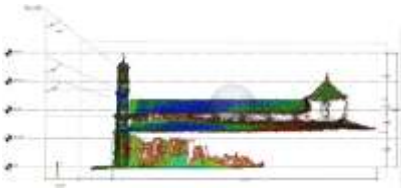
Modelo	Software Fotogramétrico	Número de fotos	Parámetro de Precisión de orientación	Nube de puntos de paso
Mavicpro3-Aer- semiorb-Luzdifusa	Agisoft Metashape	159	Alta	69509
SamsungA31-Terr- Semiorb70°-luzdirecta	Agisoft Metashape	196	Alta	182117
SamsungA21-Terr- Semiorb72°-contraluz	Agisoft Metashape	82	Alta	143797

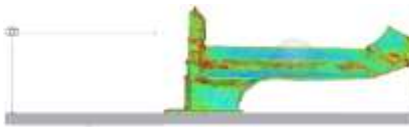
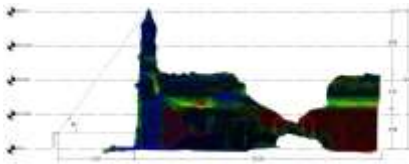
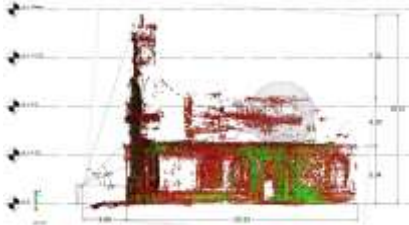
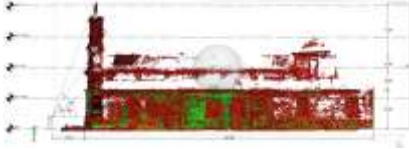
SamsungA21sAPP- Terr-Semiorbit54°- luzdifusa	Magiscan	45	-	7302
SamsungA31-Clon- Terr-Orbit.Luzled	Agisoft Metashape	40	Alta	8692

*Nota.* La tabla muestra la información parcial de orientación de fotos y la cantidad de puntos generados de paso (iniciales) obtenidos de este proceso.

**Tabla 11**

*Nube de puntos densa - Procesamiento Fotogramétrico – Capilla Nuestra Señora del Carmen*

Modelo	Número de mapas de profundidad	Parámetros de calidad y filtrado de obtención de la nube densa	Altura del modelo	Cantidad de puntos de la nube densa	Vista de la nube de puntos densa	Puntos de mayor confianza	Porcentaje Global de confianza de la nube
Mavicpro3-Aer-semiorb- luzdifusalinzdirecta	158	Alto - Moderado	17 m	8180184		2626705	32,1%

SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa	SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz	SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta
39	-	54	196
Alto - Moderado	-	Alto - Moderado	Alto - Moderado
0,15 m	17,3 m	16,6 m	17,3 m
2015620	1000032	8114004	21292717
			
790421	425203	221460	711534
12,6%	13,7%	2,7%	3,3%

Nota. Ver a continuación Descripción por modelos

**Tabla 12***Malla/Modelo - Procesamiento Fotogramétrico – Capilla Nuestra Señora del Carmen*

Modelo	Caras	Vértices	Parámetro de precisión de calidad	Parámetros de modo de mapeado y modo de mezcla	Tamaño de textura
Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa	902014	452249	Alta	Genérico - Mosaico	4096 x 4096
SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta	1080176	540916	Alta	Genérico - Mosaico	4096 x 4096
SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz	369422	185369	Alta	Genérico - Mosaico	4096 x 4096
SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa	14205	7303	-	Genérico - Mosaico	2048 x 2048
SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	384081	192946	Alta	Genérico - Mosaico	8192 x 8192

**Tabla 13***Tiempo Total de Procesamientos – Capilla Nuestra Señora del Carmen*

Modelo	Tiempo Total de Procesamiento
--------	-------------------------------

---

Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa	2 h 14 min 25 seg
SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta	57 min 33 seg
SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz	21 min 11 seg
SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa	18 min
SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	24 min 21 seg

---

*Nota.* La sumatoria de tiempo de procesamiento abarca la orientación de fotos, generación de la nube de puntos densa, generación de la malla y texturizado.

#### ***4.2.10. Descripción por modelos.***

##### **Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa**

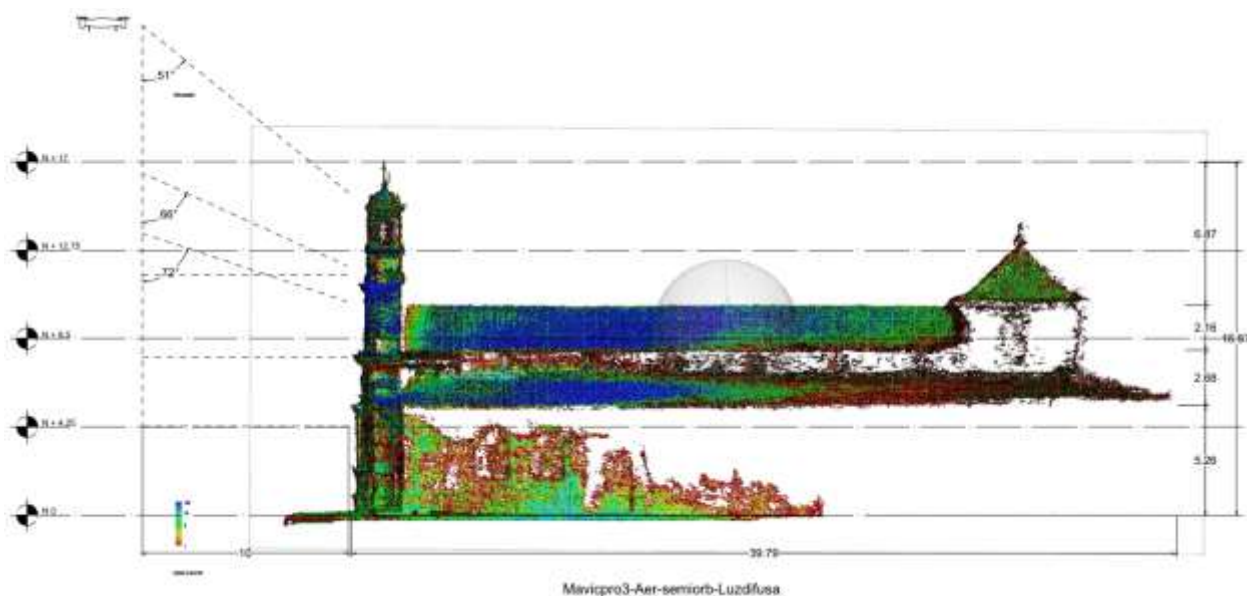
Este modelo fue obtenido a partir de la captura de 159 fotos por medio de un dron MavicPro 3 desde una perspectiva semicónica aérea, es decir, un vuelo semiorbitante a diez a una distancia horizontal de 10 metros desde las fachadas visibles del BIC, esto debido a factores contextuales como la presencia de copas de árboles hacia la fachada lateral que colinda con la calle 13, así mismo, la condición de elemento adosado con otra edificación y las dinámicas humanas durante la captura incidieron en el correcto desplazamiento de la cámara en lo concerniente a fotografías por debajo de los tres metros de altura debido al alto flujo vehicular sobre la avenida 2.

Con respecto a la iluminación, durante el proceso de captura se registró una iluminación difusa con cielo nublado, posibilitando mayor definición en las imágenes tomadas, y con esto, la configuración de la cámara (no precalibrada) presenta una alta resolución, una apertura de

diafragma amplia (f/2.2) útil para las condiciones lumínicas in situ, una velocidad de obturación moderadamente veloz para controlar el tiempo de exposición y evitar imágenes borrosas, y una baja sensibilidad ISO, ideal para controlar el ruido visual.

### Figura 46

*Vista de la nube de puntos densa del modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

En este orden de ideas, del procesamiento fotogramétrico de estas imágenes se obtiene un modelo de nube de puntos de aproximadamente 17 metros de altura y 40 metros de profundidad con una confianza global relativamente baja del 32,1%, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las áreas de mayor confianza se concentran hacia la fachada principal y parte de la cubierta adyacente a esta (N+4,25 – N+12,75), siendo esta zona los planos objetivo de la cámara en la mayoría de los ángulos de captura. Desafortunadamente la

pérdida de información es muy notable, en especial la fachada lateral y buena parte de la cubierta hacia la cúpula de la Capilla.

### **Modelo SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta**

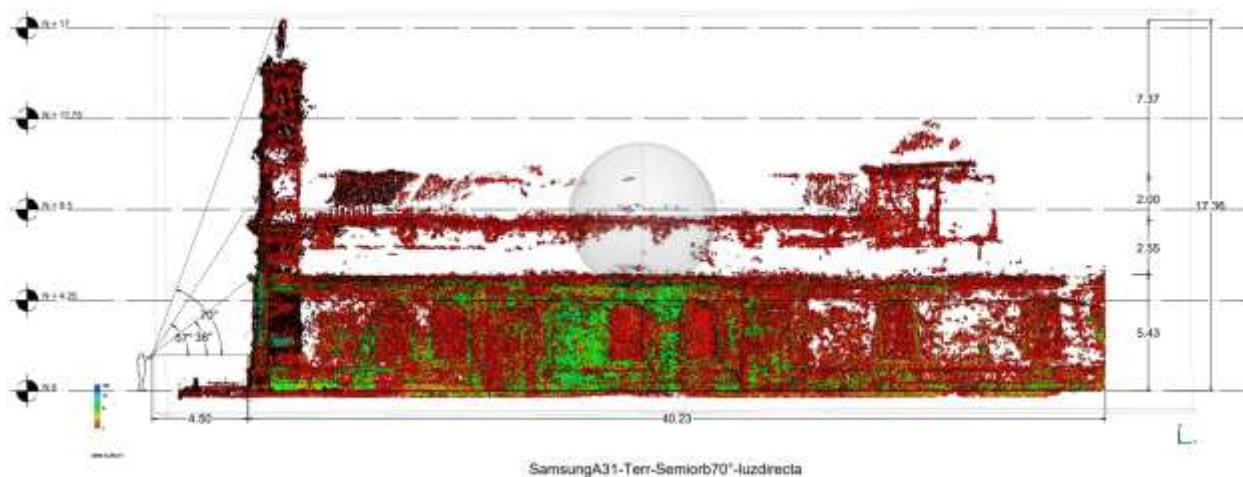
Este modelo fue obtenido a partir de una captura semiorbital terrestre de 196 fotos con un celular Samsung GalaxyA31 a una distancia de 4,5 metros del objeto en escena bajo una condición lumínica directa, es decir, con alta exposición. Además, gracias a la facilidad de maniobra del dispositivo de captura, fue posible realizar la toma de fotos de las dos fachadas visibles del BIC, al mismo tiempo, el bajo flujo peatonal y vehicular facilitaron el desplazamiento alrededor de la Capilla debido a que el proceso se llevó a cabo un día no laboral.

No obstante, debido a la intensidad de la luz, se capturaron zonas sobreexpuestas y subexpuestas, esto apoyado con las propiedades de la cámara (no precalibrada) como la apertura amplia del diafragma ( $f/2$ ) que permite mayor ingreso de la luz, la velocidad de obturación ( $1/1058$  s) que junto a la velocidad ISO (ISO-25) aumentan la nitidez de las imágenes pero pierden el control de la sensibilidad de la luz aumentando la sobreexposición y la subexposición de las imágenes.

Posteriormente, como resultado del procesamiento fotogramétrico de estas imágenes, se genera un modelo de nube de puntos de aproximadamente 17,3 metros de altura y 40,2 metros de profundidad pero con una confianza casi nula de tan solo el 3,3%, lo cual es un resultado contradictorio ya que a pesar de que anteriormente se obtiene una cobertura integral del objeto en escena cuya sobreexposición y subexposición de la luz contextual se ve interpretada por el software Agisoft Metashape como puntos dispersos de baja confianza.

**Figura 47**

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

Como se observa en la vista de la nube de puntos se evidencian ciertas áreas de confianza media-alta y alta pero con muy baja densidad hasta la altura de 5 metros donde se apoya la cubierta con el muro de la fachada lateral, esto corresponde con los planos objetivos a los que el fotógrafo tuvo alcance desde su posición, omitiendo considerables áreas de la superficie de cubierta y de las caras superiores de la fachada principal.

### **Modelo SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz**

Este modelo fue obtenido a partir de una captura semiorbital terrestre de 82 fotos con un celular Samsung Galaxy A21 a una distancia de 3,8 metros del objeto en escena. En este caso particular, las condiciones contextuales no fueron óptimas para tomar las imágenes: La toma fue realizada durante la jornada matutina que junto a la posición contraria del BIC respecto al sol repercute en una iluminación en contraluz en la totalidad de las fotos, así mismo durante ese periodo de tiempo se estaban realizando labores de remodelación a la Capilla (ver **¡Error! No se e**

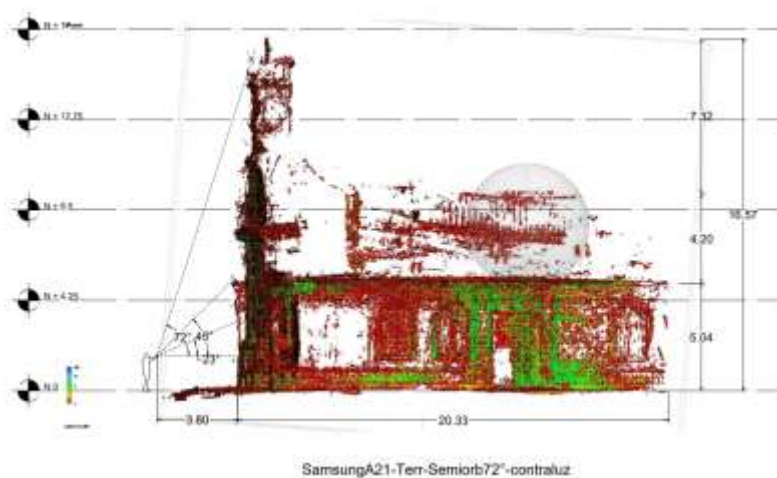


**ncuentra el origen de la referencia.**) cuyos residuos materiales fueron arrojados sobre la vía pública y la incidencia humana era relativamente alta.

Del mismo modo, las propiedades de la cámara no permitieron manejar las condiciones lumínicas: la baja sensibilidad del ISO (ISO-40) genera imágenes subexpuestas, la combinación entre la apertura del diafragma ( $f/2.2$ ) y la velocidad de obturación ( $1/1672$  s) repercutió en imágenes con variaciones de luz y sombra con baja definición de profundidad, dando como resultado imágenes de baja calidad.

### Figura 48

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

En este orden de ideas, el modelo resultante del este procesamiento fotogramétrico cuenta con una confianza global de puntos casi nula de tan solo 2,7% cuyas medidas son aproximadamente de 16,6 metros de altura y de 20,3 metros de largo. Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** sólo se reconstruye digitalmente la mitad d

el BIC , del cual casi la totalidad de la información es catalogada de confianza media-baja y baja como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Es importante aclarar que la razón por la cual una fotogrametría no reconstruye totalmente el objeto en escena, obviando las condiciones contextuales y del dispositivo de captura, está relacionado con el solapamiento entre imágenes, tal como se consignó en la recopilación de datos, para este modelo se tomaron 82 fotografías, sin embargo de estas solo 54 generaron mapas de profundidad, es decir, solo 54 imágenes coincidían una con otra, proporcionando la información entre la distancia de la cámara y las superficies es una escena virtualmente tridimensional.

#### **Modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa**

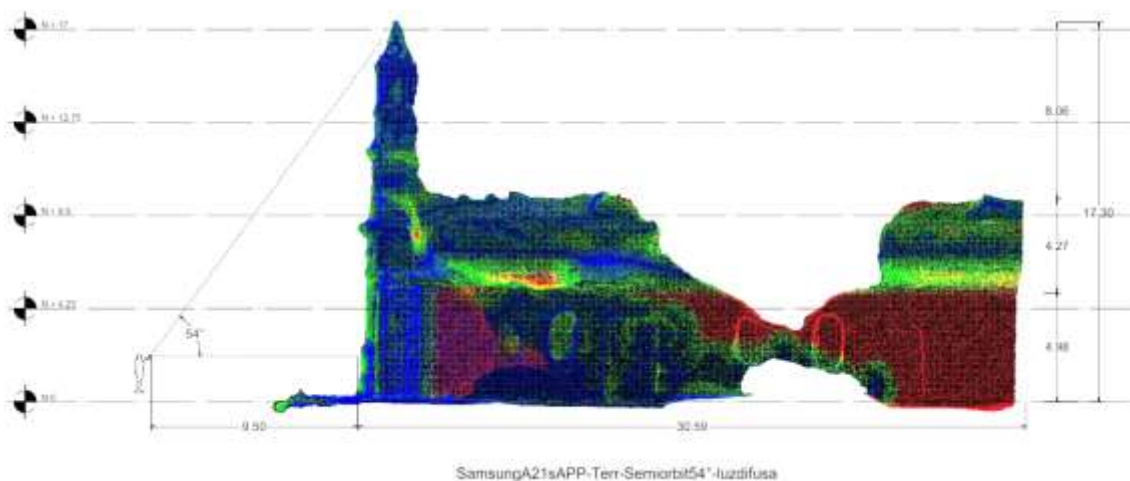
Este modelo fue generado por medio de la aplicación Magiscan a través de un celular Samsung Galaxy A21s desde una perspectiva cónica semiorbital a una distancia horizontal de 9,5 metros del objeto en escena permitiendo capturar mayor información de la cubierta. El contexto dentro del que se desarrolló esta captura fue similar al SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz, sin embargo en este caso, la iluminación jugó un papel a favor permitiendo realizar las tomas bajo condiciones lumínicas difusas, por consiguiente, se lograría obtener con mayor facilidad la información morfológica y cromática del BIC.

En relación al procesamiento fotogramétrico, sólo se conoce la cantidad de fotografías tomadas por la app, las cuales abarcaron el cupo máximo en free trial (45 fotos), por otro lado, la nube de puntos obtenida mediante el software CloudCompare fue de 1.000.032 puntos, de los cuales 425.203 presentan mayor coincidencias respecto al modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa el cuál presenta el nivel de confianza más alto entre los modelos procesados por

Agisoft Metashape para este BIC (32,1%), como resultado de este proceso, se determina que la confianza del modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa es de tan sólo 13,7%.

### Figura 49

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

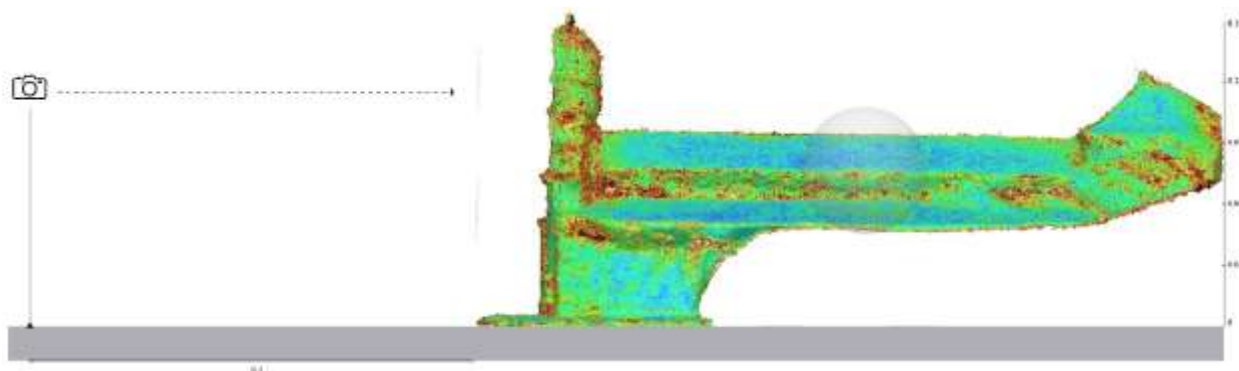
### **Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled**

Este modelo es obtenido a partir de la materialización física de la data secundaria de mayor confianza (Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa) de los modelos procesados para este BIC. En este orden de ideas se realizó la captura orbitante de 40 fotografías al oyecto en escena mediante un celular Samsung galaxy A31 dentro de un contexto artificialmente controlado con luz led blanca, no obstante la combinación entre luz led blanca, el material blanco refractante del objeto y la apertura del diafragma de la cámara (f/2.0) repercutieron en imágenes moderadamente sobreexpuestas.

Como producto del procesamiento fotogramétrico, se obtiene un modelo de 12,6% de confianza a escala 1\_113 de 15 cm de altura. En este caso, la morfología no presenta deformaciones relevantes en la transmisión de lo físico a lo virtual, sin embargo, cabe recalcar que la data secundaria del cual se origina el clon análogo posee una confianza relativamente baja, por consecuente en la transición entre medios la confianza se reduce significativamente.

### Figura 50

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

## 4.3. Experimento 3: QUIOSCO DEL PARQUE LA VICTORIA.

### 4.3.1. Identificación del BIC.

El Quiosco ubicado al sur del área afectada del Parque La Victoria, también conocido como Parque Colón, es una construcción arquitectónica denominada templete (Perez y Ferreiro, 2012). Este particular quiosco se encuentra sobre una plataforma octagonal elevada a unos 50 cm del suelo, sostenido por ocho columnas de estilo toscano. Su tejado a dos aguas cruzado está

cubierto con tejas de barro. Aunque aún no ha sido oficialmente considerado como Bien de Interés Cultural (BIC), forma parte de un BIC que compone el espacio público.

El 20 de julio de 1910, al asumir como primer gobernador de Norte de Santander, Víctor Julio Cote Bautista anunció la construcción de un quiosco en el Parque Colón por parte de comerciantes sirios establecidos en Cúcuta, liderados por Habid Babur, Jorge Chedraui y Julio Chavela. La obra fue diseñada y realizada por el arquitecto español Clemente Palau Bergés, financiada con aportes de la municipalidad y la ciudadanía, y finalmente inaugurada en 1910 bajo la alcaldía de Pedro L. Jordán (Bermúdez, 2012).

### **Figura 51**

*Parque la Victoria primera década siglo XX.*



*Nota.* En la fotografía se aprecia el estado del Quiosco del Parque la Victoria antes de su última renovación en 2019. Fuente: Andrés Paez.

En la última renovación llevada a cabo en el Parque La Victoria, realizada por la Unión Temporal Parque Colón 2019, se restauraron las áreas verdes, se repararon los sistemas de riego y se construyeron accesos para personas con discapacidad. Además, el quiosco fue remodelado, reemplazando el machimbre y aplicando una nueva capa de pintura (La Opinión, 2019).

La selección de este quiosco como BIC se basa en varios criterios, incluyendo su aparente aislamiento a pesar de contar con mobiliario urbano en sus alrededores y la presencia de vegetación alta al norte y sur de su ubicación. Asimismo, su valor radica en ser una estructura arquitectónica utilizada en múltiples ocasiones como escenario para actos culturales y, en otros momentos, como un lugar para sentarse o refugio para personas vulnerables.

### **Figura 52**

*Estado actual del Quiosco del Parque La Victoria.*



*Nota.* En la fotografía se aprecia el estado actual del Quiosco del Parque la Victoria después de su última renovación en 2019. Fuente: Laura Triana y Leonardo Claro.

### **4.3.2. Captura fotográfica.**

Se llevaron a cabo 4 capturas denominadas de la siguiente forma según el dispositivos de captura, el tipo de toma, el ángulo de captura y las condiciones lumínicas:

- Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa (dron).
- IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta (celular).
- Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta (celular).
- SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa (app).

Las capturas obtenidas en el Quiosco del Parque La Victoria mostraron registros coincidentes en diversos factores ambientales, tales como la iluminación, que varió entre luz directa y contraluz, y la vegetación circundante. Además, se observaron similitudes en la infraestructura debido a la ubicación fija del mobiliario urbano, situado al noreste y suroeste del inmueble. Es importante destacar que a pesar de las diferencias horarias y de fecha estos factores mantuvieron un protagonismo constante durante la toma de fotografías.

Por otra parte, se percibieron variaciones en los factores humanos, tal como se describió en la identificación del BIC. Este lugar se caracteriza por un constante flujo peatonal, lo que lo hace propicio para diversos usos culturales, urbanos y de resguardo. De esta manera, se registran niveles muy altos de incidencia humana en la mayoría de las capturas.

### **Figura 53**

*Flujo peatonal durante la captura del modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa.*

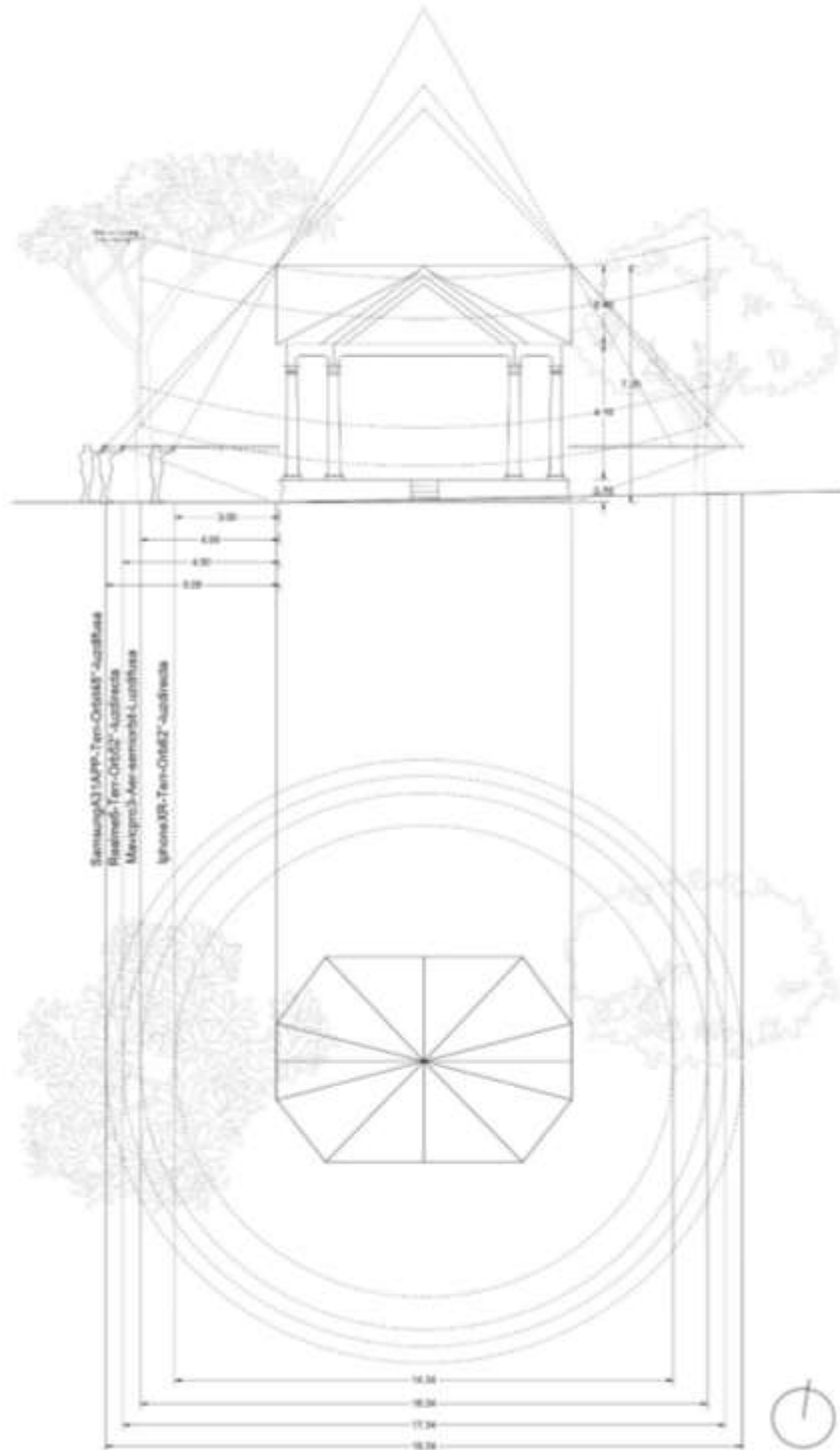


*Nota.* La fotografía muestra la alta incidencia de usuarios en el quiosco. Fuente: Diego Osorio.

#### **Figura 54**

*Esquema General de captura - Quiosco del Parque la Victoria.*









*Nota.* El esquema muestra planimétricamente las distancias de captura de cada dispositivo.

### 4.3.3. Procesamiento Fotogramétrico.

**Figura 55**

*Modelos procesados - Quiosco del Parque la Victoria.*

			
Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa (Agisoft)	IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta (Agisoft)	Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta (Agisoft)	SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa (Magiscan)





*Nota.* Se muestra los distintos modelos de nubes de puntos procesados fotogramétricamente.

### 4.3.4. Cálculo de confianza de los modelos procesados.

- Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa: **66,1%** de confianza.

**Figura 56**

*Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa.*





Rangos de Confianza de puntos Agisoft: <b>Modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa</b>			
			
1.599.103	1.130.196	1.637.249	3.697.282
Confianza baja (1-2)	Confianza media-baja (3-5)	Confianza media-alta (6-10)	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la alta confianza de la información procesada por medio del dispositivo drone empleado.

- IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta: **12,2%** de confianza.

**Figura 57**

*Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta.*





Rangos de Confianza de puntos Agisoft: <b>Modelo IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta</b>			
			
18.173.288	3.642.023	1.485.671	1.550.127
Confianza baja (1-2)	Confianza media-baja (3-5)	Confianza media-alta (6-10)	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la baja confianza de la información procesada por medio del dispositivo celular empleado.

- Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta: **14%** de confianza.

**Figura 58**

*Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta.*

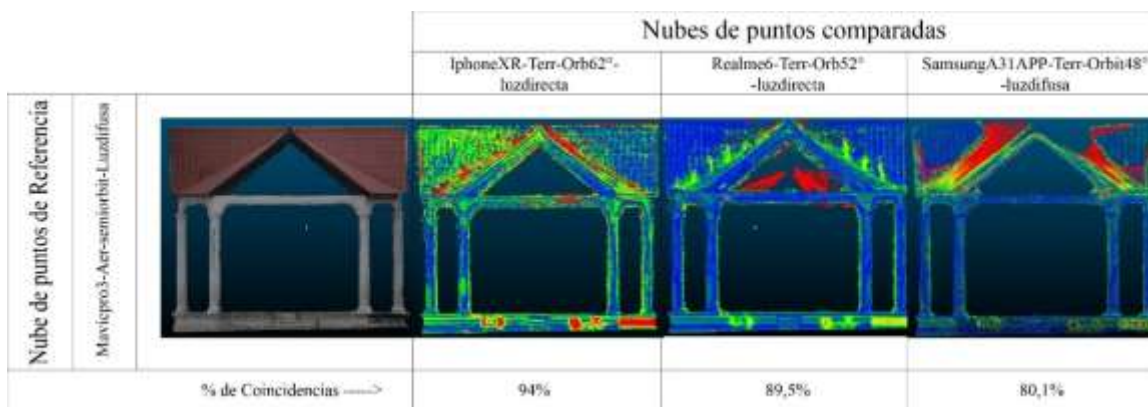
Rangos de Confianza de puntos Agisoft: <b>Modelo Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta</b>			
			
15.978.951	4.251.156	2.317.344	975.818
Confianza baja (1-2)	Confianza media-baja (3-5)	Confianza media-alta (6-10)	Confianza alta (11-100)

*Nota.* En la figura se aprecia la baja confianza del modelo procesado, similar al anterior caso.

Continuando con el mismo método de cálculo de los experimentos 1 y 2, para obtener la confianza del modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa (obtenido por Magiscan), fue pertinente realizar una comparación de coincidencias en CloudCompare de su nube de puntos con la del modelo que cuenta con el mayor porcentaje de confianza.

### Figura 59

*Comparación de nubes de puntos en CloudCompare - Quiosco del Parque La Victoria.*



*Nota.* Se muestra la comparación de nubes de puntos respecto al modelo de mayor confianza.

- SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa: **53%** de confianza

### Figura 60

*Cálculo de confianza modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa.*

$$\left( \left( \frac{\text{Puntos de confianza} / \text{Nube de puntos densa}}{100} \times 100 \right) \times \left( \frac{\% \text{ de confianza modelo de ref.}}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \left( \frac{801785 / 999991}{100} \times 100 \right) \times \left( \frac{66,1}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \frac{80,1}{100} \times \frac{66,1}{100} \right) \times 100$$

$$(0,801 \times 0,661) \times 100$$

$$0,529 \times 100 = 53\%$$

*Nota.* Se muestra el cálculo de confianza por coincidencias para este modelo procesado con la app Magiscan

#### **4.3.5. Informar Materia.**

Haciendo énfasis en el cálculo de confianza , el modelo **Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa** presentó el mayor porcentaje de confianza con **66,1%**, a partir de éste modelo se exportó el archivo .stl para dar continuidad con la impresión 3D en pla blanco, como resultado se obtiene un clón análogo con ciertas fallas morfológicas incongruentes respecto al bien original.

#### **Figura 61**

*Clon Análogo Quiosco del Parque la Victoria.*



*Nota.* En la fotografía se muestra el Quiosco del Parque la Victoria impreso en 3d, se observan ciertas fallas constructivas debido a la complejidad del modelo al ser impreso.

#### 4.3.6. Captura y Procesamiento del clon análogo.

##### Figura 62

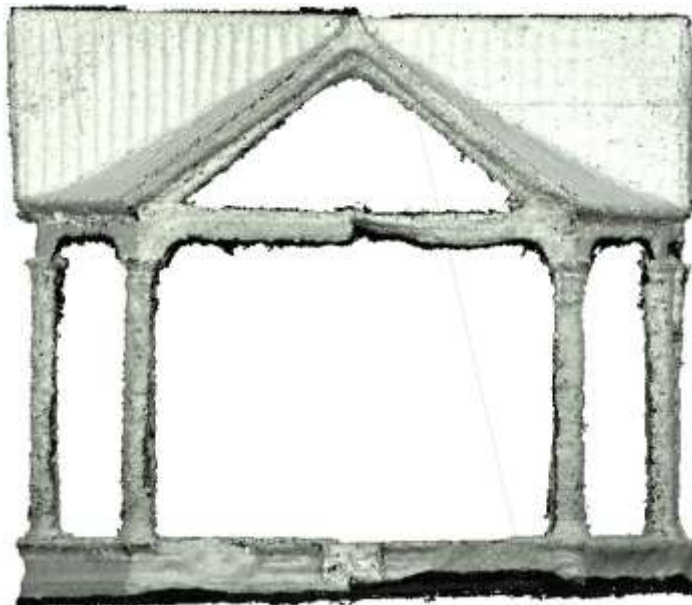
*Ubicación de las cámaras durante la captura.*



*Nota.* En la imagen se muestra en el software Agisoft Metashape la ubicación de cada fotografía tomada para el procesamiento del clon análogo.

##### Figura 63

*Modelo de nube de puntos obtenido en Agisoft Metashape Quiosco del Parque la Victoria.*







*Nota.* En la imagen se muestra el modelo de nube de puntos del clon análogo, adquiere las propiedades cromáticas del objeto físico impreso.

### 4.3.7. Cálculo de confianza del clon análogo.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el experimento 1 y 2, el cálculo de confianza del modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled fue el siguiente:

#### Figura 64

Rangos de confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.

Rangos de Confianza de puntos Agisoft: Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled			
			
658.121	885.874	1.226.867	607.122
Confianza baja (1-2)	Confianza media-baja (3-5)	Confianza media-alta (6-10)	Confianza alta (11-100)

Nota. En la figura se aprecia la confianza medianamente alta del modelo procesado.

#### Figura 65

Cálculo de confianza modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.

$$\left( \left( \frac{\text{Puntos de confianza} / \text{Nube de puntos densa}}{100} \times 100 \right) \times \left( \frac{\% \text{ de confianza modelo de ref.}}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \left( \frac{1833989 / 3377984}{100} \times 100 \right) \times \left( \frac{66,1}{100} \right) \right) \times 100$$

$$\left( \frac{54,29}{100} \times \frac{66,1}{100} \right) \times 100$$

$$(0,5429 \times 0,661) \times 100$$

$$0,3588 \times 100 = 35,9\%$$

Nota. Se muestra el cálculo de confianza por coincidencias para el modelo del clon análogo.

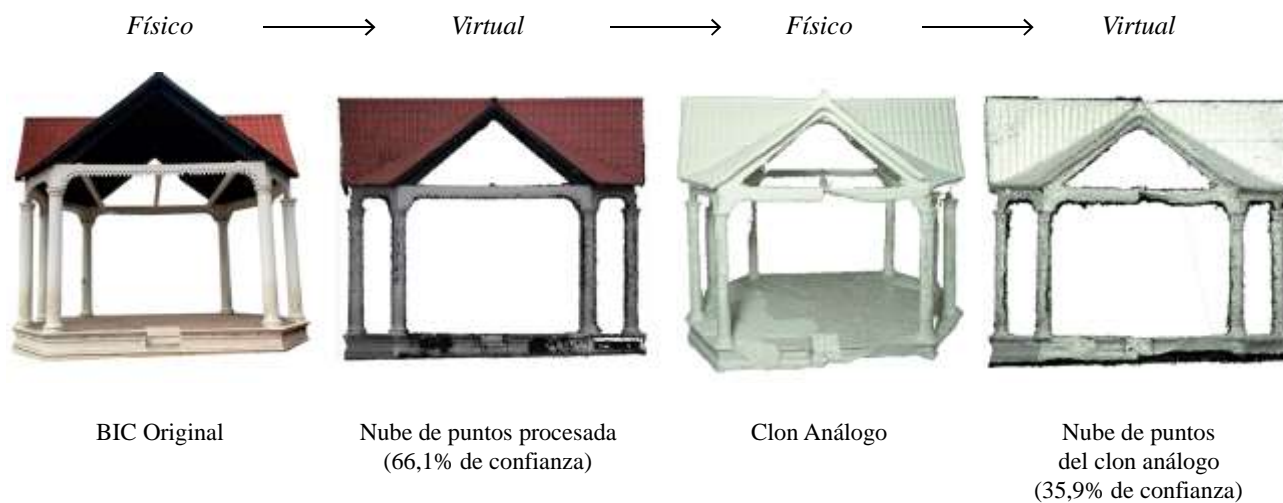
- La confianza final del modelo **SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled** del BIC

Capilla Nuestra Señora del Carmen es de **35,9%**.

#### 4.3.8. Resumen de la transmisión entre medios.

#### Figura 66

*Transmisión entre medios de la data – Quiosco del Parque la Victoria.*



Nota. En la imagen se muestra la transición de la información entre nuestro mundo y lo virtual, así como las transformaciones que sufre la misma al ser transmitida entre los medios.

#### 4.3.9. Recopilación de datos de Captura y Procesamiento

Se muestra la data generada de las variables independientes obtenidas de los procesamientos in situ y de la variable dependiente que corresponde al clon análogo:



Tabla 14

Captura de datos – Quiosco del Parque la Victoria

Modelo	Fecha / hora de Captura	Tiempo de Captura	Dispositivo	Modelo de Cámara	Resolución	Distancia Focal	Punto F	Velocidad de Obturación	Velocidad ISO	Distancia de Captura	Tipo de toma	Tipo de ángulo Fotográfico
SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	19/07/2023 - 12:51 pm	6 min	CELULAR Samsung Galaxy A31	SM-A351G	3000 x 4000	4.6 mm	f/2.0	1/120 s	ISO-100	0.3 m	Terrestre	Orbital - Normal 0°
SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa	2 19/05/2023 - 7:40 am	10 min	Celular Samsung Galaxy A31	-	1200 x 1600	-	-	-	-	5 m	Terrestre	Orbital - Contrapicado 48°
Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta	16/05/2023 - 3:35 pm	32 min	Celular Xiaomi Realme 6	Realme 6	3456 x 4608	5.49 mm	f/1.8	1/1699 s	ISO-100	4,5 m	Terrestre	Orbital - Contrapicado 52°
iPhoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta	16/05/2023 - 3:25 pm	45 min.	Celular iPhone XR	iPhone XR	3024 x 4032	4,25 mm	f/1.8	1/727 s	ISO-25	4,5 m	Terrestre	Semiorbital - Contrapicado 62°
Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa	02/06/2023 - 8:40 am	12 min.	Dron MavicPro 3	FC220	4000 x 2250	4.73 mm	f/2.2	1/1541 s	ISO-100	4 m	Aérea	Semiorbital

*Nota.* La tabla abarca la información correspondiente al proceso de captura, las características de las cámaras empleadas y el modo de toma.

**Tabla 15***Contexto – Quiosco del Parque la Victoria*

Modelo	Cobertura de cielo / Iluminación	Factores de Vegetación	Factores de Infraestructura	Factores Humanos
Mavicpro3-Aer- semiorbit-Luzdifusa	50% Parcialmente nublado - luz difusa	Vegetación alta al norte y mayormente densa al sur	mobiliario urbano: bancas al noreste y suroeste del quiosco	Flujo moderado de usuarios sentados, las personas permanecieron durante la captura
IphoneXR-Terr- Orb62°-luzdirecta	38% Parcialmente despejado - mayor luz directa	Vegetación alta al norte y mayormente densa al sur	mobiliario urbano: bancas al noreste y suroeste del quiosco	Flujo alto de usuarios alrededor del quiosco, las personas se retiraron durante la captura
Realme6-Terr- Orb52°-luzdirecta	38% Parcialmente despejado - mayor luz directa	Vegetación alta al norte y mayormente densa al sur	mobiliario urbano: bancas al noreste y suroeste del quiosco	Flujo alto de usuarios alrededor del quiosco, las personas se retiraron durante la captura
SamsungA31APP- Terr-Orbit48°- luzdifusa	72% Nublado - luz difusa	Vegetación alta al norte y mayormente densa al sur	mobiliario urbano: bancas al noreste y suroeste del quiosco	Flujo bajo de usuarios , presencia de un habitante de calle

SamsungA31-Clon-	Iluminación	No incidente	No incidente	No incidente
Terr-Orbit.Luzled	artificial - Luz led			

*Nota.* Las condiciones contextuales de los primeros cuatro modelos fueron realizadas en fechas y jornadas diferentes, por ende, la variación de los factores incidentes.

**Tabla 16**

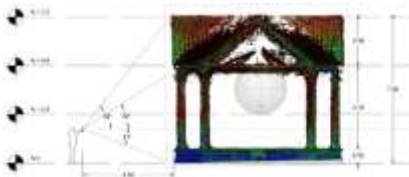
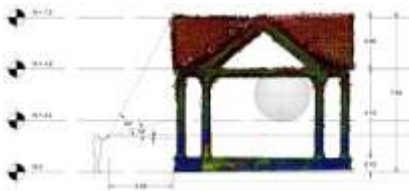
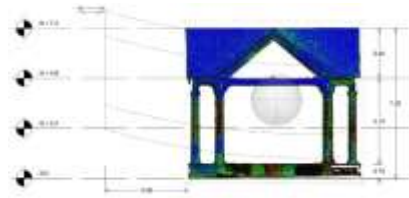
*Orientación de fotos - Procesamiento Fotogramétrico – Quiosco del Parque la Victoria*


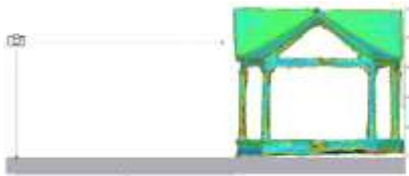
Modelo	Software Fotogramétrico	Número de fotos	Parámetro de Precisión de orientación	Nube de puntos de paso
Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa	Agisoft Metashape	170	Alta	58671
IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta	Agisoft Metashape	346	Alta	151560
Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta	Agisoft Metashape	285	Alta	219544
SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa	Magiscan	45	-	8788
SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	Agisoft Metashape	64	Alta	48705

*Nota.* La tabla muestra la información parcial de orientación de fotos y la cantidad de puntos generados de paso (iniciales) obtenidos de este proceso.

Tabla 17

## Nube de puntos densa - Procesamiento Fotogramétrico – Quiosco del Parque la Victoria

Modelo	Número de mapas de profundidad	Parámetros de calidad y filtrado de obtención de la nube densa	Altura del modelo	Cantidad de puntos de la nube densa	Vista de la nube de puntos densa	Puntos de mayor confianza	Porcentaje Global de confianza de la nube
Realme6-Terr-Orb52°- luzdirecta	285	Alto - Moderado	7,28 m	23523269		3293162	14%
IphoneXR-Terr-Orb62°- luzdirecta	344	Alto - Moderado	7,4 m	24851109		3035798	12,2%
Mavicpro3-Aer-semiorbit- luzdifusa	158	Alto - Moderado	7.2 m	8064430		5334531	66,1%

SamsungA31APP-Terr- Orbit48°-luzdifusa	-	-	7,43 m	999991		801785	53,7%
SamsungA31Clon-Terr- Orbit.Luzled	62	Alto - Moderado	0,15 m	3377984		1833989	35,9%

*Nota.* Ver a continuación Descripción por modelos – Quiosco del Parque la Victoria

**Tabla 18**

*Malla/Modelo - Procesamiento Fotogramétrico – Quiosco del Parque la Victoria*

Modelo	Caras	Vértices	Parámetro de precisión de calidad	Parámetros de modo de mapeado y modo de mezcla	Tamaño de textura
Mavicpro3-Aer- semiorbit- Luzdifusa	1062861	533214	Alta	Genérico - Mosaico	8192 x 8192
IphoneXR-Terr- Orb62°-luzdirecta	18021440	9011306	Alta	Genérico - Mosaico	4096 x 4096
Realme6-Terr- Orb52°-luzdirecta	1640046	823006	Alta	Genérico - Mosaico	4096 x 4096

SamsungA31APP- Terr-Orbit48°- luzdifusa	17325	7303	-	Genérico - Mosaico	2048 x 2048
SamsungA31- Clon-Terr- Orbit.Luzled	650818	326311	Alta	Genérico - Mosaico	8192 x 8192

**Tabla 19***Tiempo Total de Procesamientos – Capilla Nuestra Señora del Carmen*

Modelo	Tiempo Total de Procesamiento
Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa	1 h 11 min 51 seg
IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta	4 h 42 min 39 seg
Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta	1 h 29 min 9 seg
SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa	50 min
SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled	47 min 8 seg

*Nota.* La sumatoria de tiempo de procesamiento abarca la orientación de fotos, generación de la nube de puntos densa, generación de la malla y texturizado.

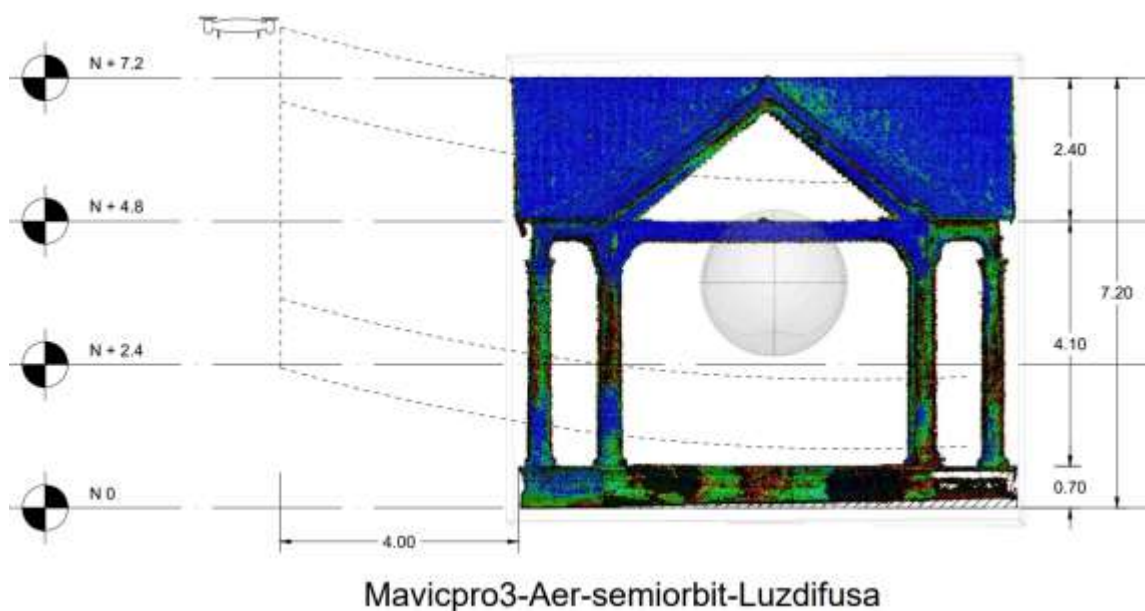
#### 4.3.10. Descripción por modelos.

##### Modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa

Este modelo fue obtenido a partir de la captura semiorbital de 170 fotos por medio de un dispositivo dron MavicPro 3 a una distancia horizontal de 4 metros generando una perspectiva cilíndrica que envuelve mayormente al objeto en escena. Las condiciones dentro de las que se desarrolló la captura estuvieron condicionadas a factores como la vegetación adyacente que no permitió efectuar las órbitas completas, así mismo, la incidencia humana fue relativamente alta sobre y junto al BIC, por consiguiente, en la mayoría de las imágenes se evidencia la presencia de personas que obstruyen información visual de la plataforma sobre la que se levantan las columnas del Quiosco.

#### Figura 67

Vista de la nube de puntos densa del modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa.



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

Por su parte, y casi de manera antagónica a los demás factores mencionados, la iluminación difusa durante la captura permitió obtener mayor definición de profundidad en las imágenes, esto apoyado con las propiedades de la cámara tales como la amplia apertura del diafragma ( $f/2.2$ ) que permite el buen ingreso de la luz a través de la lente, la velocidad de obturación ( $1/1541$  s) y la sensibilidad ante la luz (ISO-100) repercutieron en una adecuada combinación que maneja oportunamente estas condiciones lumínicas para obtener imágenes de alta definición.

En este orden de ideas, como resultado del procesamiento fotogramétrico de las imágenes tomadas, se obtiene un modelo de nube de puntos de 7,2 metros de altura con una confianza global moderadamente alta de 66,1%. La mayor concentración de puntos de alta confianza se halla en las superficies superiores de la plataforma y de la cubierta, desafortunadamente, debido a alta densidad de personas en el sitio se generan vacíos informativos que Agisoft Metashape no llega a asignar algún valor de confianza, así mismo, no se llega concretar la morfología de las columnas ya que a esta altura (N+2,4) la vegetación presente dificultó el correcto solapamiento entre imágenes.

### **Modelo IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta**

Este modelo se obtuvo a partir de una captura orbital terrestre de 346 fotos con un celular Iphone XR a una distancia horizontal de 3 metros del objeto en escena generando una perspectiva cónica estrecha que limita la captura de superficies superiores. En cuanto a los factores contextuales, fue posible la maniobra del dispositivo para realizar la toma orbital desde la posición del fotógrafo ya que la vegetación sólo presenta dificultad de órbita sobre los cuatro metros de altura en adelante, de igual forma, no se registró inconveniente con pérdida de

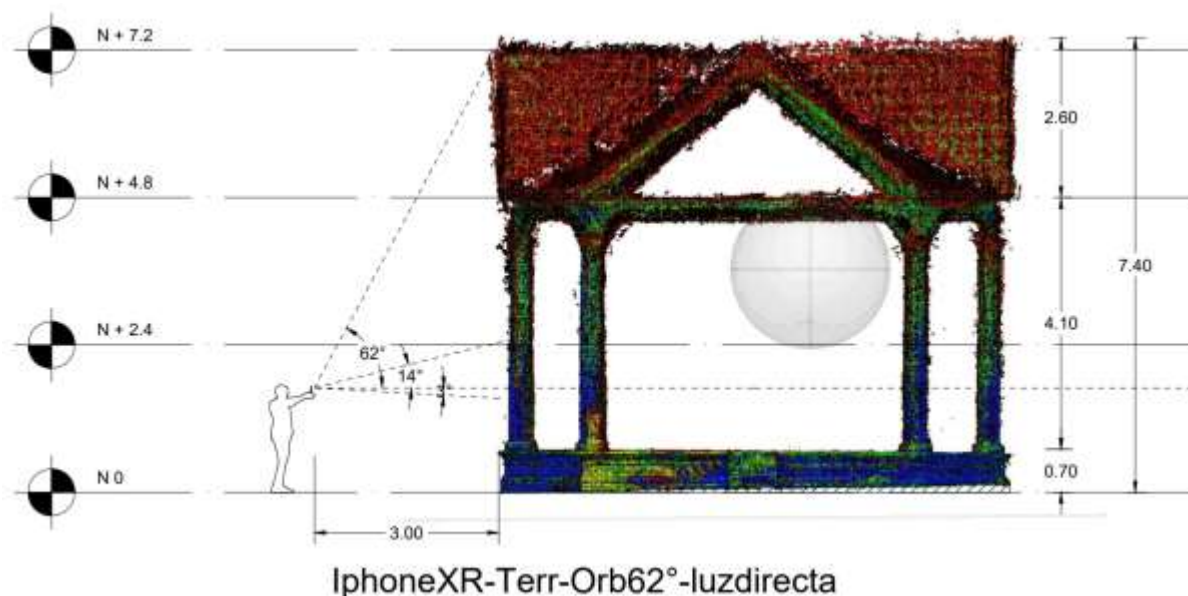


información respecto a presencia humana ya que se le solicitó a los presentes retirarse amablemente durante el lapso de tiempo de captura.

No obstante, la iluminación jugó un papel desafiante, debido a que durante el tiempo de la captura se registró una gran incidencia de luz directa, repercutiendo en áreas sobreexpuestas y subexpuestas respectivamente. Esto apoyado con las propiedades de la cámara (no precalibrada): La apertura amplia del diafragma ( $f/1.8$ ) permite un mayor ingreso de la luz y una reducida definición de la profundidad de la imagen, es decir, cierta zona de la foto tendrá detalle, así mismo, la combinación de velocidad de obturación ( $1/727$  s) y la velocidad ISO (ISO-25) es óptimo para manejar la sobreexposición pero perjudicial para las áreas en contraluz generando imágenes subexpuestas con baja definición.

### Figura 68

*Vista de la nube de puntos densa del modelo IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

Como resultado del procesamiento fotogramétrico, se obtiene un modelo de nube de puntos de 7,4 metros de altura y una confianza global considerablemente baja de 12,2%. Como se evidencia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la áreas donde se halla confianza alta corresponde a la comprendidas en la sección  $N - 0 - N + 2,4$  que a su vez coincide con la mayoría de los planos objetivos, por otra parte, se presenta una alta densidad de puntos de baja confianza exponencialmente ascendente respecto a la altura del objeto.

Cabe aclarar que a pesar del alto número de fotos tomadas, la alta confianza se limitó a los primeros planos de la cámara como se puede observar en la vista de la nube de puntos densa, esto se justifica en lo anteriormente mencionado respecto a la amplia apertura del diafragma, es decir, aunque se capture gran información visual, sólo se enfocará cierta área de la foto, la data visual no enfocada no llega a interpretarse por Agisoft Metashape más allá de ruido visual como millones de puntos dispersos de baja confianza.

### **Modelo Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta**

Este modelo se origina de la captura orbital terrestre de 285 fotos por medio de un celular Xiaomi Realme 6 a una distancia horizontal de 4,5 metros del objeto en escena, dibujando una perspectiva cónica moderadamente amplia permitiendo llegar a capturar parte de la superficie superior de la cubierta. En cuanto a materia contextual, los factores incidentes fueron los mismos que el modelo IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta debido a que ambas capturas fueron realizadas al mismo tiempo.

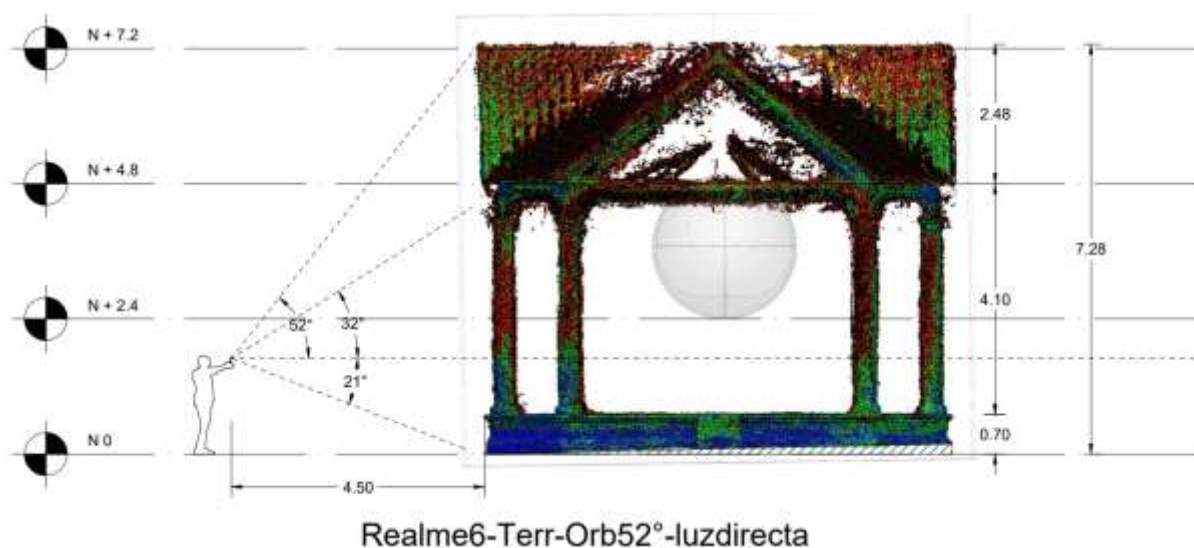
En cuanto a las propiedades de la cámara (no precalibrada) para manejar la incidencia de la luz directa, la amplia apertura del diafragma (f/1.8) permitió un gran ingreso de luz y baja definición de profundidad, en cuanto a la velocidad de obturación (1/1699 s) fue rápido el tiempo de exposición, así como la sensibilidad de luz (ISO-100) fue óptima para las zonas subexpuestas

pero perjudicial con las áreas sobreexpuestas. En general, esta configuración introdujo sombras duras, destellos y reflejos no deseados sobre la superficies del BIC.

Como resultado del procesamiento fotogramétrico, se genera un modelo de nube de puntos de aproximadamente 7,3 metros de altura con una confianza global similar al modelo anterior con un 14% de información fidedigna. En este caso se evidencia cierta uniformidad de puntos de confianza media-alta debido a considerable distancia donde se ubica la cámara y los ángulos de captura llegando a captar cierta información confiable de la cubierta, sin embargo, el área de mayor densidad de confianza alta se ubica por debajo de la altura de la cámara.

### Figura 69

*Vista de la nube de puntos densa del modelo Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

A efectos similares del modelo anterior, la baja confianza crece en medida de que se eleva el ángulo de captura, esto, apoyado con la baja definición de profundidad de las imágenes tomadas. En este orden de ideas, a mayor distancia del plano objetivo menor información de alta

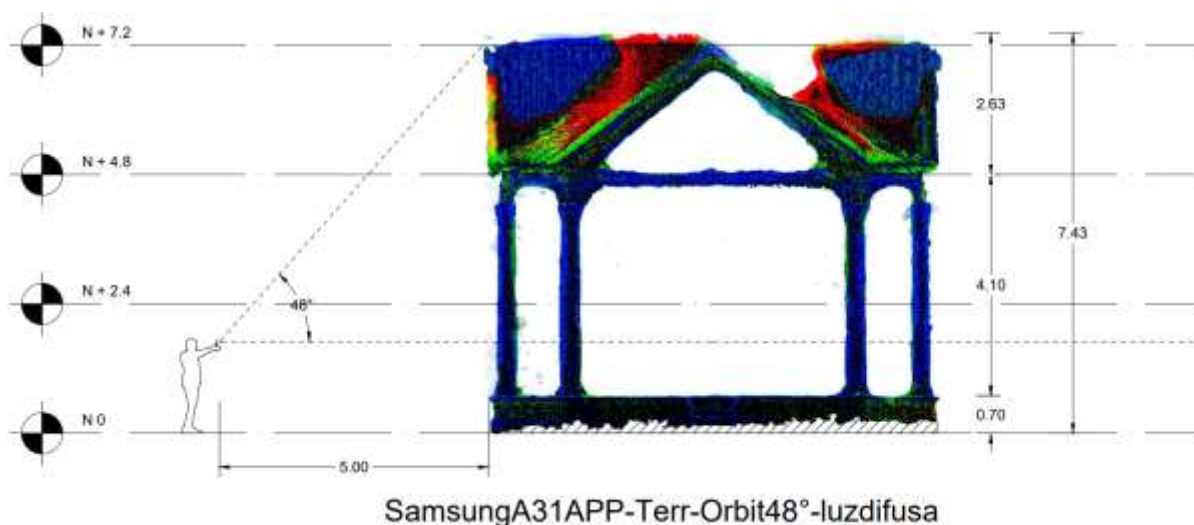
confianza es procesada, tal como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la sección N0 – N+2,4 concentra la mayor confianza mientras que en la sección N+2,4 – N+7,2 la baja confianza aumenta exponencialmente.

### Modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa

Este modelo fue obtenido por medio de una captura orbital terrestre de 45 fotos a través de un celular Samsung Galaxy A31 desde la aplicación Magiscan y a una distancia horizontal de 5 metros del objeto en escena, aumentando la cobertura de información. Esta captura se llevó a cabo dentro de un contexto en condiciones ideales: Baja incidencia de la vegetación, bajo flujo peatonal y en condiciones lumínicas difusas. A pesar de que la app no proporciona información de la cámara, dichos factores contextuales son fácilmente manejables por cualquier cámara con propiedades predeterminadas.

### Figura 70

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

La malla resultante del procesamiento de las fotos desde la app Magiscan fue exportada en CloudCompare para extraer la cantidad de 999991 puntos, de los cuales 801.785 son coincidentes respecto al modelo Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa el cuál presenta el nivel de confianza más alto entre los modelos procesados por Agisoft Metashape para este BIC (66,1%), como resultado de este proceso, se determina que la confianza del modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa es de 53%.

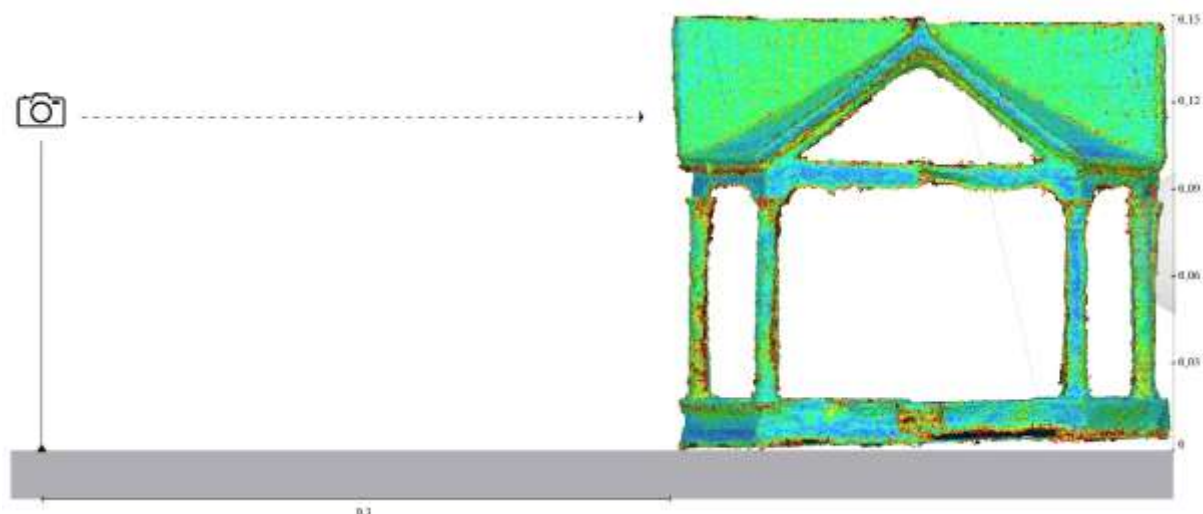
Como se muestra en la gráfica, se mantiene una confianza alta hasta la altura N+4,8 correspondiente a la plataforma y la columnas que sostienen a cubierta, esta última por su parte, presenta ciertas áreas deformes y no definidas que se reflejan en puntos de baja confianza, sin embargo, gracias a la distancia horizontal desde la cámara al BIC capturado se puede obtener alta confianza de las superficies superiores de la cubierta.

### **Modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled**

Este modelo surge de la captura fotográfica de un clón análogo obtenido a partir de una data secundaria de alta confianza (Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa). A partir de esto, se realizó la toma de 64 fotografías con un celular Samsung galaxy A31 haciendo orbitar al objeto en escena a 30 centímetros, generando una perspectiva cilíndrica que permite obtener una cobertura integral de la información. Este proceso se llevó a cabo dentro de un contexto artificialmente controlado bajo una luz led blanca. Junto con esto, las propiedades de la cámara (no precalibrada) aumentaron la sobreexposición de las imágenes con la emplia apertura del diafragma (F/2.0) y el ISO (ISO-100) que repercuten en destellos no deseados.

**Figura 71**

*Vista de la nube de puntos densa del modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled.*



*Nota.* En la imagen se presenta la confianza de los puntos, la ubicación del dispositivo de captura y las distintas alturas obtenidas del modelo procesado.

Como resultado del procesamiento fotogramétrico, se obtiene un modelo de nube de puntos a escala 1\_48 de 15 centímetros de altura con una confianza global moderadamente baja de 35,9%. A pesar que dicha confianza se ve medianamente alta, se debe recordar que este porcentaje está basado en el porcentaje del modelo del cual se originó el clón análogo, por ende se calcula la degeneración de la confianza del modelo final transmitido digitalmente.

#### **4.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS**

##### ***4.4.1. Análisis Correlacional.***

Experimentar con la información como unidad básica que antecede la materia en el marco del patrimonio material inmueble implica determinar las técnicas, factores, propiedades, dispositivos y parámetros idóneos para conservar la mayor cantidad de información obtenida a partir de la fuente primaria, en otras palabras, se busca mantener la esencia del objeto que se

quiere preservar digitalmente reflejado en los altos porcentajes de confianza calculados por el software de procesamiento Agisoft Metashape y la aplicación de celular Magiscan apoyada con el software de tratamiento y comparación de nubes de puntos CloudCompare.

De esta forma, al observar la transmisión de la información entre los medios, desde la captura de data de las fuentes primarias (BIC originales) hasta su replicación análoga obtenida de materia digital, se evidencian decrecimientos y pérdidas de la esencia original de la información, por ende, la pérdida esencial llega a ser proporcional al número de veces que la data transita entre nuestro mundo y lo virtual, la cual puede ser o no tan evidente en relación a la confianza calculada en la primera transmisión de la data física en materia digital convirtiéndose en la variable independiente que condiciona las variables dependientes, es decir, a los clones análogos y el procesamiento de los mismos.

Por consecuente, surge la importancia de analizar la descripción por modelos de cada BIC de estudio, debido a que en este punto se identificaron los siguientes factores y propiedades que inciden en la confianza de la variable independiente: Las condiciones contextuales lumínicas, la propiedades de la cámara (La apertura del diafragma, la velocidad de obturación y la sensibilidad ante la luz (ISO)) y la perspectiva de la captura (Ángulos formados entre la cámara y el objeto en escena). Lo anterior corresponde a la etapa preliminar de captura de la información.

Para empezar, sobre el BIC Monumento Cristo Rey, los factores contextuales fueron constantes debido a que todas las capturas se llevaron a cabo simultáneamente bajo iluminación directa en horas de la tarde. En el caso del modelo Phantom4-Aer-OrbitPerp-luzdirecta, se presenta el mayor porcentaje de confianza (82,7%) el cual se realizó desde una toma aérea orbital generando una perspectiva cilíndrica y por ende una cobertura integral del objeto en escena, a

diferencia de los otros los tres modelos tomados in situ, los cuales fueron capturados desde una posición terrestre repercutiendo en perspectivas cónicas.

Respecto a las perspectivas cónicas, se evidencia que a mayor longitud de separación del plano objetivo mayor será la confianza de la información, como se presenta en el caso de los modelos SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz y SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta, presentan un cono más estrecho ( 27,2 m) a comparación del modelo Redmi11APP-Terr-Orb52°-luzdirecta cuyo cono es más amplio (35,2 m) y la confianza obtenida (74,1%) es superior a estos. En este orden de ideas, la información transmitida será mas resiliente cuando tiende a ser capturada desde una perspectiva cilíndrica y de perspectivas cónicas realtivamente amplias.

Por otra parte, en materia de la cámara, a mayor apertura del diafragma, velocidad de obturación y sensibilidad ante la luz (ISO) menor sera la definición de las imágenes tomadas bajo condiciones luminicas de sobreexposición tal como ocurre en los modelos SamsungS21-Terr-Orb60°-contraluz, SamsungA31-Terr-Orb60°-luzdirecta y SamsungA31-CLON-Terr-Orbit.Luzled cuyas fotografías presentan sombras duras, superficies brillantes y/o destellos no deseados, a diferencia del modelo Phantom4- Aer-OrbitPerp-luzdirecta cuyas imágenes tienden mayor definición de la profundidad de campo y contrarrestan la sobreexposicon.

En segundo lugar, el BIC Capilla Nuestra Señora del Carmen presenta en general bajos porcentajes de confianza. En el caso del modelo Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa, éste presenta la confianza más alta de los modelos procesados con 32,1%, el cual fue realizado en jornada matutina bajo un cielo nublado, con iluminacion difusa, le procede el modelo SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa con confianza del 26% y similares condiciones lumínicas, a diferencia de los modelos SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta, SamsungA21-



Terr-Semiorb72°-contraluz y SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled cuya confianza es radicalmente baja y se llevaron a cabo bajo condiciones de luz directa.

De acuerdo a lo anteriormente expresado, se determina que a mayor tendencia de iluminación difusa del contexto en el que se desarrolla la captura mayor será la confianza de la información, mientras que a mayor tendencia de iluminación directa menor será la confianza reflejándose en imágenes sobreexpuestas y subexpuestas. Al igual que lo afirmado en Cristo Rey, estos factores están ligados estrechamente con las propiedades de la cámara, por ende, la información transmitida no es lo suficientemente resiliente debido a que en este caso los cinco modelos procesados presentan una amplia apertura del diafragma que da cabida a considerables incidencias de la luz.

Paralelamente la confianza se muestra ligada a la distancia de captura, así como se manifiesta en los modelos Mavicpro3-Aer-semiorb-Luzdifusa y SamsungA21sAPP-Terr-Semiorbit54°-luzdifusa, cuyas tomas fueron realizadas a 10 m y 9,5 m respectivamente del objeto en escena permitiendo obtener alta cobertura de la información, caso opuesto ocurre con los modelos SamsungA31-Terr-Semiorb70°-luzdirecta y SamsungA21-Terr-Semiorb72°-contraluz, cuyas distancias de captura fueron relativamente más cercanas al objeto en escena (4,5 m y 3,8 m).

En tercer y último lugar, el BIC Quiosco del Parque la Victoria, presenta porcentajes que oscilan entre baja y media-alta confianza. Dentro de los modelos procesados, el Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa registra 66,1% de alta confianza en la información transmitida, cuya captura fue realizada desde una toma aérea generando una perspectiva cilíndrica que repercute en la cobertura integral del objeto en escena al igual que el modelo SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled. Caso contrario ocurre con los modelos IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta,

Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta y SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa desarrollados dentro de perspectivas cónicas.

No obstante, en el caso del modelo SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa, a pesar de ser obtenido de una perspectiva cónica, presenta una confianza de 58,7% moderadamente alta debido a que la toma se realizó a 4,5 m del objeto en escena generando un cono amplio a diferencia de los modelos IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta y Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta cuyas distancias son inferiores reduciendo la cobertura de información y por consiguiente de la data procesada.

Adicionalmente, al igual que en el caso de la capilla la iluminación incide en la confianza de la información procesada, de esta forma, en cuanto a los modelos Mavicpro3-Aer-semiorbit-Luzdifusa y SamsungA31APP-Terr-Orbit48°-luzdifusa presenta mayor resiliencia debido a la luz difusa, mientras que los modelos IphoneXR-Terr-Orb62°-luzdirecta, Realme6-Terr-Orb52°-luzdirecta y SamsungA31-Clon-Terr-Orbit.Luzled que fueron tomados bajo luz directa, registran bajos porcentajes de confianza. Del mismo modo, en cuanto a la cámara, la apertura del diafragma fue relativamente amplia dentro de los modelos procesados, repercutiendo en imágenes no tan definidas.

En resumen, se evidencia que el éxito de la transmisión de información radica en el correcto control de los factores para generar las variables independientes: La perspectiva de captura, siendo más confiable las perspectivas cilíndricas que las cónicas que a su vez permiten capturar mayor información si presenta mayor amplitud respecto a los objetos en escena. Así mismo, La iluminación, siendo la luz difusa más idónea que la luz directa, ya que esta última incide en superficies sobreexpuestas y subexpuestas. Finalmente las propiedades de la cámara determinan la profundidad de campo y el control de la luz, de esta forma a mayor apertura del

diafragma, velocidad de obturación y sensibilidad de la luz (ISO) mayor será la exposición en las imágenes capturadas y menor será la información procesada.

Así mismo, en materia de variables dependientes, la incidencia de la confianza de la variable independiente del cuál estas se originan llega a tener moderadas pérdidas de la esencia, como lo fue en el caso de los clones análogos de Cristo Rey y Quiosco del Parque la Victoria en donde la confianza se redujo casi en un 40% respecto a las variables independientes cuya confianza fue alta, en cambio, en el caso del clon de la Capilla Nuestra del Carmen, su esencia se redujo radicalmente en un 60%, reiterando que tanto la variable independiente del cual este se origina como los demás modelos procesados tuvieron inicialmente un muy bajo porcentaje de confianza.

#### ***4.4.2. Umbral de Resiliencia***

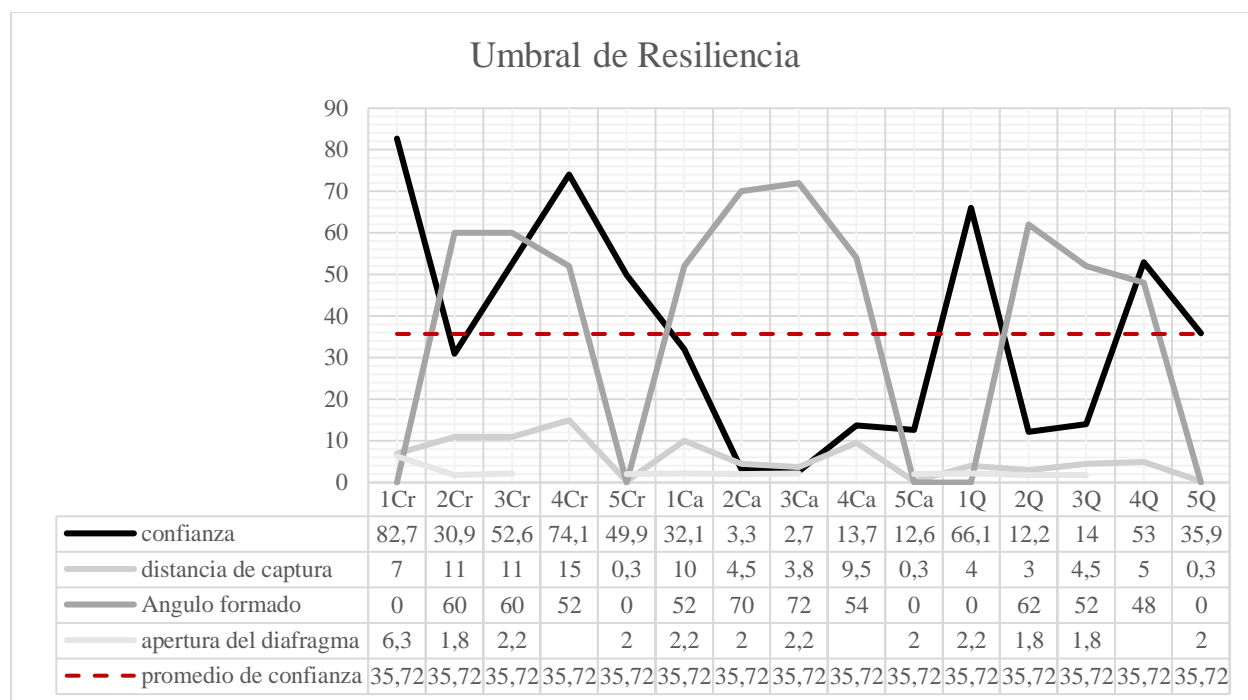
A continuación se muestra gráficamente el resumen global de la información incidente en la confianza de la data los BIC objeto de estudio, tal como se hizo énfasis en el análisis correlacional, los factores que condicionan la transmisión digital de la información son: la perspectiva (distancia horizontal de la cámara respecto al objeto en escena y el ángulo de captura), las propiedades de la cámara que controlan la exposición y definición de imagen, siendo la apertura del diafragma el factor más relevante, y finalmente, la iluminación del entorno, no obstante, este factor fue registrado cualitativamente y por ende no se muestra cuantitativamente en el gráfico de umbral de resiliencia.

El umbral de resiliencia es un valor de referencia que permite identificar los modelos cuya información puede ser clasificada como confiable y no confiable, para este cálculo se realizó una ponderación de los porcentajes de confianza registrados y/o calculados según los citados softwares de procesamiento fotogramétrico y de comparación de nubes de puntos. Como

resultado de éste cálculo se define que el promedio de los porcentajes de confianza son de 35,7%, a partir de este valor se establece el límite de resiliencia de la información para esta investigación.

## Figura 72

### Umbral de Resiliencia.



*Nota.* En la gráfica se observa el umbral de resiliencia calculado y la proporcionalidad de los datos obtenidos incidentes en la confianza de la información.

De acuerdo a la gráfica, el BIC con mayor registro de modelos confiables es el Monumento Cristo Rey (1Cr, 3Cr, 4Cr y 5Cr), le procede el Quiosco del Parque la Victoria (1Q, 4Q y 5Q) y en último lugar se encuentra La Capilla de Nuestra del Carmen cuyos modelos procesados se encuentran por debajo del umbral calculado (1Ca, 2Ca, 3Ca, 4Ca y 5Ca).

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los tres experimentos realizados demuestran en efecto que la información antecede a la materia y que esta misma pierde su esencia cada vez que es transmitida entre medios, tal como se plantea desde los postulados aristotélicos del marco teórico, la información le da forma a la materia, en este caso, un BIC al ser transmitido digitalmente se reconstruye en base a la data capturada y procesada cuya conjunción forma-materia genera un modelo digital, el cual puede representar positiva o negativamente la esencia original del BIC.

Así mismo, cada vez que la data fue transmitida y reconstruida, se convirtió en materia en acto, ratificando teóricamente que en la transmisión entre medios la información puede conservarse en esencia pero accidentalmente adquiere propiedades que transforman o modifican la materia, esto se vio traducido en términos de esta investigación cada vez que se generó un modelo basado en la esencia original de cada BIC, cada modelo resultante en acto fue adquiriendo o perdiendo propiedades en relación a su esencia original, como en los vacíos de las nubes de puntos y en las protuberancias o dilataciones morfológicas de los clones análogos.

Por esta razón, fue necesario observar la esencia de cada BIC desde diferentes variables independientes vistos como modelos de nubes de puntos que pudieron ser medidos cuantitativamente calculando su confianza en Agisoft Metashape y CloudCompare (para los obtenidos en Magiscan) y cualitativamente observando morfológica y cromáticamente las propiedades de estos modelos, permitiendo seleccionar integralmente el modelo más confiable del cuál se dio paso a experimentar con la materia vista desde clones análogos y nubes de puntos que surgen de estos.

En relación a esto último mencionado, la replicación de la información vista desde un clon análogo conlleva a tomar futuras decisiones en el tema de informar materia, en este caso se llevó a cabo por medio de impresión 3D con filamento pla blanco en donde el reconocimiento del elemento reconstruido físicamente varió no sólo por la confianza del modelo del cual cada uno de estos surgió, sino por la técnica constructiva de la impresión 3D, la escala y el cromatismo del material, por ello es posible obtener otros resultados con otras técnicas como el fresado, impresión en resina o porqué no, en concreto y a escala 1:1 gracias a los avances tecnológicos.

En este orden de ideas, se ratifica la importancia de salvaguardar y estudiar el patrimonio digitalmente pero desde una visión holística, así como Santiago Giraldo junto al equipo de National Geographic (Bartlett, 2019) emplearon sofisticados equipos y softwares fotogramétricos y Lidar para el estudio detallado de Ciudad Perdida en la Sierra Nevada de Santa Marta, o en el caso de Eiroa y su estudio de la bahía central de la Sagrada Familia de Gaudí para descubrir dentro de la misma esencia de la información formas inexistentes que a primera vista digital no son observables. En estos y los demás casos consultados, la confianza de la información se convierte en un objetivo directo o indirecto que a fin de cuentas prevalece y condiciona todo este tipo de investigaciones.

## CONCLUSIONES

La transmisión de Bienes de Interés Cultural (BIC) inmuebles en materia digital entre nuestro mundo y lo virtual es un ejercicio que debe abarcarse holísticamente, comprendiendo la incidencia de la captura, el procesamiento en la reconstrucción digital de la información y la reconstrucción en materia de la misma. De esta forma se determina que la esencia de la información está estrechamente ligada al contexto dentro del que se desarrolla la captura fotográfica, el software de procesamiento fotogramétrico empleado y la técnica de reconstrucción física de la información.

En cuanto a la captura, se concluye que los factores contextuales juegan un papel predominante como condicionantes en la transmisión de la información, por ello, durante este proceso, la simbiosis entre BIC, contexto y dispositivo de captura, repercuten en el éxito de la preservación de la data, mientras que antagónicamente, si se pierde el control de la relación entre estos conceptos, la información sufre degeneración en su esencia cuando es transmitida entre los medios.

Ampliando lo anterior, de acuerdo a los factores contextuales, se observó que los modelos obtenidos bajo iluminación directa afrontaron condiciones desafiantes de sobreexposición y subexposición con resultados que oscilan entre leves y drásticas deformaciones, mientras que los modelos capturados bajo iluminación difusa obtuvieron mejores resultados y mayor control de los planos objetivos, de tal forma que la luz directa abarca mayor trabajo de control contextual y de los dispositivos de captura.

Por su parte, los dispositivos de captura empleados desempeñan la labor de registro bidimensional de la data primaria, que a su vez, depende de la calibración de la cámara para definir la calidad de las imágenes y la incidencia de luz dentro de estas, de este modo, las

propiedades de apertura de diafragma, velocidad de obturación y sensibilidad ante la luz (ISO) pasan a formar parte esencial en la captura de la información. En este orden de ideas, a pesar de la alta gama del dispositivo empleado, ya sea dron o celular, la incorrecta combinación de las propiedades citadas resultará en considerables pérdidas de la esencia de los BIC digitalizados.

Así mismo, se observó que las perspectivas generadas entre la posición de la cámara, el ángulo de captura y el objeto en escena posibilita o cohibe la cobertura de la superficie de los BIC, es de tal forma, que las perspectivas cilíndricas obtenidas por drones tienden a mayor cobertura y solapamiento de imágenes que las perspectivas cónicas obtenidas con celulares cuyos fotógrafos estaban sujetos al suelo, sin embargo, también se evidenció que existe una relación proporcional entre la amplitud del cono dibujado y la confianza de los modelos procesados, es así que a mayor distancia del objeto en escena mayor será la información y confianza obtenida.

Paralelamente, el desarrollo de los instrumentos “Ficha de registro de datos preliminares...” y “Matriz Comparativa...” representan aportes significativos en la construcción de soportes documentales para la conservación del patrimonio mediante técnicas de digitalización fotogramétrica, ya que en estos se registra y categoriza la información para dar continuidad al análisis de la data, y por consiguiente, aporta a la consolidación y validación de esta técnica, que tal como se menciona al inicio de este documento, es un concepto de este siglo que se sigue construyendo.

Siguiendo con el procesamiento fotogramétrico, se determina que en materia de factibilidad, la aplicación para celulares Magiscan, permite capturar y procesar modelos de alta confianza, es de tal forma, que en situaciones con bajo presupuesto o en condiciones de respuesta inmediata, esta app resulta una buena opción siempre y cuando se tenga presente las limitaciones de la misma, tales como la cantidad de fotos (45 en free trial), la reducida interoperabilidad



(compatibilidad de exportación de archivos) y el carente respaldo de procesamiento que permita comprender la confianza de la información rescontruida digitalmente.

En cambio, el software de procesamiento fotogramétrico Agisoft Metashape, cuenta con un flujo de trabajo estructurado el cuál permite manipular y comprender la información procesada así como filtrar la data tridimensional por rangos de confianza y generar informes detallados de procesamiento, éste amplio abanico de beneficios es proporcional al tiempo de procesamiento y requerimientos de equipo, por ende, este software es una opción bastante viable para labores de digitalización e investigación donde se requiera experimentar con la información y se cuente con el suficiente presupuesto para invertir en recursos técnicos como licencias de uso y equipos de alto rendimiento así como recursos humanos capacitados para manejar el programa.

Continuando con el procesamiento y manipulación de la información, se destaca el uso del software de libre uso CloudCompare, el cuál representa un papel esencial no sólo para comparar nubes de puntos, sino también para calcular cuantitativamente la confianza de modelos 3D que carecen de nubes de puntos, esto con la condición de tener una nube de puntos de referencia de muy alta confianza que permita determinar tal operación. Por otra parte, prospectivamente, este programa puede ser empleado para determinar los cambios que sufren los BIC a lo largo del tiempo siempre y cuando se posea el respaldo informativo para realizar estas comparaciones morfológicas.

En tema de informar materia, se observó que los clones resultantes tuvieron ciertas falencias morfológicas debido a la confianza de la información de origen y la técnica de reconstrucción por impresión 3D, la cual limita la replicación de la información en escala y morfología, de este modo, la impresión 3D representa un puente entre lo virtual y lo físico que influye en el decrecimiento de la confianza y por consecuente la pérdida de esencia.

Como instancias generales, se concluye que la preservación y salvaguarda del patrimonio material inmueble mediante técnicas fotogramétricas presenta gran viabilidad para respaldar la información y transmitirla a las futuras generaciones, para esto es necesario contar el respaldo de las entidades del Estado, organizaciones y el apoyo de la ciudadanía en general para identificar, capturar y procesar la data. A pesar de que esta técnica puede ser realizada de forma profesional o amateur por cualquier persona u organización, lo ideal es construir colectivamente bases de datos altamente confiables y en constante actualización.

En relación a este último tópico, es relevante mencionar la importancia de construir y preservar colectivamente bases de datos mediante la constante actualización de la información, por lo tanto, construir bases de datos no es sinónimo de producción en masa sobre las mismas fuentes primarias, sino al contrario, es la unificación veraz de la data en aras de ser considerada como original llegado el caso en que la fuente primaria desaparezca algún día del plano tangible, esta continuará existiendo en información.

## RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones relacionadas con lo que aquí se presentó, se enlistan los siguientes puntos a tener en cuenta:

### **Planificación y Registro de la Captura**

Antes de toda captura fotográfica, es importante realizar un reconocimiento del BIC objeto de estudio y del contexto dentro del que se localiza, esto con el objetivo de planificar la ruta de captura y reducir los contratiempos en campo. El instrumento “ficha de registro...” permite al investigador planear y dejar registrada la ruta de captura así como los factores contextuales incidentes. Esto funciona como referente para posteriores investigaciones que requieran repetir estas capturas o nuevas que se planteen realizar con otros BIC.

Así mismo, es recomendable contar con el apoyo y aprobación de entidades del Estado para acordonar el espacio dentro del cuál se realizarán las capturas, permitiendo controlar factores dinámicos como el tránsito peatonal y vehicular según el entorno dentro del que se ubique un BIC.

### **Dispositivos de Captura**

Si se cuenta con el suficiente apoyo económico, se recomienda emplear drones para obtener la suficiente cobertura de la información de un BIC, siempre y cuando el contexto físico sea idóneo para maniobrar estos dispositivos remotamente tripulados. Si el contexto no lo permite por razones de vegetación alta, infraestructura u otro origen, se recomienda combinar tomas aéreas y terrestres con dispositivos smartphone o cámaras fotográficas para acceder y complementar la cobertura de captura.

### **Propiedades de cámara**

A la hora de llevar a cabo la captura de fotos, es recomendable precalibrar la cámara del dispositivo que vaya a emplear acorde a la incidencia de la luz: Si las condiciones lumínicas son mayormente directas es viable ajustar la apertura del diafragma en valores entre  $f/8$  y  $f/11$  para reducir la sobreexposición y aumentar la profundidad de campo de la imagen, en cuanto a la velocidad de obturación se recomiendan una velocidad no superior a  $1/200$  s para evitar desenfoques y prolongación en la exposición, y en cuanto a la sensibilidad de la luz (ISO) es muy viable manejar un valor de ISO-100 para controlar el ruido visual.

Al contrario, si se desarrolla en condiciones de luz difusa, una apertura del diafragma de  $f/6$  es suficiente para obtener buena calidad en la profundidad de imagen, mientras que la velocidad de obturación y el ISO se pueden mantener igual que lo anterior. Finalmente, en un caso extremo de condiciones de baja iluminación, se recomienda subir los valores de estas propiedades para aumentar la incidencia de luz.

### **Iluminación**

En la fotogrametría se busca tener una definición e iluminación uniforme de las superficies del elemento en escena si se desarrolla en exteriores, por ello es ideal evitar sombras duras y destellos no deseados, por lo tanto a mayor tendencia de iluminación difusa mejor será la información capturada. Este tipo de escenarios lumínicos se manifiestan en días nublados y de posible lluvia, esto se puede preveer usando reportes meteorológicos o apps del clima como The Weather Chanel (desarrollada por la IBM) que comúnmente es empleada por dispositivos android.

Por otra parte, si la captura se va a desarrollar bajo condiciones lumínicas artificialmente controladas, se recomienda iluminar uniformemente todas las superficies del elemento en escena, si es posible atenuar las luces mucho mejor será imágenes resultantes.

### **Perspectiva de Captura**

En complemento a los dispositivos de captura, se recomienda siempre orbitar alrededor del objeto en escena si este se presenta en condición de elemento aislado, si por lo contrario, se encuentra como elemento adosado, es recomendable orbitar alrededor de las fachadas visibles. Si las tomas son realizadas con dron, es posible hacer tomas paralelas a las superficies, sin embargo, si no se cuenta con este tipo de dispositivos, se puede orbitar sobre el suelo sosteniendo un celular o cámara fotográfica desde una distancia proporcional al BIC generando un ángulo entre entre  $45^\circ$  y  $55^\circ$  para cubrir la mayor cantidad de información visible.

### **Solapamiento de imágenes**

El solapamiento de imágenes corresponde a la yuxtaposición entre foto y foto, por lo general se recomienda que haya un 50% de solapamiento entre imágenes, por ello se recomienda que la captura sea continua para evitar vacíos informativos que pueden repercutir posteriormente en deformaciones en el procesamiento fotogramétrico.

### **Procesamiento fotogramétrico**

De acuerdo a los intereses que se establezcan con los modelos procesados se recomienda en primer lugar emplear la aplicación de celular Magiscan si se desea digitalizar la información como respuesta inmediata y no se posee los equipos ni los programas pertinentes para realizar la reconstrucción digital. Por otro lado, si el objetivo de la fotogrametría es obtener información

controlable y cuantificable, se recomienda emplear el software Agisoft Metashape con parámetros altos para la generación de nubes de puntos, niveles de confianza, mallas y texturas.

### **Informar Materia**

Si la reconstrucción física se va a realizar por impresión 3D, es recomendable realizarla con equipos de gran formato si el objetivo es imprimir en una sola pieza, así mismo es posible segmentar cromáticamente por piezas si se desea obtener resultados visualmente similares a las datos de origen con el apoyo de softwares como blender, 3dbuilder, meshmixer, entre otros. En cambio si el objetivo de la reconstrucción es el detalle, se puede optar por impresión en resina, sin embargo, se debe prever el límite reducido del formato de impresión por esta técnica.

Existe también la posibilidad de replicar la información mediante técnicas como el fresado, la impresión en concreto e inclusive en arcilla, evidentemente estas técnicas emplean otras formas de reconstrucción pero abren las puertas a experimentar con otro tipo de materiales, escalas y definiciones.

## REFERENCIAS

- Agisoft. (2021). *Intelligent photogrammetry*. Obtenido de <https://www.agisoft.com/>
- Alcaldía de San José de Cúcuta. (2022). *Planeación*. Obtenido de Alcaldía de San José de Cúcuta: <https://cucuta.gov.co/conozca-el-proceso-para-declarar-un-inmuebles-como-bien-patrimonial/>
- AR Generation. (s.f.). *Magiscan*. Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.argeneration.teleportscanner>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*. Episteme.
- Bartlett, R. (Dirección). (2019). *El Dorado City of Gold ( Ciudades Perdidas con Albert Lin, Temp. 1, Cap. 3)* [Serie]. Recuperado el 17 de Febrero de 2023, de <https://www.disneyplus.com/es-419/series/ciudades-perdidas-con-albert-lin/4j7q4cqOWOjO>
- Bermúdez, G. (19 de enero de 2012). *121. - Parque Colón o de la Victoria*. Obtenido de Crónicas de Cúcuta: <http://cronicasdecucuta.blogspot.com/2012/01/121-parque-colon-o-de-la-victoria.html>
- Bermúdez, G. (18 de septiembre de 2012). *241. - Monumento Cristo Rey*. Obtenido de Crónicas de Cúcuta: <http://cronicasdecucuta.blogspot.com/2012/09/241-monumento-cristo-rey.html>
- Bermúdez, G. (26 de febrero de 2013). *338. - Capilla del Carmen*. Obtenido de Crónicas de Cúcuta: <http://cronicasdecucuta.blogspot.com/2013/02/338-capilla-del-carmen.html>

- Bouza, J. B., Comesaña, A., y Gonzalez, L. (2013). Métodos basados en el cad para su aplicación en la reconstrucción de piezas arqueológicas. *Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín*.
- Buill, F., Núñez, A., y Rodríguez, J. (2003). *Fotogrametría Analítica*. Edicions UPC.
- Buill, F., Núñez, A., y Rodríguez, J. (2008). *Fotogrametría Arquitectónica*. Barcelona: Edicions UPC.
- CloudCompare. (s.f.). *CloudCompare 3D point cloud and mesh processing software Open Source Project*. Obtenido de <http://www.cloudcompare.org/>
- Cogima, C., Nascimento, R., Paiva, P., Carvalho, M., y Dezen-Kempton, E. (2020). Scan-to-HBIM applied to the Oscar Niemeyer's Church of Pampulha. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, 117-134.
- Constitución Política de Colombia. (1991).
- Croce, V., Caroti, G., De Luca, L., Jacquot, K., Piemonte, A., y Véron, P. (2021). From the Semantic Point Cloud to Heritage-Building Information Modeling: A Semiautomatic Approach Exploiting Machine Learning. *Remote Sensing*, 1-34.
- Cuestas, E. (2009). Variables. *Revista de la Facultad de Ciencias Medicas*, 66(3), 119-122.
- De Mora, M. S. (2009). Finito o Infinito: una cuestión de gusto. *Ontology studies*, 43-54.
- Echavez, L., y Poveda, J. (2022). Modelación 3d del Cordón Amurallado de la ciudad de Cartagena de indias Caso de estudio: Tramo comprendido entre el baluarte de Santo Domingo hasta el Baluarte de San Ignacio.



- Eiroa, P. L. (2019). POST-DIGITAL AS DESIGN AUTHORSHIP In Informed Material Processes. En A. Sprecher, y C. Ahrens, *Instabilities and Potentialities* (págs. 136-149). Routledge.
- Equipo BIMnD. (2022). *Guía rápida para quitarte el miedo a trabajar con Nube de Puntos 3D*. Obtenido de <https://www.bimnd.es/trabajar-con-nubes-de-puntos-miedo-fuera/>
- Erl, A. (2012). *Memoria Colectiva y Culturas del Recuerdo (edición traducida al español)*. Ediciones Uniandes.
- Estrada, L. E. (2014). La búsqueda del arché. Un comentario sobre Aristóteles y el pensamiento presocrático. *Versiones Revista de Filosofía*, 65-79.
- García Herreros, A. (1983). *Monografía de Cúcuta*. Cúcuta: Litos Ltda.
- Goodrick, D. (2014). Estudios de caso comparativos. *Unicef*.
- Hernández, L. (2016). *Andarte*. Obtenido de <https://www.andartearte.com/el-concepto-de-patrimonio-cultural/#:~:text=A%20grandes%20rasgos%20el%20t%C3%A9rmino,o%20arqueol%C3%B3gico%2C%20entre%20muchos%20otros.>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. McGraw-Hill.
- ISPRS. (s.f.). *ISPRS - Antecedentes históricos*. Obtenido de <https://www.isprs.org/society/history.aspx>
- Kundera, M. (2010). *La memoria humana*. Caracas: Banco Central de Venezuela.
- La Opinión. (2001). *Monografía Ilustrada de San José de Cúcuta*. Cúcuta: La Opinión.

La Opinión. (2004). *Cúcuta un recorrido por sus barrios y comunas*. Cúcuta: La opinión.

La Opinión. (7 de noviembre de 2019). *Parque La Victoria, el nuevo emblema del centro de Cúcuta*. Obtenido de La Opinión: <https://www.laopinion.com.co/cucuta/parque-la-victoria-el-nuevo-emblema-del-centro-de-cucuta>

LLOYD, G. (2007). *Aristóteles*. Buenos Aires: Prometeo Libros.

Lucet, G. (2017). *Fotogrametría y Patrimonio Registro y Representación*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Mañana, P., Rodríguez, A., y Blanco, R. (2008). Una experiencia en la aplicación del Láser Escáner 3D a los procesos de documentación y análisis del Patrimonio Construido: su aplicación a Santa Eulalia de Bóveda (Lugo) y San Fiz de Solovio (Santiago de Compostela). *ARQUEOLOGÍA DE LA ARQUITECTUR*, 5, 15-32.

Mejía, T. (2018). INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL: DEFINICIÓN, TIPOS Y EJEMPLOS.

Ministerio de Cultura. (2009). Decreto número 763 de 2009.

Ministerio de Cultura. (2010). Resolución 983 de 2010.

Ministerio de Cultura. (s.f.). *Bienes de Interés Cultural del Ámbito Nacional*. Obtenido de <https://www.mincultura.gov.co/areas/patrimonio/unesco/bicnal/Paginas/default.aspx#:~:t=Se>

Montoto, M. (1996). Técnicas no destructivas aplicadas a la conservación del patrimonio histórico. *Cuadernos*, 85-94.

NMás. (12 de enero de 2023). *El David de Miguel Ángel: Datos curiosos de esta escultura de mármol - Expreso de la Mañana*. Obtenido de Youtube:

[https://www.youtube.com/watch?v=Tbc2XeXyILMyab\\_channel=Nm%C3%A1s](https://www.youtube.com/watch?v=Tbc2XeXyILMyab_channel=Nm%C3%A1s)

Perez, R., y Ferreiro, J. (2012). La arquitectura efímera de los kioscos para la música: memoria histórico-gráfica del templete de la plaza Carlos Navarro Rodrigo de Alicante. *EGE: Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, 79-90.

Real Academia Española. (s.f.). Forma. *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/forma>

Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. *Tecnología, Investigación y Academia (TIA)*, 5(2), 257-261.

Rodríguez de las Heras, A. (2004). Espacio digital. Espacio Virtual. *Revista Debats*.

Salgado González, S. (2012). *La Filosofía der Aristóteles*. Cuadernos Duererías.

Salvador, E. (2020). Protocolo hbim para una gestión eficiente del uso público del patrimonio arquitectónico.

Semana S.A. (10 de Enero de 2020). Santiago Giraldo, el antropólogo colombiano que descubrió un nuevo tesoro de los tayronas. *Semana*. Obtenido de <https://www.semana.com/gente/articulo/santiago-giraldo-el-antropologo-colombiano-que-descubrio-un-nuevo-tesoro-de-los-tayronas/647627/>

Serrano, V. (2018). LAS FICHAS DE REGISTRO: INSTRUMENTOS PARA LA OBSERVACIÓN. Obtenido de <https://psicosociosanitario.blogspot.com/>

- Tomasini , A. (2015). Memoria y Recuerdo. *Mutatis Mutandis: Revista Internacional de Filosofía*, 11-26.
- UFPS, d\_lab [@d\_lab\_ufps]. (22 de Noviembre de 2022). *Las unidades de información anteceden la materia y la energía, por tanto son estas las que crean la realidad / Vlatko Vedral*. Cúcuta. Obtenido de <https://www.instagram.com/p/CIWUXetAeSQ/>
- UNESCO. (1972). *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*. Paris. Obtenido de <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>
- UNESCO. (2003). *Carta sobre la preservación del patrimonio digital*.
- UNESCO. (2003). *Directrices para la preservación del patrimonio digital*.
- UNESCO. (2021). *El patrimonio digital*. Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/information-preservation/digital-heritage>
- UNESCO. (2021). *Patrimonio cultural*. Obtenido de <https://es.unesco.org/fieldoffice/santiago/cultura/patrimonio>
- Villa Carrero, J. (s.f.). Experimentación compleja la materia y sus formas II fase.
- Villa Carrero, J. M. (2022). Photogrammetry Workshop d\_lab.
- Villa-Carrero, J. M. (2023). Revivir el patrimonio extinto a partir de la contigüidad de lo virtual. *Respuestas*, 28(3), 6–21. <https://doi.org/10.22463/0122820X.3121>
- Villa, J. M., y Maldonado, Á. (2018). Informed Matter, Design and its Relationship to Force Dynamics. *xxii congresso da sociedade iberoamericana de gráfica digital*. São Carlos.

Zamora Martinez, M. C. (2017). La tecnología LiDAR, herramienta útil para el estudio de la biodiversidad. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(39), 4-6.

Zingano, M. (2003). Forma, Matéria e Definição na Metafísica de Aristóteles. *Campinas*, 13(2), 277-299.