



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE ARQUITECTURA

**FOTOGRAMETRÍA COMO MÉTODO PARA EL
LEVANTAMIENTO DEL MONUMENTO DEL TEMPLO DE
NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN. ANTIGUA
GUATEMALA**

Guatemala, mayo de 2024

Proyecto desarrollado por: Marcelo Andrés Asturias Cabrera
Al conferirse el título de: Arquitecto, en el grado académico de Licenciatura

"Me reservo los derechos de autor haciendo responsable de las doctrinas sustentadas adjuntas, en la originalidad y contenido del Tema, en el Análisis y Conclusión final, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos"

JUNTA DIRECTIVA

Decano Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini

Vocal II Msc. Lcda. Ilma Judith Prado Duque

Vocal III Arqta. Mayra Jeanett Díaz Barillas

Vocal IV Br. Oscar Alejandro La Guarda Arriola

Vocal V Br. Laura del Carmen Berganza Pérez

Secretario M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegría

TRIBUNAL EXAMINADOR

Decano Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini

Secretario M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegría

Arq. Al Moshe Asturias Romero Asesor

Dra. Brenda Janeth Porras Godoy Asesor

Arq. Herman Arnoldo Búcaro Méndez Asesor

DEDICATORIA

A Dios

Por ser ese fiel amigo que me acompañó en lo secreto y que hoy me ha dado salud y vida para cumplir una meta y un sueño más.

A mis padres

Por apoyarme hasta el último día y compartir conmigo cada logro con alegría, por siempre creer que podría lograrlo y, sobre todo, por nunca dejarme solo.

A mi hermano

Por las charlas nocturnas e incitarme a ser mejor cada día. Por sus consejos y observaciones, que me han nutrido tanto.

A mis mejores amigos

Por esas largas conversaciones mientras jugábamos, por sus palabras de ánimo, y palabras de aliento, por nunca dejar de creer en mí y, sobre todo, por ayudarme a superar los momentos de la Universidad con sus chistes y alegría.

A mi novia

Porque siempre creíste en mí, por apoyarme en cada momento, por ser esa fiel compañera que siempre está ahí y ser ese motor que me ayudaba día a día a ser mejor.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores

Por apoyar la realización de este proyecto y por transmitir sus conocimientos.

A el CNPAG

Por haberme abierto las puertas de su institución y permitirme realizar este proyecto y haberme proporcionado todas las ayudas necesarias para llevarlo a cabo.

Al Dr. Javier Quiñonez

Por haberme recibido en mi periodo de EPS en el CNPAG, por haber creído.

RESUMEN

La fotogrametría y el levantamiento arquitectónico son procesos complejos y detallados, requieren de equipos complejos y en ocasiones especializados. Los levantamientos fotogramétricos son ventajosos porque permiten capturar detalles que serían inaccesibles de otra manera, como en fachadas rodeadas de propiedades privadas o en espacios cerrados. Posteriormente, durante la etapa de procesado, se genera la nube de puntos densa, a partir de ahí el modelo del templo se separa para obtener modelos más ligeros y una visualización más fácil. Además, esto permite exportar los datos a otros programas como Autodesk ReCap o Blender.

La protección de La Antigua Guatemala como patrimonio de la humanidad es crucial para preservar su historia, así mismo es necesario facilitar diagnósticos de los monumentos que deban de ser intervenidos o con el simple hecho de tener que ser digitalizados para su preservación. Por eso es necesario hacer uso de nuevas herramientas y tecnologías como la fotogrametría, de ahí que es necesario realizar procedimientos que permitan ahorrar tiempo y prolongar la vida útil de los equipos y el tiempo que se necesita para digitalizar un monumento. El proceso de fotogrametría destaca la importancia de seguir un orden estricto para aumentar la calidad y evitar errores que puedan requerir levantamientos adicionales. Para alcanzar la calidad requerida en los levantamientos, se requiere el uso adecuado de herramientas como drones, escáneres láser y cámaras fotográficas.

Dentro de los procesos necesarios por seguir se destaca la necesidad de verificar las alturas máximas de vuelo al utilizar drones, especialmente en áreas con restricciones aéreas. En el procesamiento de datos, se destaca la importancia de seguir un orden metodológico para garantizar la calidad del levantamiento y evitar rectificaciones posteriores.

Los alcances de un levantamiento fotogramétrico para preservar monumentos, posibilita la capacidad de llevar a cabo trabajos técnicos de conservación, restauración y visualización. La información recopilada se emplea para crear planos técnicos detallados y supervisar las labores de restauración, garantizando así la preservación adecuada de los monumentos históricos.

Este proceso de levantamiento fotogramétrico, mediante el uso de tecnologías como drones y softwares especializados, se convierte en una valiosa herramienta que llega a tener la capacidad para documentar de manera precisa y detallada el estado actual y características de los monumentos, facilitando su estudio y futuras intervenciones de conservación.

En las distintas pruebas se recabó información de la factibilidad para realizar los levantamientos fotogramétricos y así estudiar sus alcances y su calidad, por lo que se realizaron levantamientos en el monumento de la Recolección y el monumento de los Remedios, por sus características constructivas, su estado actual y diversos factores que se tomaron en cuenta para realizar un levantamiento fotogramétrico.

El monumento de Nuestra Señora del Carmen sirvió para practicar todo lo aprendido y que se presenta en este documento, con la finalidad, primero de dar un apoyo al CNPAG con el registro y la evaluación de los monumentos, segundo, demostrar que estas herramientas son capaces de entregar resultados profesionales y, por último, dar un aporte a la sociedad guatemalteca, divulgando los modelos 3D generados.

El preservar la historia de Guatemala es el deber de todos, no solo de las instituciones encargadas de velar por la protección de los bienes muebles e inmuebles, mucho de estas edificaciones representan un gran valor no solo artístico, sino que también histórico.

La fotogrametría no es algo nuevo, se viene hablando de esto desde hace varias décadas atrás, sin embargo, en Guatemala su uso no es tan cotidiano como en otras partes del mundo, por lo que es un buen punto de partida hacer uso de esto como lo es la documentación y virtualización del patrimonio guatemalteco.

ÍNDICE

JUNTA DIRECTIVA.....	I
TRIBUNAL EXAMINADOR.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	X
CAPÍTULO PRIMERO	1
INTRODUCCIÓN	5
PROBLEMA	7
ANTECEDENTES	10
JUSTIFICACIÓN	11
DELIMITACIÓN DEL TEMA.....	13
<i>DELIMITACIÓN ESPACIAL</i>	14
<i>DELIMITACIÓN TEMPORAL</i>	14
OBJETIVOS	16
<i>GENERAL</i>	16
<i>ESPECÍFICOS</i>	16
METODOLOGÍA	17
<i>INVESTIGACIÓN TEÓRICA</i>	17
<i>INVESTIGACIÓN EMPÍRICA</i>	17
<i>PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y RESULTADOS</i>	18
CAPÍTULO SEGUNDO	19
REFERENTE HISTÓRICO NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	23
HISTORIA, METODOLOGÍA Y ALCANCE DEL LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO..	29
LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO.....	32
LA FOTOGRAFÍA.....	34
1. <i>La primera cámara fotográfica y la primera fotografía</i>	34

2. <i>La fotografía analógica</i>	35
3. <i>La fotografía digital</i>	36
ORTO FOTOGRAFÍA	38
EL USO DE LA FOTOGRAFÍA EN LA ARQUITECTURA	40
LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO	45
<i>Fotogrametría análoga</i>	46
<i>Fotogrametría analítica</i>	46
<i>Fotogrametría digital</i>	46
<i>Fotogrametría por escáner laser</i>	46
CONTEXTO DEL LUGAR	48
<i>SACATEPÉQUEZ</i>	48
<i>LA ANTIGUA GUATEMALA</i>	48
<i>LOCALIZACIÓN</i>	49
CONTEXTO CULTURAL	49
LEGISLACIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE MONUMENTOS PATRIMONIALES	50
LEYES CONSTITUCIONALES Y LEYES ESPECIALES	51
DECRETO NÚMERO 26-97 Y SUS REFORMAS	52
LEY PROTECTORA DECRETO 60-69	53
CARTA DE ATENAS, CONFERENCIA DE ATENAS (1931).....	56
CARTA DE VENECIA CARTA INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS Y CONJUNTOS HISTÓRICOS (1964)	57
CAPÍTULO TERCERO	59
ENSAYOS PREVIOS EN DISTINTOS MONUMENTOS	63
<i>MONUMENTO DE LA REMEDIOS</i>	64
<i>MONUMENTO DE LA RECOLECCIÓN</i>	67
EQUIPO UTILIZADO PARA LA FOTOGRAMETRÍA	69
<i>Dron DJI Mavic Air 2S</i>	69
<i>Dron DJI Mini SE</i>	69
<i>Cámara Nikon Z50</i>	70
<i>Cámara 360°</i>	71
<i>Matterport Pro-2</i>	71

GPS	72
SOFTWARES.....	72
<i>Aplicaciones para computadoras.....</i>	<i>73</i>
<i>Aplicaciones para móviles.....</i>	<i>78</i>
METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO Y OBTENCIÓN DE DATOS	80
INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y GABINETE	80
<i>Etapa de reconocimiento</i>	<i>80</i>
<i>Etapa de gabinete</i>	<i>81</i>
PROGRAMACIÓN DE VUELOS Y PROCESADO	82
<i>Etapa de programación de vuelos</i>	<i>82</i>
<i>Etapa de procesado</i>	<i>82</i>
ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DEL LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO DEL MONUMENTO	83
<i>Etapa de análisis</i>	<i>83</i>
<i>Etapa de visualización</i>	<i>84</i>
REGISTRO FOTOGRAMÉTRICO DEL MONUMENTO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	86
INTERPRETACIÓN, ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y VISUALIZACIÓN DEL MONUMENTO	101
COMPARACIÓN	102
ANÁLISIS.....	109
VISUALIZACIÓN 3D	115
EFFECTOS DE LA FOTOGRAMETRÍA	118
PRESUPUESTO	118
PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN	118
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN	119
CAPÍTULO CUARTO	139
CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES.....	145
ANEXOS	147
GLOSARIO	161
1. Fotogrametría	161

1.1. definición.....	161
2. Cámara fotográfica.....	162
3. Dron.....	162
4. Levantamiento arquitectónico.....	162
5. Patrimonio cultural.....	162
5.1. Monumento.....	163
6. Conservación.....	163
7. Santuario.....	163
8. Ermita.....	163
9. Templo.....	164
10. Iglesia.....	164
11. Capilla.....	164
BIBLIOGRAFÍA.....	165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.....	7
ILUSTRACIÓN 2. SECCIÓN LONGITUDINAL DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.	9
ILUSTRACIÓN 3. UTILIZACIÓN DEL EQUIPO MATTERPORT PRO 2 PARA EL LEVANTAMIENTO TERRESTRE.	12
ILUSTRACIÓN 4. DELIMITACIÓN TERRITORIAL.	14
ILUSTRACIÓN 5. TEMPLO DEL CARMEN.....	24
ILUSTRACIÓN 6. TEMPLO DEL CARMEN AÑO 1938.	25
ILUSTRACIÓN 7. INTERIOR DEL TEMPLO	26
ILUSTRACIÓN 8. TEMPLO DEL CARMEN.....	27
ILUSTRACIÓN 9. CUERPO SUPERIOR	28
ILUSTRACIÓN 10. PRIMERA FOTOGRAFÍA DE LA HISTORIA.	35
ILUSTRACIÓN 11. FOTOGRAFÍA AÉREA TOMADA EN AGOSTO DE 2023.	37
ILUSTRACIÓN 12. IMAGEN ORTO RECTIFICADA DE LA FACHADA DEL TEMPLO DE LOS REMEDIOS.	39
ILUSTRACIÓN 13. ANTIGUO TEATRO COLÓN	40
ILUSTRACIÓN 14. FOTOGRAFÍA DEL SANTUARIO DE SAN FELIPE	41
ILUSTRACIÓN 15. ANTIGUA PORTA DEL TEMPLO DE LA RECOLECCIÓN	42
ILUSTRACIÓN 16. FOTOGRAFÍA DE LA ERMITA DEL ESPÍRITU SANTO	43
ILUSTRACIÓN 17. ANTIGUO PALACIO DE GOBIERNO.	44
ILUSTRACIÓN 18. CREACIÓN DE UN MODELO FOTOGRAMÉTRICO.	45
ILUSTRACIÓN 19. EJEMPLO DE UN MODELO DE NUBE DE PUNTOS Y BIM.	47
ILUSTRACIÓN 20. DRONES UTILIZADOS PARA REALIZAR EL LEVANTAMIENTO AÉREO.	63
ILUSTRACIÓN 21. FOTOGRAFÍA DEL TEMPLO DE LOS REMEDIOS.	64
ILUSTRACIÓN 22. INSPECCIÓN DEL ÁREA A LEVANTAR.	65
ILUSTRACIÓN 23. SEGUIMIENTO DEL VUELO DE DRON.	66
ILUSTRACIÓN 24. RESULTADO DEL LEVANTAMIENTO.....	67
ILUSTRACIÓN 25. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL TEMPLO DE LA RECOLECCIÓN.	68
ILUSTRACIÓN 26. DRON DJI MAVIC AIR 2S.....	69
ILUSTRACIÓN 27. DRON DJI MINI SE.	70
ILUSTRACIÓN 28. CÁMARA NIKON Z50.....	70
ILUSTRACIÓN 29. CÁMARA MATTERPORT PRO 2.....	71
ILUSTRACIÓN 30. PLAN DE VUELO REALIZADO DESDE LA APLICACIÓN DRONLINK.....	81
ILUSTRACIÓN 31. ORGANIZACIÓN DE CARPETAS SEGÚN EL TIPO DE INFORMACIÓN.....	84
ILUSTRACIÓN 32. MODELO 3D SUBIDO A LA PLATAFORMA DE SKETCHFAB.....	85

ILUSTRACIÓN 33. COLUMNAS DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.	86
ILUSTRACIÓN 34. PLAN DE VUELO ESTABLECIDO.	87
ILUSTRACIÓN 35. ESTRUCTURACIÓN DE CHUNKS.	88
ILUSTRACIÓN 36. ORGANIZACIÓN FINAL DE CHUNKS.	89
ILUSTRACIÓN 37. CONFIGURACIÓN PARA ORIENTACIÓN DE FOTOS.	91
ILUSTRACIÓN 38. LIMPIEZA DE PUNTOS DE PASO.	92
ILUSTRACIÓN 39. RESULTADO DE LOS PUNTOS DE PASO YA LIMPIOS.	92
ILUSTRACIÓN 40. CONFIGURACIÓN PARA CREACIÓN DE LA NUBE DE PUNTOS Densa.	93
ILUSTRACIÓN 41. RESULTADO DE LA NUBE DE PUNTOS Densa.	94
ILUSTRACIÓN 42. CONFIGURACIÓN PARA LA CREACIÓN DE LA MALLA.	95
ILUSTRACIÓN 43. CONFIGURACIÓN PARA EL MODELO DE TESELAS.	96
ILUSTRACIÓN 44. CONFIGURACIÓN PARA LAS TEXTURAS, RESOLUCIÓN 12K.	97
ILUSTRACIÓN 45. RESULTADO DE LA ORTO RECTIFICACIÓN.	98
ILUSTRACIÓN 46. SEPARACIÓN DEL TEMPLO DEL RESTO DE LA CUADRA.	99
ILUSTRACIÓN 47. TEMPLO COMPLETAMENTE SEPARADO.	100
ILUSTRACIÓN 48. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.	102
ILUSTRACIÓN 49. TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DE EL CARMEN, FOTOGRAFÍA	103
ILUSTRACIÓN 50. VENTANA DEL CORO E IMAGEN DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	104
ILUSTRACIÓN 51. RENDERIZACIÓN DEL MODELO 3D.	106
ILUSTRACIÓN 52. PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.	108
ILUSTRACIÓN 53. ESTUCOS ENCONTRADOS EN EL MURO DEL TEMPLO.	110
ILUSTRACIÓN 54. SEGUNDO CUERPO DE LA FACHADA DEL TEMPLO.	111
ILUSTRACIÓN 55. MURO TESTERO DEL TEMPLO.	113
ILUSTRACIÓN 56. ORTOFOTO DE LA PLANTA DEL TEMPLO.	114
ILUSTRACIÓN 57. MODELO 3D DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN.	116
ILUSTRACIÓN 58. FOTOMONTAJE DEL MODELO 3D Y FOTOGRAFÍA DE MUYBRIDGE.	117
ILUSTRACIÓN 59. ARQUITECTO AL MOSHE REALIZANDO VUELOS DE DRON.	147
ILUSTRACIÓN 60. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO MATTERPORT PRO 2.	148
ILUSTRACIÓN 61. LOCALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS DETECTADAS POR AGISOFT.	149
ILUSTRACIÓN 62. MODELO DE TESELAS.	149
ILUSTRACIÓN 63. COLOCACIÓN DE MARCADORES.	150
ILUSTRACIÓN 64. FACHADA PRINCIPAL DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DE EL CARMEN.	150
ILUSTRACIÓN 65. SECCIÓN TRANSVERSAL CON VISTAS AL SOTACORO Y VENTANA OCTOGONAL DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DE EL CARMEN.	151
ILUSTRACIÓN 66. SECCIÓN LONGITUDINAL DEL TEMPLO DE NUESTRA SEÑORA DE EL CARMEN.	152
ILUSTRACIÓN 67. FICHA TÉCNICA "ANTES".	153

ILUSTRACIÓN 68. FICHA TÉCNICA "CAMPO".155

ILUSTRACIÓN 69. FICHA TÉCNICA "DESPUÉS".158

ILUSTRACIÓN 70. EJEMPLO DE FICHA VACÍA.159



"El éxito consiste en poder ir de fracaso en fracaso sin perder entusiasmo". Winston Churchill

CAPÍTULO PRIMERO

*DISEÑO DE LA
INVESTIGACIÓN*



INTRODUCCIÓN

El patrimonio arquitectónico y el monumento Nuestra Señora de El Carmen en La Antigua Guatemala juegan un papel fundamental en la conexión entre generaciones. No se trata solo de edificios, sino de una parte tangible de la historia que permite a las generaciones actuales adentrarse en la identidad de la sociedad. Este monumento en particular es considerado un símbolo histórico, lo que hace crucial su preservación y comprensión para las próximas generaciones.

Preservar y documentar este legado arquitectónico es un compromiso trascendental que desafía constantemente a los profesionales a encontrar formas innovadoras de abordar la complejidad de documentar a estas estructuras históricas. En este contexto, las nuevas tecnologías aparecen como un aliado prometedor. La fotogrametría es una herramienta innovadora que puede revolucionar los métodos tradicionales de diagnóstico y levantamiento.

La fotogrametría permite crear modelos 3D detallados de monumentos y estructuras utilizando distintos métodos para lograrlo, como escáneres láser o una serie de fotografías. Esto facilita la documentación y proporciona una base sólida para la conservación y restauración. Además, esta técnica no invasiva preserva la integridad original del monumento al reducir el riesgo de daño durante el proceso de estudio. Estas innovaciones no solo preservan los monumentos físicamente, sino que también ayudan a comprender mejor su contexto histórico y cultural, permitiendo que las generaciones siguientes puedan apreciar la arquitectura en caso esta se pueda perder.



Ilustración 1. Templo de Nuestra Señora del Carmen.
FUENTE: FOTOGRAFÍAS ANTIGUAS DE ANTIGUA GUATEMALA.

PROBLEMA

En la actualidad el uso de la tecnología se ha vuelto esencial en el día a día, de tal forma toda empresa cuenta con herramientas digitales que les ayuda en los distintos procesos para lograr los proyectos planteados.

En el ámbito de la conservación se ha vuelto de vital importancia la documentación y digitalización de todo el patrimonio, ya sea por medio de fotografías, dibujos o medios digitales como los modelos 3d.

Al respecto, de la digitalización del patrimonio en Guatemala no es una práctica muy común, entre las causas de esta situación se encuentra el poco interés de digitalizarlo y en los entes que se dedican a preservar, la falta del conocimiento necesario o de aplicación de nuevos métodos para la documentación con este método.

Instituciones como el CNPAG (Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala) en La Antigua Guatemala, debido a falta de recursos y un personal bastante reducido, el realizar la tarea de documentar, digitalizar y levantar el patrimonio a cargo se vuelve una tarea titánica, por lo que se opta por dejar de un lado este tipo acciones, ya que demandan muchos recursos y tiempo.

La digitalización del patrimonio se encuentra muchas veces calcada de otros documentos como es el caso del citado libro de Verle Lincoln Annis, el cual cuenta con amplio levantamiento de los distintos monumentos de la ciudad colonial.

En ese sentido la fidelidad de estos levantamientos puede ir variando a lo largo de los años, puesto que el libro de Verle Annis fue realizado en 1968, ya han pasado más de 55 años de la documentación de los monumentos y muchos sufrieron daños en el terremoto de 1976.

Por lo tanto, no ha habido actualización de estos levantamientos, y muchos de ellos quedando en el olvido ya que nunca se digitalizaron. Los que aún siguen en pie han sufrido deterioros a lo largo de las décadas y aún siguen sin ser digitalizados, no cuentan con planos, mucho menos un modelo 3D, en la mayoría de los casos la única documentación que existen de estos es una fotografía seguramente tomada por algún turista.

Uno de los monumentos con este caso de falta de digitalización es el antiguo templo de El Carmen, el cual no cuenta con un registro o documentación técnica, así como un objeto 3D para su visualización.

La digitalización del patrimonio es fundamental para su preservación en el futuro. Esto permitirá ver cómo fue y como se encuentra el estado inicial. Las futuras generaciones puedan apreciar del patrimonio, de cómo era en su época, y observar a través del tiempo como ha sufrido cambios en su estructura.

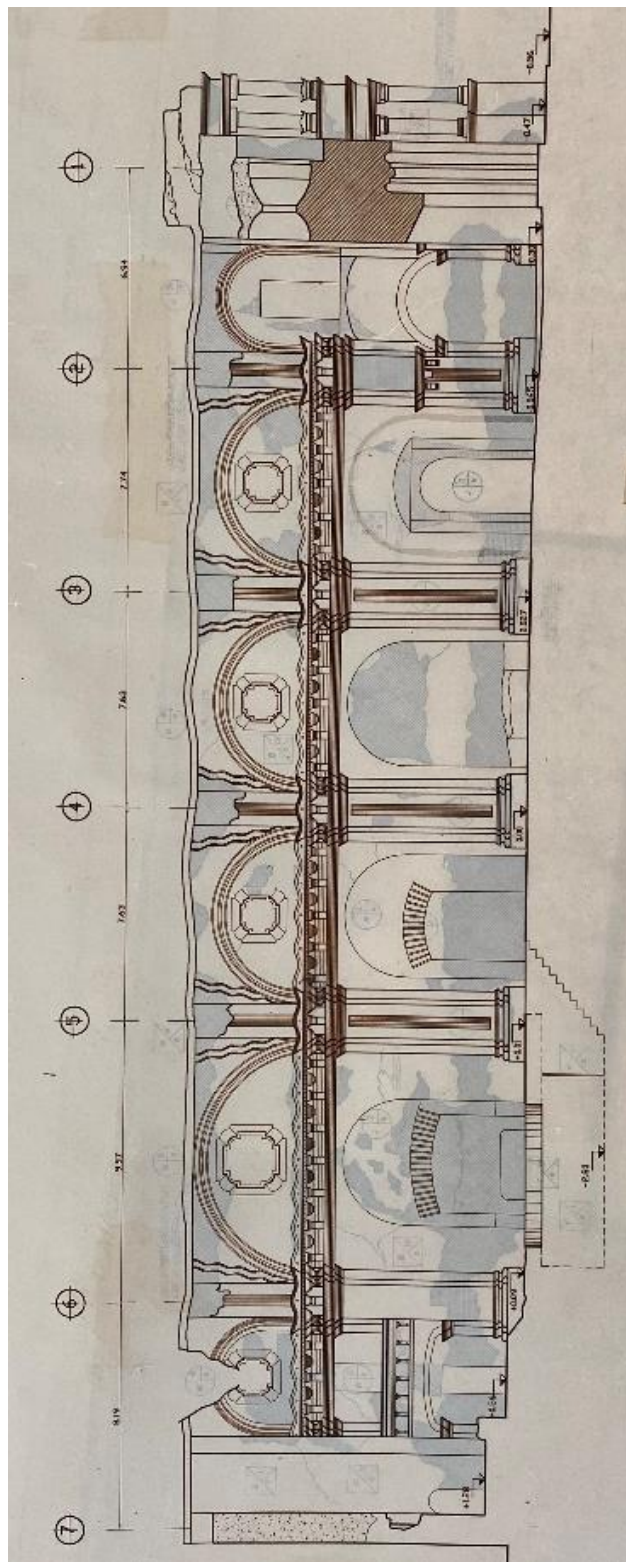


Ilustración 2. Sección Longitudinal del templo de Nuestra Señora de El Carmen.
FUENTE: CNPAG, AÑO 2002.

ANTECEDENTES

A lo largo de todos los procesos de restauración y conservación en los distintos monumentos de La Antigua Guatemala, se han utilizado varios métodos para el diagnóstico y levantamiento arquitectónico, sin embargo, este no siempre ha sido el caso. El método de los levantamientos siempre es el tradicional variando o solamente mejorando cierto tipo de instrumentos de campo, por ejemplo, de una cinta métrica a un metro láser.

El CNPAG¹ no ha realizado ningún proyecto de uso y de conservación del monumento de “El Carmen”, no es hasta en julio de 2022 que se empezaron los trabajos de restauración, pero con motivos de dar un soporte estructural al monumento, debido a que su estructura y falta de mantenimiento son críticos.

Respecto de los planos del monumento no se pueden asegurar que estos sean los suficientemente exactos como para realizar trabajos de conservación y reutilización, además de tomar en cuenta que fueron realizados hace más de 10 años, por lo que se puede presumir que la arquitectura y estructura del monumento sufrieron cambios, principalmente debido a condiciones naturales, tomando en cuenta los sismos de los últimos años.

Por otro lado, tampoco existe una base de datos que pueda ser consultada en cualquier momento, así como una biblioteca virtual que permita examinar los distintos monumentos, lo que lleva a tener un registro no tan público de los monumentos protegidos, a lo que lleva que nadie ajeno al CNPAG pueda indagar o buscar información mucho más concreta o fidedigna de cualquier monumento. Esta información no precisamente tiene que ser información técnica de los procesos de restauración, información como fotografías, planos de arquitectura o modelos 3D podrían ser elemento con una fuerte carga educativa.

¹ CONSEJO PARA LA PROTECCIÓN DE LA ANTIGUA GUATEMALA

JUSTIFICACIÓN

Debido a que el método de operación del CNPAG conlleva mucho tiempo debido a distintas situaciones internas, como un personal en el área técnica muy pequeño, sumado a esto una serie de múltiples proyectos, inspecciones, licencias y demandas que deben de atender, no se cuenta con el tiempo y los recursos para la digitalización de los monumentos dentro del perímetro urbano colonial,² por lo tanto, se ven obligados a trabajar por etapas y solicitar propuestas de revitalización y conservación a distintas facultades de arquitectura del país, sin embargo, existe otra limitante al hacer la solicitud de proyectos de este tipo, la falta de información que puede llegar a existir del monumento.

Por lo que se plantea el uso de nuevas herramientas con ayuda de la tecnología y dispositivos como drones y cámaras fotográficas para realizar levantamientos. Se pueden encontrar otras limitantes al hacer el uso combinado de las nuevas herramientas y las herramientas tradicionales (cinta métrica, metro láser, hoja, lápiz) y es que a la hora de trasladar todo esto a programas CAD³, el más utilizado es el software AutoCAD y muchas veces las medidas tomadas en campo pueden no llegar a ser exactas, incluso hasta tener diferencias de 1 metro, además de tener que escalar las imágenes tomando en cuenta que puede que estas no sean correctas en sus medidas.

Así que ¿Por qué no hacer uso de la tecnología y sus herramientas? Es así como surge la idea de hacer uso de la fotogrametría⁴ para realizar el diagnóstico y levantamiento del monumento, así mismo, realizar un seguimiento de los procesos de restauración y, sobre todo, lo más valioso para la conservación y

2 POLÍGONO CREADO PARA DELIMITAR EL ÁREA DE ACCIÓN E INTERVENCIÓN DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS Y URBANOS QUE SE DEBEN DE PROTEGER.

3 HERRAMIENTA DIGITAL PARA EL DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA.

4 ES LA TÉCNICA CUYO OBJETO ES ESTUDIAR Y DEFINIR CON PRECISIÓN LA FORMA, DIMENSIONES Y POSICIÓN EN EL ESPACIO DE UN OBJETO CUALQUIERA, UTILIZANDO ESENCIALMENTE MEDIDAS HECHAS SOBRE UNA O VARIAS FOTOGRAFÍAS DE ESE OBJETO.

para la historia, un modelo digitalizado y 3D tanto para su documentación histórica, así como para crear un acervo digital de los monumentos.

El uso de la técnica mencionada agilizará los procesos de documentación y digitalización del monumento, también hará mucho más fácil la inspección de este y posteriores consultas, así como tener un modelo digitalizado antes de los procesos de restauración y después de todos los procesos y su nuevo uso.

Facilitará la visualización de daños y deterioros en puntos clave o de difícil acceso, mejorará la toma de decisiones y, sobre todo, permitirá realizar una propuesta de uso mucho más eficiente y exacta.



Ilustración 3. Utilización del equipo Matterport Pro 2 para el levantamiento terrestre.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

DELIMITACIÓN DEL TEMA

El templo de Nuestra Señora de El Carmen es un icono de la arquitectura barroca y de su tiempo, por su importancia histórica se ha seleccionado como objeto de estudio, única dentro de una ciudad colonial declarada como patrimonio de la humanidad. Recopilación de información del registro digital y análisis del patrimonio cultural, enfocado en el monumento de Nuestra Señora del Carmen por medio de la fotogrametría.

El estudio del templo estará enfocado bajo su historicidad y su calidad como objeto arquitectónico. El proceso del trabajo será bajo una metodología lógica y ordenada haciendo uso de distintas herramientas, como drones y cámara fotográficas, realizando una serie de fotografías con el fin de ser procesadas en softwares dedicados a nubes de puntos como lo es Agisoft, también se hará uso de softwares de modelado y visualización como Blender y Photoshop.

La realización de este levantamiento buscará proponer un flujo de trabajo que permita extraer la mayor cantidad de información, esto con el fin de reducir los tiempos de levantamiento y así mismo ofrecer un modelo de alta calidad que funcione para realizar análisis, comparativas y registros.

La conservación de un monumento no solamente se basa en realizar trabajos de restauración y revitalización con el fin de protegerlo por muchos años, la etapa de registro es también fundamental para realizar un buen proceso de restauración, así mismo, es necesario crear un registro digital, ya sea por medio de fotografías, planos o modelos 3D para preservar la historia del monumento.

Para realizar un buen proceso de restauración, es necesaria la creación de un registro digital de fotografías, plano o modelos 3D para representar la historia del monumento.



Ilustración 4. Delimitación territorial.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Delimitación espacial

El Templo de Nuestra Señora de El Carmen se encuentra ubicada en la 3ª. Avenida Norte entre la 2ª. y 3ª. Calle Oriente, en la ciudad de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

Información más específica del templo es, dirección original Calle del Carmen; clasificación del templo, religioso; tipo de edificación, templo en ruinas; propiedad estatal.

Delimitación temporal

Con el desarrollo del tema, se contempla apoyar al CNPAG con los procesos profesionales de conservación y restauración del monumento agilizando el levantamiento y documentación de manera precisa y adecuada reduciendo en menor medida los tiempos de ejecución del proyecto siendo proyectado para 10 años, 5 de esos años enfocados a los procesos de restauración, ayudados de

los levantamientos fotogramétrico y modelos 3D del monumento y siendo los 5 años restantes para la ejecución del anteproyecto, los tiempos de ejecución tan extensos se deben al pequeño presupuesto con el que cuentan, por lo que se trabaja por fases a largo plazo.

OBJETIVOS

General

Construir modelos utilizando la fotogrametría que puedan llegar a mejorar los procesos de diagnósticos y levantamientos del patrimonio arquitectónico.

Específicos

1. Comparar la calidad y exactitud de un levantamiento fotogramétrico contra un levantamiento tradicional.
2. Desarrollar una metodología que permita ser más eficiente en los procesos de documentación y análisis de los monumentos.
3. Demostrar la calidad del uso de la fotogrametría en un proyecto real, levantando un monumento del patrimonio de La Antigua Guatemala.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se plantea en tres grandes etapas:

Investigación teórica

- Investigación de campo y gabinete: en esta etapa se investigará a fondo todo lo necesario para realizar los levantamientos fotogramétricos, como la calibración del equipo, el conocimiento de leyes y normar que estén relacionados a los vuelos con dron, tanto dictadas por el gobierno como de los entes encargados de la administración de los monumentos. También se realizarán distintas visitas de campo con la finalidad de obtener un panorama claro de la situación del monumento, tanto en su estado de conservación como de su entorno.

Investigación empírica

- Programación de vuelos y procesado: seguido de toda la investigación y documentación necesaria se procederá a la programación de vuelos, haciendo itinerarios de vuelo en el que se incluyan datos como el clima, hora y día, tiempo de vuelos, así como la documentación de todo el equipo por utilizar. Posterior a todo el trabajo de campo se trasladará a el trabajo de gabinete, que consiste, en el procesado de toda la información obtenida en los vuelos previos, determinar la calidad y si es necesario retomar algunos vuelos o visitas para la rectificación de los datos.

Procesamiento de la información y resultados

- Análisis y levantamiento arquitectónico del monumento: luego de haber obtenido toda la información necesaria y verificar su calidad y que es apta para la siguiente etapa, se procederá a realizar un análisis del monumento por medio de la información obtenida. Se realizará el levantamiento arquitectónico y la documentación del monumento y se compara con el material actual, si es que existe alguno, por último, se desarrollará una guía con los pasos por seguir para realizar un levantamiento fotogramétrico de manera eficiente, así como la publicación de un modelo 3D para la visualización del monumento.

CAPÍTULO SEGUNDO

FUNDAMENTO
TEÓRICO
CONTEXTO



FUNDAMENTO TEÓRICO

REFERENTE HISTÓRICO NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN

La fachada arruinada que hoy en día se observa es de la tercera iglesia que se construyó en este sitio. En 1638, el ayuntamiento concedió la autorización para la construcción de una iglesia bajo la advocación de la Orden de Nuestra Señora del Carmen⁵ y se verificó en ceremonia el 10 de junio del mismo año.

Parece obvio que ni una iglesia pequeña de adobe y paja hubieran podido construirse en tan corto tiempo. Muchas veces se inició la construcción antes de cederse la licencia a pesar de leyes que prohibían tal hecho o es posible que fuera la primera iglesia una adaptación de alguna estructura y existente. En todo caso habría sido pequeño y mal construido este templo, puesto que se desmejoró después del terremoto de 1651, y fue necesario reconstruirlo.

La iglesia nueva y más grande se estrenó el 12 de abril de 1686, pero a su vez se destruyó en 1717. Se acabó la construcción del tercer templo, a un costo considerable, hacia 1728. Se tenía por uno de las más suntuosas de Santiago, y era especialmente popular por sus devociones, oradores sagrados y su música.

⁵ ES UNA ORDEN RELIGIOSA CATÓLICA QUE SURGIÓ ALREDEDOR DEL SIGLO XII CUANDO UN GRUPO DE ERMITAÑOS, INSPIRADOS EN EL PROFETA ELÍAS, SE RETIRARON A VIVIR EN EL MONTE CARMELO.

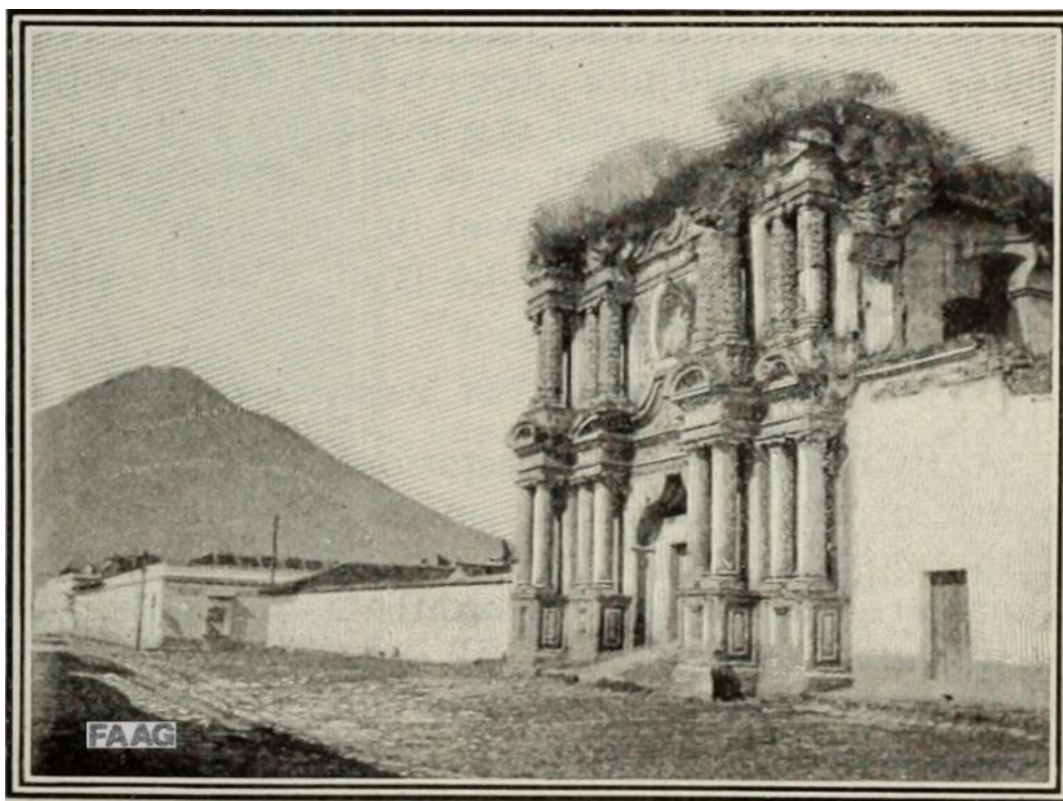


Ilustración 5. Templo del Carmen.

FUENTE: FOTOGRAFÍAS ANTIGUAS DE ANTIGUA GUATEMALA.

Se construyó la fachada de la iglesia de ladrillos cubiertos de estuco, y es notable por el número de sus columnas pareadas y su colocación en los dos cuerpos. Las doce columnas inferiores de orden dórico se ven ahora desnudas de ornamentación, pero hay indicaciones en su superficie que originalmente estaban adornadas. Las columnas superiores jónicas están revestidas de un esmerado recubrimiento de estuco en un diseño de cintas y espirales entrelazadas. En el nicho de la ventana, sobre la entrada, hay una imagen de Nuestra Señora del Carmen.

El ataurique de esta fachada es atrevido e impresionante, pero carece de la calidad fina y la variedad de motivos que distinguen a La Santa Cruz, Candelaria y La Merced. Había un campanario a la derecha de la fachada que se alzaba desde el primer nivel por una escalera circular.

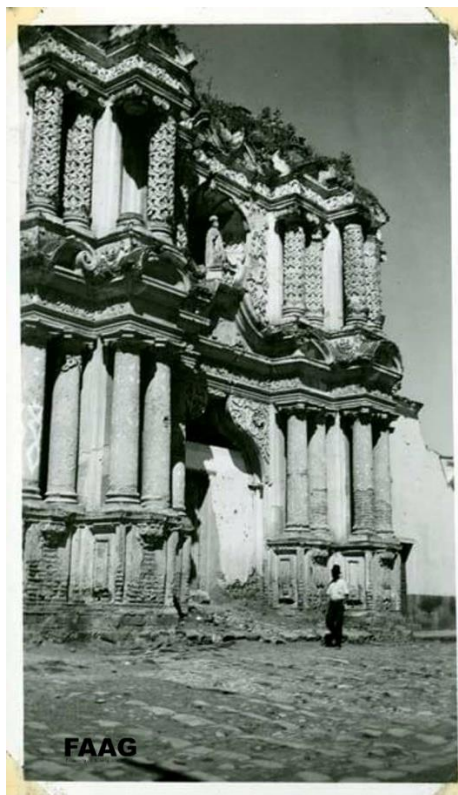


Ilustración 6. Templo del Carmen año 1938.

FUENTE: FOTOGRAFÍAS ANTIGUAS DE ANTIGUA GUATEMALA.

Debió de haber sido el interior de esa iglesia uno de los más esplendidos de la ciudad a causa de sus seis altares laterales y su altar mayor muy suntuoso. Una bóveda con su cúpula cubría el tramo que quedaba delante del presbiterio.

El resto del templo y la sacristía tenían las acostumbradas bóvedas vaídas. El cielo de la sacristía todavía tiene un diseño interesante de tableros con molduras, y es impresionante su tamaño.

Un piso intrincado de ladrillo, una cornisa muy adornada, y barandillas de madera decoradas contribuían también al refinamiento arquitectónico del interior de la iglesia. Había balcones a los lados del presbiterio a los que se llegaba por escaleras especiales, y por debajo de la nave y el presbiterio había criptas para entierros.

Sufrió la iglesia averías serias en julio de 1773, pero la mayor destrucción ocurrió el 13 de diciembre de aquel año, cuando bóvedas, cúpula y campanario se desplomaron (Annis 1968).



Ilustración 7. Interior del Templo
FUENTE: VERLE ANNIS, 1968.

La nueva edificación se concluyó en 1728 con la forma que se aprecia actualmente; sin embargo, el terremoto de 1773 la dejó totalmente destruida, manteniéndose únicamente en pie sus muros laterales y la fachada, los daños más recientes a la iglesia son los registrados después del terremoto de 1976, donde colapsa el arco superior de la fachada, destruyendo consigo la imagen en estuco de Nuestra Señora del Carmen.

La fachada de esta iglesia es única, ya que, a diferencia de otras fachadas de la antigua capital del reino de Guatemala, esta no cuenta con hornacinas o nichos en el cual descansaran imágenes religiosas, por lo contrario, esta cuenta con dos cuerpos y un total de 24 columnas, doce por cada cuerpo, cabe destacar que una de ellas fue derribada como consecuencia de los terremotos. A diferencia de otras iglesias de la época, en la fachada no se incluyeron imágenes de religiosos. Únicamente la imagen de Nuestra Señora del Carmen sobre la ventana octogonal de la fachada.



Ilustración 8. Templo del Carmen
FUENTE: ROBINSON, 1895.



Ilustración 9. Cuerpo superior
FUENTE: VERLE ANNIS, 1968.

HISTORIA, METODOLOGÍA Y ALCANCE DEL LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO

La palabra levantamiento, tal y como aquí se entiende, es un término de comprensión limitada pues sólo un reducido número de personas vinculadas a las disciplinas técnicas de la arquitectura y la ingeniería lo entienden con el significado que le damos. De hecho, en el Diccionario de la Real Academia Española no aparece recogido con este sentido y sólo entre arquitectos y topógrafos se interpreta como aquí se utiliza. No obstante, su uso cada vez más extendido y su divulgación entre otros profesionales ligados a estas disciplinas como arqueólogos o historiadores del arte, o incluso a todo lo relacionado con la construcción, va dándole un marchamo de identidad, por lo que cabe esperar que en un futuro próximo pudiera ser recogido por la Academia (Gorbea Almargo s.f.).

Si bien en nuestra lengua no existe una palabra propia para definir la actividad, no obstante, en lenguas hermanas contrasta la existencia de términos como *rilievo* en italiano, *revelé* en francés, *survey* en inglés, o *bauforschungen* en alemán. En Italia es especialmente donde se desarrolla como una actividad profesional y docente, este concepto es usado para la comprensión global de un edificio, tanto en la construcción de nuevos edificios, viviendas, como en restauración y rehabilitación.

El levantamiento arquitectónico se remonta a un proceso mecánico para obtener información que pueda ser convertida después en información gráfica, generalmente este es un ejercicio manual e instrumental.

El proceso de un levantamiento se convierte al final de todo en un proceso de reconocimiento de la arquitectura de un edificio, es un acercamiento riguroso al elemento por estudiar. El hecho de que se considere el levantamiento arquitectónico como una simple representación gráfica de la arquitectura como generalmente se piensa, cualquier expresión gráfica sería indiscutiblemente la técnica más empleada para representarla. En el caso de lo mencionado anteriormente se pueden citar los avances durante el Renacimiento a partir del invento de la “perspectiva forzada” de Brunelleschi y posteriormente divulgada por el tratadista Alberti.

Las herramientas más usadas a través del tiempo ha sido la **cinta métrica**, era mínimo de 20 metros, preferiblemente de tela o lona debido a su poco peso y facilidad de manejo. Otras herramientas utilizadas son la **escuadra, manguera para nivelar, hojas y lápices**.

Hoy en día las herramientas han evolucionado y se han ido mejorando, muchas de estas herramientas se han vuelto digitales o se han ido sustituyendo, como lo puede ser la cinta métrica que evoluciono a un metro laser que es mucho más preciso y cómodo de llevar.

En noviembre de 2000 se celebró en el Castel Sant'Angelo, de Roma, un congreso sobre "Il Rilievo dei Beni Architettonici per la Conservazione".

Un buen levantamiento realizado a un bien cultural arquitectónico, debe permitir:

1. Un conocimiento preciso y fiel de la morfología y el estado actual del objeto.
2. El conocimiento técnico y material del objeto, que permita comprender su sistema constructivo, así como sus condiciones actuales en materia de alteración y degradación.
3. Una fácil interpretación y levantamiento gráfico con la finalidad de profundizar en su conocimiento histórico.
4. Poder realizar observaciones históricas procedentes de una aproximación preliminar documentada, fruto de las observaciones y el contacto frecuente con el monumento.

El levantamiento deberá contemplar también la relación del edificio, su contexto y su historicidad, permitiendo:

- La lectura histórica del monumento.
- La comprensión de su sistema constructivo.
- Una correcta intervención del monumento.

Por lo tanto, el levantamiento arquitectónico es un proceso de investigación enfocado hacia el conocimiento de la arquitectura o de la ciudad; como toda investigación requiere ir precedido del proyecto de levantamiento, es decir, la planificación de las acciones por cumplir, y debe ser verificable durante el proceso y en los resultados finales. Con tal objeto el producto del levantamiento está constituido, además por las restituciones gráficas y otra documentación (fotográfica, de archivo y otros), también por todas las operaciones que

conducen al logro de este resultado. De hecho, como cualquier otro proceso de investigación, deberá ser recorrido de nuevo con el fin de verificar su autenticidad y la calidad del producto (Gorbea Almargo s.f.).

En los últimos tiempos se han usado nuevos métodos de levantamiento como la fotogrametría, que ha venido a complementar al sistema tradicional, con estos métodos se están generando datos mucho más útiles y significativos. Cabe destacar que en muchos levantamientos resulta indispensable la utilización de varios métodos para documentar de una mejor manera las cualidades del objeto.

El levantamiento podrá variar de un edificio a otro, en función de sus características; no obstante, el esquema general puede ser el siguiente:

- *Levantamiento arquitectónico, incluida la dedicación a los distintos usos.*
- *Levantamiento de la estructura y del correspondiente cuadro de fisuras.*
- *Levantamiento de los elementos arquitectónicos de valor y de relevancia tipológica, con formación del correspondiente inventario.*
- *Levantamiento de los pavimentos y de los techos.*
- *Levantamiento de los paramentos y los revestimientos, con sus materiales constituyentes, así como sus estados y grados de conservación.*
- *Cuadro e inventario de elementos constitutivos.*
- *Levantamiento de las instalaciones con el inventario de su utilidad. Sobre la base de las aportaciones de la investigación documental.*
- *La cronología de las fases constructivas.*

LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO

Cuando se procede a intervenir un monumento ya sea para proceder en la recuperación, restauración o intervención para prevenir daños o desplomes, es necesario realizar un levantamiento arquitectónico del edificio existente en su estado actual.

Lo primordial de este proceso es obtener planos técnicos que permitan analizar su situación actual y así evaluar qué decisiones se pueden tomar para su intervención.

El término comúnmente conocido en inglés como *architectural survey*, se refiere al conjunto de investigaciones y operaciones destinadas a identificar las cualidades y características de un edificio y plasmarlas de forma gráfica con el fin de documentar.

Un levantamiento consta de una serie de documentación gráfica que son igualmente conocidas en el ámbito de la conservación y restauración de monumentos, los cuales son; el estado actual de la obra, materiales utilizados, sistemas constructivos, daños y alteraciones y, por último, sus etapas constructivas.

Los levantamientos arquitectónicos juegan un papel fundamental para la toma de decisiones y representa una base sólida de información para apoyar cualquier fase de diseño o proyecto de conservación y restauración.

Un levantamiento correctamente realizado permite representar gráficamente una obra de la que no existe documentación suficiente o; de la que hay información inexacta o desactualizada debido a las alteraciones o modificaciones que se han producido a lo largo del tiempo. (BibLus 2022)

Según la función de los instrumentos y procedimientos utilizados es posible clasificarlos en las siguientes metodologías.

Levantamiento directo, supone un contacto directo con el edificio que se quiere documentar, con instrumentos como el metro o la plomada.

Levantamiento indirecto, es el realizado con instrumentos topográficos, este implica procesos mucho más complejos para obtener información gráfica.

Levantamiento fotogramétrico, este se realiza por medio de cámaras o instrumentos digitales, tales como los escáneres láser. Estos permiten obtener información de objetos mucho más complejos por medio de las fotografías.

El ultimo método mencionado es el utilizado para este proyecto, ayudado por distintos dispositivos digitales, como drones, cámaras fotográficas, cámaras 360° y escáneres láser, se hace el levantamiento del entorno inmediato, la nave central y la fachada del edificio.

LA FOTOGRAFÍA

En la actualidad la fotografía está presente en el día a día, ahora es tan sencillo como sacar el teléfono celular y tomar una foto de algo que llama la atención o que gustó, sin embargo, en el pasado no era así.

El primer procedimiento fotográfico data de 1824, donde se llevó una serie de experimentos y donde se utilizó una cámara oscura, las imágenes se obtenían colocando en el fondo de la cámara oscura, piedras litográficas recubiertas de betún de Judea, extendido sobre una placa de plata.

El inventor de este procedimiento fue el francés Josep-Nicéphore Niépce, antes de conocer la que hoy es probablemente la primera fotografía, Niépce realizó otras tomas y aunque no se conservan se conoce de su existencia ya que mantenía correspondencia con su hermano, estas podrían datar de alrededor de 1822 y 1825.

1. La primera cámara fotográfica y la primera fotografía

La primera fotografía que se conserva es de 1826 y se titula *Point de vue du Gras* (Vista desde Le Gras). Fue tomada desde la ventana de su inventor, actualmente se encuentra en la universidad de Texas, Austin.⁶

Debido a que los tiempos de exposición de las primeras fotografías eran extremadamente largas (8 horas de exposición fueron necesarias para la primera fotografía) no es hasta en 1839 cuando Daguerre consigue la primera fotografía con personas, era un limpiabotas y su cliente, si bien el tiempo de exposición seguía siendo largo, esta escena se logró ya que su tiempo de exposición fue de 10 minutos.

Mas adelante en el tiempo se tiene la primera fotografía a color y fue realizada en 1861 por Tomas Sutton, siguiendo las instrucciones del físico James Clerk

⁶ Artículo escrito en la revista del "Blog del Fotógrafo".

Maxwell. Para lograr la fotografía se utilizaron tres negativos con filtros de color verde, rojo y azul.

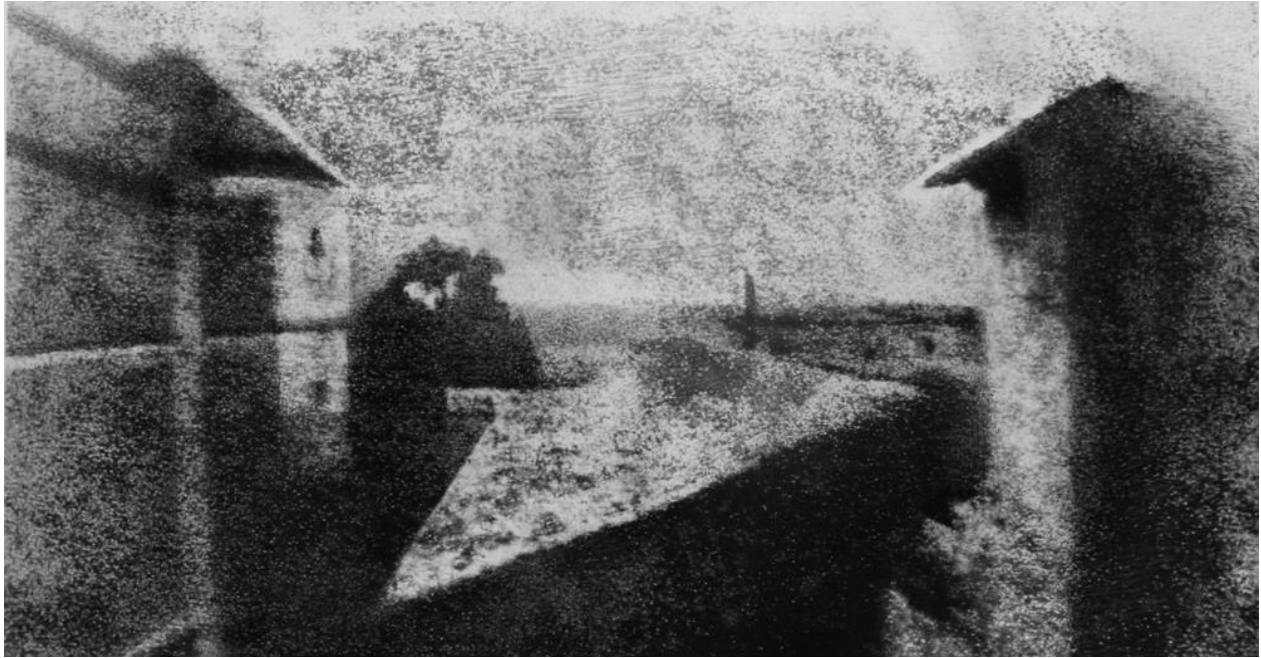


Ilustración 10. Primera fotografía de la historia.
FUENTE: NIÉPCE, AÑO 1827.

2. La fotografía analógica

Cuando se habla de la fotografía analógica, en realidad se está refiriendo a la **fotografía química**, y se les denomina así debido a los distintos procesos químicos que se tenían que realizar para revelar la fotografía.

Desde sus comienzos ha sufrido una evolución constante desde la primera fotografía realizada en una placa de plata, hasta los rollos de exposición. Polaroid habría presentado su Modelo 95 que utilizaba procesos químicos secretos para el revelado instantáneo de la fotografía. Esta cámara era bastante costosa por su novedad, sin embargo, trajo consigo una moda para la década de 1960 que eran las cámaras instantáneas.

3. La fotografía digital

A finales de la década de 1970 y principios de 1980, las marcas empezaron a introducir las primeras cámaras que almacenaban las fotografías de manera digital y que, a su vez, eran mucho más compactas que las cámaras análogas, esto fue el inicio de las cámaras digitales.

Para 1980 y 1990 cada vez más fabricantes trabajaban con el concepto de imágenes digitales y fue hasta 1991 que la empresa Kodak lanzó al mercado una cámara digital lo suficientemente famosa y profesional. Más tarde otros fabricantes se unirían como Canon y Nikon, dando así paso a las cámaras DSLR.

En la actualidad las cámaras ya son algo tan común que se pueden encontrar en los teléfonos celulares, a pesar de eso, la industria de la fotografía de la mano de empresas como Canon, Nikon, Sony, Pentax, Fujifilm y muchas más, han desarrollado cámaras aún mucho más compactas y veloces, que hoy en día son denominadas Mirrorless.⁷

⁷ DSLR ES COMO SON CONOCIDAS TODAS LAS CÁMARAS RÉFLEX DIGITALES.



Ilustración 11. Fotografía aérea tomada en agosto de 2023.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

ORTOFOTOGRAFÍA

La ortofoto es una serie de fotos aéreas que han sido rectificadas a modo que la distorsión de la cámara no afecte la posición real de los objetos.

Esta foto no es más que una imagen fotográfica del terreno cuya proyección es una imagen ortogonal, de esta manera se consigue eliminar cualquier inclinación causada por la foto área.

Gracias a este método se puede conseguir una escala única y exacta para toda la superficie. ("Ortofotografía, qué es y para qué sirve 2023 - IngeoDrone")



Ilustración 12. Imagen orto rectificada de la fachada del Templo de Los Remedios.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

EL USO DE LA FOTOGRAFÍA EN LA ARQUITECTURA

A lo largo de la historia ha sido común documentar la arquitectura no solo en fotografías, sino que también en papel, tales como los grabados antiguos, pinturas, murales o incluso en piedras talladas, todo esto con un fin, documentar.

La fotografía no es más que un medio más para la documentación de información o registro, conforme ha evolucionado la fotografía y las técnicas se han ido usando para más fines, que el solo documentar, tal como lo es la fotografía de inmobiliaria, esta es usada única y exclusivamente para la publicidad, comúnmente usado en proyectos habitacionales o comerciales.

Como bien es mencionado la fotografía consiste en crear un recuerdo y atesorarlo para un futuro, por eso es invaluable. El patrimonio y la fotografía no es algo nuevo, ya que existen archivos históricos, con la finalidad de documentar el patrimonio y así generar un acervo fotográfico para el futuro, esto no solo juega un papel importante para la conservación ya que sirve como una documentación previa para cualquier proyecto que se pretenda intervenir.



Ilustración 13. Antiguo Teatro Colón
FUENTE: ANÓNIMA, 1899.

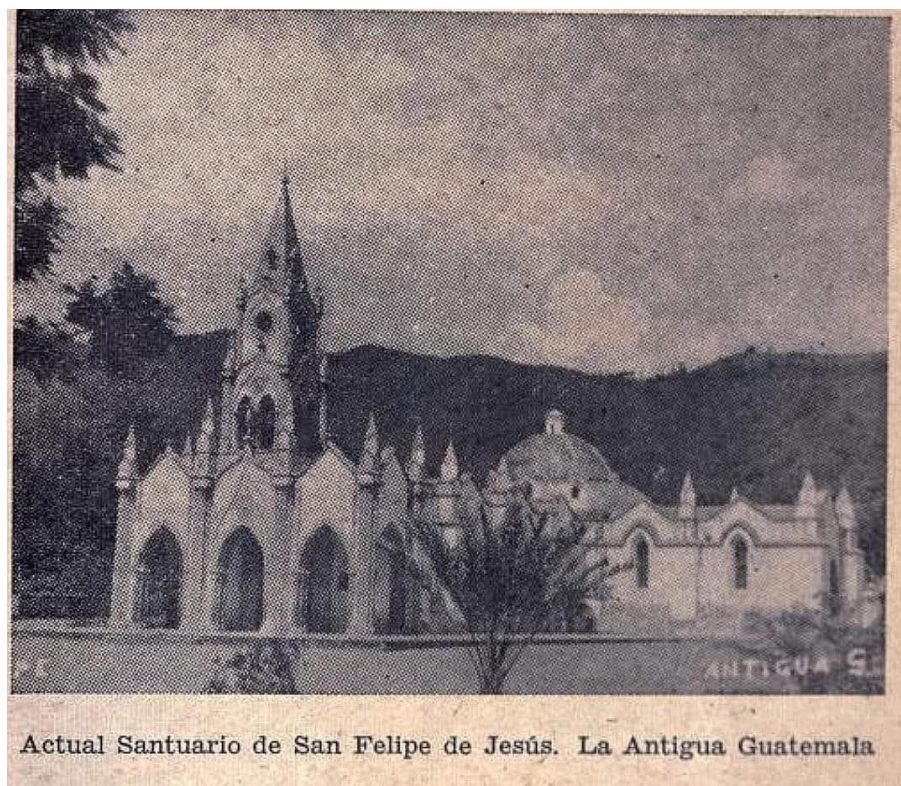


Ilustración 14. Fotografía del Santuario de San Felipe
FUENTE: ANONIMA, 1960.

Al ser información susceptible es sumamente importante resguardarla y clasificarla, en el caso de Guatemala se pueden encontrar archivos público como la Hemeroteca Nacional, donde se podrá encontrar una buena cantidad de archivos tanto periodísticos como fotográficos, y en el caso de La Antigua Guatemala, se encuentra el archivo histórico de CIRMA (Centro de Investigaciones Regionales de Mesoamérica), este es un centro que resguarda una buena cantidad de material fotográfico, entre éste se podría hablar de todo el trabajo de Juan José de Jesús Yas, fotógrafo japonés, que se dedicó a documentar la vida en la antigua capital a inicios de 1900.

Después de analizar y tomar en cuenta todo lo anteriormente mencionado, es posible percatarse de que la fotografía en la arquitectura es sumamente importante y más en Guatemala, ya que es un país altamente sísmico, ya que a causa de esto es que la capital se ha trasladado en tres ocasiones. En Guatemala es aún más importante este trabajo de documentación fotográfica, ya que

ayuda a visualizar situaciones del pasado, así como a los profesionales de la conservación a tomar decisiones.

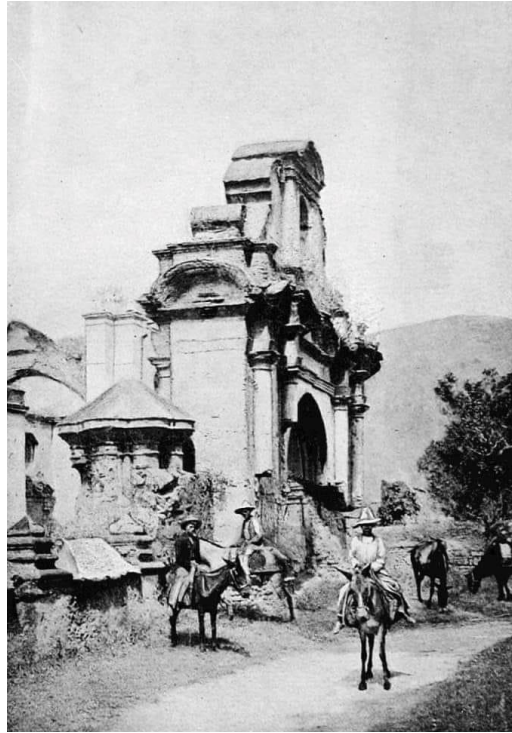


Ilustración 15. Antigua porta del templo de la Recolección
FUENTE: ANONIMA, 1880

Los terremotos que ha sufrido Guatemala han sido tan devastadores, no solo en el hecho de cobrar vidas humanas, sino que también ha cobrado el valor de muchos monumentos, desde que existe la fotografía se ha logrado documentar monumentos en la época de 1890. Muchos monumentos sufrieron daños después de los terremotos de navidad de 1917 y 1918, gracias a muchos fotógrafos de la época se puede imaginar cómo eran, o incluso ver fotografías antes del terremoto del 4 de febrero de 1976.

Hay muchos ejemplos que se pueden mencionar, como es el caso del Templo de San Francisco donde existen fotografías antes de los terremotos de navidad, donde se puede apreciar que este aún conservaba su remate, el cual posteriormente colapsaría y que sería reconstruido en la década de 1960.

Otro ejemplo claro podría ser la Ermita del Espíritu Santo, que sobrevivirá a los terremotos de 1773 y que gracias a la fotógrafa Alission Mizner podemos ver cómo fue esta ermita, ya que esta sucumbiría por completo en el terremoto de 1976 quedando únicamente la base de un pilar de la fachada.



Ilustración 16. Fotografía de la Ermita del Espíritu Santo
FUENTE: ALISSON MIZNER, 1899.

Así hay muchos otros ejemplos, se puede hablar también del Templo de Nuestra Señora del Carmen, templo que es motivo de estudio en este proyecto, en el que, gracias a su documentación de años anteriores, recogiendo una fotografía de 1875 se puede apreciar que esta aun contaba con su ventana octogonal completa y en esta misma venta aun existía la escultura de Nuestra Señora del Carmen, los cuales serían destruidos después del terremoto de 1976.

No solo se puede hablar de catástrofes naturales, se puede mencionar actos causados por el ser humano, como el incendio del antiguo Palacio de Gobernación, mejormente conocido como el Palacio de Cartón o el demolido Teatro Colón, en lo que hoy sería el Parque Colón en la zona 1 de la Ciudad de Guatemala.



Palace of Government - City of Guatemala

Ilustración 17. Antiguo palacio de gobierno.
FUENTE: E. MUYBRIDGE, 1875.

LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO

La fotogrametría es un proceso en el cual se detecta un objeto, ya sea una construcción, un entorno o un objeto de interés. De esta manera se pueden estudiar y analizar un objeto desde cualquier punto en el espacio tridimensional, a partir de un traslape de varias fotografías.

La fotogrametría nace por la necesidad de adquirir información métrica de elementos ya contruidos, por medio de una serie de fotografías tomadas bajo una serie de parámetros. En general se puede decir que es una serie de fotos para obtener una visión estereoscópica de un objeto tridimensional.

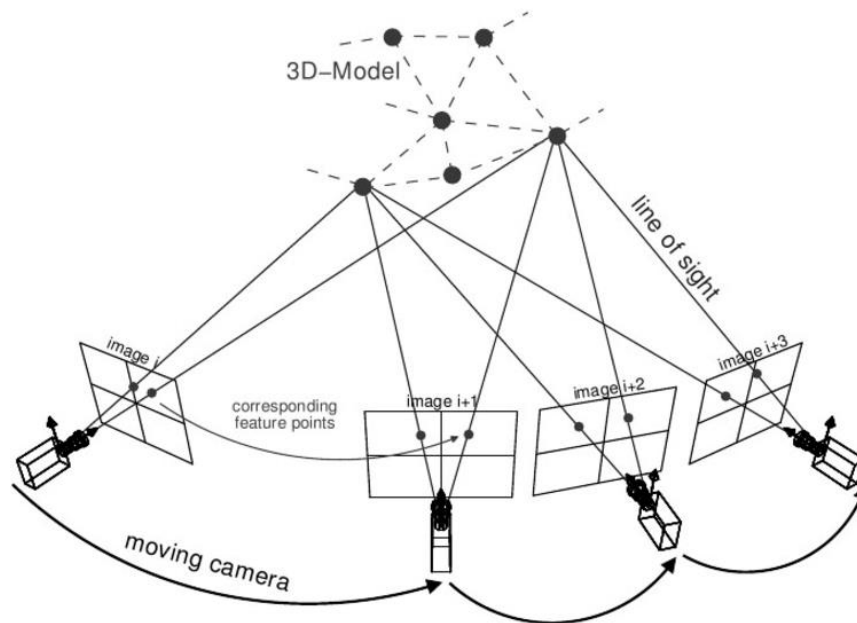


Ilustración 18. Creación de un modelo fotogramétrico.

FUENTE: ANÓNIMA

La fotogrametría se puede clasificar según las herramientas utilizadas, el tipo de captura y por su tipo de procesamiento.

La fotogrametría se puede clasificar de la siguiente manera.

Fotogrametría análoga

Fue el primer método utilizado para reconstruir objetos de manera física por medio de modelos matemáticos.

Fotogrametría analítica

Ahora los objetos son reconstruidos por medio de herramientas de cálculo, se aplican modelos físicos y matemáticos, este fue el segundo método desarrollado.

Fotogrametría digital

Con la llegada de la era digital, ahora son los programas o softwares los encargados de realizar todo el proceso matemático, sin embargo, esta no se desliga del método analítico.

Fotogrametría por escáner láser

Con el avance de la tecnología se puede tomar en cuenta los escáneres laser, estos son aún mucho más precisos que una fotografía y más confiables para un levantamiento tridimensional. La mayoría de los equipos cuentan con un GPS incorporado lo que los hace más precisos, ya que pueden ser geo referenciados. Los escáneres pueden ser operados vía terrestre (TSL) o vía área (LiDAR).

El principal funcionamiento de la fotogrametría es generar ortofotos de grandes extensiones de terreno y con fines cartográficos. Sin embargo, esta tecnología se

ha ido ampliando en su uso en los últimos años como lo es para trabajos de agricultura, arqueología, planificación urbana, supervisión de obras y ahora más reciente el patrimonio cultural.



Ilustración 19. Ejemplo de un modelo de nube de puntos y BIM.
FUENTE: SMARTBIM

CONTEXO

CONTEXTO DEL LUGAR

Sacatepéquez

El departamento de Sacatepéquez está ubicado en la región central de la república de Guatemala, cuenta con una extensión territorial de 465 Km². El nombre del departamento proviene del náhuatl “Zacatlēpē”, que significa “Cerro cubierto de hierba”⁸.

El departamento limita al norte y oeste con el departamento de Chimaltenango; al sur con Escuintla y al este con el departamento de Guatemala. La cabecera departamental se encuentra a unos 54 Km de la ciudad capital.

La Antigua Guatemala

También conocida como **Santiago de los Caballeros de Guatemala** o **La Muy Noble y Muy Leal Ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala**, fue fundada en 1543 y declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO el 26 de octubre de 1979.

En la época de su fundación esta ciudad era el centro político, económico y religioso de la región, derivado a su riqueza. Sin embargo, en 1773 los terremotos de Santa Marta obligaron a la ciudad a trasladarse de lugar.

Su extensión territorial es de 78 Km², y su altura es 1530.17 msnm.

⁸ BOLETÍN INFORMATIVO DEL DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA.

Localización

El departamento de Sacatepéquez se localiza en la región central del país, cuenta con un total de 16 municipios, donde los más importantes son Sumpango, Ciudad Vieja y Antigua Guatemala, cuentan con una población aproximada de 402,253 habitantes en todo el departamento.

El templo de Nuestra Señora del Carmen se encuentra ubicada en el centro de La Antigua Guatemala, sobre la 3ª. avenida norte, entre la 2ª. calle y 3ª. calle oriente.

CONTEXTO CULTURAL

La ciudad de La Antigua Guatemala es reconocida mundialmente, no solo por ser patrimonio de la humanidad, sino que también por su cultura y tradiciones.

La tradición que más se destaca de entre todas, es la Semana Santa, por sus actividades, comida y muchos aspectos más, como lo son las procesiones, hoy en día declaradas patrimonio intangible de la humanidad, en la ciudad se vive un ambiente religioso muy marcado, en especial el Domingo de Ramos y el Viernes Santo.

Los bailes folclóricos son también muy típicos entre la población antigüeña, estos representan la llegada de los españoles al continente a manera de bailes, como la danza de los Moros, la danza de los Gigantes, cada uno de ellos relata una historia diferente de la colonia.

Por último, una de las tradiciones más importante es la quema del diablo, si bien esta se celebra en todo el país, es en La Antigua donde cobra un significado especial, reuniendo a varios vecinos cada siete de diciembre frente a las ruinas de la Concepción para quemar un diablo de papel maché.

LEGISLACIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE MONUMENTOS PATRIMONIALES

En Guatemala existen leyes, reglamentos y normas que protegen el patrimonio entre los cuales se encuentran; La Constitución de la Republica de Guatemala, La Ley para la Protección de La Antigua Guatemala.

Además, existen otras leyes y reglamentos internacionales, creadas en convenciones que buscan proteger el patrimonio en el mundo. Estos marcan una relevancia en tratados, convenios internacionales, leyes y normas para ser establecida en diferentes naciones.

Es necesario conocer las leyes, decretos y cartas que rigen la conservación y preservación del patrimonio, con la finalidad de entender cuáles son las actividades que se deben llevar acabo para la conservación de los lugares patrimoniales, el registro del patrimonio es indispensable y debe ser más riguroso para así evitar la pérdida del patrimonio y en otros casos que este llegue a lugares no deseados como lo son los mercados negros en el caso de piezas más pequeñas u otra clase de arte patrimonial.

Las instituciones que velan por la protección del patrimonio deben ser más duras con las sanciones y con los cumplimientos de la ley o decretos, ya que en un sinfín de ocasiones se ha perdido patrimonio por negligencia de las mismas instituciones, trabas en el registro y digitalización del patrimonio debería ser una de las principales tareas conjunto a los trabajos de restauración que se deben llevar a cabo.

Con el impulso de leyes y la concientización de las entidades para proteger el patrimonio, se puede crear y conservar la riqueza cultural e histórica, ya que esto nos identifica como nación y nos distinguen de las demás naciones.

El mundo digital puede abrir un mundo de posibilidades, y es indispensable saber aprovecharlo, ya que de esta manera evitamos hacer intervenciones que puedan dañar al patrimonio, permite ser mucho más precisos a la hora de tomar decisiones con el fin de llegar a procesos de restauración que no sean tan invasivos y que permitan una mejor conservación del mismo, permite explorar nuestra imaginación de la mano de hipótesis y reconstrucciones virtuales, ya que

de esta manera no se daña al monumento y, a la vez, permite crear recreaciones de estos lugares de manera virtual, situación que sería imposible realizar de manera física. Por último, permite guardar un registro para las generaciones futuras, sin que se deteriore por el paso del tiempo, además de permitir su divulgación.

Este proyecto busca también hacer un llamado de atención a instituciones que velan por la conservación del patrimonio, así mismo, como a instituciones educativas, que puedan velar y ser más rigurosos en la creación y divulgación de leyes que permitan la conservación y la preservación de sitios históricos, a que se haga cumplir la ley y potenciar la creación de nuevas leyes o la reforma de esta, ya que el patrimonio es parte de quiénes somos como sociedad guatemalteca.

Leyes Constitucionales y Leyes Especiales

El patrimonio a nivel de nación se encuentra protegido por medio de leyes constitucionales, tal como el Decreto de Ley 26-97 y sus reformas en 1998.

La ley vigente en Guatemala define que pasa a formar parte de los bienes de la nación todos aquellos que cuentan con cincuenta o más años de antigüedad, a partir de su creación, los cuales han sido declarados por Acuerdo Ministerial o por ministerio de la ley, por tanto se considera están plenamente registrados por el Departamento de Bienes Culturales del Instituto de Antropología e Historia de la nación, de la Dirección Técnica de Investigación y Registro, además de estar protegidos por las leyes vigentes a nivel nacional e internacional.

Por otro lado, se tiene la Ley Protectora de la Ciudad de La Antigua Guatemala, Decreto 60-69, que da lugar a la creación del CNPAG.⁹

⁹ CONSEJO NACIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LA ANTIGUA GUATEMALA.

Decreto número 26-97 y sus reformas

Artículo 25.- Declaración de bienes. La declaración de un bien de propiedad pública o privada como patrimonio cultural de la Nación, se iniciará mediante apertura de un expediente por el Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, quien emitirá dictamen sobre la procedencia o no de la declaratoria solicitada y la aplicación provisional de las medidas de protección, conservación y salvaguarda, restricciones y prohibiciones y demás disposiciones a que están sujetos los bienes culturales. La declaratoria deberá emitirse por Acuerdo Ministerial, que deberá ser publicado en el diario oficial. (Reformado por el Decreto Número 81-98 del Congreso de la República de Guatemala).

Artículo 26.- Efectos legales. La declaración de un bien como patrimonio cultural de la Nación producirá los efectos legales siguientes:

- a) Su inscripción de oficio en el Registro de Bienes Culturales y la anotación correspondiente en el Registro General de la Propiedad, cuando proceda. Esta inscripción se notificará dentro de un plazo no mayor de treinta días al propietario, poseedor o tenedor por cualquier título;
- b) La obligación del propietario, poseedor, tenedor o arrendatario, de proteger y conservar debidamente el bien cultural conforme a las disposiciones establecidas en esta materia;
- c) La obligación del propietario o poseedor de un bien cultural de comunicar al Registro de Bienes Culturales, la pérdida o daño que éste sufra;
- d) El propietario o poseedor de un bien cultural en casos debidamente justificados, deberá permitir el examen, estudio o supervisión periódica por investigadores o inspectores del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, previa solicitud razonada de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural; y e) Queda prohibida la colocación de publicidad, rotulación, señalización o cualquier otro elemento que deteriore o perjudique el valor de los bienes culturales o que afecten su apreciación.

Artículo 28.- Inventario Nacional del Patrimonio. Con el propósito de preservar el patrimonio cultural, el Registro de Bienes Culturales, mantendrá al día un inventario nacional de los bienes que integran el patrimonio cultural de la Nación. (Reformado por el Decreto Número 81- 98 del Congreso de la República de Guatemala)¹⁰.

Ley Protectora Decreto 60-69

LEY PROTECTORA DE LA CIUDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA

CAPÍTULO 1

La ley protectora de La Antigua Guatemala nace de la necesidad de proteger la ciudad debido a su valor histórico, lo cual recaía en una gran responsabilidad, debido a que se había declarado Ciudad Monumento de América en Julio de 1965 en la VIII Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

La finalidad era buscar dar la puesta en valor de la ciudad, lo que implicaba conservar su conjunto urbanístico tal como su traza y sus monumentos en ruinas, a esto se agrega la conservación de su paisaje natural.

El primer capítulo de la ley protectora hace énfasis en la creación del Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala y sus múltiples responsabilidades y tareas, así mismo cómo está conformado y de las obligación y elección del conservador de la ciudad.

ARTICULO 1º. –Se declara de utilidad pública y de interés nacional la protección, conservación y restauración de La Antigua Guatemala y áreas circundantes que integran con ella una sola unidad de paisaje, cultura y expresión artística.

¹⁰ (LEY PARA LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL DE LA NACIÓN DECRETO NUMERO 26-97 Y SUS REFORMAS).

ARTICULO 2º. –Se crea el Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala, como entidad estatal descentralizada, con personalidad jurídica, fondos privativos y patrimonio propio.

Su misión fundamental es el cuidado, protección, restauración y conservación de los bienes muebles e inmuebles, nacionales, municipales o de particulares, situados en aquella ciudad de áreas circundantes.

ARTICULO 7º. –El Consejo deberá coleccionar, catalogar y archivar planos, dibujos, grabados, fotografías, descripciones antiguas y demás materiales que muestren la primitiva forma de las construcciones y su evolución, para facilitar así cualquier labor de restauración o preservación.

ARTICULO 12. —Aunque toda la ciudad de La Antigua Guatemala es Monumento Nacional, se distinguen dentro de su perímetro urbano los siguientes tipos de construcciones.

1º. Los edificios religiosos y civiles con todas las construcciones eclesiásticas, tales como templos, capillas, ermitas, oratorios, casas parroquiales y los edificios administrativos, antiguos colegios, universidad y otros que por su dimensión y categoría merecen trato especial;

2º. La arquitectura doméstica integrante de inmuebles de propiedad particular comprendidos dentro del área urbana y sus áreas circundantes conforme el Plan Regulador.

3. Las construcciones de otra índole como fuentes ornamentales, públicas y privadas, pilas de servicio público, hornacinas, cajas de agua y demás vestigios y detalles arquitectónicos complementarios y edificios o conjuntos; y, Asimismo, el trazo urbanístico de la ciudad y poblaciones aledañas y el empedrado de sus calles.

Los bienes a que se refieren los incisos 1º. Y 3º. que anteceden deberán inscribirse en el Registro dispuesto en el inciso J) del artículo quinto de esta ley.

ARTICULO 14. – Queda prohibida la reconstrucción de los edificios y monumentos mencionados en los incisos 1) y 3) del artículo 12, las obras que se emprendan tendrán como finalidad únicamente el cuidado, protección, conservación, restauración y consolidación del edificio o de las partes que lo necesiten.

Estas obras solo podrán ser ejecutadas bajo la supervisión del Conservador de la Ciudad y con la autorización expresa del Consejo para la Protección de La Antigua Guatemala. Toda obra que se proyecte ejecutar en los edificios a que se refiere el inciso 2) del artículo 12 requerirá la aprobación previa del Consejo.

Para los efectos de esta ley, los términos conservación, restauración y reconstrucción tendrán el siguiente significado.

a) Conservación: es propiciar la permanencia de una estructura en su estado actual mediante la prevención de ulteriores cambios y deterioros, utilizando los materiales tradicionales. Impone el permanente mantenimiento del monumento y requiere se le asigne una función útil a la sociedad que no altere su naturaleza que debe aplicarse como regla general.

b) Restauración: es la acción que permite volver a una estructura, total o parcialmente, según el caso a la forma más aproximada en que quedó luego de los terremotos de 1773, usando todos los medios arquitectónicos dentro de riguroso método, que respete la pátina del tiempo. Debe tener carácter excepcional y dirigirse a revelar el valor estético e histórico del monumento, debe apoyarse en el respeto a la sustancia antigua o en documentos auténticos y termina ahí donde comienza la hipótesis. Algunas veces podrá requerir la remoción de aquellos elementos que la desnaturalicen o adulteren. Cualquier reemplazamiento de partes faltantes debe integrarse armónicamente al conjunto y distinguirse de las partes originales.

c) Reconstrucción: es la recreación de una estructura para convertirla en utilizable, usando no sólo la evidencia comprobada sino también conjetura y la imaginación. Tanto la conservación como la restauración tienden a salvaguardar tanto la obra de arte como el testigo de historia que constituye el monumento. La reconstrucción, en cambio, elimina la autenticidad y permite libertades que pueden producir la adulteración de los valores estéticos e históricos.

Por último, es necesario resaltar los artículos 24 y 40, debido a las obligaciones tanto de las entidades públicas y privadas de declarar todo bien patrimonial que son de su propiedad y que sean parte del conjunto monumental, así también de expresar bajo quien está el cuidado de estos bienes.

ARTÍCULO 24. -Todos los planos y proyectos para las construcciones públicas y privadas en La Antigua Guatemala y circunscripción que se declare parte del conjunto monumental o área de conservación o de influencia, deberán presentarse en duplicado ante el Consejo y deberán ir firmados por Arquitectos o Ingenieros Civiles, en ambos casos colegiados y activos. Si se realizaren obras que violen esta ley, sus reglamentos, el Plan Regulador o las Ordenanzas vigentes, el Consejo o el Conservador podrán ordenar en cualquier estado de la obra, su suspensión y, en caso de que así lo acuerde el Consejo, su demolición por cuenta del infractor.

ARTÍCULO 40. -Todos los inmuebles comprendidos en inciso 1º. y 3º. Del artículo 12, así como las ruinas situadas en la antigua Guatemala y sus áreas circundantes, estarán bajo el cuidado directo del Consejo. Asimismo, lo estarán los inmuebles propiedad de las Municipalidades afectadas por esta ley.¹¹

Carta de Atenas, Conferencia de Atenas (1931)

La carta de Atenas fue el primer logro de cooperación internacional para la conservación del patrimonio, del cual se pueden destacar aspectos importantes como la internacionalización del problema de la conservación, donde debía predominar el interés público y general.

Otro aspecto que destacar sería la necesidad del intercambio de conocimiento entre especialistas para dar lugar a la elaboración de normas y leyes más específicas que se pudieran aplicar a distintos países.

¹¹ (LEY PROTECTORA DE LA CIUDAD DE LA ANTIGUA GUATEMALA, DECRETO 60-97 DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA.)

Los trabajos durante la conferencia fueron articulados en diferentes secciones:

1. Administración y legislación.
2. La utilización de los monumentos.
3. Trabajos de consolidación, reparación y reintegración.
4. Las condiciones ambientales.
5. Levantamientos gráficos y fotográficos.

Finalmente, se recordó que la conservación de monumentos debía ser objeto de una cada vez más estrecha cooperación técnica, intelectual y moral, al tiempo que objeto especial en la educación de los jóvenes, destacando la utilidad de elaborar una documentación sobre este tema que debía ser puesta a disposición de la comunidad internacional (Chaparía 2005).

Carta de Venecia Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos y Conjuntos Históricos (1964)

Esta carta incorpora otra categoría siendo el de monumento al patrimonio menor, donde en su Artículo 14, declara que “los lugares monumentales deben de ser objeto de atención especial, a fin de salvaguardar su integridad y asegurar su saneamiento, su tratamiento y realce”.¹² Esto establece que el tamaño del monumento o patrimonio no establece o define un valor en específico.

¹² CARTA INTERNACIONAL SOBRE LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE MONUMENTO Y SITIOS. CARTA DE VENECIA 1964. ARTÍCULO 14.

CAPÍTULO TERCERO

IDEA

PROYECTO



IDEA

ENSAYOS PREVIOS EN DISTINTOS MONUMENTOS

Previo a realizar un levantamiento definitivo del Templo de Nuestra Señora del Carmen era necesario realizar pruebas y ensayos, la finalidad de realizar estos pasos era fundamental para determinar una metodología eficiente, así como, tener un acercamiento a tipos de estructurar similares.

La finalidad de realizar pruebas es parte de la metodología previa para constituir un método más eficiente, por otro lado, también analizar posibles fallas, procesos y equipos.

Con la finalidad de recabar datos previos, durante y posterior a los levantamientos se creó una ficha técnica con los datos necesarios, también se listó el equipo utilizado y se verificaba el clima una semana antes, y un día antes al día del levantamiento.



Ilustración 20. Drones utilizados para realizar el levantamiento aéreo.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Por último, se realizaron vuelos con dron antes de crear un plan de vuelo, esto con la finalidad de identificar posibles obstáculos, alturas mínimas del vuelo, distancias máximas del vuelo y distancia de vuelo respecto de fachadas.

Por lo tanto, se escogieron dos monumentos con la finalidad de realizar todas las pruebas necesarias antes de determinar una metodología definitiva, los cuales son:

Monumento de La Remedios

El primer monumento en que se realizaron las primeras pruebas fue el Templo de Los Remedios, ubicado al inicio de la Alameda del Calvario.

Este fue elegido derivado de su importancia para la historia de la ciudad, ya que se cree este fue el primer templo construido posterior a los traslados desde la antigua capital, conocida hoy como Ciudad Vieja.



Ilustración 21. Fotografía del Templo de Los Remedios.

FUENTE: ANONIMA

La principal característica del templo es que fue construida en su mayoría de adobe y no del sistema tradicional de la época el cual era el calicanto. Otro motivo por el cual se utilizó este templo son todas las fallas estructurales que

presenta tanto en su fachada como en su nave central. Por último, este templo cuenta con distintas ampliaciones (capillas para este templo) y distintas intervenciones; todo este conjunto de características que presenta fue fundamental para la selección de este templo para realizar las primeras pruebas.

Con el análisis del estado actual del templo se procedió a determinar las principales áreas para la toma de datos, las cuales serían el muro norte, la fachada y el área del altar mayor, el principal motivo, es su estado de deterioro y las cuales presentan mayores fracturas, así como la idea de analizar su sistema constructivo en áreas de difícil acceso.

El primer paso previo a la toma de datos en campo es llenar la ficha técnica crea, la cual requirió hacer una visita previa al área del levantamiento, estimar alturas de vuelo y obstáculos, así como tomar la decisión de qué equipo utilizar.



Ilustración 22. Inspección del área por levantar.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Con la información ya obtenida, se procedió a realizar los planes de vuelo con la aplicación de DroneLink y revisar el clima para el día del levantamiento. Para la toma de datos se procedió a realizar vuelos a 36mts y 40mts de altura, la posición del gimbal del dron fue de 90° y en un vuelo posterior a 45°, con un mapeado en grilla, asimismo se hicieron tomas de puntos GPS para realizar un levantamiento controlado.



Ilustración 23. Seguimiento del vuelo de dron.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Se realizaron vuelos de manera paralela a la fachada a distintas distancias, esto con motivo de poder realizar comparaciones de cuál es la mejor distancia para realizar la toma de datos, tomando como punto de comparación, tiempo de vuelo tanto automatizado como manual, cantidad de fotografías y calidad de la nube de puntos. Por lo que se voló a distancias de; 3m, 5m y 9m de distancia. Por último, se utilizó una cámara 360° para finalizar el registro del levantamiento del día.

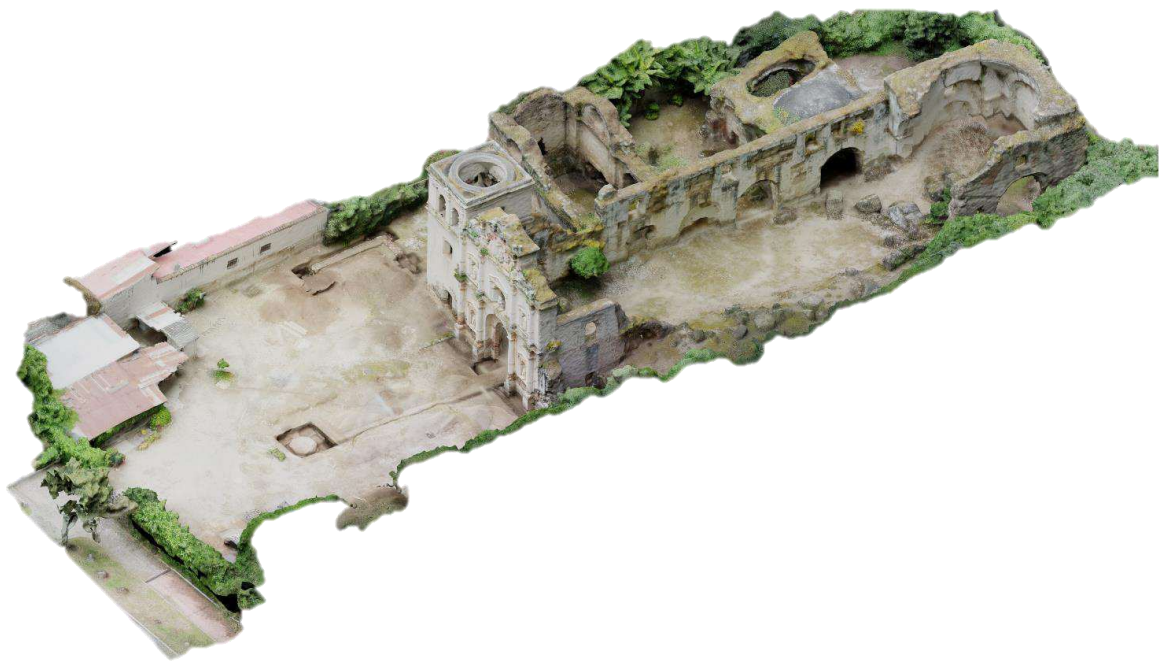


Ilustración 24. Resultado del levantamiento.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Con toda la información requerida, se procedió a procesar toda la información para la creación de la nube de puntos y así analizar los resultados obtenidos, así como analizar el templo con los puntos establecidos previamente para su estudio.

Monumento de La Recolección

La razón para la selección de este monumento es simple las dimensiones de este son uno de los más grandes de la ciudad colonial, además de ser uno de los más afectados por los distintos terremotos que han azotado a la ciudad.



Ilustración 25. Fotografía aérea del Templo de la Recolección.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

El área volada fue aproximadamente de 22,418m², el levantamiento de este monumento permitió estudiar los tiempos de vuelo con el dron, así como distintas configuraciones con la finalidad de encontrar el óptimo respecto de cantidad de metros cuadrados volados frente al tiempo.

La configuración para este vuelo fue mixta, siendo un vuelo con la cámara del dron a 90° y otro a 45°, volados de manera perpendicular entre sí. Para este caso fue más relevante poder determinar configuraciones de vuelo y tiempos, ya que este monumento no contaba con alguna fachada que fuera relevante para levantar.

EQUIPO UTILIZADO PARA LA FOTOGRAMETRÍA

Durante las pruebas realizadas en los distintos monumentos se utilizaron distintos equipos para realizar los levantamientos, esto con la finalidad de determinar qué equipo es el mejor según la circunstancia y el entorno en el que se encuentra el monumento, por lo que para realizar el levantamiento del monumento que se propone en este proyecto se utilizaron los siguientes equipos:

Dron DJI Mavic Air 2S

Dron de la serie Air S, cuenta con una cámara de 20MP, sensor de detección de obstáculos y un sistema avanzado de “regreso a casa”, tiene un peso de alrededor de 600g. La finalidad de usar un dron con esas características era realizar vuelos mucho más complejos y que requirieran un dron robusto, el cual alcance grandes distancias o tener la certeza de que este no se estrellará al volar en puntos más lejanos.



Ilustración 26. Dron DJI Mavic Air 2S.

Dron DJI Mini SE

Dron de la serie MINI, su principal característica es su peso, ya que no supera los 250g, lo que lo hace ideal para transportarlo a cualquier lado, ideal para vuelo simples o principiantes, cuenta con una cámara de 12MP. El dron al ser de menor dimensión es ideal para lograr vuelos en espacios reducidos

o baja altura de manera controlada, ya que no cuenta con sensores anticolisión, con este equipo se facilita llevar a espacios más concretos y a una altura difícil de llegar.



Ilustración 27. Dron DJI Mini SE.

Cámara Nikon Z50

Cámara profesional de la serie Z de la marca, es una cámara mirrorless, compacta y versátil, tiene una resolución de 24MP. La cámara al ser un equipo de mano es mucho más efectiva para capturar datos a una altura no mayor a los 2 m, además de poder realizar tomas mucho más cercanas y capturar así mucho más detalle o en su defecto llegar a espacios cerrados o lugares donde es imposible volar un dron.



Ilustración 28. Cámara Nikon Z50.

Cámara 360°

Cámara pequeña ideal para espacios pequeños y fácil de transportar, la finalidad del uso era recabar datos en espacio en el que ni la cámara fotográfica y el dron logran acceder. La cámara al ser más pequeña que un teléfono celular y menos pesado, permite realizar tomas que para una cámara es imposible, esta permite tener un sentido del espacio a la hora de visualizarlo en una computadora u otro dispositivo.

Matterport Pro-2

Cámara desarrollada por la empresa Matterport, con la finalidad de realizar tomas de espacios interiores y, a su vez, generar una nube de puntos, este dispositivo cuenta con un trípode especial que permite a la cámara girar 360° y así capturar el entorno. El uso de este equipo esta mayormente destinado a realizar un levantamiento terrestre a manera de un recorrido virtual en el cual se puede avanzar a través del modelo digitalizado, el uso de este equipo permite capturar detalles a nivel del suelo en sectores complicados o techados.



Ilustración 29. Cámara Matterport Pro-2.

GPS

El GPS es una herramienta de posicionamiento global, este se compone de tres elementos para su funcionamiento, los satélites en la órbita de la tierra, las estaciones terrestres y por últimos los receptores. Cabe mencionar que hoy en día son mucho más accesibles encontrándose en teléfonos celulares e incluso cámaras fotográficas, las cuales pueden proporcionar información básica como el lugar en el que se encuentra el dispositivo. El uso de esta herramienta para los levantamientos es fundamental si se quiere tener una mayor precisión del elemento por levantar, esto al hacer uso de coordenadas en latitud y longitud.

SOFTWARES

Actualmente existen una serie de softwares desarrollado por distintas empresas. Hoy en día existen una cantidad considerable de softwares tanto para computadoras como aplicaciones para celulares.

Todos estos softwares cumplen con una misma finalidad, la fotogrametría, y esto es gracias al avance acelerado de la tecnología de hoy en día, siendo tal que los celulares actuales ya cuentan con un escáner LiDAR incorporado.

Cada software dependiendo de su desarrollo puede ofrecer distintas herramientas, incluso algunas cuentan ya con versiones tanto para computadoras como para celulares, dentro de toda esta gama de aplicaciones, existen unas que únicamente ofrecen la capacidad de planear vuelos de dron para recolectar las fotografías, y otras que incluso pueden realizar un levantamiento en el mismo lugar.

Así que se puede clasificar cada uno de los distintos softwares en grupos dependiendo de cómo se pueden utilizar y según lo que ofrezcan, siendo de la siguiente manera:

Aplicaciones para computadoras

Los softwares de computadora suelen ser mucho más dinámicos, ya que debido a la versatilidad y los componentes de un computador hacen que el procesamiento de la información así como la visualización sea mucho más fluida, sin embargo, este no es posible en la mayoría de casos llevarlo al lugar de estudio, salvo las computadoras portátiles, estos softwares al estar pensados para ser usados en un computador, permite realizar muchas más tareas, como la automatización de la toma de fotografías, simulaciones de vuelo, así como su posterior procesamiento y su visualización.

Los siguientes softwares pueden realizar las distintas tareas necesarias para un levantamiento fotogramétrico, tales como la creación de planes de vuelo, simulaciones, procesamiento de nube de puntos y visualización.

Drone Harmony

Este software, no es una aplicación de escritorio como tal, sino que se basa en un sistema de almacenamiento de información por medio de servidores en la nube. Por lo tanto, funciona más como una página web.

Actualmente la página aún se está desarrollando por lo que es normal encontrar una versión DEMO¹³ de la aplicación. Es usado en distintos ámbitos profesionales, como la inspección industrial, el mapeado de terrenos, inspecciones con dron e inspecciones de líneas de alta tensión.

Drone harmony permite realizar simulaciones y crear planes de vuelo gratuitos, no obstante, al ser gratuitos tiene ciertas limitaciones, al no poder usar ciertos planes de vuelo, sin embargo, para fines de simulación es bastante práctico e intuitivo.

¹³ Programa informático de demostración que es una versión reducida en prestaciones de un programa para utilizarlo y evaluarlo antes de su compra.

Pix4D

El software es uno de los más utilizados en la industria, al ser muy dinámico e intuitivo de usar, además de las muchas opciones de trabajo que ofrece.

Al ser un software tan versátil, permite crear un flujo de trabajo más especializado acorde a las necesidades del proyecto, ya sea usando cámaras o drones incluso con archivos de video, además de un control total, esto debido a que cuenta con plantillas de trabajo, y puede ser usado tanto en computadora como en un dispositivo móvil.

Ofrece la creación de mapas, construcción de modelos 3D e inclusive la creación de curvas de nivel para proyectos topográficos. Cabe destacar que este software sí permite la creación de distintos planes de vuelo.

El software al poder realizar tantas tareas está dividido en distintas aplicaciones, siendo las más conocidas, **PIX4D mapper** para levantamiento fotogramétricos y procesamiento de nubes de puntos, así como la creación de mapas 2D y modelos 3D, y **PIX4Dmantic** usado para la cartografía y la topografía haciendo uso de la fotogrametría y el sistema LiDAR.

Una de las desventajas de este software es que es excesivamente caro llega a costar hasta \$4,900.00 para una licencia perpetua.

Agisoft metashape

Este software, al igual que PIX4D está enfocado a la fotogrametría y el procesamiento de este, a diferencia del otro, Agisoft no cuenta con una variedad de aplicaciones, ya que este lo incluye todo en una misma aplicación siendo la única diferencia que existen dos versiones, una profesional y una estándar.

Abordando la versión profesional, ya que es la que cuenta con más funciones, permite el procesamiento de fotografías para la creación de una nube de puntos, el mismo software permite editar la nube de puntos, en el caso de clasificarlo y hacer una reconstrucción más personalizada.

Trabaja con modelos de elevación digitales georreferenciados, lo cual es de mucha ayuda a la hora de hacer un levantamiento, también permite crear orto mosaicos, creación de modelos 3D y texturizado.

Este software trae consigo una gran ventaja, y es el procesado en nube, esto permite trabajar en computadoras que no tengan los componentes necesarios para el procesado de la información, cuenta con una versión gratuita con un tiempo límite de procesado de hasta 20h mensuales.

Meshroom

Meshroom es un software de código abierto, lo que significa que es completamente gratuito y no contiene ningún elemento de pago, es igualmente usado para fotogrametría, permite el procesado tanto de imágenes como de videos para transformarlo en una nube de puntos y posteriormente a un modelo 3D.

Sin embargo, este software no predomina tanto en la industria de la construcción o del patrimonio, debido a que no cuenta con muchas funciones para analizar el modelo, este software es mucho más utilizado en la industria de los videojuegos, ya que se pueden trasladar muchos elementos de la vida real a un juego.

Drone Deploy

Al igual que Drone Harmony, este funciona por medio de una web con almacenamiento y procesado en la nube, sin embargo, este cuenta con varias aplicaciones y funciones, tales como la programación por nodos para simular un recorrido e incluso ejecutarlo.

Con este software se puede realizar los planes de vuelo, la simulación de este y posteriormente ejecutarlo, al tener un procesado en la nube permite un flujo de trabajo mucho más rápido.

Drone Deploy es utilizado tanto en la industria de la construcción como en el de agricultura, pero tiene otras aplicaciones como la energía renovable y la industria del gas.

Al igual que muchos de otros softwares, este es de paga, sin embargo, cuenta con una versión de prueba de 30 días donde se puede procesar y crear proyectos.

Autodesk ReCap

Desarrollado por Autodesk, este software en particular permite visualizar un modelo de nube de puntos, en distintas extensiones, por ejemplo, la extensión tipo LAZ¹⁴. El software permite realizar trabajos básicos como tomar medidas o inspeccionar el modelo.

Este programa puede llegar a generar un modelo 3D a partir de una nube de puntos importada, sin embargo, su mayor fuerte es poder trabajar con otros programas como Revit o AutoCAD, ya que trabaja con extensiones de archivos compatibles para estos programas.

Autodesk ReCap photo

Este software no es más que una extensión del software de Autodesk ReCap, ya que trabaja en conjunto con este. El programa permite generar una nube de puntos, por medio de la importación de imágenes.

La ventaja de este software es que se puede usar para la representación gráfica del levantamiento, ya que permite trabajar con vistas ortogonales del modelo, así como verificar escalas o incluso hacer uso de la realidad aumentada.

¹⁴ Extensión de los archivos LiDAR o una exportación de una nube de puntos desde otro software.

Blender

Es un software mundialmente conocido dentro de la industria de los videojuegos, ya que permite desarrollar modelos tridimensionales que posteriormente son utilizados en videojuegos.

La versatilidad de este software permite exportar archivos 3D tales como los generados en softwares como Agisoft o ReCap, en Blender es mucho más cómo poder visualizar los modelos realizados con fotogrametría, si bien no es un programa para fotogrametría, permite realizar muchos otros procedimientos, incluso la realización de renders.

Al ser un programa netamente de modelado, permite reconstruir elementos arquitectónicos de la época, e incluso realizar animaciones de destrucción, claramente esto requiere de un conocimiento avanzado del programa, sin embargo, para los fines de visualización del modelo cumple su cometido.

Autodesk Revit

Revit es un programa de modelado de información de construcción, permite diseñar proyectos constructivos y realizar documentación gráfica técnica.

Al ser un software BIM permite trabajar de manera mucho más eficiente, llegando al punto de generar *metrado* de datos para la cuantificación de un proyecto.

Hoy en día Revit también es usado en la metodología HBIM (*Hederitage Building Información Modeling*) es un proceso aplicado a las construcciones existente, en el que parte de un levantamiento digital, donde esencialmente se puede obtener información de un edificio o construcción histórica.

Aplicaciones para móviles

Las aplicaciones para móviles ofrecen la facilidad de usarlos en cualquier parte, sin depender de equipo costoso y difícil de transportar, no obstante, las aplicaciones no pueden usarse en móviles desactualizados o muy antiguos, por lo que se recomienda trabajar con dispositivos más modernos, las ventajas de trabajar con teléfono móvil, aparte de transportarlo a cualquier lugar, es la facilidad de hacer acercamientos a espacios mucho más concretos, además de que la mayoría de información procesada es por medio de la nube, por lo que únicamente dependerá de la velocidad de internet que se posea en ese momento, las aplicaciones más usadas son las siguientes:

Drone Link

Esta aplicación es un controlador de vuelo, o en otras palabras funciona para automatizar vuelos de drones, la función principal de esta aplicación es crear mapas de vuelo, estos además pueden ser editables, con la finalidad de adaptarse a las necesidades específicas del proyecto, tales como vuelos en una sola dirección o vuelos en grilla, también permite adaptarse a las elevaciones del terreno si es necesario.

La aplicación también permite realizar planes de vuelo en vertical, lo cual es de ayuda para inspecciones de fachadas o de edificios de gran altura o dimensiones demasiado extensas.

Una de las funciones más importantes de esta aplicación es la capacidad de realizar simulaciones de vuelo, así como crear un flujo de trabajo con distintos mapas de vuelo.

viDoc (Leica)

Esta es una aplicación y un dispositivo para smartphones desarrollado por PIX4D, para realizar capturas activas junto con un dispositivo RTK¹⁵.

El flujo de trabajo de este dispositivo consta de realizar escaneos con un smartphone, a través de la cámara de este, la forma de capturar toda la información es por medio de la aplicación PIX4Dcatch, en la cual para obtener la información es a manera de tomar un video se escanea el lugar de interés, luego este se procesa en la nube de PIX4D entregando resultados casi al instante.

Este dispositivo permite realizar trabajos con flujos más complejos o en lugares donde es prohibido volar drones, al trabajar con sistemas RTK y LiDAR se obtiene una precisión absoluta menor a 5cm.

Polycam

Polycam es una aplicación que se ha viralizado en los últimos años ya que permite realizar un sinfín de levantamientos tan solo con un smartphone y su cámara.

La aplicación permite realizar distintos proyectos, desde tomas 360° hasta escaneos LiDAR de una vivienda entera, proyectos de fotogrametría desde el modo foto del dispositivo. Esto permite poder realizar un modelo 3D de casi cualquier objeto de la realidad.

Actualmente es usado por muchos profesionales de distintas industrias, tales como la industria del marketing o inmobiliarias.

¹⁵ RTK de las siglas en inglés "Real-Time Kinematic". Es un sistema de posicionamiento y navegación que entrega precisión centimétrica a las aeronaves que la llevan. Pueden ser usados también en smartphones de última generación.

PROYECTO

METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO Y OBTENCIÓN DE DATOS

La parte fundamental de este proyecto se fundamenta en la creación de una metodología que permita realizar levantamientos de alta calidad y con una variedad de equipos diferentes.

Por lo que detallar el procedimiento para realizar los levantamientos es determinantes para alcanzar la calidad deseada. Así que el primer paso es enlistar las diferentes actividades a realizarse, desde el conocido como gabinete hasta el trabajo ya en campo.

Investigación de campo y gabinete

Etapas de reconocimiento

Realizar una visita de campo al templo u objeto que se desea levantar, al igual que en cualquier otro proyecto de arquitectura, es fundamental reconocer el área de trabajo, sin este paso, es sumamente complejo avanzar con el proyecto que se lleva a cabo.

Por lo tanto, se realizó la visita al monumento, para determinar qué era lo que se requería del levantamiento, junto a esta visita se llenó una ficha técnica con los datos necesarios para realizar el levantamiento (ver anexos). En este paso, se realizan vuelos de inspección o reconocimiento, que permitirá conocer aspectos, como distancias de vuelo y obstáculos, tales como árboles, alambrado público, y otros.

Etapas de gabinete

Al haber recolectado todos los datos necesarios en la visita, se procede a examinar todo lo escrito en la ficha técnica y lo observado.

En esta etapa se comienzan a plantear las posibles rutas de vuelo, así como sus configuraciones, como la posición del gimbal,¹⁶ la velocidad de vuelo, el tiempo de vuelo y el área por cubrir. Para realizar toda la configuración del vuelo, fue necesario determinar cuál era el obstáculo más alto y la distancia a la que se encuentra.

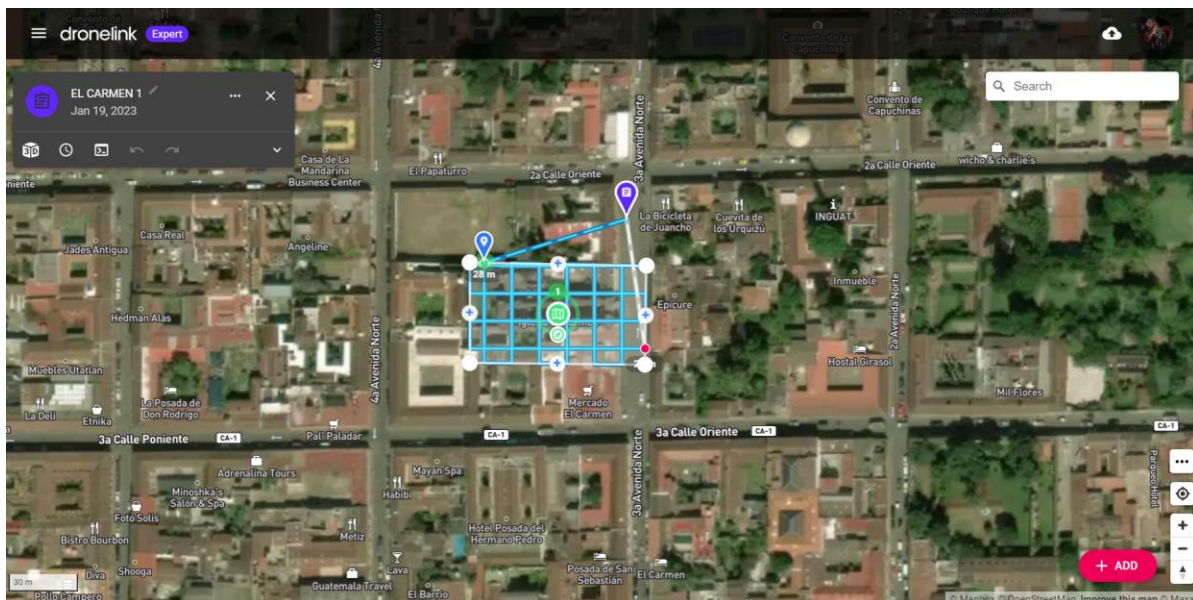


Ilustración 30. Plan de vuelo realizado desde la aplicación Dronlink.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

También se fecha el día que se realizará el vuelo y el clima, esto con la finalidad de determinar si la fecha escogida para realizar el vuelo es óptima y no se encontrar interferencias en el vuelo tales que obliguen a detener el levantamiento.

¹⁶ Cámara del dron y su estabilizador.

Se determina también el tipo de vuelo, si es requerido realizar un vuelo de fachadas o no, así como realizar vuelos al interior del monumento. Al terminar de validar todos los datos se procede a calibrar los dispositivos para evitar cualquier falla en el futuro.

Programación de vuelos y procesado

Etapas de programación de vuelos

Después de validar todos los datos en gabinete, solo hasta este momento es válido realizar el levantamiento, ya que se han verificado todos los datos, configuraciones y se ha revisado el equipo. El proceso busca evitar cualquier fallo que pueda retrasar los vuelos o el levantamiento.

Ya estando en campo, es necesario volver a validar los primeros datos, con el fin de determinar que no existe ningún cambio en el área de vuelo, tales como la altura de vuelo segura y los obstáculos en el área a volar.

Para esta etapa se usó la aplicación DroneLink para programar los vuelos con dron, y la aplicación Matterport para el escaneo del interior del monumento.

El mismo día del levantamiento será necesario validar que el clima es el óptimo para realizar los vuelos, ya que en ambientes de mucha humedad o incluso lluvia no se pueden realizar vuelos, un dato sumamente importante para realizar también los vuelos es realizar una verificación de alturas máximas de vuelo, ya que en ciertas regiones existen alturas máximas o vuelos restringidos, mayormente dictaminados por Aeronáutica Civil.

Etapas de procesado

La etapa de procesado es la última etapa del levantamiento, todo esto se desarrolla bajo etapas de trabajo, para evitar tener que repetir o volver a realizar otros vuelos o levantamientos. Sin embargo, solo hasta esta etapa, se podrá ver si es necesario realizar alguna rectificación en el levantamiento, cabe mencionar

que en un buen levantamiento es casi innecesario hacer una rectificación si se sigue el procedimiento adecuado, pero siempre hay excepciones.

Regresado al espacio de trabajo se procede a organizar las carpetas por los tipos de levantamientos realizados, por ejemplo; vuelo a 90°; vuelo a 45°; vuelo de fachada. Llevar un orden en el registro del levantamiento ayudará a tener un flujo de trabajo mucho más ordenado y eficiente.

Probablemente esta sea la etapa más tardada de todas, esto se debe a las características del equipo con el que se procese la información, ya que esta puede llegar a durar hasta días solo en la generación de una nube de paso.¹⁷

Análisis y visualización del levantamiento arquitectónico del monumento

Etapas de análisis

La etapa del análisis es en donde verdaderamente se visualiza la importancia y la eficacia del levantamiento fotogramétrico, en esta etapa se procede a realizar una observación del modelo, con tal de extraer la información que se requiera en ese momento, por ejemplo, realizar una línea del tiempo sobre la evolución del monumento, así como intervenciones pasadas. La obtención de planos o la actualización de este con información mucho más exacta.

El análisis no solo irá enfocado a cómo se encuentra el monumento, si no que, sirve también como un registro de pasos sobre la intervención que actualmente se está ejecutando, con la finalidad de comparar los avances de mes a mes.

¹⁷ ASÍ SE DENOMINA AL PRIMER PASO PARA GENERAR UNA NUBE DE PUNTOS.

Etapas de visualización

La finalidad de esta etapa es mostrar a propios y extraños el patrimonio con el que se cuenta en Guatemala, la creación de un modelo 3D y renderizaciones, son una fuente de divulgación sumamente importante y gráfica, con la que todo público puede interactuar, divulgar el modelo no solo podrá influir en el turismo de la ciudad, si no que, a algo mucho más grande, su conservación.

Como se ha mencionado a lo largo de este proyecto, la documentación es algo esencial para preservar el patrimonio, ya sea con dibujos, planos, fotografías o modelos 3D, por lo que, si bien esta es la última etapa, no deja de tener importancia, ya que es la que deberá de hablar por sí sola y expresar lo que tanto se busca en la conservación del patrimonio: trascender generaciones y poder contar una historia.

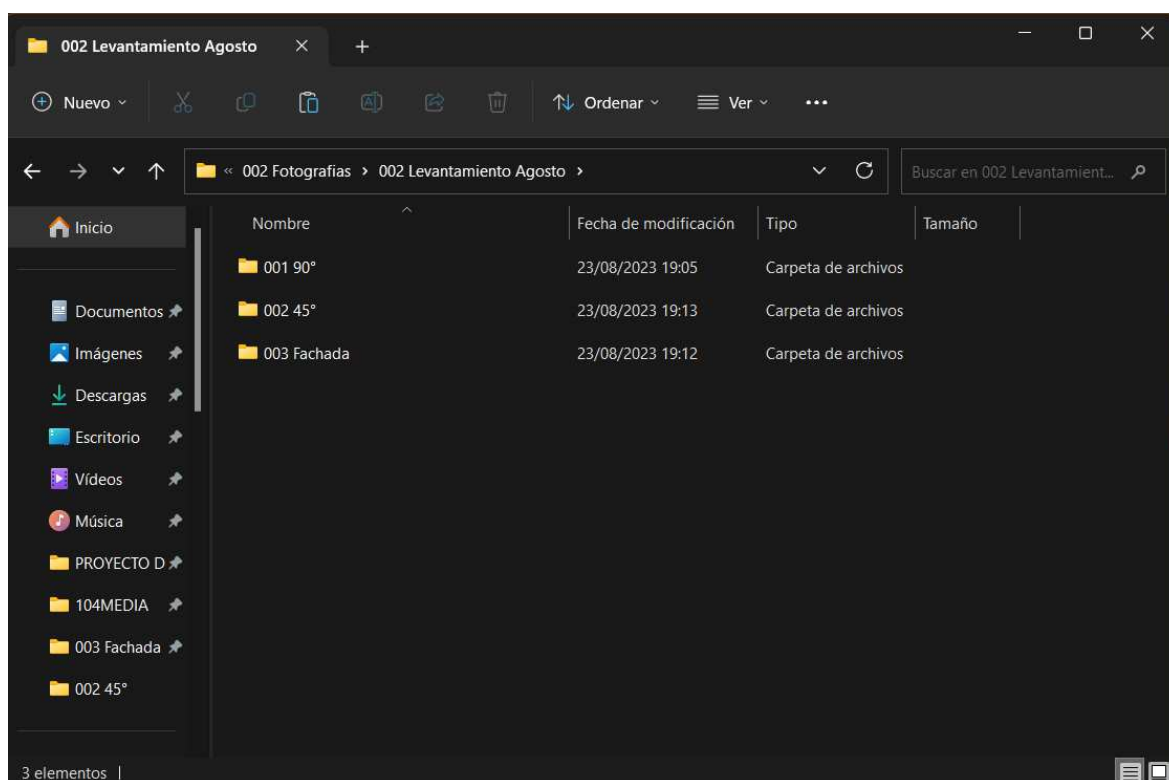


Ilustración 31. Organización de carpetas según el tipo de información.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023



Ilustración 32. Modelo 3D subido a la plataforma de Sketchfab.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

REGISTRO FOTOGRAMÉTRICO DEL MONUMENTO DE NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN



Ilustración 33. Columnas del templo de Nuestra Señora del Carmen.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

El templo de Nuestra Señora de El Carmen, es el monumento en donde se puso en práctica todo lo anteriormente mencionado.

Para el levantamiento siguiendo el orden de etapas ya establecido, se procedió a realizar distintas visitas al templo para determinar cuáles eran los obstáculos para realizar los vuelos, así como determinar los tipos de vuelos que se realizarían.

El primer obstáculo encontrado fue que habría que volar sobre la calle, lo cual representaba un riesgo tanto para peatones, vehículos y para el mismo equipo de vuelo como a quienes operarían los drones, lo cual dificultaría el proceso de

volar sobre la fachada. El segundo obstáculo encontrado fue la vegetación, ya que se localizó un árbol de gran altura que dificultaría los vuelos al perímetro del monumento, así como realizar vuelos a determinada altura.

Habiendo dictaminado los obstáculos, se procedió a analizar cuáles serían los planes de vuelo, con la finalidad de recabar la mayor cantidad de información del monumento, para posteriormente diagnosticar posibles fallas estructurales, grietas y cambios a lo largo del tiempo, se optó por realizar vuelos en grilla con un ángulo de 90° y 45° y a una altura de 32mts, un vuelo manual sobre la fachada y un vuelo manual sobre el perímetro del monumento a una altura de 26m por ultimo un vuelo manual al interior del templo a una altura de 18m.

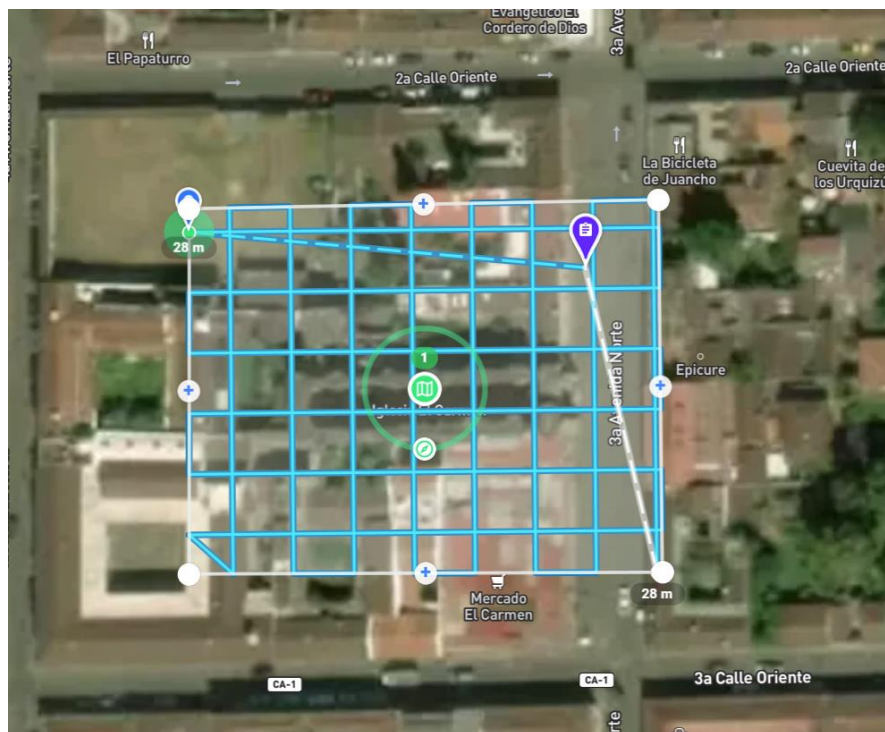


Ilustración 34. Plan de vuelo establecido.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Los vuelos en grilla se determinaron que fueran 4 en total, distribuyendo los planes de vuelo en, 2 por el total de la cuadra y 2 para volar alrededor del monumento.

Gracias al uso de las fichas técnicas y la visita previa se llegó a la conclusión de los planes de vuelo anteriormente mencionados, así mismo esto permitió

determinar la cantidad de baterías que se usarían, las cuales fueron un total de 5. Ya en gabinete se clasificaron todas las fotografías según su toma, posterior a organizar todo se decidió por procesar toda la información en el software de Agisoft metashape.

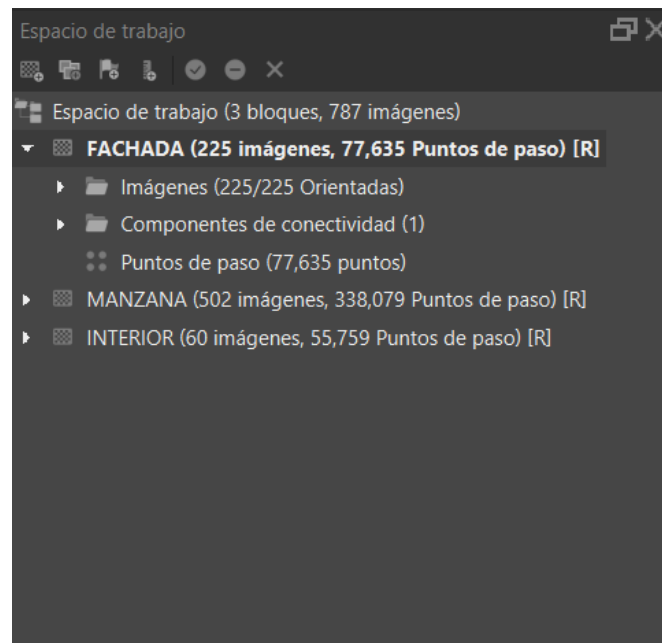


Ilustración 35. Estructuración de chunks.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Para el procesado de la información, primero se crea un *chunk*,¹⁸ el cual se renombra según sea el proceso de trabajo, para este proyecto se optó por trabajar de dos maneras, y así demostrar que existen diferentes opciones de trabajo en caso no se cuente con un equipo potente.

El primer método fue dividir por áreas el objeto levantado, aquí es donde entra la importancia de haber clasificado las imágenes, ya sea por fachadas, manzana y monumento, esto permite trabajar de manera ordenada y con equipos menos potentes, sin embargo, es necesario saber manejar lo que son los

¹⁸ ESPACIO DE TRABAJO.

puntos de control para, posteriormente, unir cada *chunk* que se generó por separado.

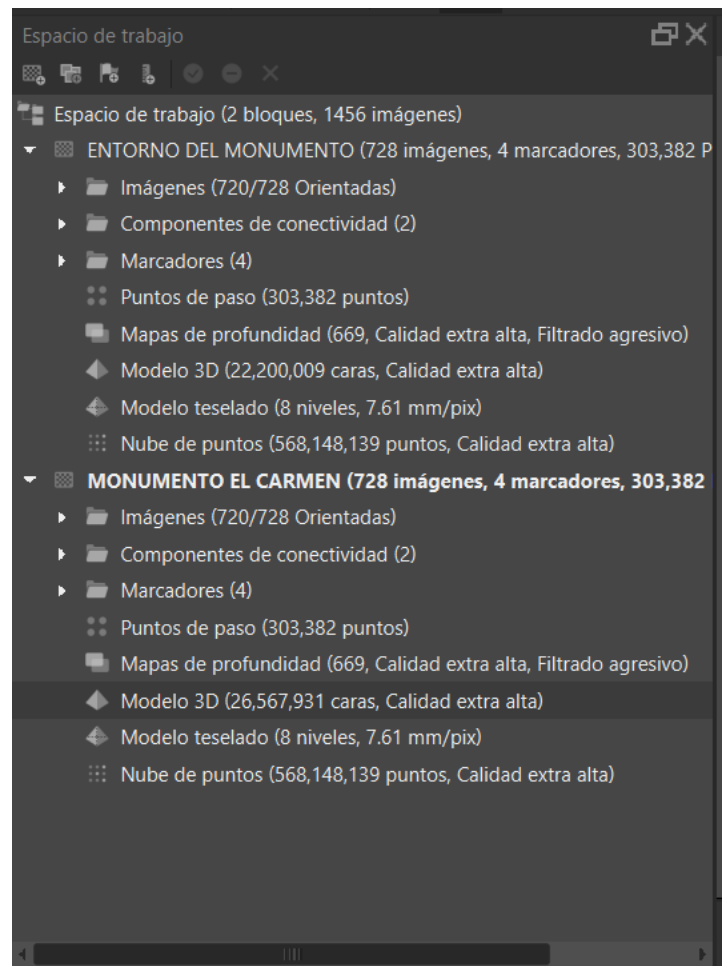


Ilustración 36. Organización final de chunks.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

El segundo método consta de procesar toda la información en un solo *chunk*, este método puede llegar a ser mucho más tardado, ya que se procesa mucha más información al mismo tiempo, lo cual puede demorar el tiempo de procesado, sin embargo, con este método ya no es necesario unir *chunks* que se hayan generado por aparte, posterior a todo el procesado de la información, se pueden duplicar los *chunks* y así trabajar en áreas mucho más concretas.

Los tiempos al haberse realizado con una computadora de gama alta, no variaron, no obstante, el peso de los archivos sí disminuyó y facilitó la visualización de la nube de puntos.

Así que se decidió seguir trabajando con el segundo archivo, por lo que se procedió a renombrar los *chunks*, para seguir con el orden de los archivos. El primer paso para el procesamiento de la información consiste en varios pasos.

Orientación de fotos y puntos de paso

El primer paso después de haber renombrado los *chunks* o espacios de trabajo, es insertar todas las imágenes previamente tomadas y clasificadas según la toma (para la metodología que se usó no fue necesario importar las imágenes según su toma), ya cargadas las imágenes en el programa se procede a orientar las fotografías, en este proceso el programa busca coincidencias en cada imagen, he aquí la importancia del porcentaje de traslape en los planes de vuelo, ya que entre más alto el porcentaje, el programa encontrara más similitudes y más imágenes lograra orientar.

Después de que se hayan orientado las imágenes, el siguiente paso es crear la nube de paso, esta empieza a crear un modelo de nube de puntos muy básico, que posteriormente servirá para crear la nube de puntos densa.

En esta etapa ya se puede visualizar un modelo muy primitivo y sucio, lo cual es necesario limpiar para generar una nube de puntos mucho más limpia y no tan pesada, por lo que se procede a eliminar todo aquello que no es necesario.

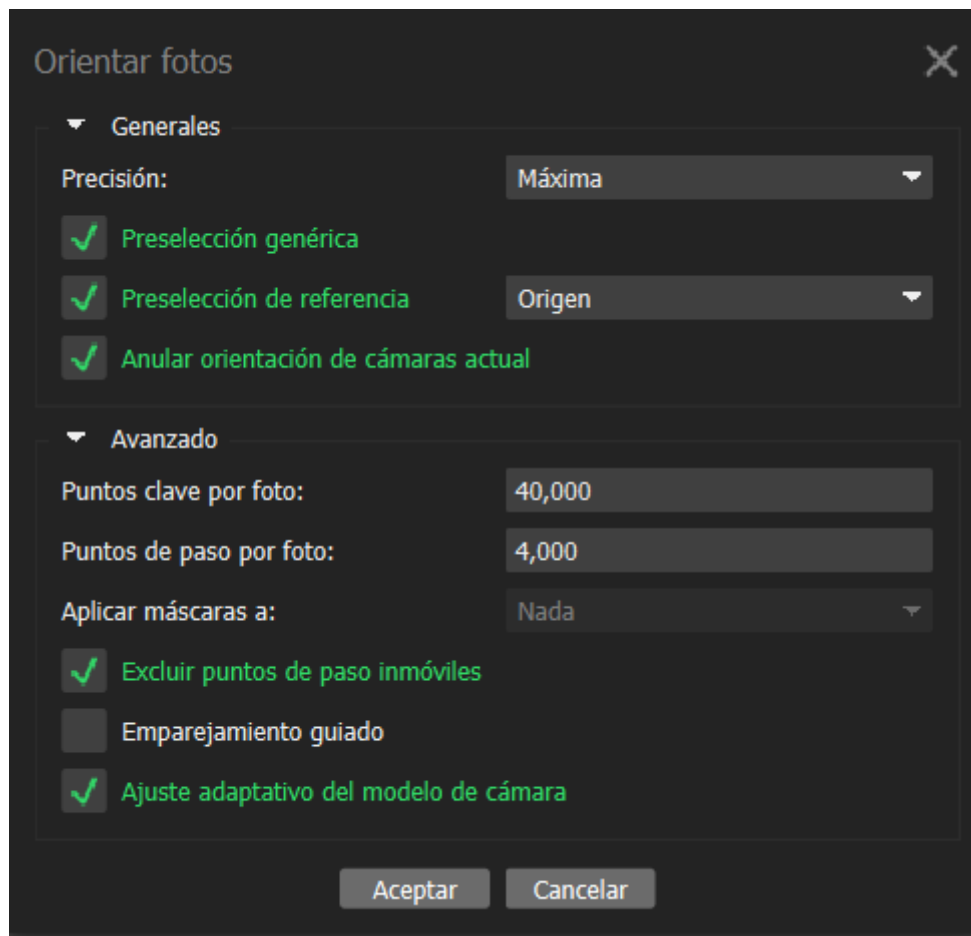


Ilustración 37. Configuración para orientación de fotos.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

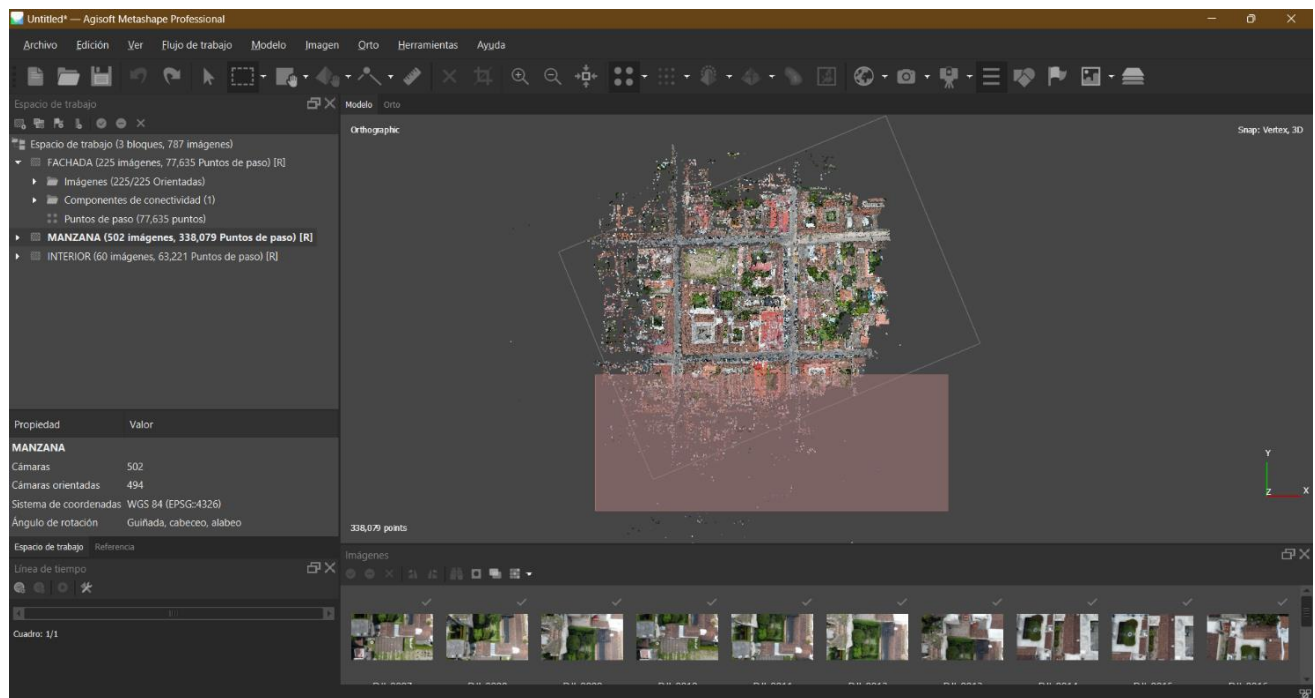


Ilustración 38. Limpieza de puntos de paso.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

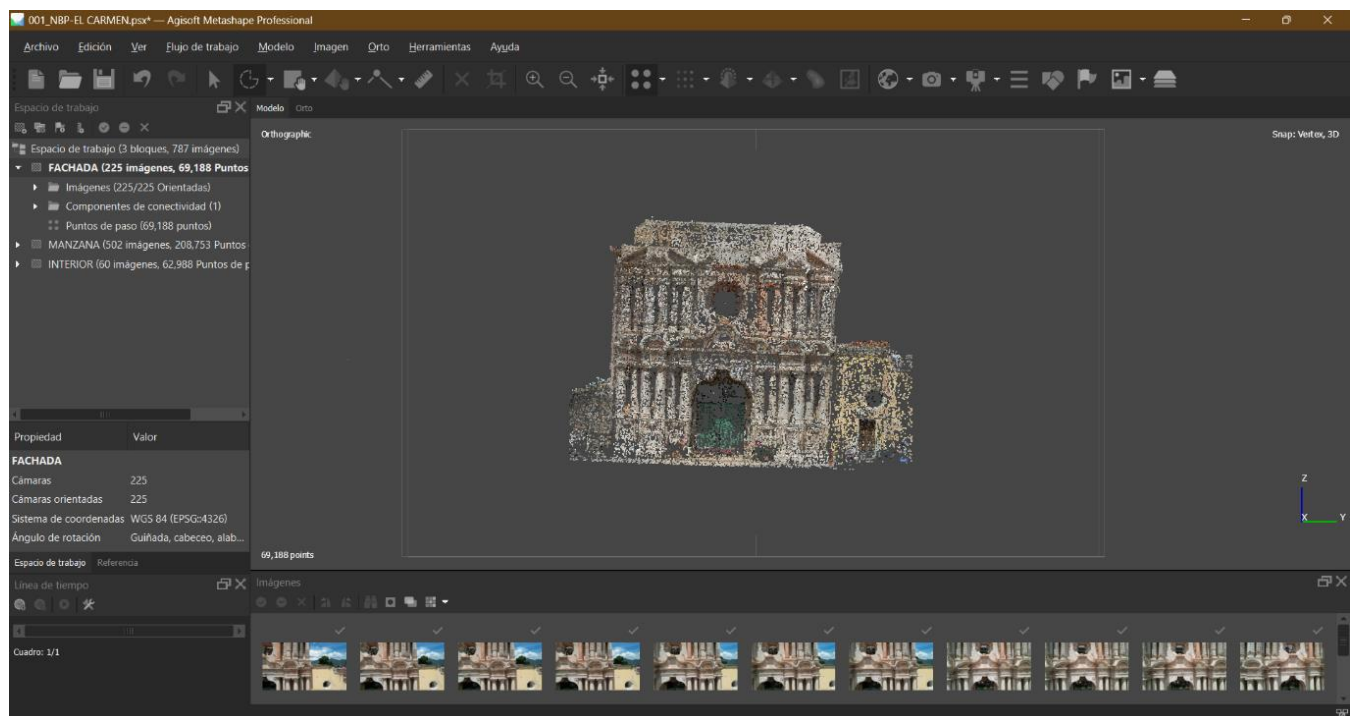


Ilustración 39. Resultado de los puntos de paso ya limpios.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Nube de puntos

Con la nube de puntos de paso, ya es posible generar la nube de puntos final, para conseguir un mejor resultado es recomendable hacer uso de los mapas de profundidad (estos mapas solo se encuentran en la versión pro del programa), ya que la información se procesa en un menor tiempo y entrega mejor resultado.

La nube de puntos ya es un modelo que se puede analizar a profundidad porque es posible visualizar más detalles, de esta nube de puntos es posible extraer un modelo 3D o mejor conocido como malla.

Para un filtrado agresivo de nube de puntos se pueden llegar a contar hasta millones de puntos, por lo que aun en esta etapa es necesario eliminar secciones de la nube que no son necesarios.

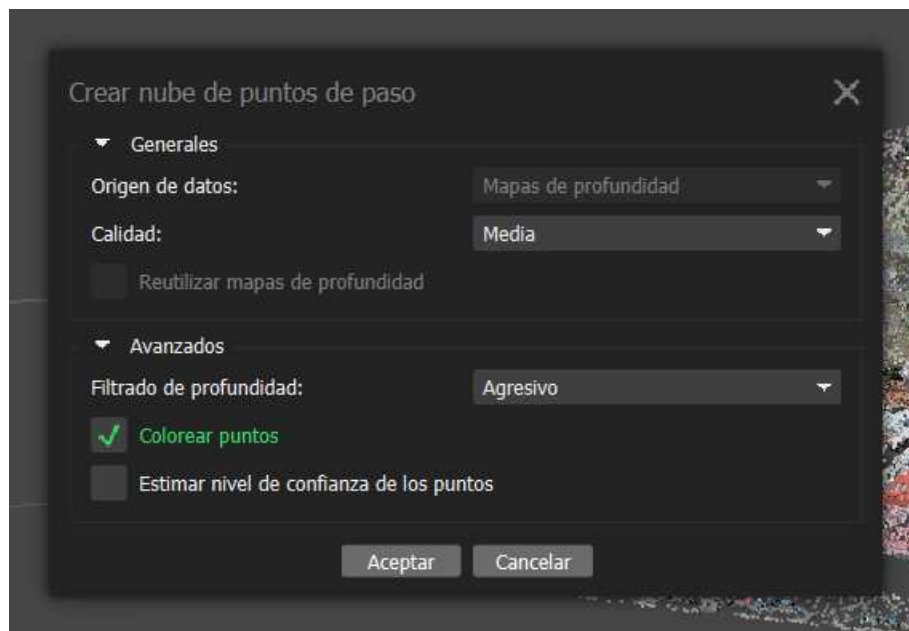


Ilustración 40. Configuración para creación de la nube de puntos densa.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

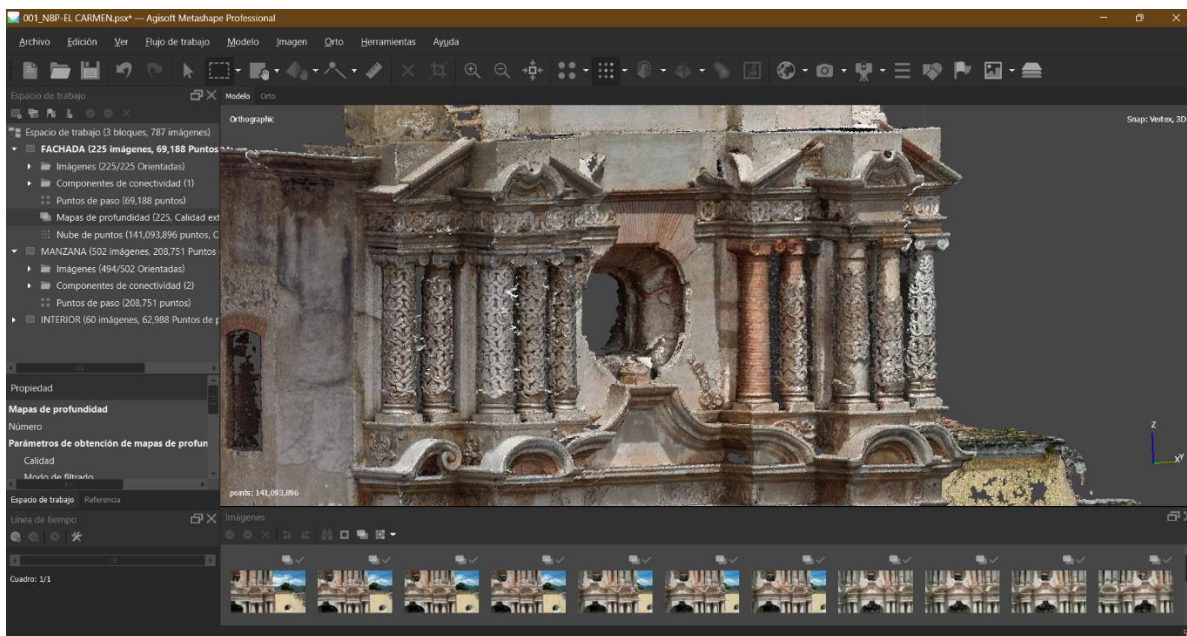


Ilustración 41. Resultado de la nube de puntos densa.
 FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Malla

Esta etapa es opcional ya que con la nube de puntos es suficiente para realizar diagnósticos o simplemente hacer uso en otros softwares como Revit, para realizar levantamientos del monumento en caso no existan planos o bien, generar propuestas.

No obstante, la nube de puntos no es suficiente en términos de la conservación y diagnóstico del monumento, la generación de la malla o modelo 3D contribuye a preservar su historicidad y al mismo tiempo realizar diagnósticos que permitan visualizar de mejor manera aspectos que estando en el lugar pueden llegar a ser difíciles de observar.

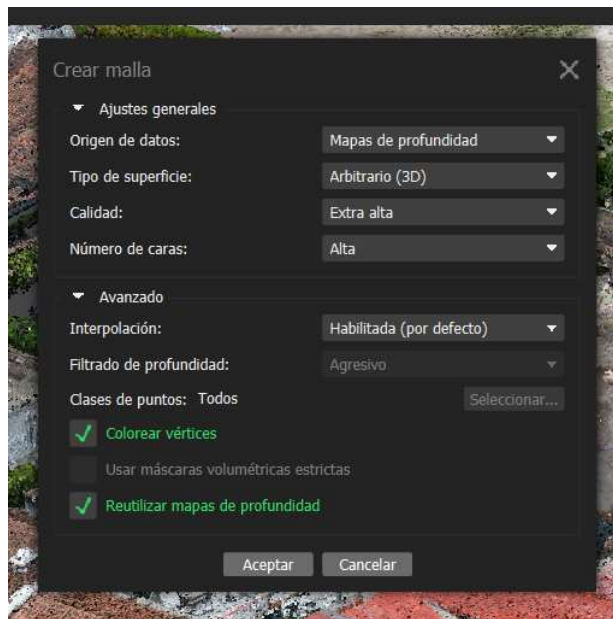


Ilustración 42. Configuración para la creación de la malla.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Por lo tanto, para generar la malla es necesario haber generado la nube de puntos densa, ya que, para generar la malla, el programa hace uso de la nube para estimar un modelo y posteriormente triangularlo, mejor conocida como mesh.¹⁹

Como se ha seguido realizando en los pasos anteriores, aquí es necesario realizar una limpieza más del modelo, en esta ocasión con la finalidad de reducir la cantidad de triángulo que contiene la malla, ya que al tener demasiado lo vuelve un modelo mucho más pesado, y esto dificulta trabajar el modelo en otros softwares de modelado 3D como Blender.

¹⁹ MESH SE LE LLAMA ASÍ A LA MALLA DE LA QUE SE COMPONE UN MODELO 3D LA CUAL SIRVE PARA GENERAR REPRESENTACIONES TRIDIMENSIONALES DE OBJETOS.

Modelo de teselas

Este modelo se basa en obtener información de las fotografías para texturizar la malla y posteriormente obtener imágenes orto rectificadas.

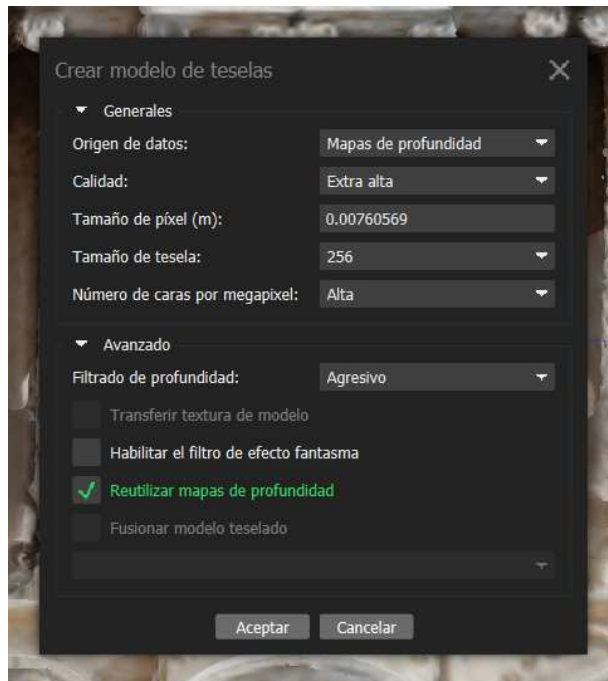


Ilustración 43. Configuración para el modelo de teselas.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Texturizado

Por último, se procede a crear la textura del modelo 3D, cabe mencionar, que el modelo de teselas y el texturizado son similares, no son lo mismo, si bien ambos extraen la información de las fotografías, uno sirve para ortofotos y el texturizado sirve para poder visualizar el modelo 3D de manera correcta.

La configuración para la textura dependerá mucho de las dimensiones del modelo y para qué se requieren, en el caso del proyecto se configuró para obtener una textura en una resolución de 8K ya que con este modelo se procederá a diagnosticar y observar cualquier elemento relevante para la

conservación del monumento, así mismo, generar un modelo 3D que quede como registro visual para su conservación.

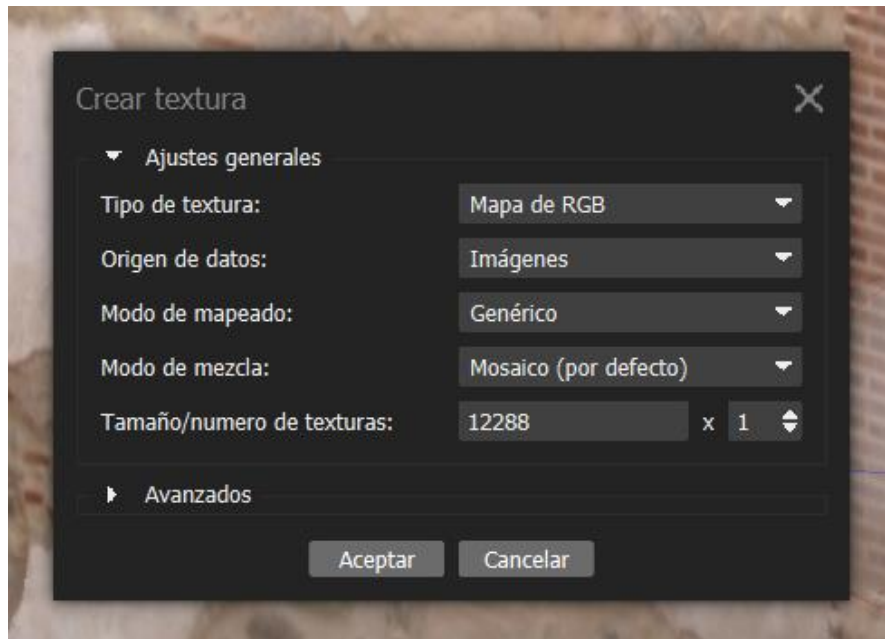


Ilustración 44. Configuración para las texturas, resolución 12K.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Ortofotografías

Por último, se procede a realizar las imágenes orto rectificadas con la finalidad de realizar una comparación con los planos que existen del monumento, también realizar una inspección del monumento a través de estas imágenes.

Para realizar estas imágenes es necesario colocar marcadores a lo largo de todo el modelo 3D de manera lógica y ordenada, esto permitirá obtener alzados o fachadas y una ortofoto de la planta.



Ilustración 45. Resultado de la orto rectificación.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Para finalizar con todo el procesado de la información y satisfechos con los resultados se procede a realizar una separación de la nube de puntos densa y del templo, con la finalidad de contar con modelos menos pesados y así visualizar lo que se requiera en cualquier momento, sin tener obstáculos para la inspección del modelo, esto también permite exportar por archivos separados a cualquier otro software como lo es Autodesk ReCap o modelos 3D a programas como Blender.

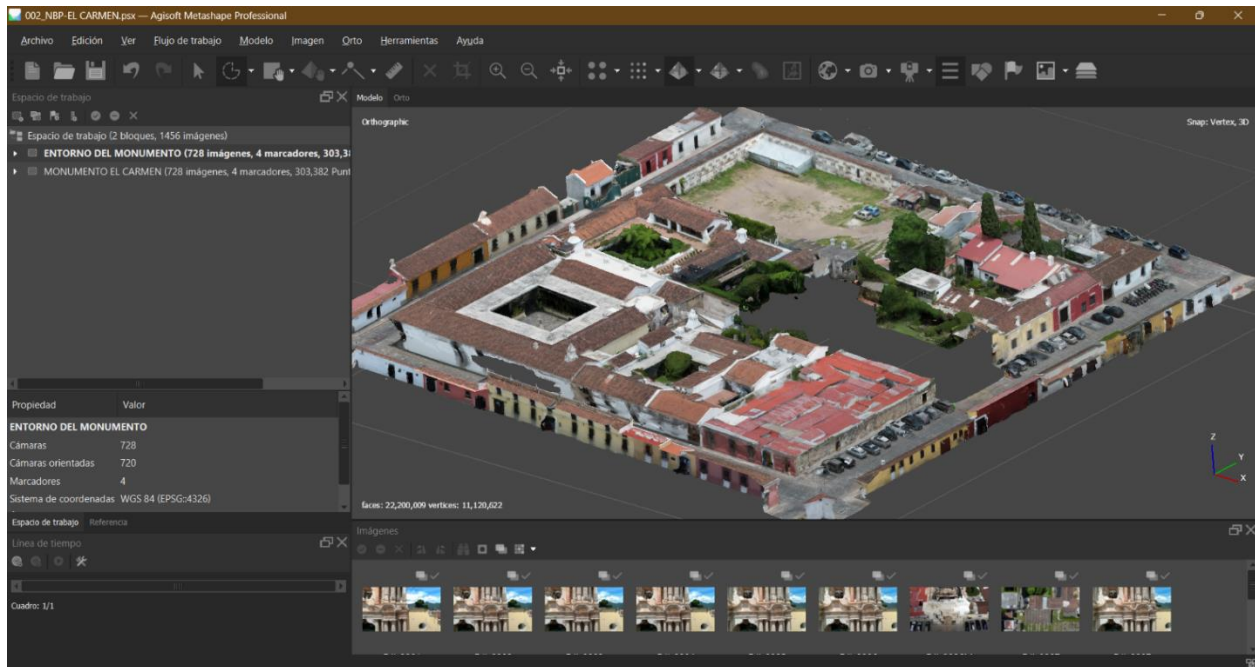


Ilustración 46. Separación del templo del resto de la cuadra.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

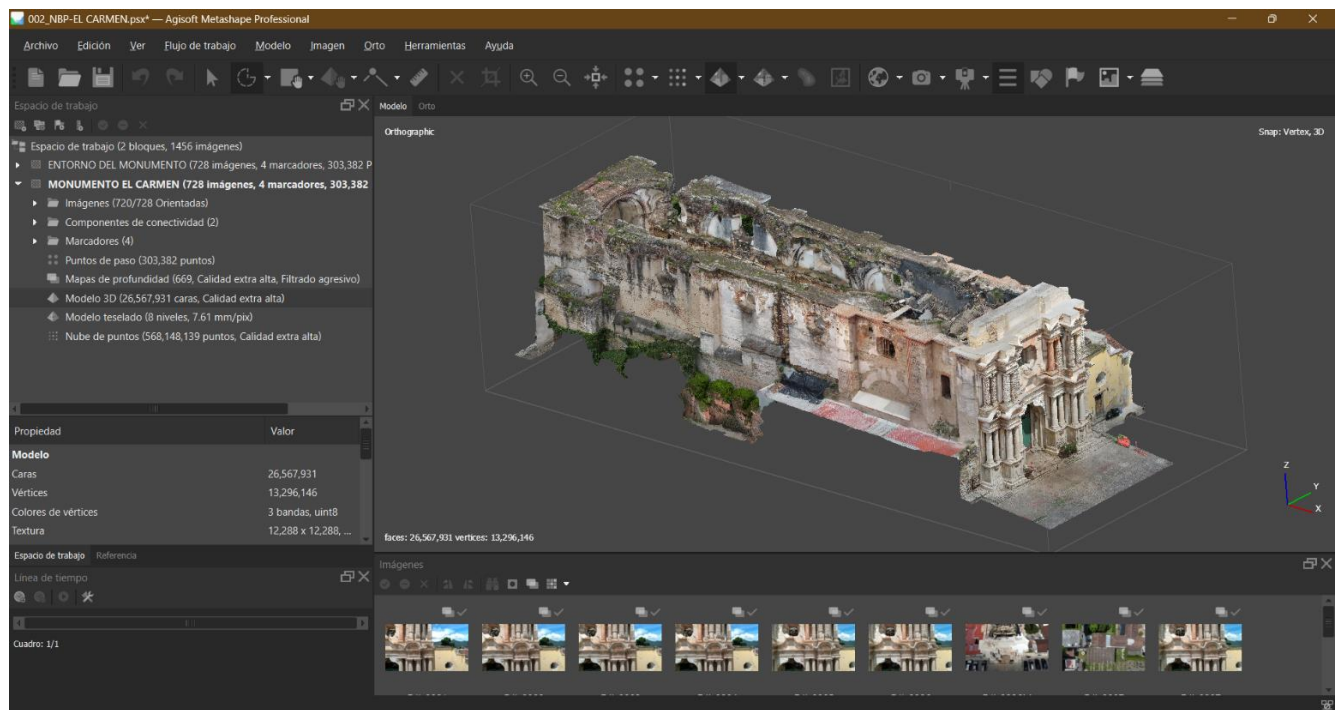


Ilustración 47. Templo completamente separado.
 FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

INTERPRETACIÓN, ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y VISUALIZACIÓN DEL MONUMENTO

El proceso de generar una nube de puntos y un modelo 3D no solo cumple con la finalidad de generar un registro que quede guardado y sin ningún uso, el principal motivo es usarlo, ya sea para interpretar que está sucediendo con el monumento, compararlo con registros anteriores, ya sean fotografías o planos, preservar la memoria histórica del monumento en caso de algún desastre o colapso del mismo y, por último, realizar un diagnóstico completo del monumento, tales como poder determinar su sistemas constructivos, intervenciones pasadas y daños que pueda presentar.

El primer paso es saber interpretar la nube de puntos para así extraer al máximo la información necesaria para futuros diagnósticos, así mismo saber identificar qué es lo que se necesita del modelo. El modelo 3D como la nube de puntos tiene que ser concisa ya que no sirve de nada tener un archivo tan pesado con información innecesaria para el diagnóstico del monumento.

Por lo tanto, la interpretación del archivo llevó a centrarse en dos aspectos, la evolución del monumento a través de los años y sus intervenciones, así como los daños que presenta.

Con toda la información ordenada y teniendo claro qué es lo que se necesita extraer del levantamiento, se procedió a realizar una comparación del estado actual del monumento y su evolución a través de los años, comparando aspectos como su deterioro, su entorno y posibles intervenciones para su conservación.



Ilustración 48. Fotografía aérea del Templo de Nuestra Señora de El Carmen.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Comparación

Para tener una comparación exhaustiva no solo se comparó con imágenes, sino que también se realizaron comparaciones de planos y levantamientos anteriores y actuales, con distintos métodos de levantamientos. Todo se realiza de manera cronológica, procurando obtener la información más antigua que exista, y así armar una línea del tiempo o una secuencia lógica a través de los años de la evolución del monumento.

La fuente más antigua encontrada para este proyecto es una fotografía del año 1875 tomada por E. Muybridge, al comparar la fotografía con el modelo actual, se observa cómo ha evolucionado en primer lugar el entorno del monumento, ya que aún se puede observar como las colindancias aún se encontraban en ruinas, lo que hoy es el mercado de artesanías no existía, en su lugar se observa escombros y vegetación, así mismo el otro lateral aún no habían sido convertidas en propiedades privadas y una gran parte de la fachada aún se encontraba en ruinas.



Ilustración 49. Templo de Nuestra Señora de El Carmen, fotografía
FUENTE: E. MUYBRIDGE, AÑO 1875.

Enfocándose ahora solamente en el templo, se observa como aun para esa fecha contaba con la mayoría de sus 24 columnas, aun se podía observar la pequeña estatua de la Virgen del Carmen, (advocación mariana a la que está dedicado el templo) así como la parte superior de la ventana octogonal, el muro sur del templo casi no presenta variaciones.

Como se puede observar, con una simple imagen antiquísima se puede extraer un sinfín de datos, como ya se ha mencionado, la fotografía es el recurso más valioso para la conservación de un monumento.

Existen más registros fotográficos de los años posteriores, sin embargo, se buscaron fechas que fueran de impacto, tales como las fechas anteriores a terremotos y posteriores a los mismo, por ejemplo, fotografías después de los terremotos de 1917 y 1918.

Posterior a estas fechas se encuentra la siguiente documentación más valiosa que proviene del libro de Verle Annis, titulado *"La Arquitectura de La Antigua"*

Guatemala" publicado en 1968, del cual se puede extraer información valiosa como fotos antes del terremoto de 1976 así como planos del recinto.

De momento se comparó con las fotografías que muestra en su libro y posteriormente se comparó con los planos que se muestran, ya que el plano mostrado es el más antiguo que se consiguió. Las fotografías tomadas por Verle Annis, son un gran punto de comparación, derivado a que este se enfocó no solo en fotografiar la fachada, sino que también el interior y en los detalles.

Para este punto ya se puede empezar a comparar las primeras intervenciones realizadas al monumento, las cuales probablemente hayan sido posteriores al terremoto de 1976, se observan que fueron en el basamento de las columnas adosadas que delimitan el espacio para los retablos, así como el muro testero y el arco que se encuentra encima del mismo.

Al igual que en fotografías anteriores para el año de 1968 aún se encontraba la escultura de la Virgen, así como otros detalles en estuco de la fachada.



Ilustración 50. Ventana del coro e imagen de Nuestra Señora del Carmen
FUENTE: VERLE ANNIS, AÑO 1968.

Siguiendo la cronología, ya es más usual encontrar fotografías llegando hasta el presente año, en el que ya se pueden observar las nuevas intervenciones realizadas por el CNPAG, reconstruyendo parte del arco de la fachada y columnas restantes.

Se realizaron dos comparativas exhaustivas en momentos claves del monumento, el primero el cual ya se mencionó y el segundo, uno más actual, ya con las intervenciones en proceso.

El modelo que fue levantado en agosto de 2023 aún puede ser usado para la comparación o registro de avances de los procesos de restauración que se llevan a cabo y se esperan que terminen en 2027.

Así que se hizo uso de fotografías de año 2022 y 2023 para realizar la comparativa, la más obvia es la reconstrucción del arco sobre la ventana octogonal y las columnas restantes, sobre los muros laterales del monumento se puede apreciar ya una limpieza de este, revelando unas pinturas realizadas sobre los contrafuertes y molduras.



Ilustración 51. Renderización del modelo 3D.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Es claro que el uso de tecnologías novedosas ayuda a llevar un registro mucho más detallado del monumento permitiendo realizar comparativas más detalladas y así realizar un diagnóstico mucho más profundo logrando llegar a determinar elementos o características mucho más puntuales.

La última etapa de la comparación se enfoca más en el aspecto técnico, ósea la representación gráfica del monumento, como los son los planos arquitectónicos, para realizar la comparación con los planos ya no se usaron renderizaciones del modelo 3D obtenido del levantamiento, sino que se procedió a extraer imágenes orto rectificadas del levantamiento fotogramétrico,

imágenes que permiten ser usadas para realizar planos o comparar con planos ya realizados.

En este rubro se pueden encontrar plantas, alzados y secciones del monumento, como se mencionó anteriormente, el punto de comparación fue el registro más antiguo encontrado, el cual fue el libro de Verle Annis.

La planta dibujada por Annis seguramente sea de 1968, y el aspecto más llamativo es que aún se tenía acceso a la sacristía del templo y otros ambientes, por el contrario, con el modelo levantado ya no se contaba con el acceso a estas áreas, más que solo la única nave con la que cuenta el monumento.

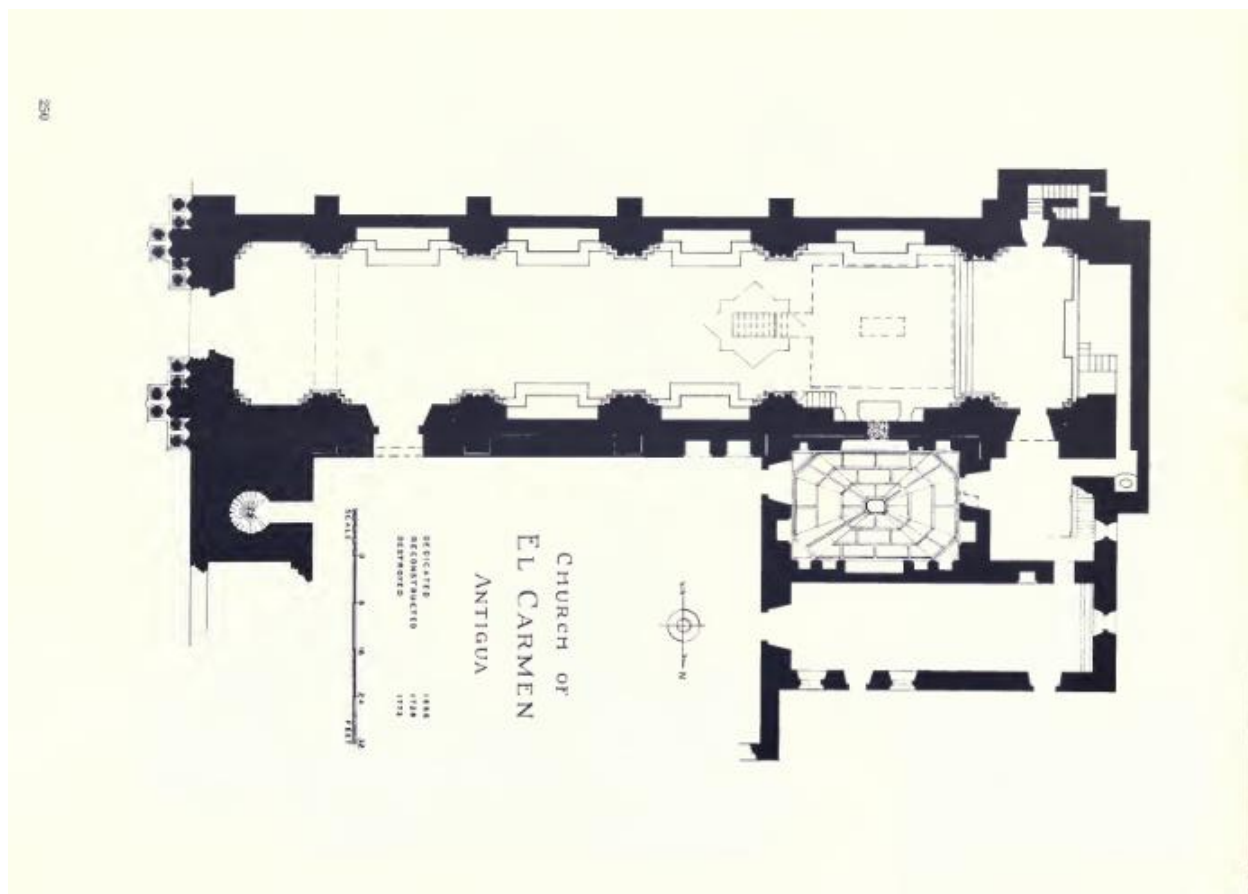


Ilustración 52. Planta arquitectónica del Templo de Nuestra Señora del Carmen
 FUENTE: VERLE ANNIS, AÑO 1968.

No obstante, esta no es la única comparación que se puede realizar, la planta dibujada y que seguramente fue levantada únicamente con cinta métrica muestra un desfase comparado con el modelo levantado con fotogrametría.

El resto de los planos encontrados se compararon bajo la misma línea, esto con el fin de comparar los métodos tradicionales con el propuesto en este proyecto. Los siguientes planos encontrados son de años más recientes.

Se comparó el levantamiento con un juego de planos de 2002, los cuales ya cuentan no solo con una planta, sino que también con cortes y la fachada, estos planos también fueron levantados de la manera tradicional y dibujados a mano, pero con una diferencia de 34 años con los de Verle Annis, lo más llamativo de los planos de 2002, es que son los que más similitud tienen con las imágenes ortográficas extraídas del levantamiento fotogramétrico.

Por último, se compararon las imágenes con los planos más recientes que son de 2022 realizados por el arquitecto Hairo Castellano, para la realización de estos planos se usó de igual manera el método tradicional, únicamente agregando instrumentos de medición más novedosos como el metro láser, y fue dibujado a computadora.

Al comparar los planos más recientes se vuelve a observar lo mismo de los anteriores, desfases o medidas que no llegan a coincidir del todo, sin embargo, a diferencia de los dos casos anteriores, el rectificar los nuevos planos es mucho más sencillo.

La comparación de todos estos elementos de manera tan minuciosa permite demostrar que el uso de herramientas como la fotogrametría, no solo son más precisas, sino que son mucho más eficaces y entregan resultados óptimos en un menor tiempo, también permite ser usada para muchos más temas como puede ser el diagnóstico y la visualización 3D.

Análisis

Con la información recabada se puede realizar un análisis al monumento, parte de realizar un análisis en el tema de la conservación de un monumento, es contar con la información de su estado actual, esta información se obtuvo gracias a las imágenes orto rectificadas, lo siguiente es analizar los daños y deterioros que pueda presentar. Para este monumento también es interesante analizar las intervenciones que se le han hecho, ya se encuentra en procesos de restauración.

Otro aspecto interesante de analizar no solo es dentro del tema de la restauración, y es como se almacenará esta información, y cómo se puede llegar a consultarla en el futuro, lo cual es interesante, y en algún momento se ha mencionado, es la creación de bibliotecas virtuales seguramente que sean almacenadas en los nuevos formatos como los servicios de nube, un buen ejemplo para esto es el portal digital de Sketchfab, el cual permite almacenar el modelo 3D. En el caso de las instituciones se podría crear una base de datos para almacenar y consultar la información.

El análisis del estado actual del monumento es mucho más intuitivo y sencillo de hacer, ya que existe una mejor referencia gráfica, la función de este análisis es poder familiarizarse con el monumento. En cuanto al monumento de Nuestra Señora de El Carmen en sí, analizándolo por partes empezando por su fachada, que es el elemento más representativo del monumento, se pueden observar los recientes trabajos de restauración que se realizan, los elementos más visuales son los trabajos que se realizaron con ladrillo, además de la limpieza de la fachada, tratando así sus estucos.



Ilustración 53. Estucos encontrados en el muro del templo.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Para los laterales del monumento aún se observa el deterioro y el paso del tiempo, así mismo se observa como actualmente también existen trabajos de restauración, por último, la fachada posterior, una de las más complicadas de visualizar debido a que se encuentra rodeada de propiedades privadas, gracias al levantamiento fotogramétrico se pudo visualizar la fachada posterior.

Para el análisis de los daños y deterioros, es mucho más complejo y minucioso, ya que se debe de ser muy observador, en este punto es donde realmente se puede ver el beneficio de realizar levantamientos fotogramétricos, ya que hay puntos de difícil acceso como lo es la fachada posterior que se encuentra rodeada de propiedades privadas o en áreas de altura de difícil acceso y que requiera la

colocación de andamiaje para llegar a puntos de más altura, todo esto conlleva tiempo, mano de obra y dinero, sin embargo, con la fotogrametría basta con un buen levantamiento para extraer información de espacios a los que generalmente es más complicado llegar.

Empezando por analizar la fachada principal, se puede observar cómo hay elementos ornamentales restantes, probablemente se fueron perdiendo a lo largo del tiempo y debido a los distintos terremotos que han sucedido. Ya que la fachada se encuentra completamente restaurada no se observan daños o deterioros.



Ilustración 54. Segundo cuerpo de la fachada del templo.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Siguiendo con las fachadas laterales, se puede observar principalmente manchas negras a lo largo de toda la moldura, probablemente producto del agua, generando así hongos o bien puede ser hollín producto del humo del fuego.

Lo que mayormente se puede observar en ambas fachadas es la presencia de vegetación, algo que es muy común, debido al abandono y falta de mantenimiento, la vegetación es muy común que crezca en este tipo de monumentos, el principal problema de la presencia de vegetación es que sus raíces suelen alojarse entre los muros, lo cual genera mayor daño, en algunos

casos el desprendimiento de los materiales puede ser generado por la vegetación que crece entre los muros, por lo que quitar toda la vegetación es un trabajo delicado y muy minucioso.

El daño más común en el monumento es el desprendimiento del material, ya sea el estuco, la ornamentación o su mismo sistema constructivo, a lo largo de los muros se puede observar el sistema constructivo que es el calicanto, el ladrillo, incluso en uno de los muros aún se puede observar la tubería original en uno de los contrafuertes. Lo más destacado e importante de observar, son las grietas y fisuras que observan a lo largo de los muros, hay unas muy significativas, mayores a los 10cm, lo cual es alarmante ya que en cualquier momento los elementos pueden ceder en estos puntos y causar una falla estructural en el monumento.

Hacia el interior se puede observar un mayor desprendimiento del material, tanto en la parte superior de los muros como de las molduras y sus pilastras, en muchas de estas generalmente las molduras el desprendimiento del material es casi total llegando a quedar casi nada, sin embargo, es posible apreciar el sistema constructivo de muchos de estos elementos, la conformación de los ladrillos para dar forma a las molduras o en otro caso ver como se trabajaron los arcos o las pechinas. Al igual que el exterior, los muros al interior presentan en gran cantidad vegetación siendo en su mayoría musgo.

La fachada posterior y el muro testero, es de difícil acceso a esta área del monumento lo que impedía realizar un análisis, ya que llegar por medios comunes era imposible (hablando del exterior), ya que en la colindancia se encontraban techos de lámina o teja, la única manera de visualizar esta área era con fotografías aéreas, sin embargo, el levantamiento realizado facilitó la toma de información y ahora ya se puede realizar un análisis más sencillo.



Ilustración 55. Muro testero del templo.

FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

A primera vista se puede observar vegetación al igual que en el resto del monumento, no obstante, no es lo único interesante que se observa, es fácil determinar una de las etapas de intervención del monumento que, si bien no sigue los principios que hoy en día sigue el CNPAG, es contrastante ya que intente imitar el estuco de la época.

Hacia el interior es mucho más visible la intervención que se realizó, ya que este se dejó sin un acabado final dejando a plena vista los materiales utilizados en esa época, todo el análisis y observaciones respecto de esta área se vio facilitada gracias al levantamiento.

También fue interesante realizar un análisis a nivel de planta o conjunto, lo primero en observarse fue la intervención en la parte posterior del monumento y que previamente se había mencionado, ya que es fácil observar una integración de ladrillo para conformar los arcos, así mismo se observa la integración de varillas de acero en la misma área.

Siguiendo con el análisis, se observa un desplome en el muro sur a la altura de donde se encontraría el coro alto, también se observó una ligera rotación en todo el complejo, probablemente producto de la falta de herramientas más precisas en esa época.



Ilustración 56. Ortofoto de la planta del templo.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

Por último, la información obtenida sirve para hacer una recopilación de datos de intervenciones pasadas, como se mencionó anteriormente, la más visual y obvia es la realizada en la parte posterior del monumento, sin embargo, no es la única, al interior del templo en algunos contrafuertes se pudo observar la integración de estuco nuevo, un tanto complicado de visualizar, no obstante, se puede diferenciar debido a la tonalidad del estuco nuevo. Generalmente esta intervención se visualiza en las columnas y los nichos de donde se encontraban los retablos.

Más enfocados a las intervenciones de hoy en día, se observan los trabajos realizados en la fachada principal, con la integración de ladrillo en los espacios faltantes, como es el arco superior de la ventana octogonal, así mismo, la integración de una de las 24 columnas de la fachada.

Hacia los muros laterales se puede observar la liberación de estuco no original, la limpieza de los muros tanto de vegetación como de manchas ocasionadas por la lluvia y el paso del tiempo, la integración de las molduras que en algunas secciones se habían perdido casi en su totalidad y, finalmente, los esfuerzos por recuperar estucos que probablemente habrían sido ocultos por las manchas generadas por la lluvia.

Visualización 3D

La etapa de visualización representa más un esfuerzo para contribuir a la conservación del monumento, ya que no solo se necesitan de planos y fotografías para conservar, el cuidado del patrimonio y el respeto al mismo son fundamentales.

Una visualización o un modelo 3D es una herramienta que permite tener noción de un espacio, en el caso de un modelo 3D de un monumento permite guardar un registro de éste y no solo eso, posibilita ser usado para educar.

Al igual que en muchas otras partes del mundo, el modelo 3D es un elemento fundamental en el registro y conservación de los monumentos, permite ser compartido por varias personas o instituciones para su difusión, puede ser usado para concientizar a la población de la importancia de preservar y resguardar su patrimonio.

Así mismo, el modelo puede funcionar como un registro técnico del monumento, es decir, que no solo las fotografías o planos son necesarios para ser parte de un registro, el modelo 3D puede ser una muy buena fuente de consulta ya que permite ser inspeccionado y analizado, y en un futuro ser consultado.



Ilustración 57. Modelo 3D del Templo de Nuestra Señora del Carmen.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023



Ilustración 58. Fotomontaje del modelo 3D y fotografía de Muybridge.
FUENTE: MARCELO ASTURIAS, 2023

EFFECTOS DE LA FOTOGRAMETRÍA

Para efectos prácticos se quiere hacer referencia a los distintos servicios que se pueden extraer de la realización de estos trabajos y que son interesantes de acotar. La primera información que se puede extraer ya se mencionó en este documento, es la generación de modelos 3D, la generación de imágenes ortográficas. Lo más interesante son los elementos extras o ajenos a la profesión, la que más destaca podría ser las impresiones 3D, lo que indica que se puede traer a la realidad un modelo digitalizado a menor escala, el cual pueda ser más didáctico para fines académicos o incluso turísticos. Hay un sinfín de elementos que se pueden extraer y que podrían implicar a muchas otras profesiones, al final de todo, este tipo de herramientas permite hacer un proyecto de conservación mucho más interdisciplinario.

PRESUPUESTO

El presupuesto se dividirá en dos grupos, los cuales son, el presupuesto para implementar el proyecto y el presupuesto para ejecutar levantamientos fotogramétricos.

Presupuesto para implementación

El presupuesto de implementación hace referencia a la inversión mínima para llevar a cabo levantamientos fotogramétricos.

Costo			
COTIZACION			
Equipo	Descripcion		
Laptop Asus	Equipo de computo	1	Q12,500.00
Gestion de licencias de softwares	Software para el procedado de nube de puntos	1	Q27,300.00
Matterport Pro 2	Camara 360 para escaneo de interiores	1	Q26,500.00
Dron DJI Air s2	Dron marca DJI	1	Q10,200.00
Dron DJI Mini SE	Dron marca DJI	1	Q5,600.00
Camara fotografica	Equipo fotografico profesional	1	Q12,000.00
		0	
		0	
		0	
TOTAL			Q81,600.00

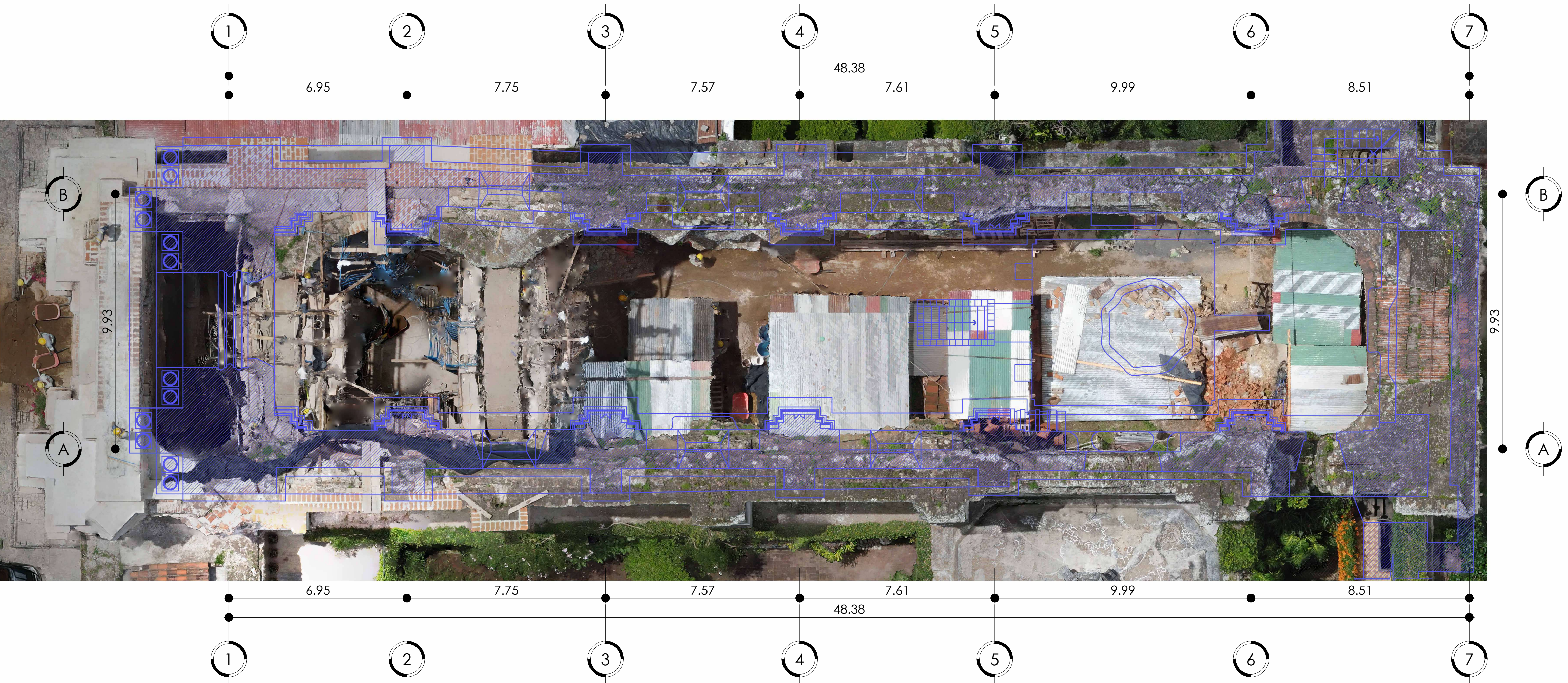
Presupuesto de ejecución

El presupuesto para la ejecución hace referencia a el costo para realizar un trabajo de fotogrametría.

Costo			
COTIZACION			
EQUIPO UTILIZADO			
Dron DJI Air 2s			
Dron DJI Mini SE			
Camara Matterport Pro 2			
Fase	Descripcion		
Planificacion	Planificacion del levantamiento	1	Q600.00
Levantado con Dron	Vuelo automatizado con dron	5	Q15,000.00
Puntos Matterport Pro 2	Toma de puntos 360°	35	Q6,500.00
Procesado de Informacion	Levantado de nube de puntos	1	Q6,500.00
Modelo Final	Planos + Visualizacion	1	Q15,000.00
		0	
		0	
		0	
		0	
TOTAL			Q43,000.00
			Q43,000.00
IVA + ISR			Q6,450.00
TIMBRES			Q500.00
TOTAL			Q49,450.00



1 | COMPARATIVA PLANTA CONJUNTO



2 | COMPARATIVA PLANTA ARQUITECTONICA

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

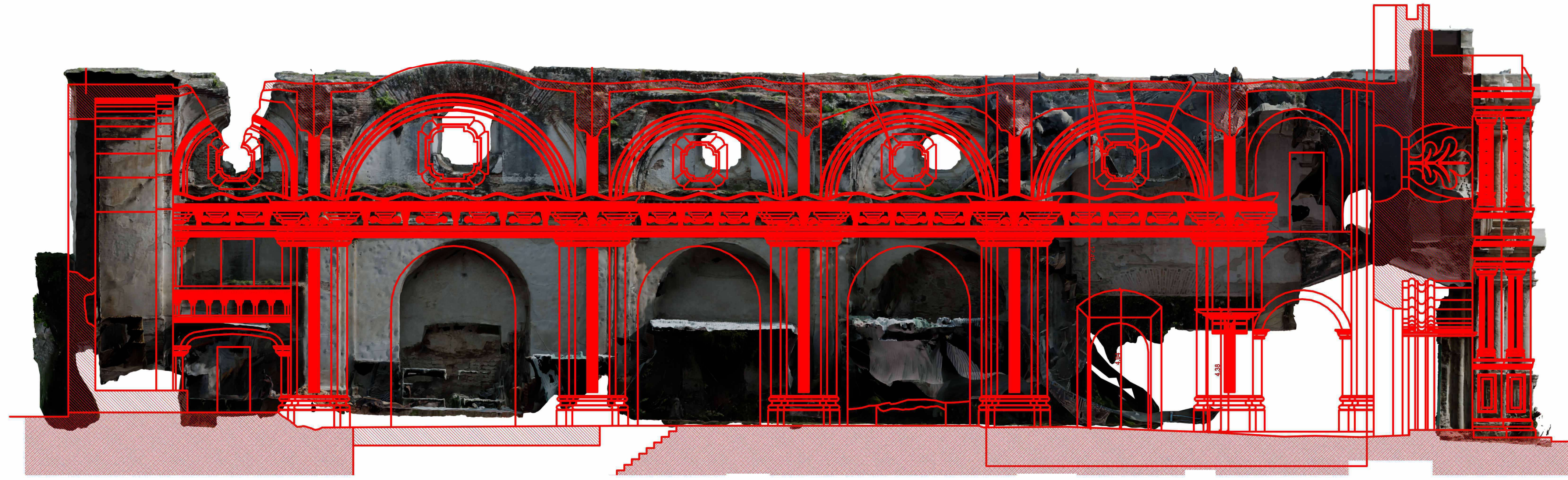
PLANO COMPARATIVO

ESCALA:

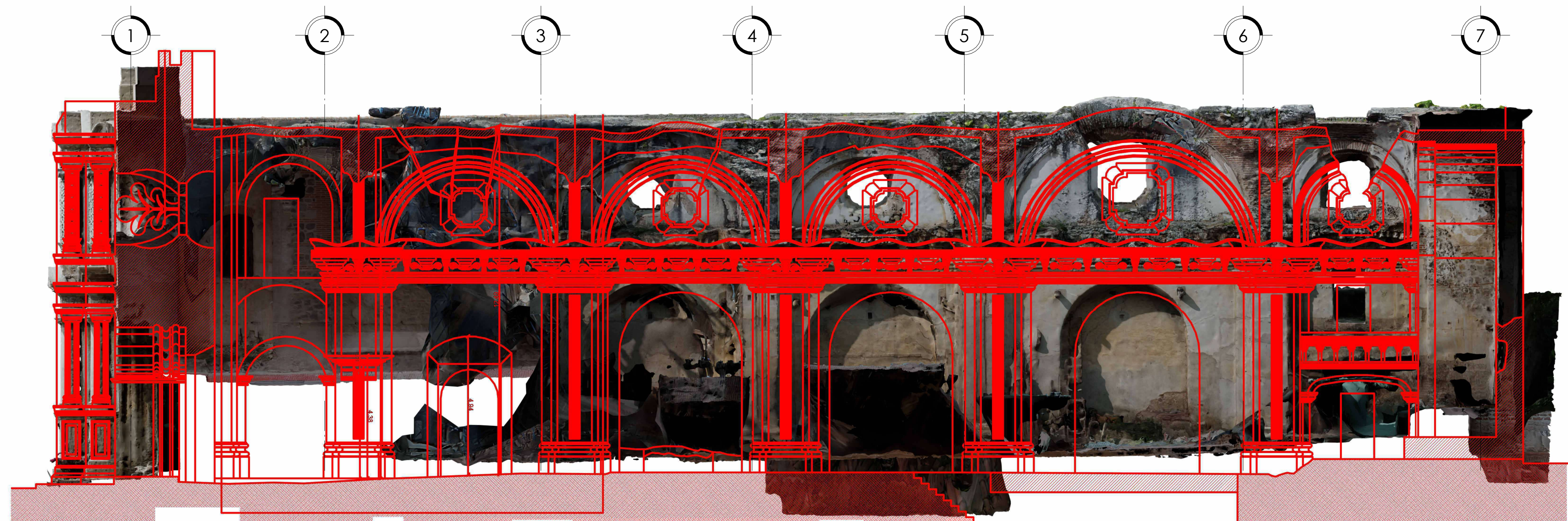
1 : 100

LÁMINA:

A01



1|01 SECCION LONGITUDINAL COMPARATIVA
1 : 100



2|02 SECCION LONGITUDINAL COMPARATIVA
1 : 100

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

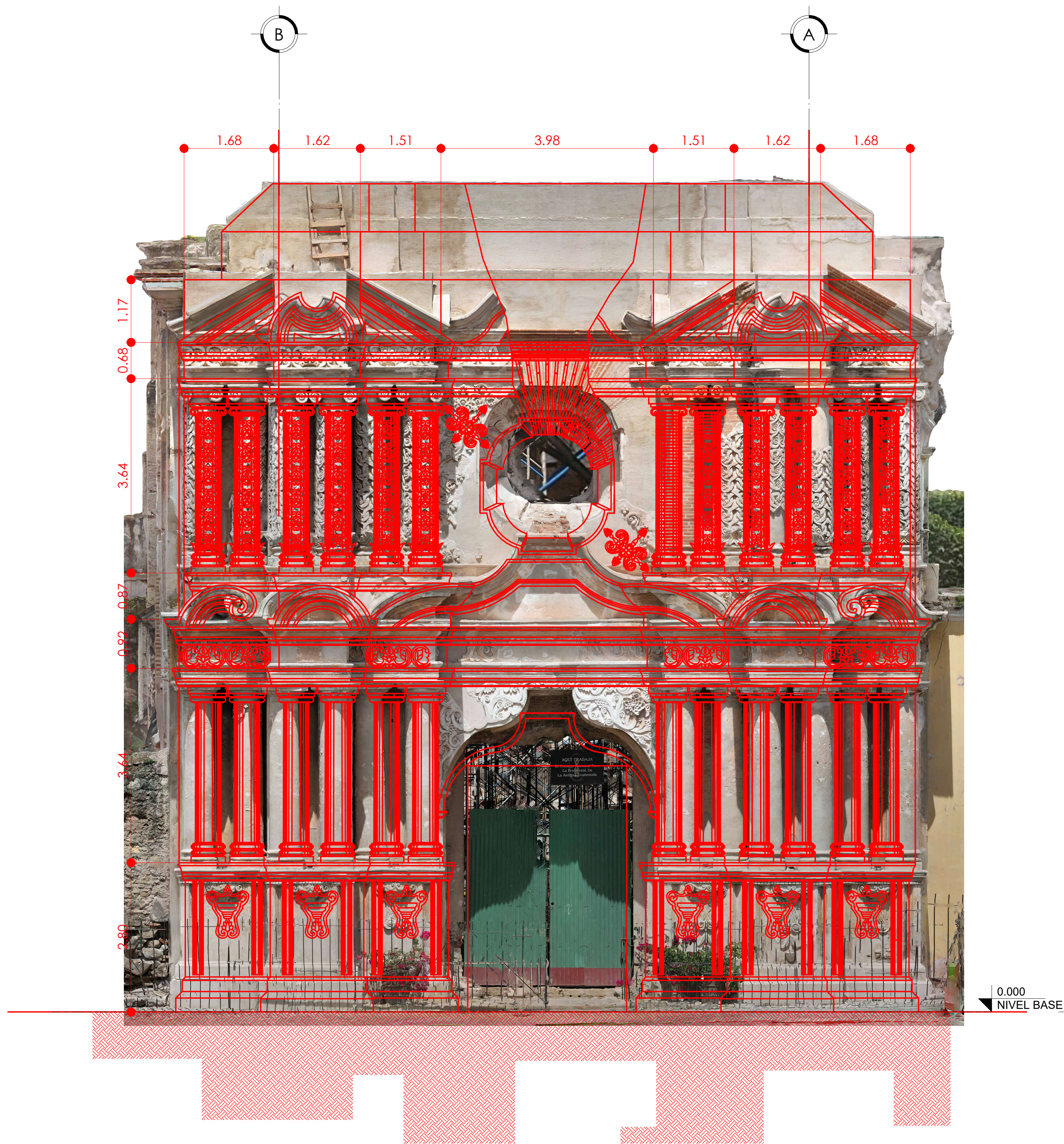
PLANO COMPARATIVO

ESCALA:

1 : 100

LÁMINA:

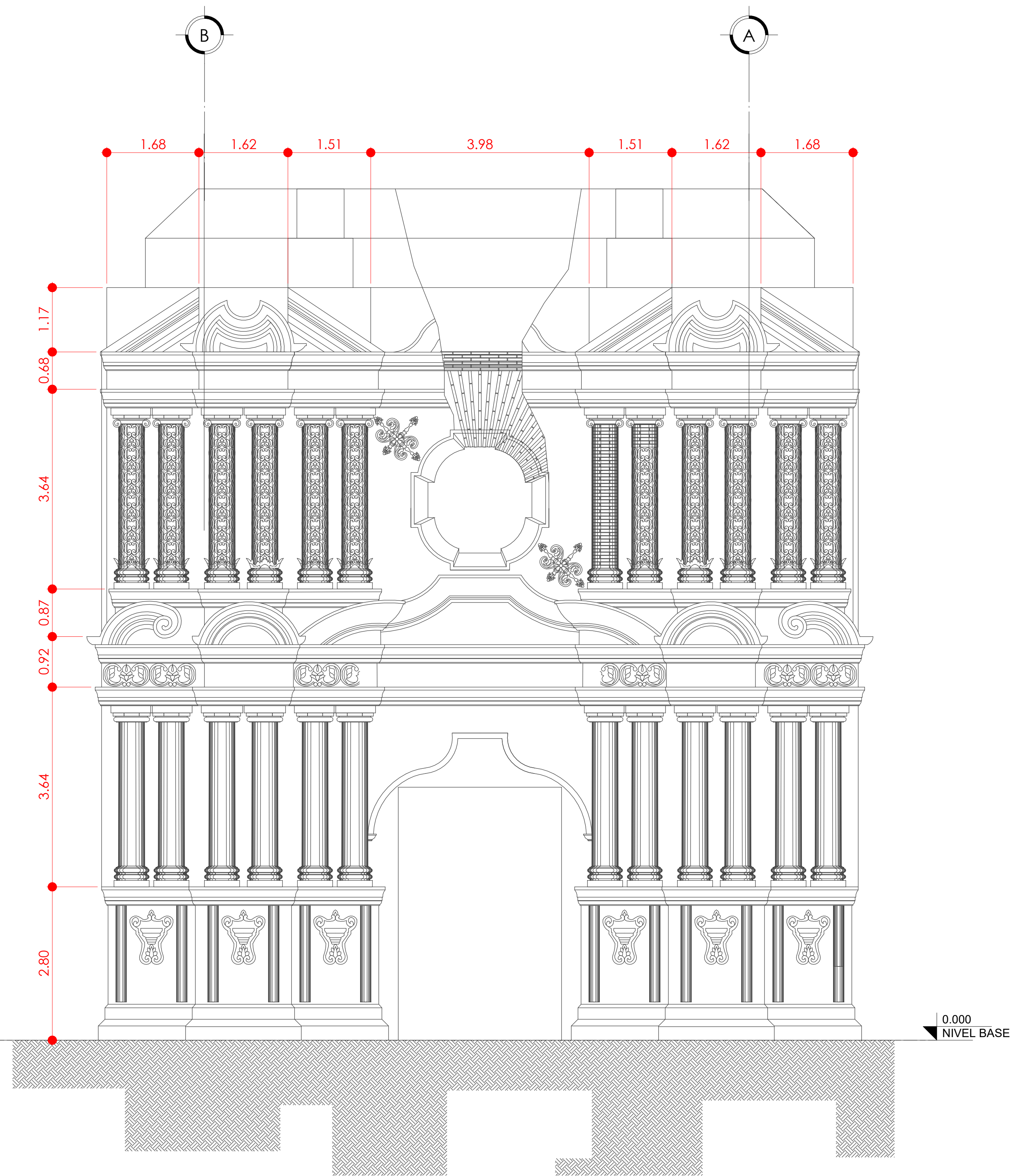
A02



1 FACHADA PRINCIPAL DEL TEMPLO

1 : 50

Comparativa del levantamiento realizado en el año 2022 hecho de manera tradicional, contra el levantamiento fotogrametrico.



2 FACHADA LEVANTAMIENTO 2022

1 : 50

Levantamiento de la fachada principal del templo realizado en el año 2022, relizada por el Arq. Hairo Castellanos.

La comparativa presentada muestra claramente la diferencia que existe entre realizar un levantamiento tradicional, como lo seria con metro o metro laser y posteriormente dibujado en softwares como Autocad para la digitalización. El método realizado con la fotogrametría demuestra que puede llegar a ser mucho mas preciso y entregar un resultado mucho mas gráfico para su posterior análisis. Si bien el levantamiento realizado en el año 2022 por el Arquitecto Hairo Castellanos es bastante preciso, se puede observar que un levantamiento fotogrametrico potenciaria la calidad del mismo, siendo mas exactos en el aspecto de alturas y angulos de la fachada.

Siempre se recomienda realizar una toma de medidas ya sea con metro o metro laser para comparar la calidad del levantamiento, y asi mismo este sirva como un control de calidad para el levantamiento.

Universidad de San Carlos Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

PLANO COMPARATIVO

ESCALA:

1 : 50

LÁMINA:

A03



COMPARTIVA FACHADA A MANO

1:50



Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

PLANO COMPARATIVO

ESCALA:

1:50

LÁMINA:

Comparativa realizada con planos realizados en el año de 1998 contra el levantamiento fotogrametrico, el levantamiento realizado a mano ya es lo suficientemente preciso, ya que muchas medidas que se compararon son iguales o bien similares, teniendo solamente centímetros de error, sin embargo, al analizar las dimensiones respecto al ancho, se puede observar mayor diferencia. Al igual que en el levantamiento realizado en el año 2022, no son de mala calidad, no obstante estos levantamientos se pudieron haber visto potenciados por un levantamiento fotogrametrico.



FACHADA PRINCIPAL

1 : 50



FACHADA POSTERIOR

1 : 50



Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

FACHADAS

ESCALA:

1 : 50

LÁMINA:

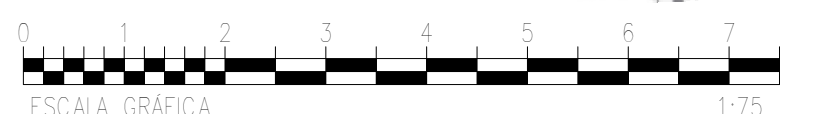
A05



FACHADA LATERAL DERECHA
1:75



FACHADA LATERAL IZQUIERDA
1:75



Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

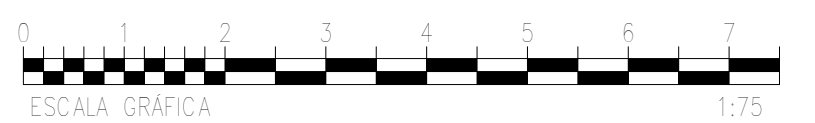
ESTUDIANTE:		
MARCELO ASTURIAS		
PROYECTO:	FECHA:	DISCIPLINA:
PROYECTO DE GRADUACIÓN	ENERO 2024	CONSERVACIÓN
CONTENIDO:	ESCALA:	LÁMINA:
FACHADAS	1 : 75	



SECCIÓN LONGITUDINAL
1:75



SECCIÓN LONGITUDINAL
1:75



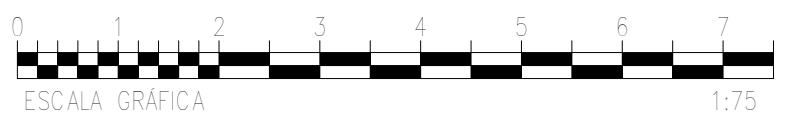
Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:		
MARCELO ASTURIAS		
PROYECTO:	FECHA:	DISCIPLINA:
PROYECTO DE GRADUACIÓN	ENERO 2024	CONSERVACIÓN
CONTENIDO:	ESCALA:	LÁMINA:
CORTES	1 : 75	



PLANTA DE CONJUNTO

1 : 75



Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

PLANO DE CONJUNTO

ESCALA:

1 : 75

LÁMINA:

A08



ISOMETRICO
1 : 100

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

ISOMETRICO

ESCALA:

1 : 100

LÁMINA:

A09



RENDER ESTADO ACTUAL

Levantamiento fotogrametrico 22 de agosto



FOTOGRAFIA DE 1950

Templo de Nuestra Señora del Carmen



FOTOGRAFIA 1899

Fotografia toma por Alizon Mizner



FOTOGRAFIA 1885

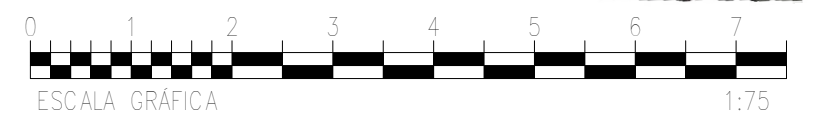
Fotografia tomada por Sanfred Robinson



DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL
1 : 75



MANCHAS POR HUMEDAD
1 : 75



Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:		
MARCELO ASTURIAS		
PROYECTO:	FECHA:	DISCIPLINA:
PROYECTO DE GRADUACIÓN	ENERO 2024	CONSERVACIÓN
CONTENIDO:	ESCALA:	LÁMINA:
PLANO DE DAÑOS Y DETERIOROS	1 : 75	



1 | NUBE DE PUNTOS

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:
MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:
PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:
ENERO 2024

DISCIPLINA:
CONSERVACIÓN

CONTENIDO:
NUBE DE PUNTOS

ESCALA:

LÁMINA:



1 | PLANTA NUBE DE PUNTOS

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

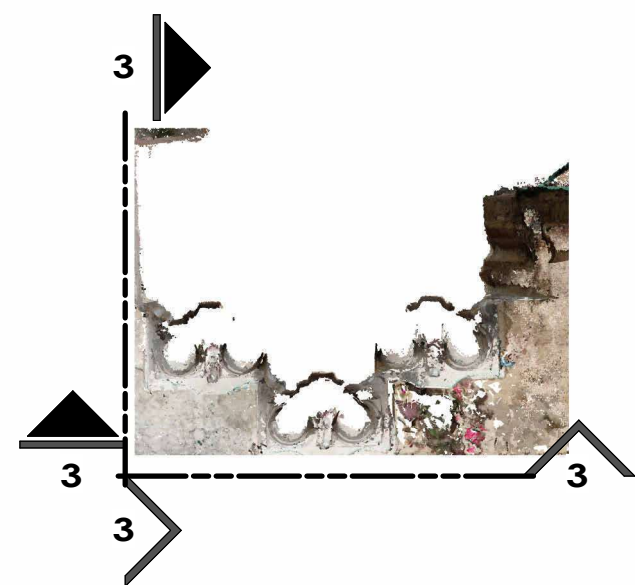
NUBE DE PUNTOS

ESCALA:

LÁMINA:



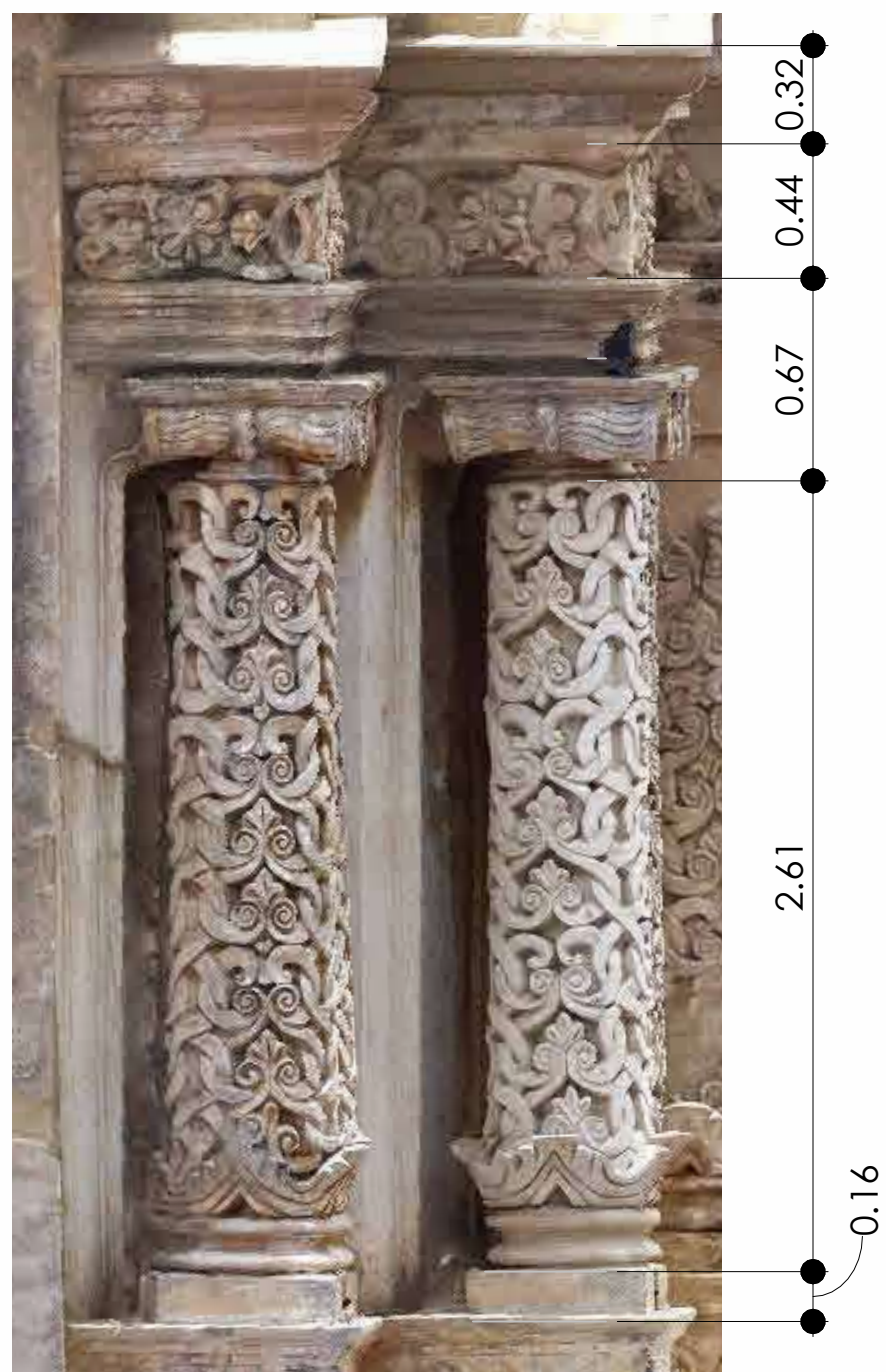
1 | FACHADA



3 | PLANTA COLUMNAS
1:100



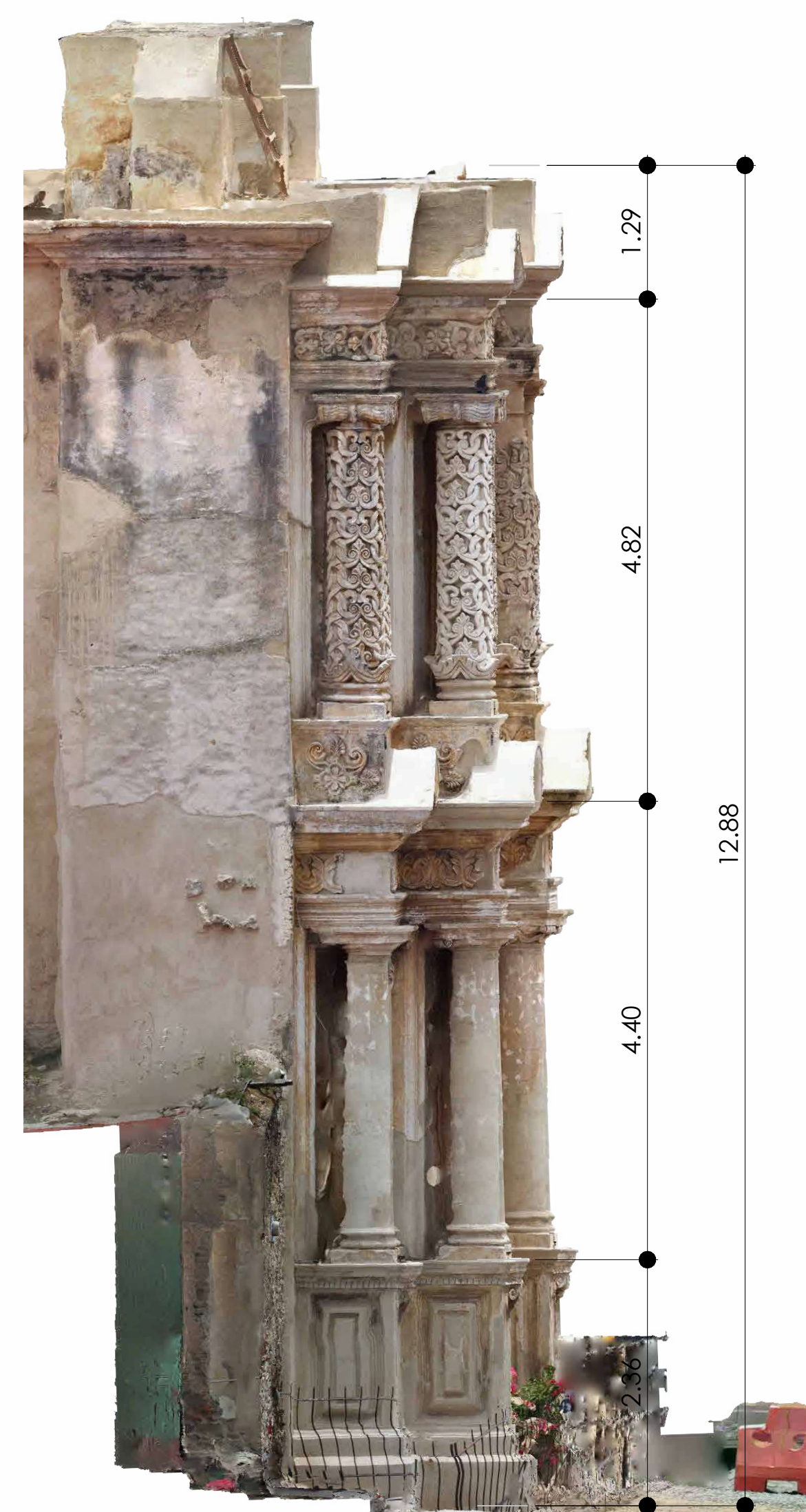
2 | COLUMNAS



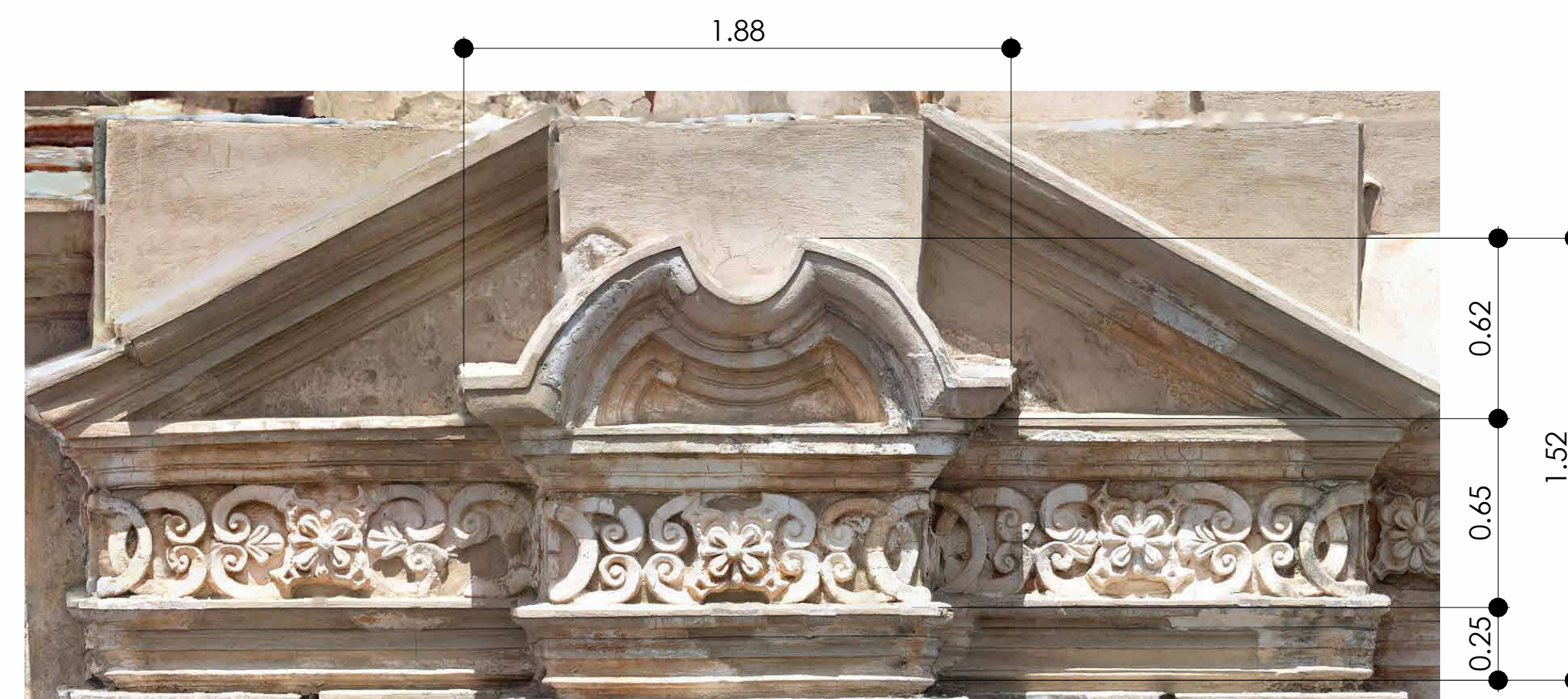
DETALLE LATERAL ATAURIQUE
1:25



DETALLE CALLE IZQUIERDA
1:50



DETALLE LATERAL DE LAS COLUMNAS
1:50



DETALLE ATAURIQUE
1:20



DETALLE ENTABLAMENTO
1:20

Universidad de San Carlos Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

DETALLE FACHADA

ESCALA:

Como se indica

LÁMINA:

A14

ORTO FOTOGRAFIA LEVANTAMIENTO
FOTOGRAMETRICO 2023



PERDIDA TOTAL DEL REMATE SUPERIOR

FOTOGRAFIA VERLE ANNIS 1968



RECONSTRUCCIÓN DE
LA COLUMNA EN LA
PRIMERA
INTERVENCIÓN

LA PERDIDA DE LA ESCULTURA DE NUESTRA SEÑORA DE EL CARMEN

RECONSTRUCCIÓN DE UNA
SEGUNDA COLUMNA EN LA
INTERVENCION DEL AÑO 2022

COMPARATIVA DE LA FACHADA

1 : 55

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

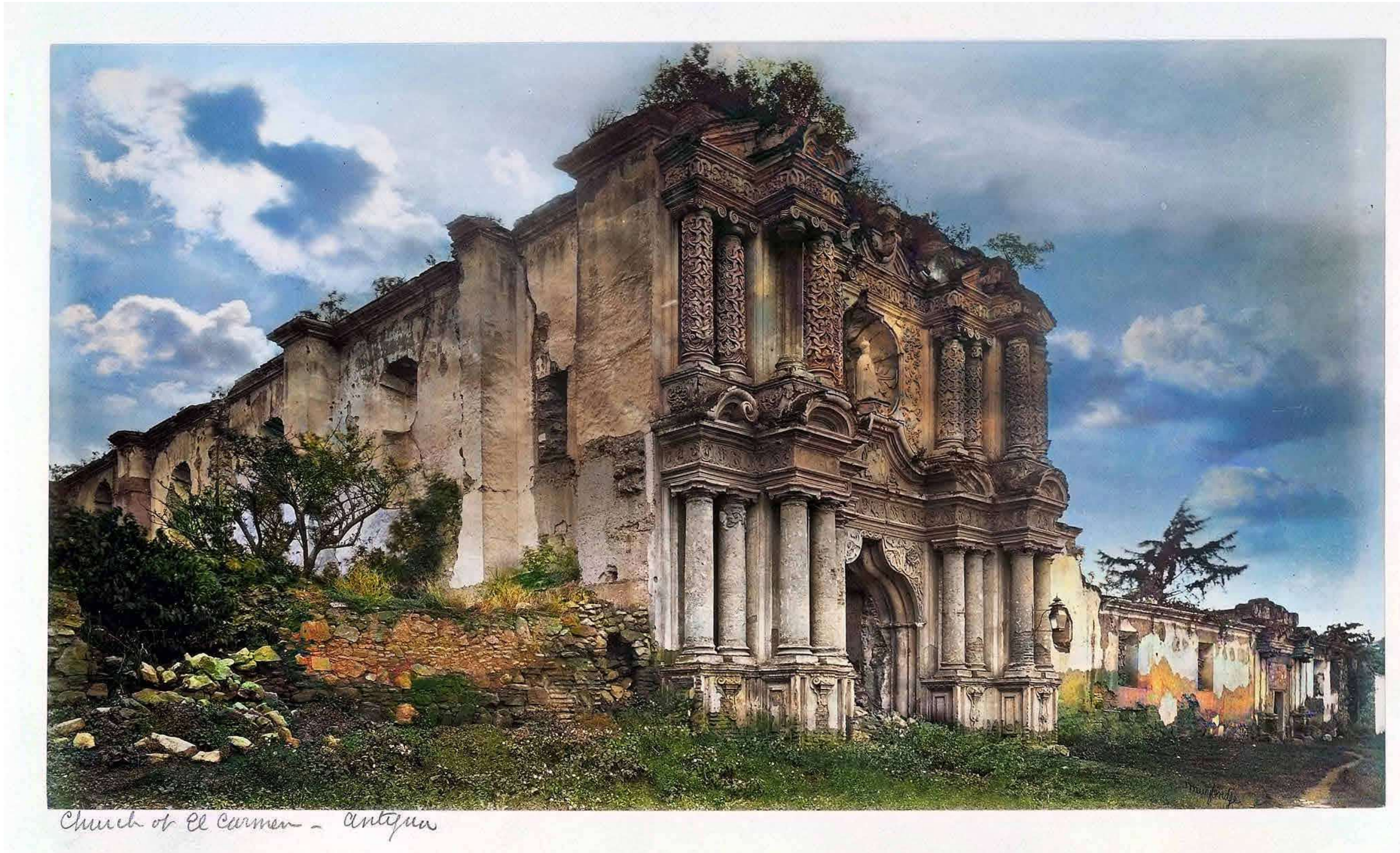
COMPARATIVA FACHADA

ESCALA:

1 : 55

LÁMINA:

A15



COMPARATIVA ACTUAL - 1875

1 : 50



COMPARATIVA SEGUNDO CUERPO DE COLUMNAS

1 : 50

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

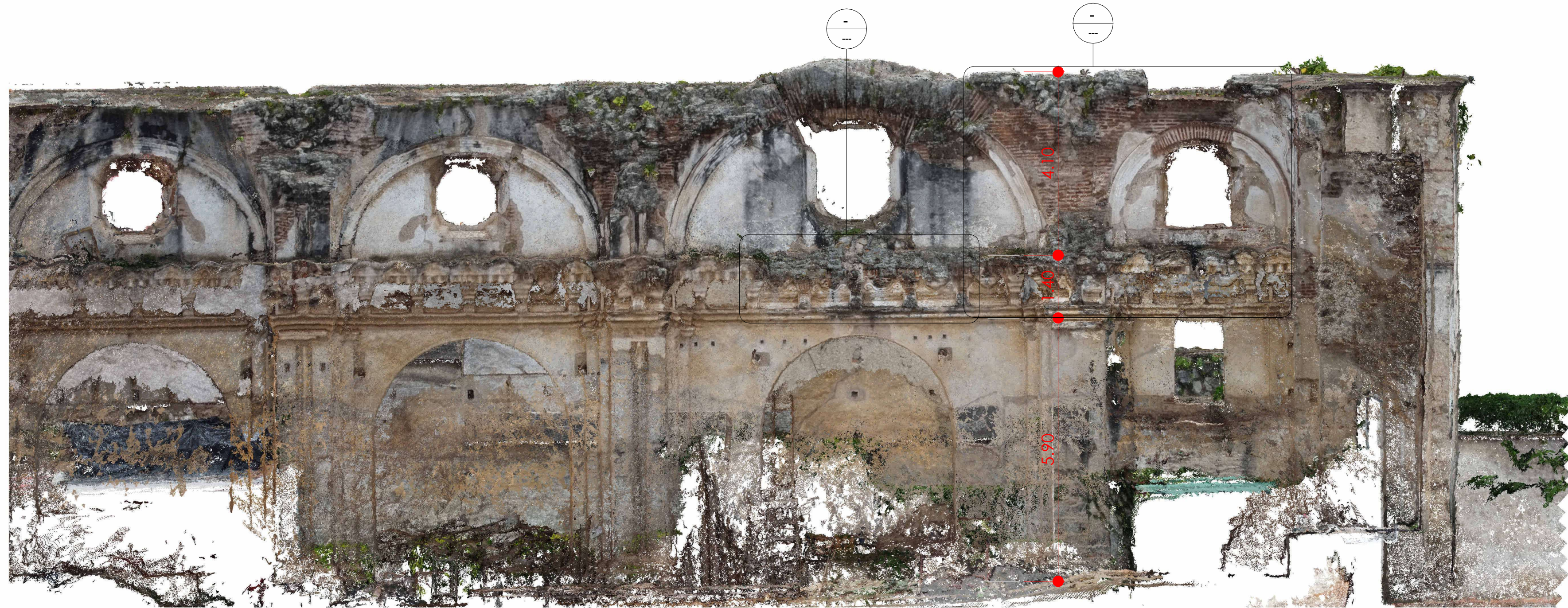
COMPARATIVA FOTOS EDWARD MUYBRIGDE

ESCALA:

1 : 50

LÁMINA:

A16



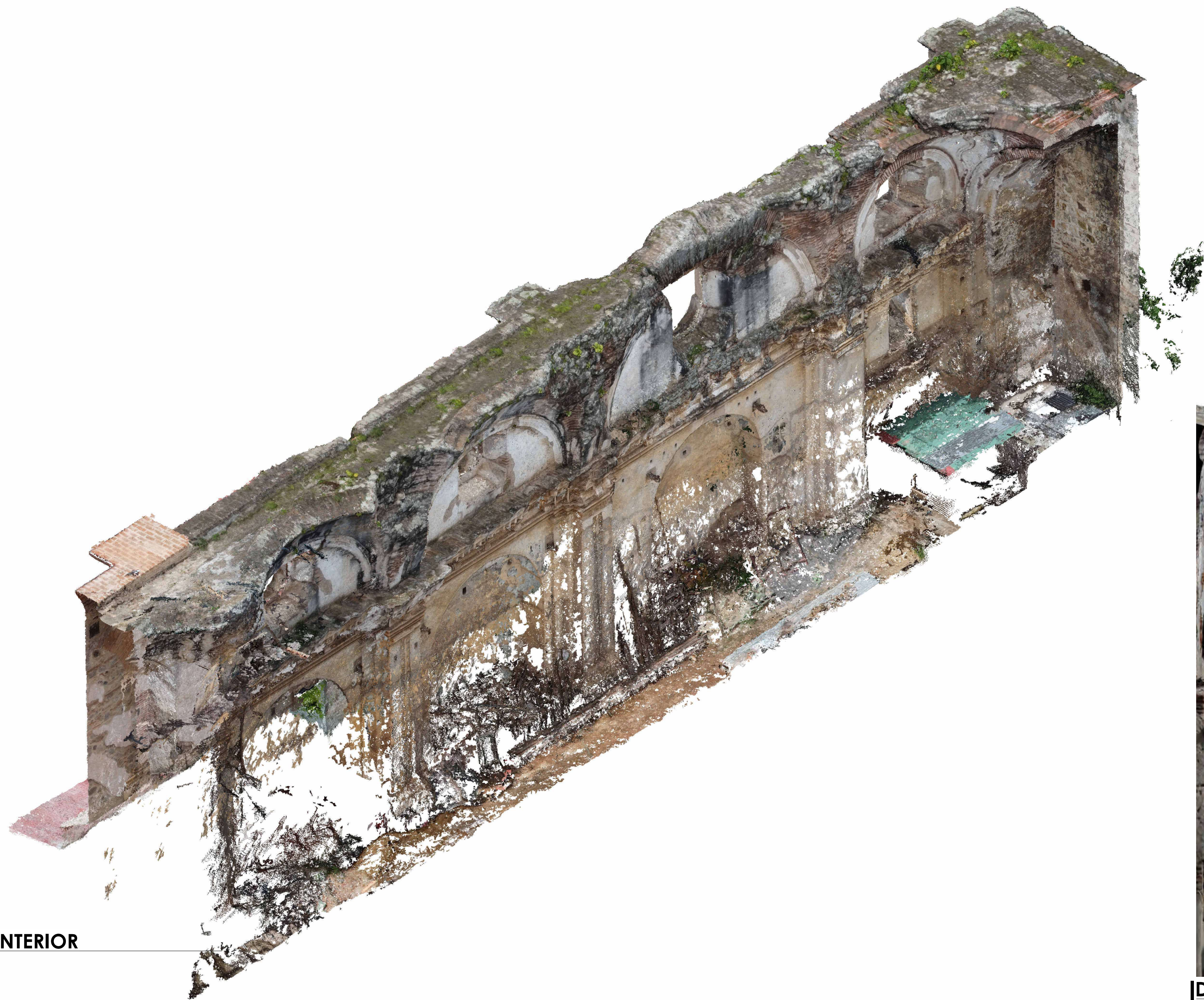
2 | DETALLE MURO
1:75



DETALLE ESTUCOS Y SEGREGACION DEL MATERIAL
1:25



INTERVENCIONES PASADAS
1:25



1 | INTERIOR



DETALLE FRACTURA DE MURO
1:35

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:		
MARCELO ASTURIAS		
PROYECTO:	FECHA:	DISCIPLINA:
PROYECTO DE GRADUACIÓN	ENERO 2024	CONSERVACIÓN
CONTENIDO:	ESCALA:	LÁMINA:
DETALLE INTERIOR DE MUROS	Como se indica	



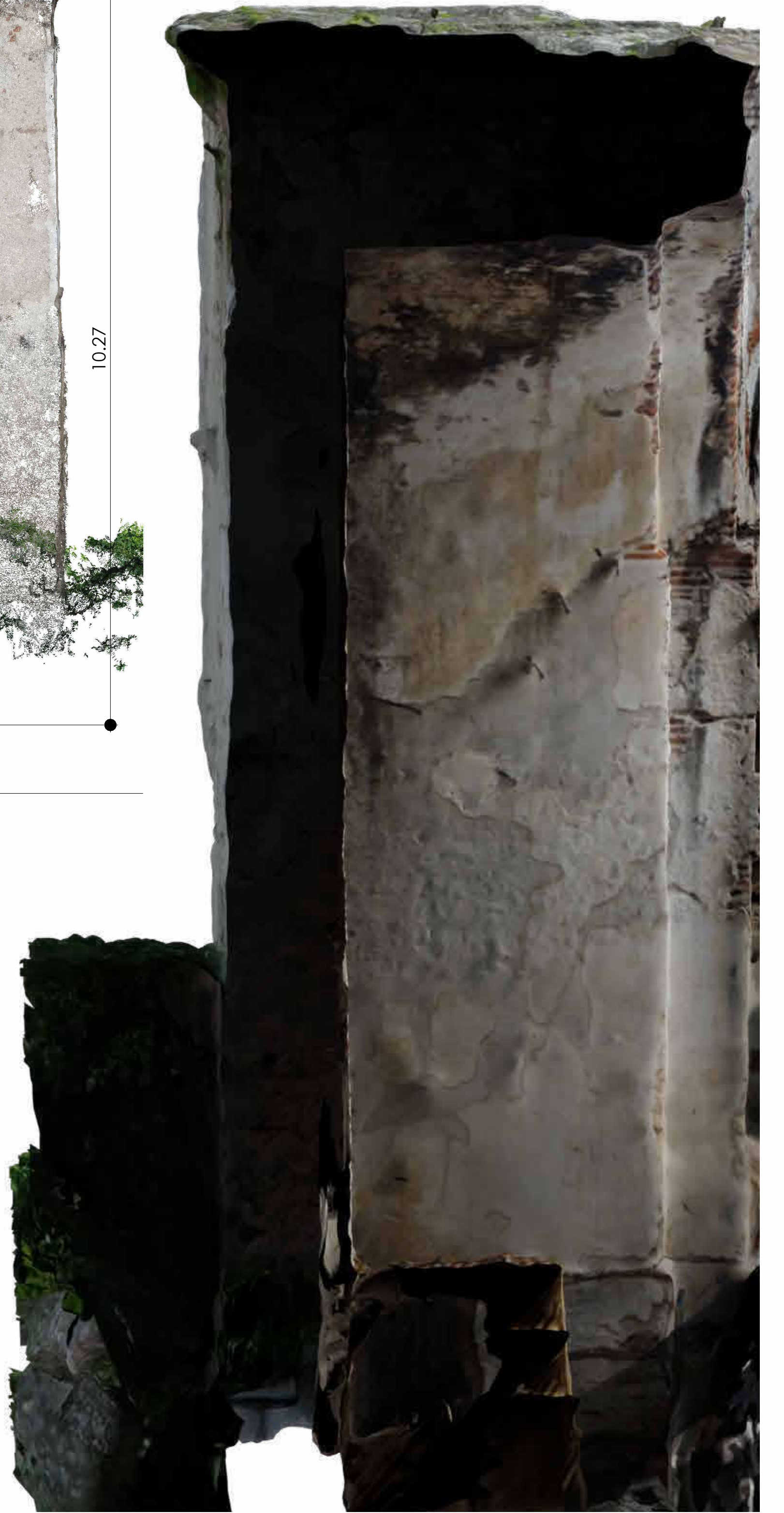
1 | ISOMETRICO MURO TESTERO



3 | ELEVACION FRONTAL MURO TESTERO
1:50



4 | ELEVACION POSTERIOR MURO TESTERO
1:50



SECCION MURO TESTERO
1:25

Universidad de San Carlos
Facultad de Arquitectura

ESTUDIANTE:

MARCELO ASTURIAS

PROYECTO:

PROYECTO DE GRADUACIÓN

FECHA:

ENERO 2024

DISCIPLINA:

CONSERVACIÓN

CONTENIDO:

DETALLE MURO TESTERO

ESCALA:

Como se indica

LÁMINA:

CAPÍTULO CUARTO



CONCLUSIONES

1. Se determinó que realizar levantamientos fotogramétricos cuenta con la calidad necesaria para realizar trabajos técnicos de conservación, restauración y visualización, así mismo, permiten tomar mejores decisiones para la intervención del patrimonio, ya que ayudan a tener un panorama mucho más amplio de la situación actual del monumento, así como su avance en el tiempo y sus procesos de restauración. La información obtenida también se puede utilizar para generar planos técnicos de conservación, la fotogrametría puede ser usada también como método de supervisión para el control de trabajos de restauración.
2. El material obtenido durante los levantamientos cumple con la calidad requerida para llevar a cabo la documentación y registro del monumento, así mismo cumple con la función de generar un registro tanto técnico como fotográfico para la publicación y divulgación del monumento, se puede generar un registro y un conjunto de datos para las futuras intervenciones y consultas.
3. Es fundamental llevar un proceso metodológico bien establecido para obtener la información esperada. Realizar todos los procesos con un orden estricto potenciará la calidad de este, ya que evitaría los errores y la necesidad de realizar más levantamientos, llevar el proceso metodológico también ahorrar el tiempo y alargaría la vida útil de los equipos al no tener que realizar levantamientos de corrección, el seguimiento de los pasos establecidos es necesario no solo para alcanzar una buena calidad, sino que también para llevar un orden en la recopilación de datos.
4. Hacer un uso correcto de las herramientas como drones, escáneres láser y cámaras fotográficas son necesarios para alcanzar la calidad requerida, esto demostró, a su vez, que las tecnologías innovadoras son capaces de entregar resultados profesionales incluso superando a las metodologías tradicionales como la cinta métrica o teodolitos.
5. No es tan indispensable realizar una fuerte inversión en la compra del equipo para realizar los trabajos de levantamientos fotogramétricos, si se hace un uso correcto del equipo que se posea en el momento igualmente entregará un excelente resultado siguiendo todos los pasos establecidos, la calidad del levantamiento no depende de la calidad del equipo o si es

de última generación, si se realiza de manera metódica entregará el mismo resultado con equipos no tan caros.

6. Se comprobó que hacer usos de softwares gratuitos pueden llegar a entregar la misma calidad que softwares de paga, lo que permite entender, que no se depende tanto del software que procesa la información, si no de la calidad con la que el levantamiento se haya realizado.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una revisión rutinaria antes de llevar a cabo los planes de vuelo, ya que pueden existir casos en el que algún elemento no se haya tomado en cuenta por error humano o bien la aparición de objetos nuevos que en alguna inspección no existieran, las inspecciones deben realizarse no con muchos días de antelación, ya que pueden existir variaciones entre el día que se visitó y el día establecido para realizar el levantamiento, lo mejor es realizar la revisión con no más de una semana de antelación.
2. Planificar los vuelos con antelación, así como una revisión del clima, no es recomendable realizar levantamientos durante los meses de octubre a diciembre, debido a que es una época donde las ráfagas de viento son más altas, las horas recomendables para realizar los vuelos son durante la mañana, ya que la luz del sol no es tan intensa.
3. No realizar vuelos de dron mientras se encuentre un grupo considerable de personas, ya que en temas de calidad de resultados puede disminuir y por temas de seguridad ya que en cualquier momento puede suceder algún imprevisto, no es recomendable volar sobre grupos grandes de gente debido a la seguridad de esta, no obstante, se recomienda acoplar un sistema de seguridad a los equipos como protección de hélices y un paracaídas en caso de emergencias.
4. Evitar a toda costa volar cerca del tendido eléctrico, ya que los drones no tienen la capacidad de detectar estos elementos derivado a sus dimensiones, por lo que el sistema anticolidión de muchos drones pueden fallar al intentar detectarlos.
5. Asegurarse de que la superficie de despegue y aterrizaje esté libre de obstáculos y de elementos que interfieran con dicha operación, evitar despegar el equipo si la superficie cuenta con mucho polvo, humedad o agua, así mismo si en el área existieran mascotas, en el caso del equipo como cámaras 360° asegurarse que se encuentran bien aseguradas a los trípodes. También asegurarse de que el trípode se encuentra bien asegurado a la superficie para evitar que se pueda caer.
6. Trabajar de manera ordenada y metodológica, se recomienda realizar una clasificación de la información para así llevar un flujo de trabajo más eficiente.

7. Divulgar la información obtenida es la mejor manera de crear conciencia sobre la conservación del patrimonio cultural, por lo que se insta a las instituciones educativas a crear planes para dar paso a la enseñanza de nuevas tecnologías y así mismo poderlas implementar, ya que en muchos planes de estudios estos temas no son ni siquiera abordados.
8. Se insta a los profesionales darse el tiempo para conocer nuevos métodos, y así poderlos aplicar en los distintos proyectos que se puedan desarrollar, ya que es mejor conservar que tener que restaurar.

ANEXOS



Ilustración 59. Arquitecto Al Moshe realizando vuelos de dron.



Ilustración 60. Configuración del equipo Matterport Pro-2.

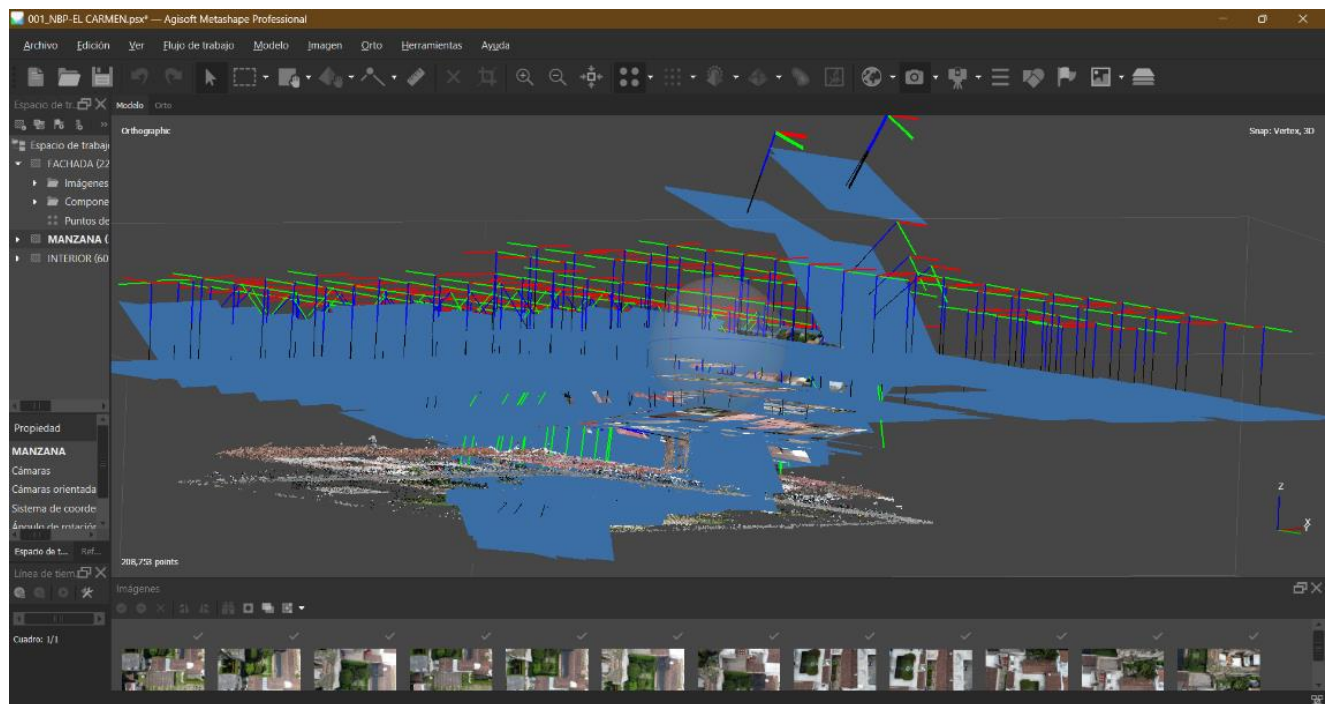


Ilustración 61. Localización de fotografías detectadas por Agisoft.

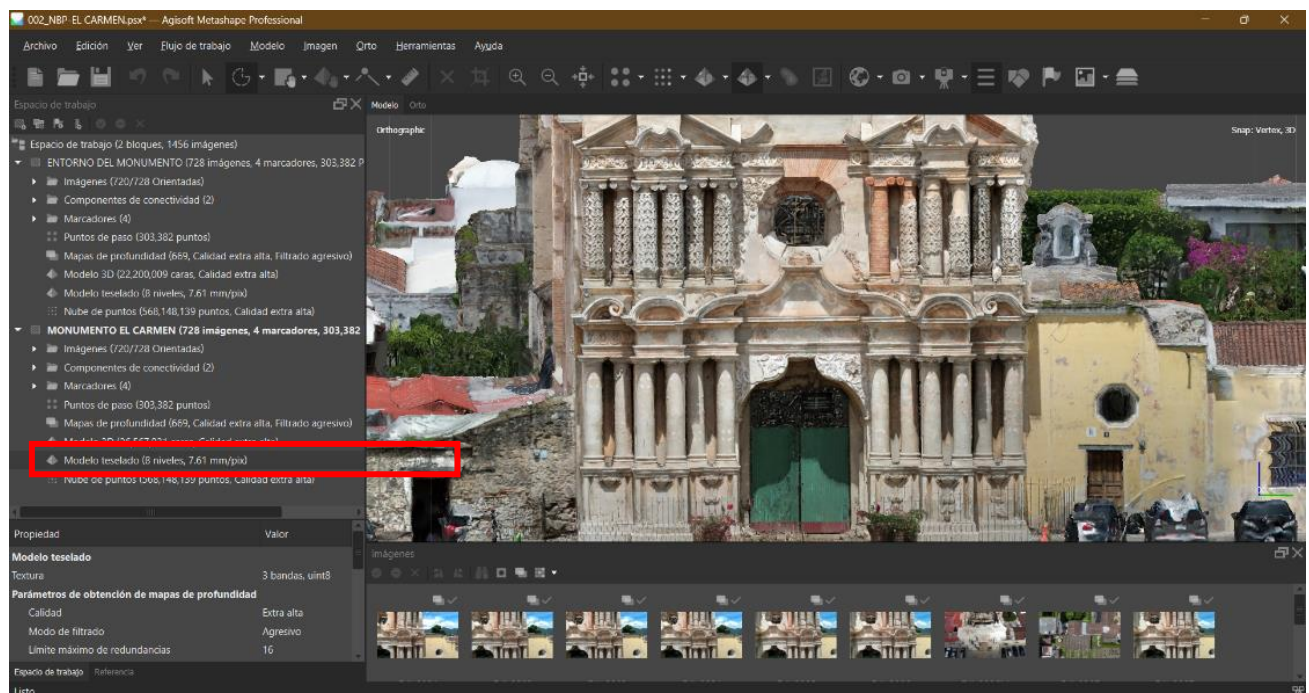


Ilustración 62. Modelo de teselas.

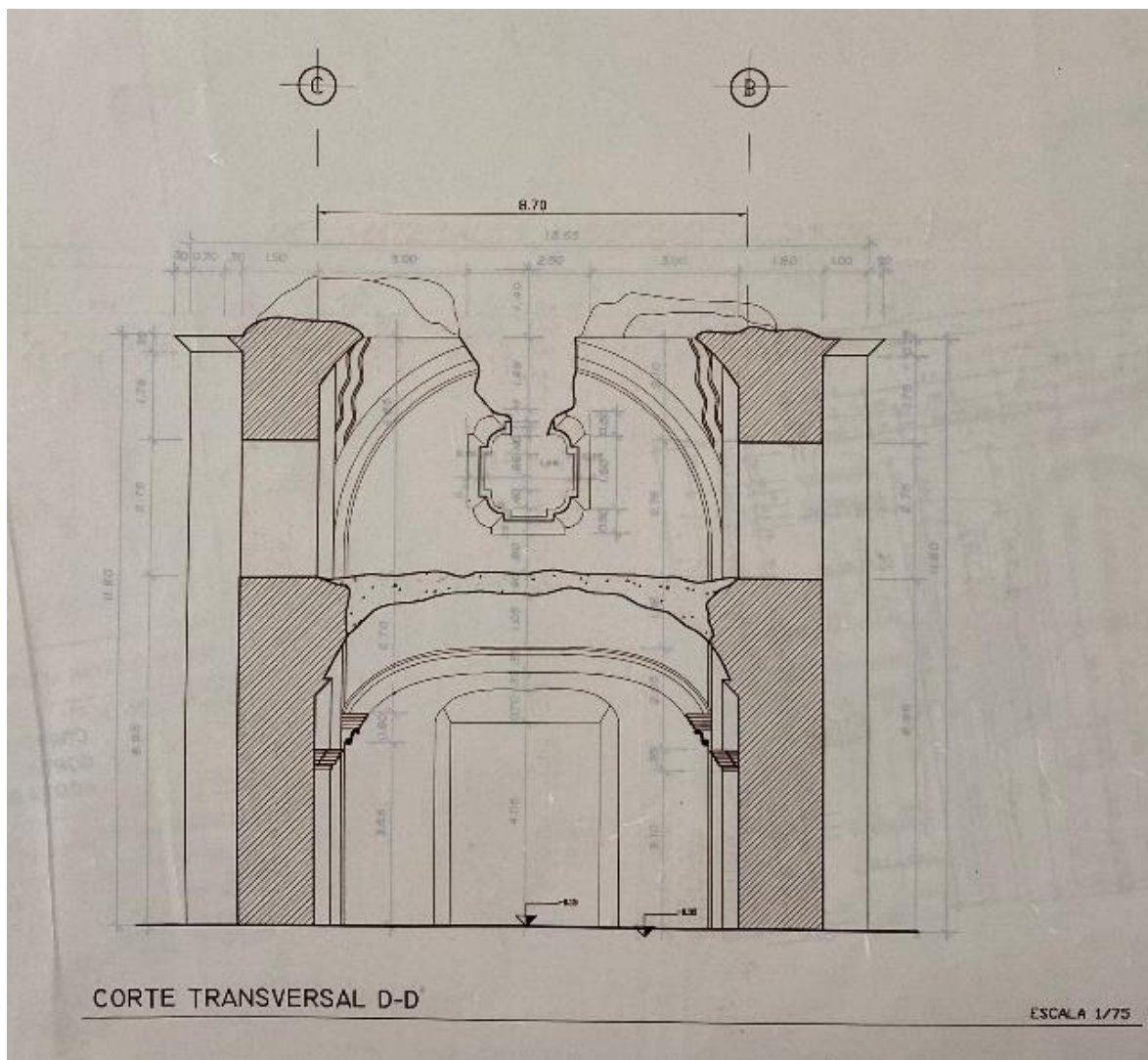


Ilustración 65. Sección transversal con vistas al sotacoro y ventana octogonal del Templo de Nuestra Señora de El Carmen.
 FUENTE: CANPAG, 2002.

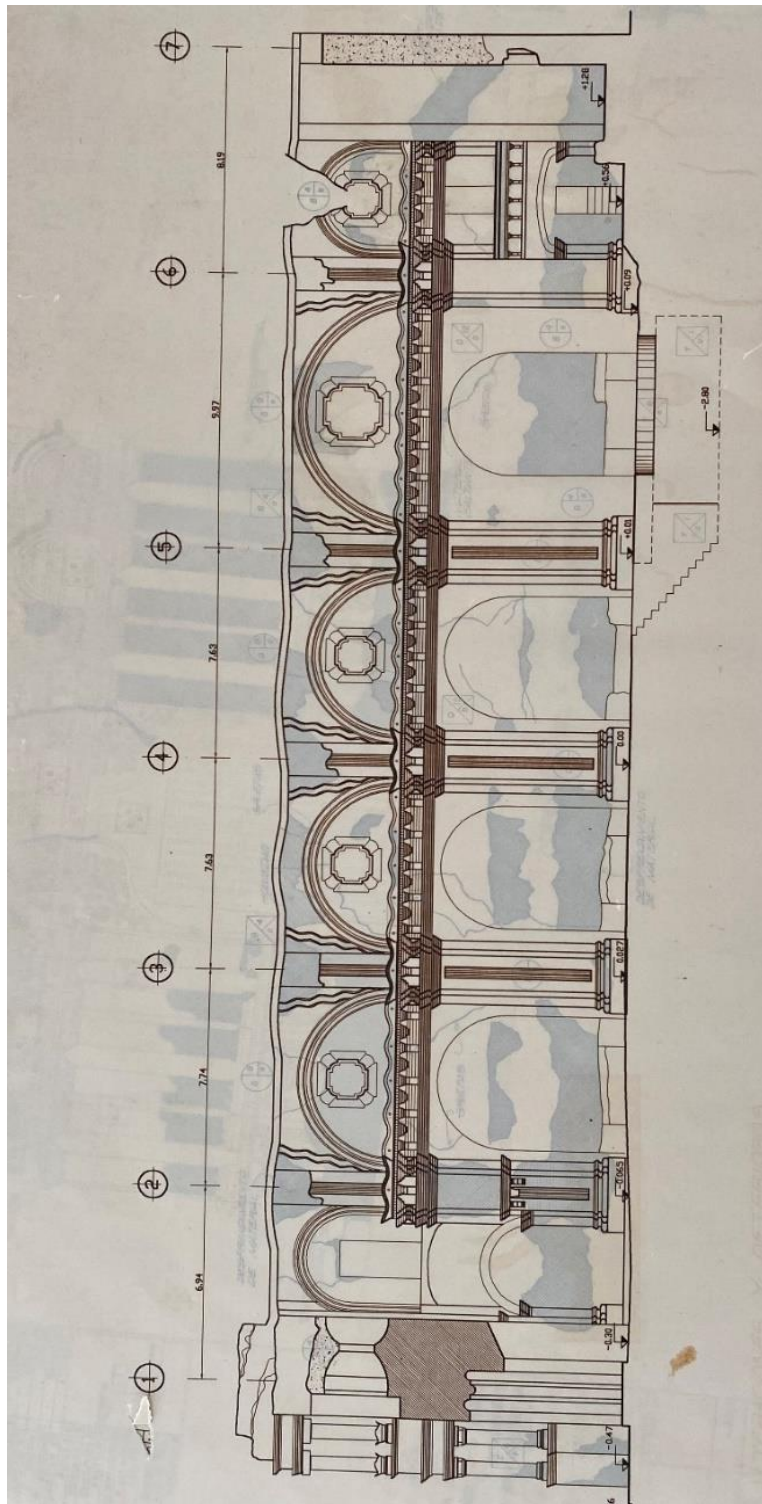


Ilustración 66. Sección longitudinal del Templo de Nuestra Señora de El Carmen.
FUENTE: CANPAG, 2002.

PROYECTO DE GRADUACIÓN																									
Nombre del Monumento	Templo de Nuestra Señora de El Carmen																								
Codigo del Monumento	CM	Fecha	19/04/2024	Hora	8:00am																				
Coordenadas UTM	14.55881, -90.7322		Direccion	3ra avenida norte																					
LEVANTAMIENTO																									
Planes de Vuelo	Vuelo en Grilla a 90°																								
	Vuelo en Grilla a 45°																								
	Vuelo paralelo a las fachadas																								
Area estimada	600 m2	Tiempo Estimado	3 horas																						
Equipo a Utilizar	Dron dji Mavis 2 Air s																								
	Dron dji Mini SE																								
	Camara Nikon Z50																								
	Camara 360° Matterport Pro 2																								
Clima	Fotografia del Pronostico del clima Día 19/4  31° Máx. RealFeel® 34° RealFeel Shade® 30° Nubosidad variable, con probabilidad de una tormenta en la tarde <table> <tr> <td>Índice UV máx.</td> <td>13 Muy poco saludable</td> <td>Precipitaciones</td> <td>2.0 mm</td> </tr> <tr> <td>Viento</td> <td>SSO 13 km/h</td> <td>Lluvia</td> <td>2.0 mm</td> </tr> <tr> <td>Ráfagas de viento</td> <td>39 km/h</td> <td>Horas de precipitación</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Probabilidad de precipitación</td> <td>42 %</td> <td>Horas de lluvia</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Probabilidad de tormentas eléctricas</td> <td>25 %</td> <td>Nubosidad</td> <td>51 %</td> </tr> </table>					Índice UV máx.	13 Muy poco saludable	Precipitaciones	2.0 mm	Viento	SSO 13 km/h	Lluvia	2.0 mm	Ráfagas de viento	39 km/h	Horas de precipitación	1.5	Probabilidad de precipitación	42 %	Horas de lluvia	1.5	Probabilidad de tormentas eléctricas	25 %	Nubosidad	51 %
Índice UV máx.	13 Muy poco saludable	Precipitaciones	2.0 mm																						
Viento	SSO 13 km/h	Lluvia	2.0 mm																						
Ráfagas de viento	39 km/h	Horas de precipitación	1.5																						
Probabilidad de precipitación	42 %	Horas de lluvia	1.5																						
Probabilidad de tormentas eléctricas	25 %	Nubosidad	51 %																						
Posibles Dificultades	Arbol de gran dismension que se encuentra a corta distancia del monumento																								
Observaciones	El arbol afectara a los vuelos que sean paralelos a la fachada, por lo que se debera estimar un distancia prudencial de vuelo entre el monumento y el arbol. Ilustración 67. Ficha técnica "antes".																								

FOTOGRAFÍAS



Ilustración 69. Ficha técnica "antes".

PROYECTO DE GRADUACIÓN			
Nombre del Monumento	Templo de Nuestra Señora de El Carmen		
Código del Monumento	CM	Hora de inicio	8:00am
Cant. De Fotos	360	Hora Final	12:00pm
LEVANTAMIENTO			
Planes de Vuelo	Vuelo en grilla 90°		
	Vuelo en grilla 45°		
	Vuelo sobre fachadas		
Area Tomada	600 m2	Puntos GPS	2
Equipo a Utilizar	Dron dji Mavis 2 Air s		
	Dron dji Mini SE		
	Camara Nikon Z50		
	Camara 360° Matterport Pro 2		
Procedimiento del levantamiento			
Se realizaron un total de 4 vuelo, dos con grilla y un angulo de 90°, y otros dos vuelos en grilla con un angulo de 45°, tambien se realizaron otros 2 vuelos paralelos a las fachadas del monumento y un vuelo interior, se tomaron 35 puntos para un escaneo 360 con el equipo matterport, se hizo uso de un total de 6 baterias de dron.			
Observaciones	Ninguna		

Ilustración 70. Ficha técnica "campo".

FOTOGRAFÍAS



Ilustración 71. Ficha técnica "campo".

PROYECTO DE GRADUACIÓN			
Nombre del Monumento	Templo de Nuestra Señora de El Carmen		
Codigo del Monumento	CM	Tiempo de Procesado	30 min
Cant. De Fotos	360		
LEVANTAMIENTO			
Softwares Utilizados	Agisoft metashape		
Chunks	2	Puntos GPS	2
Flujo de Trabajo	Generacion de un chunk por tipo de procesado		
	Chunk para la manzana		
	Chunk para el monumento		
Procedimiento del levantamiento			
	El tiempo estimado para el procesado fue menor, al procesar un todo en un solo chunk de trabajo, posterior al procesado de la nube de puntos densa se decidio separar los chunks como anteriormente se habia planificado, generando un chunk para la manzana y otro para le monumento, esto permitio trabajar el modelo de mallas de manera mas eficiente y generando asi lo unico de lo que se tenia interes.		
Observaciones	Sin observaciones		

Ilustración 72. Ficha técnica "después".

FOTOGRAFÍAS



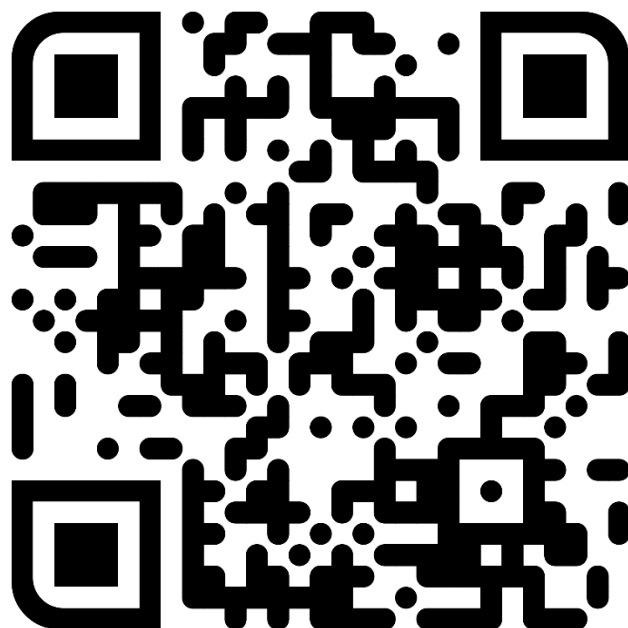
Ilustración 73. Ficha técnica "después".

PROYECTO DE GRADUACIÓN				FOTOGRAFÍAS	
Nombre del Monumento			Fecha		Hora
Código del Monumento			Dirección		
Coordenadas UTM					
LEVANTAMIENTO					
Planes de Vuelo					
Área estimada	Tiempo Estimado				
Equipo a Utilizar					
Clima	Fotografía del Pronóstico del clima				
Posibles Dificultades					
Observaciones					

Ilustración 74. Ejemplo de ficha vacía.

SKETCHFAB

Código QR



INFORME GENERADO POR AGISOFT

Link:

https://drive.google.com/drive/folders/1eFJBU_ZmcoFpWpx9rqAUWK9BsLU9Z4M9?usp=drive_link

GLOSARIO

El estudio de las nuevas tecnologías implica una serie de conocimientos de nuevos y antiguos conceptos para lograr una sinergia entre lo nuevo propuesto y lo antiguo ya descubierto, la fotogrametría si bien no es un campo reciente, sí ha ido evolucionando a lo largo de los años de la mano con el avance tecnológico.

En pleno siglo XXI es impensable que se sigan con métodos tan tradicionales y lentos, el avance de hoy en día es demasiado abrumador, hasta el punto de la creación de IA²⁰, Así que porque no hacer uso de este recurso en conjunto de los conocimientos tradicionales para lograr un producto de calidad.

1. Fotogrametría

1.1. Definición

La fotogrametría es una técnica para obtener mapas planos y modelos tridimensionales a través de la fotografía aérea. La fotogrametría moderna tiene un extenso uso para aplicaciones industriales y científicas en diversos campos como Inspección de activos, Construcción, Geotecnia, Geología, Geofísica, obra civil, Topografía, Catastro, Arqueología y más. (Sáinz 2023).

La fotogrametría es una tecnología que se encarga de estudiar y definir la forma, tamaño, posición y dimensiones de cualquier objeto que se encuentre en el espacio terrestre. Para ubicar estos elementos espaciales se llevan a cabo una serie de medidas que se realizan sobre la fotografía de ese objeto.

Y es que este proceso puede ayudar a efectuar cartografías de terrenos a través de fotografías aéreas. La información que se obtiene de esta técnica se conoce como información geográfica y es procesada por programas informáticos muy avanzados. Y es que esta técnica tiene

20 INTELIGENCIAS ARTIFICIALES, PROGRAMA DE COMPUTACIÓN DISEÑADO PARA REALIZAR DETERMINADAS OPERACIONES QUE SE CONSIDERAN PROPIAS DE LA INTELIGENCIA HUMANA, COMO EL AUTOAPRENDIZAJE.

muchas ventajas, como la agilidad y rapidez en el procesamiento de datos, lo que permite tomar decisiones incluso en tiempo real. Esto puede ser muy útil, por ejemplo, en caso de incendio para analizar el territorio quemado o si una persona se pierde se pueden establecer rutas de búsqueda (Escuela de postgrados de arte, artesanía y oficios s.f.).

2. Cámara fotográfica

A nivel básico una cámara fotográfica es una caja oscura en el interior de la cual se sitúa una lente denominada objetivo cuya función es proyectar sobre un sensor fotosensible.

3. Dron

Vehículo aéreo no tripulado, su nombre se deriva del inglés *drone*. Su tamaño puede variar según su finalidad.

4. Levantamiento arquitectónico

El levantamiento arquitectónico es la representación gráfica de un elemento arquitectónico a través de dibujos (proyecciones planas) o modelos tridimensionales. Para ello se realiza una visita en la que se recogen medidas con diferentes equipos en función de la naturaleza y dimensiones del espacio (aqso s.f.).

5. Patrimonio cultural

El concepto de patrimonio circunscrito a un valor o precio está en desuso y en su lugar, hoy en día, se refiere a los bienes compartidos por la comunidad y la humanidad. Entonces se entiende que las sociedades heredan de sus antepasados el patrimonio, lo cual conlleva deberes y derechos sociales, económicos y culturales. Es un legado y la generación que lo hereda debe conservarlo y luego pasarlo a las próximas generaciones en igual estado (UNESCO 2011).

5.1. Monumento

- 5.1.1. Los monumentos: obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia, (UNESCO 1972, del 17 de octubre al 21 de noviembre),
- 5.1.2. Los conjuntos: grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia, (UNESCO 1972, del 17 de octubre al 21 de noviembre),
- 5.1.3. Los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza, así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico (UNESCO 1972, del 17 de octubre al 21 de noviembre).

6. Conservación

La conservación del Patrimonio no supone simplemente la permanencia de la materia de los bienes que lo integran, sino que debe conllevar ante todo la preservación de un conjunto de valores que son los que en último caso justifican su trascendencia, pues mientras que unos tienen soporte directo en su propia realidad física otros, como los históricos, simbólicos o afectivos, son en mayor o menor medida inmateriales, pero no por ello resultan menos importantes a la hora de su consideración como bienes de la colectividad (Consejo Superior de Investigaciones Científicas 2023).

7. Santuario

Templo o lugar donde se venera la imagen o la reliquia de un santo y al que los devotos suelen acudir en peregrinación.

8. Ermita

Edificio pequeño a manera de capilla con su altar y situado, por lo regular, en un despoblado.

9. Templo

Edificio o lugar destinado al culto religioso, a menudo está consagrado a una divinidad.

10. Iglesia

Es un templo destinado al culto religioso público. Conjunto formado por el clero y los fieles.

11. Capilla

Lugar reservado al culto religioso, generalmente con un pequeño altar, puede ser parte de una iglesia, generalmente bajo una advocación.

Bibliografía

- Alonso, Miguel. «Sobre levantamiento arquitectónicos mediante fotogrametría multimagén.» *Universidad Politécnica de Madrid*, 2010: 6.
- Annis, Verle L. *La arquitectura de la Antigua Guatemala 1543-1773*. Guatemala: Editorial Universitaria, 1968.
- aqso. aqso. s.f. <https://aqso.net/es/office/services/site-survey#:~:text=El%20levantamiento%20arquitectónico%20es%20la,natural eza%20y%20dimensiones%20del%20espacio>.
- Bailey, Ernesto. «Levantamientos fotogramétricos en arquitectura moderna de Guatemala, aplicado a la fachada del CCMAA.» Universidad de San Carlos de Guatemala. *(Tesis de licenciatura)*. Guatemala, 2019.
- BibLus. *Levantamiento arquitectónico: qué es y cómo hacerlo correctamente*. 8 de septiembre de 2022. <https://biblus.accasoftware.com/es/levantamiento-arquitectonico-que-es-y-como-hacerlo-correctamente/>.
- Bojorquez, Lionel. «Proyecto de restauración y reciclaje del templo Nuestra Señora del Carmen, Antigua Guatemala.» Universidad de San Carlos de Guatemala. *Proyecto de Restauración*. Guatemala, 2014.
- BuildingSMART. *BIM aplicado al patrimonio cultural*. España, 2018.
- Castañeda, José. «Aplicación de procesos fotogramétricos de corto alcance en la investigación arqueológica prehispánica en algunos sitios del área maya.» Universidad de San Carlos de Guatemala. *(Tesis de licenciatura)*. Guatemala, 2017.
- Chaparía, Julián Esteban. «La Carta de Atenas (1931). El primer logro de cooperación internacional en la conservación del patrimonio.» *Seminario: La doctrina de la restauración a través de las Cartas Internacionales*. Valencia, 2005. 35.
- Cifuentes, Carlos. «Conservación y reciclaje del antiguo colegio San José de los Infantes y su entorno inmediato.» Universidad de San Carlos de Guatemala. *(Tesis de licenciatura)*. Guatemala, 2004.

- Consejo Superior de Investigaciones Científicas. *Conservación y restauración del patrimonio histórico arquitectónico y arqueológico*. 2023. <https://www.eea.csic.es/laac/investigacion-laac/conservacion-y-restauracion-del-patrimonio-historico-arquitectonico-y-arqueologico/>.
- Escuela de postgrados de arte, artesanía y oficios. *Escuela de artesanía*. s.f. <https://escuelaartesanía.com/que-es-fotogrametria/>.
- Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía. «Intervención.» Editado por Instituto Nacional de Antropología e Historia. *Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología* (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía), nº 25 (2022): 59-124.
- Franco, Salamanca. ARQ Germán. *El levantamiento arquitectónico una aproximación metodológica*. Primera edición: mayo de 2012. Editado por Germán Téllez García. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, 2012.
- García, Jesús. «Documentacion y analisis geometrico del patrimonio arquitectónico a partir de metodos fotogramétrico con un y múltiples imagenes.» Universidad de Salamanca. *(Tesis doctoral)*. España, 2014.
- Gorbea Almargo, Antonio. *Levantamiento arquitectónico*. Granada: Universidad de Granada, s.f.
- Guatemala, Conozca La Antigua. *Conozca La Antigua Guatemala*. s.f. https://www.laantigua-guatemala.com/Ruinas_de_la_Iglesia_de_Nuestra_Senora_del_Carmen.htm.
- Higueros, Carmen. «Levantamiento fotogramétrico de materiales, daños y alteraciones en apoyo al proyecto de recuperacion de las ruinas de la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de Chiquimula de la Sierra.» Universidad de San Carlos de Guatemala. *(Tesis de licenciatura)*. Guatemala, 2019.
- López, María. «Detección de cambios para la conservación del patrimonio material.» Universidad Autonoma Metropolitana Unidad Xochimilco. *(Tesis de maestria)*. Ciudad de México, 2020.

- Lucet, Geneviève. *Fotogrametría y patrimonio, registro y representación*. Primera edición. Mexico: Universidad Autónoma de México, 2017.
- Luengo, Javier. «Fotogrametría y análisis luminico, interacciones en el estudio de la arquitectura barroca.» *Artnodes*, enero de 2019: 10.
- Martín, Patricia. «Análisis estructural y arquitectónico de la cúpula de la iglesia del Espíritu Santo, La Clerencia, Salamanca.» Universidad de Granada. (*Tesis de licenciatura*). Granada, 2016.
- Martinez, Miguel. «Modelado BIM del patrimonio arquitectónico para la intervencion: El Teatro romano de Sagunto.» Universidad Politécnica de Valencia. (*Tesis de licenciatura*). España, s.f.
- Melgar, Roberto. «Proyecto de conservación del edificio del Instituto Geográfico Nacional (IGN).» Universidad de San Carlos de Guatemala. (*Tesis de licenciatura*). Guatemala, 2007.
- Orenday, Edith, Evangelina Tapia, y Jesús Martínez. *Intervenciones no destructivas para el diagnóstico de la salud estructural de dos templos de Aguascalientes, en México*. Ciudad de México: Intervención, 2019, 14.
- Romero, Marcelino. «Aplicación práctica de la fotogrametría como forma de registro y difusión sobre los objetos de telecomunicación.» Universidad Politecnica de Valencia. (*Tesis de licenciatura*). España, 2019.
- Sáinz, Pedro Olivares. AV3 AEROVISUAL. 2023. <https://av3aerovisual.com/que-es-y-para-que-sirve-la-fotogrametria/>.
- Salvador, Elena. «Protocolo HBIM para una gestion eficiente del uso público del patrimonio arquitectonico.» Universidad Politécnica de Valencia. (*Tesis doctoral*). España, 2020.
- Santizo, Claudia. «Propuesta de conservación y reciclaje del "Templo de Nuestra Señora del Carmen" y la revitalización de su entorno inmediato.» Universidad de San Carlos de Guatemala. (*Tesis de licenciatura*). Guatemala, 2008.
- Santos, Carmen. «Aplicación arquitectonica de la fotogrametria digital para el levantamiento gráfico y fotogramétrico de fachadas en palacete Prytz.» Universidad de Alicante. (*Tesis de licentciatura*). España, s.f.

UNESCO. *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1972, del 17 de octubre al 21 de noviembre.

—. *Módulo 6 Patrimonio Cultural*. Editado por UNESCO-MUA. San José: Mujeres en las Artes "Leticia de Oyuela" MUA, 2011.

UNESCO. «UNESCO Indicadores de cultura para el desarrollo.» Editado por Guillaume Cohen y Molly Steinlage Guiomar Alonso y Melika Medici con asistencia de Keiko Nowacka. *Manual Metodológico*, 2014: 118.

Vidal, Joan. «El levantamiento fotogram+étrico del patrimonio arquitectónico construido como herramienta de análisis y conocimiento: El caso del castell de la Vall de Perputxent.» Universidad de Alicante. *(Tesis de licenciatura)*. España, 2020.

Nueva Guatemala de la Asunción, 20 de mayo de 2024

Arquitecto
Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano en Funciones
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano:

Atentamente, hago de su conocimiento que he realizado la revisión de estilo del proyecto de graduación **FOTOGRAMETRÍA COMO METODO PARA EL LEVANTAMIENTO DEL MONUMENTO DEL TEMPLO NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN, ANTIGUA GUATEMALA** del estudiante Marcelo Andrés Asturias Cabrera de la Facultad de Arquitectura, carné universitario **201611344** previo a conferírsele el título de Arquitecto en el grado académico de Licenciado. El documento consta de 167 páginas (22,659 palabras); fue corregido en formato word.

Luego de las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta cumple con la calidad técnica y científica requerida.

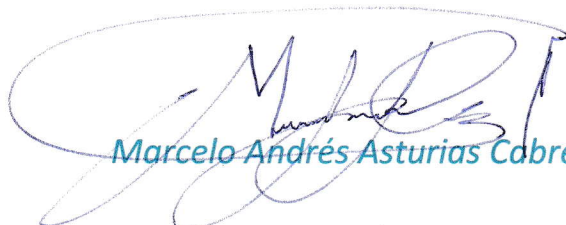
Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,


Dra. Virsa Valenzuela Morales
No. de colegiada 6,237

Virsa Valenzuela Morales
Licenciada en Letras
Colegiada No. 6237

**Fotogrametría como método para el levantamiento del monumento del templo de
Nuestra Señora del Carmen, Antigua Guatemala.**

Proyecto de Graduación desarrollado por:



Marcelo Andrés Asturias Cabrera

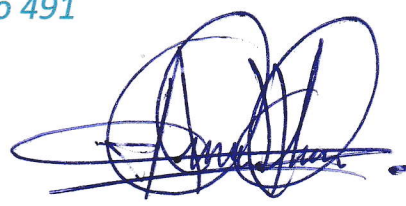
Asesorado por:



Arq. Herman Arnoldo Bucaro Méndez
No. de Colegiado 491



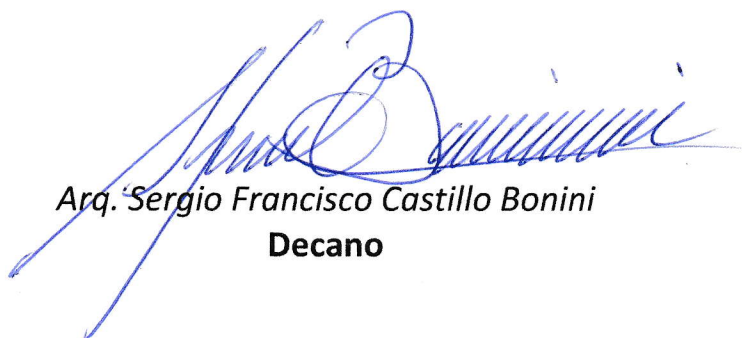
Dr. Brenda Janeth Porras Godoy
No. de Colegiado 1607



Arq. Al Moshe Asturias Romero
No. de Colegiado 4149

Imprímase:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini
Decano