SIG WEB 360°: UNA ALTERNATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE LAS DEFICIENCIAS DE VISIBILIDAD EN EL MEDIO DE DIFUSIÓN DE LOS ATRACTIVOS TURÍSTICOS MÁS REPRESENTATIVOS DE CALI

BRAYAN ESTIVEL MAGIN MAMBUSCAY
EIDHER JAIR VALENCIA RIOS



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
SANTIAGO DE CALI 2025

SIG WEB 360°: UNA ALTERNATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE LAS DEFICIENCIAS DE VISIBILIDAD EN EL MEDIO DE DIFUSIÓN DE LOS ATRACTIVOS TURÍSTICOS MÁS REPRESENTATIVOS DE CALI

BRAYAN ESTIVEL MAGIN MAMBUSCAY
EIDHER JAIR VALENCIA RIOS

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO TOPOGRÁFICO

DIRECTOR DE PROYECTO
MAURICIO EDILBERTO RINCÓN ROMERO
Ph.D.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
SANTIAGO DE CALI 2025

Nota

_____

_____

Director

_____

Jurado l

_____

Jurado 2

_____

Santiago de Cali (__/__/2025)

AGRADECIMIENTOS

"Agradezco profundamente a mi madre, por ser mi ejemplo de vida y apoyo incondicional, enseñándome a enfrentar los retos con valentía y a buscar siempre la excelencia; a mi familia y amigos, por su constante aliento y compañía; a mi compañero de trabajo de grado, Eidher Jair Valencia Ríos, por su compromiso, dedicación y esfuerzo en cada etapa de este proyecto; a mi director, Mauricio Edilberto Rincón, por su valiosa guía y conocimientos compartidos; y a la Universidad del Valle y sus profesores, cuya formación académica me ayudo a crecer personal y profesionalmente. A todos, mi más sincero agradecimiento."

-Brayan Estivel Magin Mambuscay, 2025.

"Agradezco a Dios por poner en mi camino a lo largo de la carrera personas tan valiosas, que me han mostrado lo maravilloso y lo importante de lo que hoy es mi mayor logro. A mi madre, padre y hermano muchas gracias por estar presentes en cada paso de mi vida, sin su ayuda no sería posible el haber estudiado una carrera profesional. A Mauricio Ediblerto Rincón, por la oportunidad de ser mi director de tesis y a quien admiro y respeto por su formación académica, paciencia, sabiduría y compromiso. A mi compañero de tesis Brayan Estivel por aguantar mis ocurrencias durante las infinitas reuniones, a la Universidad del Valle por permitirme ser un orgulloso estudiante de su campus y a las personas que han confiado en mí para el desarrollo de proyectos, lo que me ha permitido crecer profesionalmente. Para todos ellos mi eterno agradecimiento."

-Eidher Jair Valencia Rios, 2025.

CONTENIDO

Capítulo 1 **1**
1.1 RESUMEN 1
1.2 INTRODUCCIÓN 2
1.3 PROBLEMÁTICA 5
1.3.1 ÁRBOL DEL PROBLEMA 6
1.4 ÁRBOL DE OBJETIVOS 7
1.5 OBJETIVOS 8
1.5.1 OBJETIVO GENERAL 8
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
1.6 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 9
1.7 HIPÓTESIS 9
1.8 JUSTIFICACIÓN 10
Capítulo 2 **12**
2.1 MARCO REFERENCIAL 12
2.1.1 ANTECEDENTES 12
2.1.2 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL 15
2.1.3 MARCO LEGAL 23
Capítulo 3 **25**
3.1 METODOLOGÍA 25
3.1.1 PRIMERA FASE: ANÁLISIS DE SISTEMAS 27
3.1.2 SEGUNDA FASE: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS 30
3.1.3 TERCERA FASE: DISEÑO 32
3.1.4 CUARTA FASE: DESARROLLO Y ADQUISICIÓN DEL SISTEMA 38
3.1.5 QUINTA FASE: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS 69
3.1.6 SEXTA FASE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 76
Capítulo 4 **77**
4.1 RESULTADOS 77
4.1.1 RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA 77
4.1.2 RESULTADOS POR OBJETIVOS 111
4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 133
Capítulo 5 **135**
5.1 CONCLUSIONES 135
5.2 RECOMENDACIONES 137
5.3 BIBLIOGRAFÍA 138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Árbol de problema……6
Figura 1.2. Árbol de objetivos……7
Figura 1.3. Principales destinos turísticos de Colombia…….....10
Figura 1.4. Posiciones de las ciudades en términos de competitividad turística……..11
Figura 2.1. Características y fundamentos de las 3 formas normales……...22
Figura 2.2. Recolección de tráfico web……...23
Figura 3.1. Estrategia metodológica…….26
Figura 3.2. Área de estudio……..…….28
Figura 3.3. Comparativa de las cámaras 360°…….....38
Figura 3.4. Tipo de receptores GNSS…….. ……..…….....40
Figura 3.5. Movimientos para la calibración del dispositivo móvil……..57
Figura 3.6. Protocolo para el manejo de cámara 360°……..…61
Figura 3.7. Ecuación de Haversine para el cálculo de la separación entre dos puntos……..……..63
Figura 3.8. Modelamiento de datos……..…….…….……..…69
Figura 3.9. Implementación del ruteo…….…….....75
Figura 4.1. Creación de buffer en el SIG Web 360..…….....82
Figura 4.2. Definición gráfica de intersección…….…..83
Figura 4.3. Diagrama general del módulo de usuarios……..84
Figura 4.4. Diagrama general del módulo de administrador……85
Figura 4.5. Diagrama lógico general del sistema……..87
Figura 4.6. Diagrama lógico del sistema usuarios…….....88
Figura 4.7. Diagrama de uso general……..….89
Figura 4.8. Modelo Entidad-Relación…….....90
Figura 4.9. Ejemplo de estructura de normalización de la base de datos…….…….90
Figura 4.10. Modelo relacional de la base de datos……..…...91
Figura 4.11. Modelo relacional extendido……..…….……93
Figura 4.12. Diagrama de arquitectura del sistema…….....95
Figura 4.13. Modalidades para el montaje del equipo……..……97
Figura 4.14. Importe de capas con Postgis a la base de datos…….……....103
Figura 4.15. Arquitectura de capas……..……...104

Figura 4.16. Visualización de la página de inicio……..……...…105
Figura 4.17. Código fuente para la implementación del contenido 360°……..…....105
Figura 4.18. Código de ejemplo de función intersects……107
Figura 4.19. Formulario de ingreso para nuevo sitio 360°……..111
Figura 4.20. Captura de pantalla del geovisor con las opciones búsqueda…….……113
Figura 4.21. Opciones de búsqueda de sitios cercanos e información adicional……114
Figura 4.22. Captura de pantalla del geovisor con la opción de ruteo…….……114
Figura 4.23. Preferencia por representación de la temática turística……116
Figura 4.24. Preferencia por simbología……116
Figura 4.25. Captura de pantalla del SIG Web 360° - Sitio Iglesia la Ermita……...119
Figura 4.26. Captura de pantalla del SIG Web 360° - Sitio Jardín Botánico……120
Figura 4.27. Impacto visual generado por los portales de turismo analizados…..…121
Figura 4.28. Impacto visual generado por los elementos 360° integrados……..121
Figura 4.29. Funcionalidades incorporadas para la difusión……..122
Figura 4.30. Informe de tráfico web de Semrush……..……...123
Figura 4.31. Informe de tráfico web de AWStats…….……124
Figura 4.32. Informe de tráfico web de Google Analytics……..……125
Figura 4.33. Comparativa de Facilidad de Navegación entre los Portales de Turismo……126
Figura 4.34. Comparativa de comprensión entre plataformas Turísticas……127
Figura 4.35. Impacto de las plataformas en la intención de visita a destinos turísticos……...…127
Figura 4.36. Experiencia general al usar CaliTour 360……128
Figura 4.37. Facilidad de uso de la estructura de CaliTour 360 para realizar búsquedas y explorar contenido……...129
Figura 4.38. Velocidad de carga de la plataforma CaliTour 360……....130
Figura 4.39. Facilidad de Ubicación y Acceso a Información Turística en CaliTour 360……..…130

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Resumen de las referencias bibliográficas consultadas…… 13
Tabla 3.1. Comparativa de los métodos de selección para los lugares turísticos……..29
Tabla 3.2. Diagrama de entradas, geoprocesos y salidas del sistema……... 31
Tabla 3.3. Librerías para el desarrollo de mapas digitales en la web…… 36
Tabla 3.4. Características técnicas de las cámaras 360°……..... 39
Tabla 3.5. Dispositivos para la captura de coordenadas……..…… 41
Tabla 3.6. Software de edición de archivos 360°……..……..... 42
Tabla 3.7. Opciones de almacenamiento y gestión de datos……... 43
Tabla 3.8. Lenguajes de programación para gestión entre interfaz y base de datos…..……... 45
Tabla 3.9. Lenguajes de programación Frontend…….…… 46
Tabla 3.10. Métodos de conexión a la base de datos…… 48
Tabla 3.11. Opciones de Software de geoprocesamiento……. 49
Tabla 3.12. Analizadores de tráfico web……. 51
Tabla 3.13. Opciones de hosting y dominio web…… 52
Tabla 3.14. Alternativas de integración web para el material 360°…….. 55
Tabla 3.15. Identificación de parámetros para la captura de datos 360°……..… 58
Tabla 3.16. Ejemplo de fotos eliminadas……..……... 64
Tabla 3.17. Parámetros de exportación de fotos 360°..……... 66
Tabla 3.18. Entidades en formato shapefile con información generalizada..…… 67
Tabla 3.19. Atributos relacionados por entidad..……..……...……... 68
Tabla 4.1. Selección de los sitios usando el método de ponderación……..… 78
Tabla 4.2. Sitios turísticos seleccionados con el método de ponderación……. 79
Tabla 4.3. Entidades espaciales del sistema…….. 89
Tabla 4.4. Representación de elementos cartográficos del sistema…….…… 94
Tabla 4.5. Modalidades adaptadas para la captura del material 360°……... 96
Tabla 4.6. Resultados de la experimentación..…….. 97
Tabla 4.7. Sitios con modalidad de captura a pie…….….. 98

Tabla 4.8. Sitios con modalidad de captura fija..…… 99
Tabla 4.9. Sitios con modalidad de captura en bicicleta……... 100
Tabla 4.10. Coordenadas de los puntos capturados con Qfield y el geoetiquetado de fotos…….. 101
Tabla 4.11. Separación entre las coordenadas de las fotos y las coordenadas de Qfield……...…….. 102
Tabla 4.12. Meta descriptores permitidos por Google...…….. 108
Tabla 4.13. Fallas encontradas durante las pruebas…….…… 109
Tabla 4.14. Unidades de medida por objetivo…… 112
Tabla 4.15. Cantidad de material integrado…….…… 117
Tabla 4.16. Contenido multimedia 360° incorporado por cada sitio turístico……. 118
Tabla 4.17. Estado de requerimientos…….. 131

Capítulo 1

1.1 RESUMEN

El turismo es un motor fundamental para la economía de los países en desarrollo como Colombia, donde el sector aporta en promedio 4.5% del PIB anual. Pese a esto, en ciudades como Santiago de Cali, existen dificultades de visibilidad en los medios de difusión turística que no permiten un mayor aprovechamiento de su oferta. Por ello, el presente estudio busca identificar una alternativa para reducir las deficiencias de visibilidad de los sitios turísticos más representativos de la ciudad, mediante la combinación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con fotos y videos 360° que, además esté disponible en la web, lo que en conjunto se denomina durante el documento SIG Web 360°. Para lograrlo, se identificaron tres deficiencias de visibilidad: La escasa cartografía turística, el bajo impacto visual del medio de difusión y la limitada promoción de los sitios de interés turístico. Luego, se adaptó el ciclo de vida de un SIG de Tomlinson (2007), que consta de 6 fases; planeación, análisis, diseño, desarrollo/adquisición del sistema, implementación, operación/mantenimiento. Posteriormente, se comparó la efectividad del SIG Web 360° desarrollado, mediante 2 enfoques; uno cualitativo, con encuestas de percepción sobre el impacto visual y otro cuantitativo, que compara las cifras de tráfico web entre los portales de la Secretaría de Turismo de Cali y el Visor del IDESC, usados como fuente oficial de información turística. Finalmente, los resultados obtenidos durante el periodo de comparación entre el 1 de agosto al 1 septiembre del 2024, arrojan 137 visitas por encima de la página de la Secretaría de Turismo de Cali, 250 visitas sobre el portal IDESC y un impacto visual “Alto”, según las encuestas de percepción y uso. Asimismo, con base en los resultados se permite afirmar la hipótesis, que propone fortalecer la visibilidad de los sitios turísticos a partir de mejores características cartográficas, visuales y de promoción en el medio de difusión.

Palabras clave: SIG, turismo, Cali, visibilidad, difusión, SIG Web.

1.2 INTRODUCCIÓN

El turismo se define “Como las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual durante un período consecutivo inferior a un año” (OMT, 1994, p.1). Así mismo es considerado un poderoso motor del sector económico para el crecimiento y desarrollo de los países (Alonso, 2022), dado que muchas actividades que giran en su entorno impactan de manera positiva en los hogares, producto del ingreso de divisas por la negociación de bienes y servicios entre locales y extranjeros (Trujillo, 2020).

El sector del turismo a nivel mundial ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos 20 años, pasando de 25 millones de viajeros en 1950, a más de 1.235 millones alcanzados en el año 2016 (Gobernación del Valle del Cauca, 2017). Además, influye en diferentes sectores como el cultural, deportivo, ecológico etc. (Secretaria de Turismo de Cali, 2018).

Colombia, se ha posicionado a nivel mundial como una nación con potencial turístico, gracias a una política de promoción institucional (SITUR, 2021). Pero esto no siempre fue así, puesto que hasta hace algunos años visitar a Colombia se percibía como una actividad de riesgo. La única imagen que muchos turistas tenían sobre el país era la violencia y el conflicto armado (Gobernación del Valle del Cauca, 2017). En la actualidad el país sigue presentando grandes retos para incrementar la llegada de turistas internacionales y de esta manera fortalecer el sector (SITUR, 2021).

Colombia ocupó el puesto 55 de 140 países a nivel global con 4.528.793 visitantes extranjeros al año 2019 (Foro Económico Mundial, 2019) y experimentó un crecimiento del 7,3% entre enero y abril del 2024 respecto al año 2022 (MINCIT, 2024). Y entre las ciudades colombianas más visitadas se encuentra Bogotá D.C con 1.249.426 visitantes, seguida de Medellín con 580.256 visitantes, Cartagena con 495.476 y Santiago de Cali con 163.552 visitantes (Observatorio de Turismo, 2022).

Santiago de Cali, es la capital del Departamento del Valle del Cauca, conocida por su rica historia, cultura, clima cálido y sus fiestas populares, entre ellas; La Feria de Cali y el Petronio Álvarez. La ciudad es un importante centro de negocios y turismo (Observatorio de Turismo, 2022), que en el periodo 2018-2019 acogió el 4,93% (193.652) de las 3.928.050 visitas nacionales. Cifra considerablemente disminuida por el confinamiento del COVID-19 en 2020 (Secretaría de Turismo de Cali, 2021), en lo que la Organización Mundial del Turismo (OMT) calificó como una de las mayores crisis de la historia del sector (SITUR, 2021) y que trajo consigo pérdidas económicas y aumento del desempleo (Alcaldía de Santiago de Cali, 2021).

A pesar que el sector turístico de Santiago de Cali ha experimentado una recuperación gradual de los impactos negativos (SITUR, 2022), aún persiste una problemática significativa vinculada con el medio que se usa para visibilizar y difundir sus atractivos. Esta dificultad se refleja en una marcada brecha en comparación con otras ciudades como Bogotá, Medellín y Cartagena en términos de afluencia de visitantes (Observatorio de Turismo, 2022), siendo la escasa información sobre la ubicación de los atractivos turísticos (Gobernación del Valle del Cauca, 2012), el poco impacto visual en el medio de difusión (Cadavid, 2018) y la poca promoción digital (Gobernación del Valle del Cauca, 2018), algunas de las deficiencias que explican esta diferencia.

El proyecto trazó como objetivo general, reducir las deficiencias de visibilidad en el medio de difusión de los sitios turísticos de Cali, encontrando desde la perspectiva de la Geomática, el uso de los Sistemas de Información Geográficos como alternativa de solución reiterada para dar a conocer la oferta turística de una ciudad y facilitar la ubicación de los turistas dentro de ella. Además, la implementación de fotos y videos 360° y la disponibilidad permanente en la web favorecen el impacto visual, la difusión y la promoción de los destinos (Rahimizhian et al., 2020). Siendo precisamente la característica de disponibilidad web, el concepto que define al SIG, como SIG Web (Dragicevic, 2004).

A lo largo de este documento, se proporciona una descripción del proceso para el desarrollo del SIG Web con contenido audiovisual 360°, iniciando el capítulo 1 con la conceptualización del problema, la definición de objetivos y la justificación. El capítulo 2 presenta una revisión de la literatura, donde se destacan antecedentes y soluciones previas a la problemática planteada. El capítulo 3 aborda la estrategia metodológica empleada, basada en el ciclo de vida de un SIG propuesto por Tomlinson (2007). El capítulo 4 expone los resultados obtenidos y el capítulo 5 reúne las conclusiones del estudio junto con recomendaciones para futuros proyectos.

Como resultados evidenciables, la incorporación de elementos interactivos, como imágenes y videos 360°, enriqueció la presentación de los sitios turísticos, siendo valorada positivamente por el 62,5% de los usuarios encuestados en comparación con otros portales que carecen de estas características. Además, el sistema destacó al superar los indicadores de tráfico web de plataformas como el portal de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC) con 145 visitas y el de la Secretaría de Turismo de Cali con 290 visitas, alcanzando un promedio de 425 visitas orgánicas entre el 1 de agosto y el 31 de agosto del 2024.

1.3 PROBLEMÁTICA

En las últimas décadas, se han experimentado cambios significativos en los ámbitos económico, político, tecnológico y social, no siendo el turismo un sector exento de estas transformaciones (Ivars & Vera, 2019). En este contexto, es relevante destacar la posición de Cali como la cuarta ciudad con mayor número de visitantes a nivel nacional (Observatorio de Turismo de Cali, 2022). A pesar de este potencial, la ciudad enfrenta un problema que compromete su desarrollo. Se trata de las deficiencias en los medios de difusión disponibles para visibilizar los atractivos turísticos. Estas limitaciones impactan directamente en la capacidad de la ciudad para atraer visitantes, capitalizar plenamente su interés y proyectar una buena imagen de la riqueza de su oferta turística.

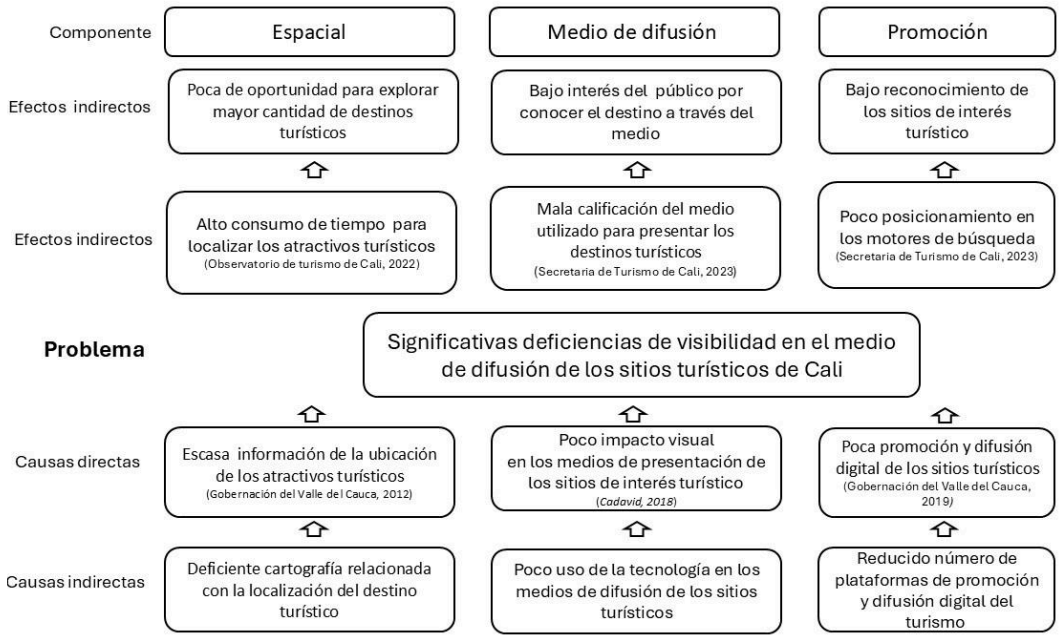
Las deficiencias de visibilidad en el medio de difusión se manifiestan en una marcada desconexión entre los visitantes y los puntos de interés, evidenciada por el considerable desconocimiento (87%) que tienen los propios residentes sobre los atractivos turísticos de la ciudad (Observatorio de Turismo, 2022). Esto sugiere la existencia de una barrera entre el turista y el destino, dada por el medio de difusión (SITUR, 2022). Entre los factores que contribuyen a esta situación se destacan la carencia de cartografía temática, la falta de actualización de los portales turísticos existentes (Gobernación del Valle del Cauca, 2012) y el bajo impacto visual que ofrecen los medios de difusión para exhibir las riquezas de la ciudad (Cadavid, 2018). La problemática se agrava aún más, por la ausencia de canales de promoción, que sirven para resaltar y visibilizar los atractivos turísticos de la región (Gobernación del Valle del Cauca, 2017). Estas limitaciones convierten a Cali en un destino poco visible para los turistas internacionales, especialmente entre los jóvenes, quienes ven en los portales web, una herramienta para planificar sus experiencias turísticas con antelación (Secretaría de Turismo de Cali, 2022).

1.3.1 ÁRBOL DEL PROBLEMA

En el árbol del problema (figura 1.1), se identifica la causa indirecta, causa directa, efecto principal y efecto secundario respectivamente por cada uno de los aspectos definidos en la estructura como ramas.

Figura 1.1.

Árbol de problema



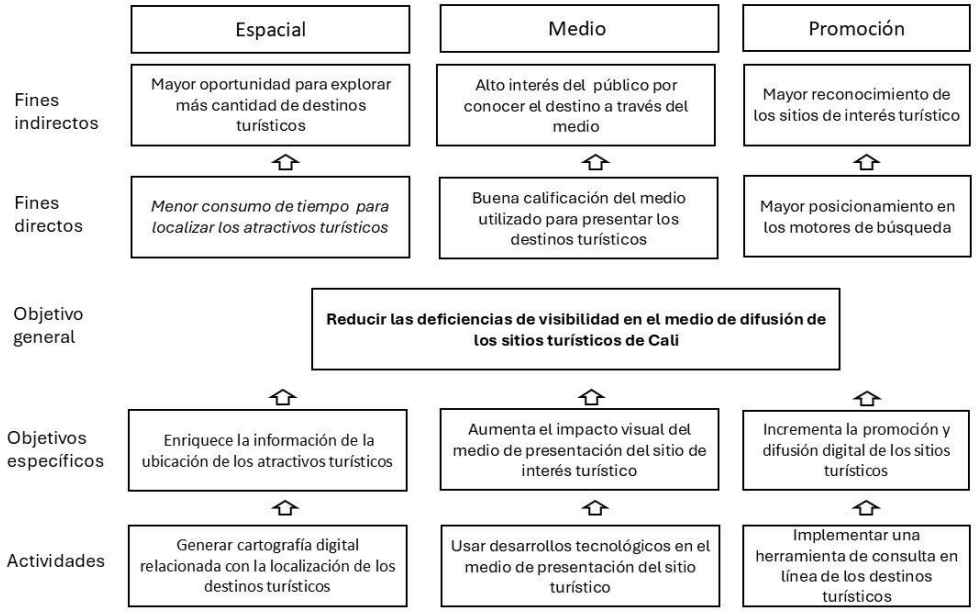
Nota. Elaboración propia.

1.4 ÁRBOL DE OBJETIVOS

El árbol de objetivos (figura 1.2) presenta el objetivo general y los específicos, identificando las actividades necesarias para cumplirlos.

Figura 1.2.

Árbol de objetivos



Nota. Elaboración propia.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir las deficiencias de visibilidad en el medio de difusión de los sitios turísticos más representativos de la ciudad de Santiago de Cali.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Enriquecer la cartografía digital de los sitios turísticos más representativos de Cali.

- Contribuir positivamente al impacto visual del medio de difusión de los sitios turísticos de Cali.

- Aportar a la promoción y difusión de los destinos turísticos de Cali.

1.6 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La mejora en las características cartográficas, visuales y de promoción en el medio de difusión contribuirá a aumentar la visibilidad de los sitios turísticos de Cali.

1.7 HIPÓTESIS

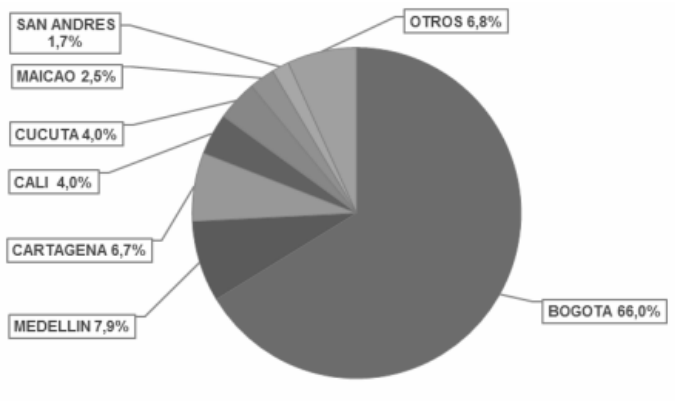
Fortalecer las características del medio de difusión favorecerá la visibilidad de los sitios turísticos de Cali.

1.8 JUSTIFICACIÓN

Durante años, el turismo no ha sido una prioridad para los gobiernos, lo que ha impedido que la ciudad de Cali se convierta en uno de los principales destinos de Colombia (figura 1.3) (Pérez, 2018). De hecho, los concejales de la ciudad han calificado como "insuficiente" el presupuesto asignado para promover el atractivo local a nivel nacional e internacional, especialmente de cara a la COP16 (Concejo de Cali, 2024). Esta falta de atención ha llevado a un alarmante aumento del desconocimiento de la oferta turística de Cali, que pasó del 63% en 2012 al 87% en 2021 (Toro et al., 2015; Secretaría de Turismo de Cali, 2021). Esta desconexión entre los recursos turísticos de la ciudad y su visibilidad limita la inclusión de Cali en los itinerarios de los potenciales visitantes.

Figura 1.3.

Principales destinos turísticos de Colombia



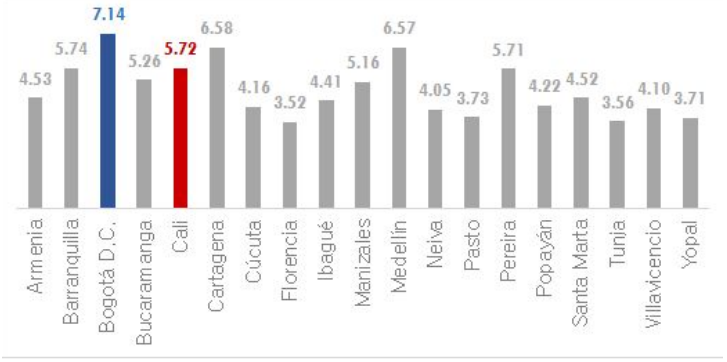
Nota. Tomado de Pérez (2018)

A pesar de estos desafíos, Cali tiene la capacidad para liderar en el ámbito turístico, como lo demuestra su reconocimiento en múltiples ocasiones (4) como "Destino Ciudad Cultural Líder" por los *World Travel Awards* (Alcaldía de Cali, 2022). Sin embargo, la promoción inadecuada, las dificultades de acceso a los sitios turísticos debido a problemas de inseguridad y la falta de centros de información han sido obstáculos constantes que han limitado el desarrollo del turismo en la ciudad (Alzate &

Monsalve, 2018). En este contexto, el Diagnóstico de Competitividad para ciudades capitales de 2018, posiciona a Cali como la cuarta del país en términos de competitividad turística, detrás de Bogotá, Cartagena y Medellín (figura 1.4) (Infometrika, 2019).

Figura 1.4.

Posiciones de las ciudades en términos de competitividad turística



Nota. Tomado de Infometrika (2019)

Los resultados de este informe de competitividad subrayan la necesidad de fortalecer los canales de difusión dedicados a promover la escena turística de la ciudad. Por otro lado, si persisten las deficiencias en los medios de visualización de los atractivos turísticos, el desconocimiento de la oferta podría superar el 87% registrado en 2021 (Secretaría de Turismo de Cali, 2021), desplazando a Cali de los primeros lugares en el índice de competitividad turística y afectando la economía local.

Capítulo 2

2.1 MARCO REFERENCIAL

El presente marco referencial constituye la base para el desarrollo del proyecto, abarcando tres aspectos: En primer lugar, los antecedentes presentan estudios que muestran cómo diferentes autores han abordado las deficiencias en los medios de difusión utilizados para visibilizar los atractivos turísticos. Seguidamente el marco conceptual define los términos fundamentales empleados a lo largo del documento. Finalmente, el marco legal recoge las normativas y leyes que regulan y condicionan la implementación del proyecto en su contexto normativo.

2.1.1 ANTECEDENTES

La problemática de los medios de difusión para visibilizar los atractivos turísticos ha sido estudiada por diferentes autores quienes han formulado soluciones reiteradamente similares: Como el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), generación de portales web, aplicaciones móviles y uso de tecnologías 360°, como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1.

Resumen de las referencias bibliográficas consultadas

Objetivo	Metodología	Resultado	Autor/Fecha
Aumentar la promoción de los destinos turísticos en Silvania, Zipaquirá, y Acacías	Búsqueda y digitalización con ArcGIS de las coordenadas espaciales para la elaboración de geovisores turísticos	Implementación de un SIG turístico que facilitó la visualización y organización de datos turísticos con herramientas accesibles en plataformas digitales	Velázquez, 2019; Galeano, 2017; Cristancho & Prieto, 2021
Ofrecer información precisa sobre los destinos turísticos en Ambato y playas de Piura.	Realización de entrevistas a autoridades y turistas; recopilando y analizando el uso de geoportales en la temática de turismo.	Creación de portales y sistemas web interactivos y distintivos, que ofrecieron información precisa sobre sus destinos turísticos	Romero, 2017; Paz, 2022
Mejorar la promoción turística a través de experiencias inmersivas	Uso del método ASIMOW para el diseño y organización creativa de requisitos, captura de imágenes 360° y diseño en Joomla.	Desarrollo de catálogos virtuales y visores con imágenes 360° en Puyo y para un jardín botánico, que mejoraron la promoción turística a través de experiencias inmersivas.	Barba, 2019; Vargas y Otero, 2015

Objetivo	Metodología	Resultado	Autor/Fecha
Investigar y evaluar el impacto de contenido interactivo o 360° en la promoción turística	Uso del enfoque cuantitativo y método deductivo para la recolección de datos a través de encuestas y videos 360°.	Estudios en Hong Kong y aplicaciones en la capilla Pedro Pablo Gómez demostraron que videos y contenido 360° influyen positivamente en las intenciones de visita y en la promoción turística, resaltando su efectividad para atraer turistas.	Rahimizhian et al., 2020; Ávila, 2023
Promover los destinos turísticos en las ciudades de Girón, Santander y Quito	Implementación del método de trabajo Scrum para desarrollo de Realidad aumentada usando Unity y Vuforia, recopilación de datos y uso de escala Likert y XP (Extreme Programming).	Creación de aplicaciones móviles con RA que facilitaron la exploración de los puntos de interés y ayudaron a promover el turismo en Girón, Santander, Quito y en las 34 provincias de Indonesia, logrando aceptación del turismo local.	Vinueza, 2022; Solano, 2014; Safitri et al., 2017

Nota. Elaboración propia.

Las soluciones presentadas en la tabla anterior, muestran semejanzas en el uso de SIG por los autores, para promover el conocimiento de la oferta turística. Brindando un enfoque de solución a la problemática identificada en esta investigación desde la Geomática, que combine las propuestas de antecedentes mencionados, en un SIG

disponible en la web con material 360°, para reducir las deficiencias de visibilidad en el medio de difusión.

2.1.2 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

A continuación se presentan algunas definiciones usadas a lo largo de documento:

Atractivo turístico

Se define como la combinación de elementos, ya sean tangibles o intangibles, que pueden ser convertidos en un producto capaz de influir en las decisiones de los turistas. Estos elementos inducen la visita mediante desplazamientos desde sus lugares de residencia habituales hacia un territorio específico, transformando así dicho territorio en un destino turístico (Lemoine et al., 2018).

E-Turismo (turismo electrónico)

La industria turística ha experimentado una transformación hacia la era digital gracias a la tecnología. Uno de los impactos fundamentales es el empoderamiento del viajero, que ahora se encuentra mucho más informado y desempeña un papel proactivo en la planificación de su viaje. Este cambio ha convertido al turista en una figura más exigente, con múltiples opciones para elegir y la capacidad de negociar (Turijobs, 2019).

La tecnología se presenta como una oportunidad para que los destinos turísticos mejoren su atractivo y proporcionen experiencias únicas y satisfactorias a los visitantes. Al aprovechar las tecnologías disponibles, los destinos pueden reforzar su presencia en línea, perfeccionar la experiencia del turista en el lugar y automatizar procesos internos (Mayett, 2023).

Categorías de turismo

Según la Organización Mundial del Turismo (OMT, 2023), existen diversas categorías de turismo, entre las cuales se encuentran:

Turismo Cultural: Este tipo de turismo se centra en la experiencia del visitante en la adquisición y consumo de atractivos y productos culturales, tanto materiales como inmateriales, de un destino turístico. Estos atractivos incluyen elementos distintivos de una sociedad, como artes, arquitectura, patrimonio histórico y cultural, gastronomía, literatura, música, industrias creativas y culturas vivas con sus formas de vida, sistemas de valores, creencias y tradiciones (OMT, 2023).

Turismo Deportivo: Es una actividad turística en la que el turista, ya sea como espectador o participante activo, está involucrado en eventos deportivos, que generalmente tienen componentes comerciales y no comerciales de naturaleza competitiva (OMT, 2023).

Turismo Rural o Ecológico: Relacionado con actividades de naturaleza, agricultura, formas de vida y culturas rurales, pesca con caña y visitas a lugares de interés, desarrollándose en entornos no urbanos con baja densidad demográfica, paisajes agrícolas, forestales y formas de vida tradicionales (OMT, 2023).

Sistema de Información Geográfico

Algunas definiciones para un SIG son:

Un SIG es un potente equipo instrumental para la colecta, almacenamiento, recuperación, transformación y recuperación de los datos espaciales relativos al mundo real (Burrough, 1986).

Un SIG es un sistema para capturar, validar, integrar, manipular y representar datos referenciados sobre la tierra (National Geographic, 2023).

Un SIG es un sistema informático capaz de realizar las tareas para manejar datos georeferenciados: entrada, almacenamiento, recuperación, manipulación, análisis y representación (Aronoff, 1989).

El primer SIG formal se desarrolló en Canadá en los años 60, patrocinado por el Departamento Federal de Energía y Recursos, llamado CGIS (Canadian Geographical Information Systems), creado por Roger Tomlinson para gestionar y analizar el inventario geográfico canadiense, especialmente en el ámbito rural. Este desarrollo pionero marca el inicio oficial de los SIG y da lugar a su título como "el padre del SIG". (Olaya, 2014). Para Tomlinson (2007), un SIG es un sistema digital para el análisis y manipulación de todo tipo de datos cartográficos, a fin de aportar información útil para las decisiones territoriales. Asimismo en su trabajo *Thinking about GIS* plantea 6 etapas, conocidas como el ciclo de vida de un SIG, estas son:

- **Planificación**: Define los objetivos, necesidades y alcance del SIG. Incluye la evaluación de recursos y el diseño preliminar del sistema.
- **Análisis de requerimientos**: Identifica y especifica los datos, funciones y tecnología necesarios para satisfacer los objetivos definidos.
- **Diseño del sistema:** Estructura el sistema en términos de componentes y flujos de trabajo, estableciendo el diseño de la base de datos y las funcionalidades del sistema.
- **Adquisición y desarrollo:** Adquisición de datos, la creación de bases de datos y la configuración de software y hardware.
- **Implementación y pruebas:** Construcción del sistema, con los recursos adquiridos.

- **Operación y mantenimiento**: Utiliza el SIG para los fines propuestos, con la actualización y mantenimiento regular de los datos y el software para asegurar su funcionamiento continuo y efectivo.

Otra definición presenta al SIG como un sistema integral encargado de generar, administrar, analizar y representar datos cartográficos de diversa índole. Su función principal radica en vincular datos con ubicaciones específicas (indicando dónde se encuentran las cosas) y complementarlos con información descriptiva detallada (reflejando cómo son las condiciones en esos lugares). Esta integración sirve como cimiento para la representación cartográfica y el análisis, utilizados de manera generalizada en la ciencia y en prácticamente todos los sectores industriales (ESRI, 2022).

Existen definiciones alternativas de los SIG que se focalizan únicamente en el componente tecnológico, relegando la consideración de otros elementos esenciales. Un ejemplo de esta perspectiva se encuentra en la definición propuesta por Bracken y Webster (1990) según la cual, un SIG es “Un tipo especializado de base de datos que se caracteriza por la capacidad de manipular datos geográficos, que se pueden representar como imágenes" (p. 137).

Por otro lado, Olaya (2014) definió un SIG como un conjunto de elementos:

- **Datos**. Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- **Métodos**. Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- **Software**. Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- **Hardware**. El equipo necesario para ejecutar el software.
- **Personas**. Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del SIG.

SIG Web

El SIG al estar conectado a Internet ha evolucionado hacia lo que hoy se conoce como SIG Web, que permite la interacción con sistemas y servidores heterogéneos para ofrecer funciones avanzadas de SIG. Esta expansión ha abierto múltiples oportunidades de investigación en la Ciencia de la Información Geográfica (GISc). El SIG Web ha impulsado el uso accesible y abierto del SIG en tres áreas principales: (1) acceso y difusión de datos espaciales, (2) exploración y geo visualización de datos espaciales, y (3) procesamiento, análisis y modelado de datos espaciales (Dragicevic, 2004).

Tecnología 360°

La tecnología 360° es aquella que permite capturar y visualizar contenido desde todos los ángulos posibles, ofreciendo a los espectadores una experiencia inmersiva en la que pueden explorar virtualmente su entorno. Esta tecnología ofrece una amplia gama de aplicaciones, abarcando desde la creación de sitios web para tiendas virtuales con imágenes detalladas de sus productos, hasta el desarrollo de soluciones para diversos establecimientos como restaurantes, hoteles, negocios, monumentos, destinos turísticos entre otros, brindando oportunidades innovadoras en cada uno de estos campos. (Paz, 2022).

Fotografía 360°

Una fotografía en 360 grados es una imagen que posibilita observar todo lo que sucede alrededor de la escena principal, abarcando tanto la parte superior como la inferior, así como las vistas frontal y posterior (Paz, 2022). Se ha empleado con propósitos tanto comerciales como educativos. En el ámbito comercial, facilita la virtualización de productos como viviendas o vehículos, sirviendo como herramienta motivacional para impulsar su compra. Por otro lado, en el ámbito educativo, se utiliza en museos para brindar la oportunidad de explorar obras de arte sin la necesidad de desplazarse físicamente hasta el lugar (Guadamuz, 2019).

Videos 360°

Un video de 360° es una representación de imágenes digitales esféricas donde el usuario puede mirar a su alrededor durante la reproducción (Hosseini & Swaminathan, 2016). Desde una perspectiva técnica, los vídeos en 360° se crean utilizando sistemas omnidireccionales o multicámara que capturan todas las direcciones y perspectivas de manera simultánea. Luego, a través de software especializado, se fusionan los fragmentos para formar un campo de visión completamente esférico (Ranieri et al., 2022). En contraste con los vídeos convencionales, los vídeos de 360° presentan características particulares que incluyen un extenso campo de visión y la capacidad de controlar parcialmente las escenas de visualización (Rahimizhian et al., 2020).

Se ha registrado un notorio incremento en la producción y adopción de videos 360°. Este crecimiento se sustenta tanto en los avances tecnológicos recientes en redes e informática como en el creciente interés de los usuarios por mejorar su experiencia. Plataformas destacadas de vídeo, entre las que se incluyen YouTube, Facebook, ARTE y Vimeo, han dedicado considerables esfuerzos para promover los servicios de vídeo en 360° (Yaqoob et al., 2020).

Georreferenciación

Consiste en asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas mediante el uso de coordenadas de mapa (ESRI, 2023). También “Es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espaciales” (Dávila & Camacho, 2012, p.1).

Geolocalización

Es una de las herramientas utilizadas por los geógrafos para situar a las personas u objetos en el espacio mediante sus coordenadas y que ha cobrado una nueva dimensión a partir de la aparición de Internet y de los dispositivos móviles que integran funciones de seguimiento en tiempo real (Beltrán, 2016).

Tráfico web

El tráfico web son todas aquellas visitas de usuarios que llegan a la plataforma digital (web o blog profesional) del emprendimiento o proyecto digital en cuestión, incluye las categorías tráfico web orgánico (visitantes humanos) y tráfico no orgánico (Robots y Spiders de búsqueda automáticos) (Grapsas, 2020).

Ecuación de Haversine

Es una fórmula matemática utilizada en navegación y geografía para calcular la distancia entre dos puntos de la superficie de una esfera (Louwers, 2023), como el planeta Tierra. Es particularmente eficaz para medir distancias cortas y medianas sobre su superficie. La fórmula se basa en la ley de los haversines, que relaciona los ángulos y lados de triángulos esféricos. En el caso de esta fórmula, se utiliza para calcular la distancia del gran círculo entre dos ubicaciones, que es la ruta más breve a lo largo de la superficie terrestre.

Desarrollo de Frontend

El *frontend* es el componente del sistema que permite la generación de consultas a la base de datos a través de la interfaz gráfica (Pérez et al., 2021).

Desarrollo de Backend

El *backend* gestiona y procesa datos, permitiendo la lógica de negocio y la comunicación con el *frontend*. Requiere conocimientos en bases de datos, *frameworks*[1] y seguridad para su correcto funcionamiento (Pérez et al., 2021).

Normalización de una base de datos

La normalización de una base de datos busca simplificar la relación entre los campos de un registro (Trueba, 2016). Mediante la inclusión de una llave foránea como identificador único que viaja por todas las tablas de la base, evitando registros

[1] ***Framework*** es una estructura de software compuesta por componentes personalizables e intercambiables que facilita el desarrollo de aplicaciones.

redundantes y descartando aquellos que no estén interconectados, como se muestra en las características de la figura 2.1.

Figura 2.1.

Características y fundamentos de las 3 formas normales



Nota. Tomado de Cerinza (s.f.)

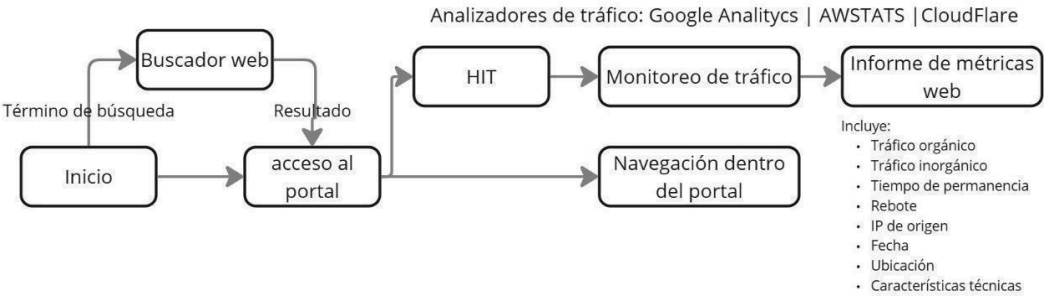
Herramientas SEO

Las herramientas de análisis para la optimización en motores de búsqueda son sistemas diseñados para recopilar y procesar datos relacionados con el tráfico de un sitio web. Estas herramientas generan informes detallados sobre el comportamiento de los visitantes, las fuentes de acceso y el rendimiento de las páginas, permitiendo identificar áreas de mejora. Además, integran funciones que analizan la interacción con los contenidos, la eficacia de las estrategias digitales y el cumplimiento de objetivos específicos. Su uso es esencial para desarrollar estrategias informadas y aumentar la eficacia de los esfuerzos digitales (Google Developers, 2024).

La figura 2.2 muestra cómo se realiza la recolección de información del tráfico web.

Figura 2.2.

Recolección de tráfico web



Nota. Adaptado de Google Developers (2024)

2.1.3 MARCO LEGAL

El marco legal de este trabajo de investigación se constituye a partir de las leyes que rigen la actividad turística, emanadas por el Congreso de la República de Colombia (2024) descritas a continuación:

La Ley 2068 de 2020[2], es la ley de turismo en Colombia que establece medidas para fomentar la sostenibilidad, la conservación y la protección de los destinos y atractivos turísticos, así como para fortalecer la calidad turística y la competitividad del sector. Esta ley también busca fortalecer la formalización de los prestadores de servicios turísticos y promover la reactivación del sector.

La Ley General de Turismo[3] (Ley 300 de 1996), establece los principios rectores de la actividad turística en Colombia. Esta ley tiene como objetivo promover el desarrollo social, económico y cultural del país a través del turismo y establece los derechos y deberes de los turistas y prestadores de servicios turísticos.

[2] https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=172558 Gestor Normativo - Función Pública del gobierno de Colombia Ley 2068 de 2020.
[3] https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=8634 Gestor Normativo - Función Pública del gobierno de Colombia Ley 2068 de 2020.

La Ley 1558 de 2012[4] es una ley en Colombia que modifica la Ley 300 de 1996[5] (Ley General de Turismo) y la Ley 1101 de 2006[6], y establece disposiciones adicionales en materia de turismo. Esta ley tiene como objetivo fomentar el desarrollo, la promoción, la competitividad del sector y la regulación de la actividad turística, a través de los mecanismos necesarios para la creación, conservación, protección y aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos nacionales.

[4] https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48321 Gestor Normativo - Función Pública del gobierno de Colombia Ley 1558 de 2012.
[5] https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=8634 Gestor Normativo - Función Pública del gobierno de Colombia Ley 300 de 1996.
[6] https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=22241 Gestor Normativo - Función Pública del gobierno de Colombia Ley 1101 de 2006.

Capítulo 3

3.1 METODOLOGÍA

Las investigaciones revisadas en la sección de antecedentes de este proyecto destacan el uso de SIG, portales web, aplicaciones móviles y tecnología 360° (fotos y videos) como herramientas para mejorar el acceso y difusión de información turística (Velásquez, 2019; Galeano, 2017; Cristancho & Prieto, 2021; Romero, 2017; Paz, 2022; Vinueza, 2022; Solano, 2014; Safitri et al., 2017). Estos estudios también ofrecen metodologías aplicables a problemáticas similares a las abordadas en esta investigación. Los SIG, definidos como sistemas que generan, administran, analizan y representan datos cartográficos (ESRI, 2022), evolucionan junto con la tecnología y se integran cada vez más con contenidos interactivos, lo que optimiza la promoción turística (Rahimizhian et al., 2020; Ávila, 2023).

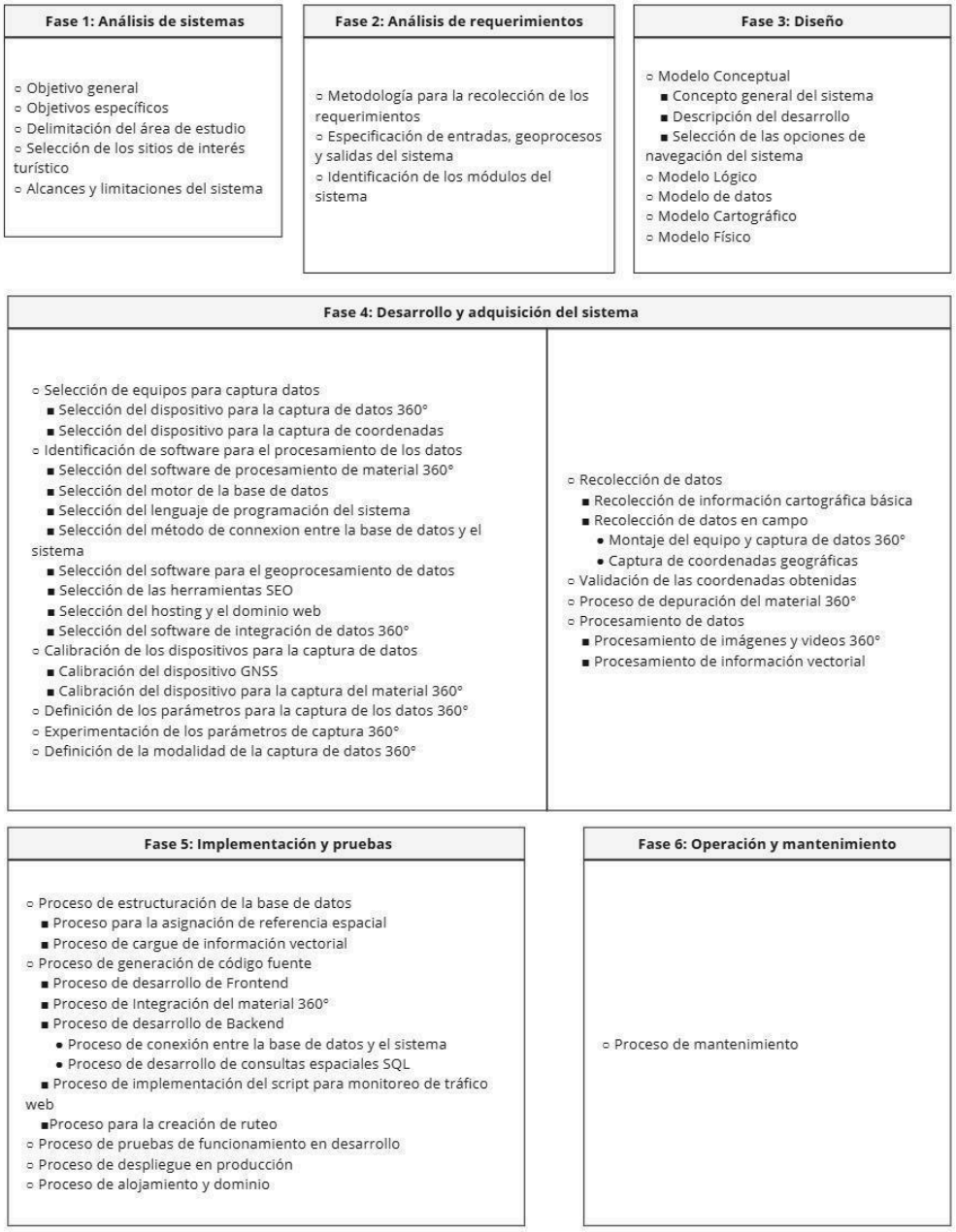
En el marco de esta investigación se propuso la creación de un SIG disponible en la web, integrado con fotos y videos 360°, herramientas que sirven para visibilizar y promover los lugares turísticos de una ciudad, según los autores previamente citados. Además, se incorporan funcionalidades geoespaciales, como la geolocalización y las rutas interactivas, que facilitan la ubicación del turista dentro de la ciudad de Santiago de Cali.

Los proyectos que han empleado SIG y tecnología 360° muestran resultados positivos, lo cual justifica su uso como una alternativa efectiva de difusión y orienta el desarrollo metodológico del presente estudio. En este contexto, la aplicación del ciclo de vida de un SIG, propuesto por Tomlinson (2007), se consolidó como un modelo de trabajo estándar. Este combina el manejo de datos espaciales con geoprocesos (intersección y buffer) en seis fases. El uso de la tecnología 360° dentro de este ciclo permite crear un sistema de difusión interactivo, enriquecido continuamente por los propios usuarios, que promueve el turismo en la ciudad de Cali.

A continuación, se presenta la estrategia de trabajo adaptada según el ciclo de vida de un SIG (Tomlinson, 2007) (figura 3.1).

Figura 3.1.

Estrategia metodológica



Nota. Elaboración propia.

3.1.1 PRIMERA FASE: ANÁLISIS DE SISTEMAS

Algunos de los temas que aborda esta primera fase ya se han venido tratando a lo largo del desarrollo del documento como son: la identificación del problema, los antecedentes, la justificación y propuesta de solución. Otros como la definición de los objetivos del sistema, el área de estudio, la selección de los sitios, alcances y limitaciones del sistema se presentan a continuación.

3.1.1.1 OBJETIVO GENERAL DEL SISTEMA:

Reducir las deficiencias de visibilidad en el medio de difusión de los sitios turísticos más representativos de Cali.

3.1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Enriquecer la cartografía digital de los sitios turísticos más representativos de Santiago de Cali.
- Contribuir positivamente al impacto visual del medio de difusión de los sitios turísticos de Cali Integrando elementos visuales.
- Aportar a la promoción y difusión de los destinos turísticos de Cali.

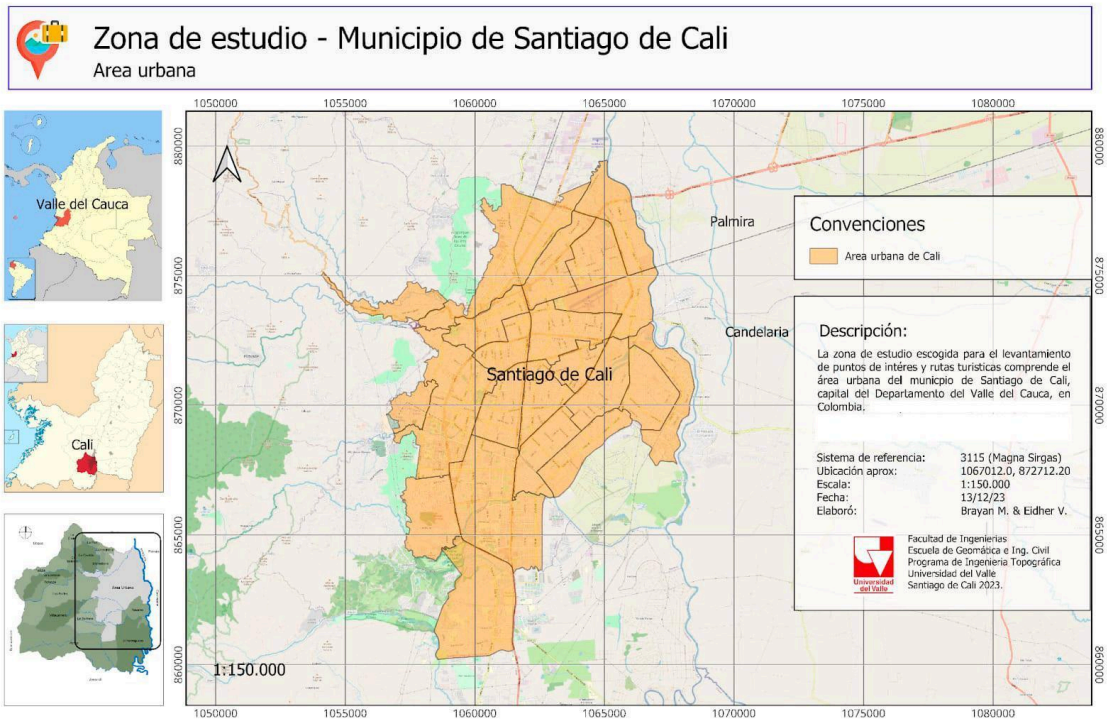
3.1.1.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se llevó a cabo en la ciudad de Santiago de Cali, capital del Valle del Cauca, ubicada en el sudoeste de Colombia (figura 3.2), debido a que en ella se presenta la problemática descrita en el apartado 1.3. Además, su escena cultural, oferta de atractivos turísticos, manifestaciones culturales y naturaleza exuberante motivaron la realización del proyecto en conjunto a la oportunidad de aplicar técnicas y alternativas de solución desde el campo de la Ingeniería Topográfica.

.

Figura 3.2.

Área de estudio



Nota. Elaboración propia.

3.1.1.4 SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE INTERÉS TURÍSTICO

La selección de los lugares turísticos para el desarrollo del proyecto, considero técnicas de evaluación de datos comúnmente utilizadas: como el análisis estadístico, la evaluación de opiniones y el método de ponderación (Vejsbjerg, 2012). Cada uno de estos métodos ofrece ventajas y desventajas como se presentan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1.

Comparativa de los métodos de selección para los lugares turísticos

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
Ponderación Yansapanta (2020)	Asigna pesos o ponderaciones a cada uno de los criterios identificados. Luego se suman los puntajes.	Permite considerar múltiples criterios de manera simultánea. Se puede adaptar a las necesidades específicas de cada investigación. Ofrece una estructura transparente para la toma de decisiones.	Requiere una cuidadosa selección de los criterios de ponderación. La validez de los resultados depende de la precisión de los pesos asignados.
Evaluación Multicriterio Cartuche et al., (2018)	Conjunto de técnicas que permiten evaluar diversas alternativas de elección a la luz de múltiples criterios y prioridades.	Evalúa una serie de alternativas que satisfacen uno o varios objetivos. Permite tomar decisiones de forma multidimensional. Ofrece la posibilidad de obtener un estudio equilibrado teniendo en cuenta los atributos establecidos.	Requiere habilidades estadísticas avanzadas. Requiere de datos precisos y confiables.

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
Evaluación de opciones Herrera (2020)	Utiliza encuestas, entrevistas u otras técnicas cualitativas para recopilar y analizar opiniones sobre los lugares turísticos.	Captura las opiniones y percepciones de los visitantes y la comunidad local. Proporciona información detallada y contextualizada sobre los lugares turísticos.	La calidad de los resultados puede depender de la metodología de investigación utilizada. Los resultados pueden ser subjetivos y difíciles de cuantificar.

Nota. Elaboración propia.

3.1.1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL SISTEMA

Los alcances y limitaciones del sistema desarrollado se identifican a partir de las necesidades de los turistas, quienes requieren una orientación sobre destinos turísticos presentes en la ciudad de Santiago de Cali. Estas necesidades definen las características de funcionamiento del sistema, estableciendo las bases para su operatividad. Posteriormente, estos elementos se refuerzan y detallan a través de la recopilación de requerimientos.

3.1.2 SEGUNDA FASE: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Esta fase presenta la metodología para la recolección de los requerimientos, seguido por la definición de las entradas, geoprocesos y salidas del sistema, así como de los distintos módulos que lo integran.

3.1.2.1 METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS

La recolección de requerimientos se llevó a cabo mediante una encuesta digital estructurada en Google Forms (Anexo 2). La encuesta constó de cinco preguntas de selección múltiple, dirigidas a posibles usuarios del sistema. Su objetivo fue identificar las herramientas de navegación consideradas más importantes, así como las características, opciones de búsqueda y funcionalidades que, según su opinión, deberían estar incluidas en una herramienta de ubicación espacial.

3.1.2.2 ESPECIFICACIÓN DE ENTRADAS, GEOPROCESOS Y SALIDAS DEL SISTEMA

La identificación de las entradas, geoprocesos y salidas, se fundamentan en la recopilación de los requerimientos de los turistas en su rol de usuarios del sistema, e involucra la aplicación del flujo descrito en la tabla 3.2.

Tabla 3.2.

Diagrama de entradas, geoprocesos y salidas del sistema

Entradas	Procesos	Salidas
Necesidades del sistema o de los requerimientos de los usuarios	Operaciones espaciales con los datos del sistema y los datos de entrada	Registros coincidentes entre los datos almacenados y las necesidades de los usuarios luego de la aplicación de los procesos

Nota. O'Brien y Marakas (2011)

3.1.2.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA

El proceso para definir los módulos que estructuran las funcionalidades del sistema se basó en los principios de diseño modular de Sommerville (2004) y Connolly y Begg (2015), considerando las etapas descritas a continuación:

Identificación de Requerimientos: Se priorizan las necesidades funcionales mediante análisis del usuario final y las tareas administrativas.

Diseño Modular: Se busca un acoplamiento y alta cohesión, separando las funcionalidades del usuario y del administrador para reducir interdependencias así:

- **Bajo Acoplamiento**: Los módulos deben estar separados de forma que los cambios en uno no afecten al otro.
- **Alta Cohesión**: Cada módulo debe enfocarse exclusivamente en sus funcionalidades específicas.
- **Seguridad**: Se debe implementar un sistema de roles (usuario y administrador) para garantizar que sólo se otorguen privilegios adecuados a cada tipo de usuario.
- **Manejo y Seguridad de Datos:** Integrando conceptos de Connolly y Begg (2015), se establecen permisos y auditorías para evitar inconsistencias en los datos.

3.1.3 TERCERA FASE: DISEÑO

En esta fase, los requerimientos definidos anteriormente se transforman en representaciones del sistema a distintos niveles de operatividad: conceptual, lógico, estructural, hasta llegar al modelo de base de datos, cartográfico y físico. A través de estos modelos, se define el tipo de sistema, el software y la arquitectura de datos necesaria para su desarrollo (Dangermond, 2009).

3.1.3.1 MODELO CONCEPTUAL

La construcción del modelo conceptual inicia con la definición del concepto general del sistema, seguido de la descripción del desarrollo y la definición de las opciones que contiene, como se presenta a continuación.

3.1.3.1.1 CONCEPTO GENERAL DEL SISTEMA

El Sistema desarrollado es un SIG disponible en la web (SIG Web), que integró fotos y videos 360° sobre los sitios turísticos más representativos de Santiago de Cali.

Además incorporó geoprocesos que permitieron identificar sitios turísticos cercanos a la ubicación del usuario, opciones de filtrado y la posibilidad de agregar nuevo contenido.

3.1.3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO

Al ingresar al SIG Web desarrollado, los usuarios son recibidos por una pantalla de inicio que muestra tres categorías de turismo (cultural, ecológico y deportivo) las cuales fueron priorizadas en el plan sectorial de desarrollo turístico de la Alcaldía de Santiago de Cali (2023) y citadas en la sección de marco conceptual de esta investigación por la OMT (2023).

En segundo plano y tras obtener el consentimiento del usuario, se capturan las coordenadas de ubicación del dispositivo usado. Posterior a la selección de una categoría, se despliega un mapa interactivo que permite al usuario visualizar los sitios turísticos cercanos a su posición y navegar entre los destinos presentados a través de panoramas en foto o video 360°.

3.1.3.1.3 SELECCIÓN DE LAS OPCIONES DE NAVEGACIÓN DEL SISTEMA

La elección de las opciones de navegación presentes en el SIG desarrollado se fundamentó en los requerimientos recolectados, así como en recomendaciones aplicables a los sitios web, que incluyen:

- **Diseño responsivo:** Marcotte (2010) subraya la importancia de un diseño responsivo para que las opciones de navegación se ajusten bien a pantallas pequeñas y grandes.

- **Navegación sencilla y jerárquica**: Nielsen (1994) y Shneiderman y Plaisant (2010) coinciden que debe haber un número limitado de opciones principales para evitar la confusión del usuario.

- **Elementos de navegación visual:** Tognazzini (2014) resalta el valor de ofrecer *feedback* visual para guiar al usuario dentro del sitio y la opción de tener un menú fijo para facilitar el acceso constante a la navegación.

- **Navegación segura y rápida:** Krug (2014) recomienda asegurarse que la carga sea rápida y optimizada con certificados de seguridad *SSL*.

3.1.3.2 MODELO LÓGICO

La construcción del modelo lógico para el SIG Web propuesto, siguió una secuencia de actividades sugeridas por Shneiderman y Plaisant (2010) encaminadas a presentar de manera sistémica y transaccional los elementos que componen el sistema.

Estas actividades fueron:

- Convertir las entidades y relaciones identificadas en tablas y claves primarias/foráneas.
- Seleccionar el tipo de base de datos (relacional, orientada a objetos).
- Definir el modelo de datos geoespaciales utilizando tipos de datos espaciales adecuados (p. ej., geometría, geografía en bases de datos espaciales).
- Crear el esquema de la base de datos: estructuración de tablas, vistas, índices y procedimientos almacenados.
- Considerar el manejo de datos temporales y espaciales (por ejemplo, rutas, puntos de interés).

3.1.3.3 MODELO DE DATOS

El desarrollo del modelo de datos se estructuró en una serie de pasos, de acuerdo con los enfoques de autores como Saras Analytics (2025), Teams (2024) y *GoodData* (s.f.), los cuales se presentan a continuación:

- **Analizar los requisitos del sistema**

  Se recopilaron los requerimientos mediante la metodología presentada en la fase 2 y se identificaron las necesidades más repetitivas para ser implementadas.
- **Identificar las entidades y sus atributos**

  Se agrupó la información en tablas, asignado un nombre y se agregaron cualidades propias de cada registro.
- **Definir las relaciones entre entidades**

  Se identificaron las conexión entre las tablas agrupadas.
- **Normalización de datos**

  Se incluyó un identificador numérico único, que viaja como llave foránea por todas las tablas de la base de datos, evitando registros redundantes y descartando aquellos que no estén interconectados según recomendaciones de Cerinza (s.f.).

3.1.3.4 MODELO CARTOGRÁFICO

La elaboración del modelo cartográfico del proyecto fue adaptado a partir de las recomendaciones de Robinson et al., (2017), las cuales se describen a continuación:

- **Definición del propósito y alcance del mapa**

  Se estableció el propósito general del mapa; cuestionando quién sería el público objetivo, qué área abarca y qué mensaje se pretende presentar.

- **Recolección de datos geográficos**

  Se identificaron cuáles de las entidades requieren información espacial diferenciando entre:

  - Datos geográficos (coordenadas, contornos)
  - Datos temáticos (censos turísticos)

- **Selección del tipo de proyección cartográfica**

  La identificación de la proyección, al igual que el identificador de referencia *SRID* por sus siglas en inglés, obedeció a los requerimientos técnicos del plugin usado para la integración del contenido 360°.

- **Diseño y elaboración del mapa**
    - **Escala**: La determinación de la escala no es un factor requerido porque se trabajó un mapa con escala dinámica.
    - **Símbolos**: Se crearon las imágenes propias para la identificación de los elementos presentes en el mapa, usando como referencia las recomendaciones de feedback visual de Tognazzini (2014), que indican direcciones e iconos de navegación.

- **Creación del mapa final:**

  Para la elaboración del mapa digital, se consideró las opciones presentadas en la tabla 3.3.

Tabla 3.3.

Librerías para desarrollo de mapas digitales en la web

Librería	Descripción
Leaflet Haklay y Weber (2008)	Es una librería de *JavaScript* de código abierto ligera para crear mapas interactivos. Admite capas de datos en múltiples formatos como *GeoJSON* y está optimizada para dispositivos móviles.
D3.js Bostock et al., (2011)	Una librería para visualización de datos que permite crear mapas interactivos personalizados mediante *SVG, CSS y JavaScript*. Su flexibilidad la hace una opción para visualizaciones cartográficas complejas.
Mapbox GL JS Ricker et al., (2012)	Herramienta para crear mapas web interactivos y renderizados dinámicamente en el cliente mediante *WebGL*. Ofrece integración con datos vectoriales y estilos personalizados.

Nota. Elaboración propia.

3.1.3.5 MODELO FÍSICO

La elaboración del modelo físico desarrollado para este proyecto sigue una serie de pasos secuenciales adaptados de Elmasri y Navathe (2016), presentados a continuación:

- **Definir el propósito del SIG**

  Se estableció el objetivo principal del sistema, que es ofrecer un medio para consultar información geoespacial y descriptiva sobre los sitios turísticos más representativos de la ciudad de Santiago de Cali.

- **Identificar los Componentes del Sistema**

  Se identificaron los elementos del sistema, como la base de datos geoespacial, el servidor para gestionar las solicitudes y la interfaz de usuario para la visualización de los datos.

- **Establecer la Estructura de los Datos**

  Se describió cómo se organizan y gestionan los datos, incluyendo la separación entre coordenadas y textos descriptivos de cada sitio turístico.

- **Explicar la Arquitectura del Sistema**

  Se detalló cómo los datos fluyen entre los diferentes componentes del sistema y cómo se procesan, desde su formato original hasta su almacenamiento en el lenguaje de consulta estructurado para la descarga de bases de datos (SQL).

3.1.4 CUARTA FASE: DESARROLLO Y ADQUISICIÓN DEL SISTEMA.

En esta fase, se identificaron los equipos y el software necesario para la captura y procesamiento de los datos. Se definen los parámetros que deben considerarse durante la recolección de información y posteriormente se realiza la calibración de los equipos. Finalmente, los datos son recolectados y procesados para su integración en el SIG Web.

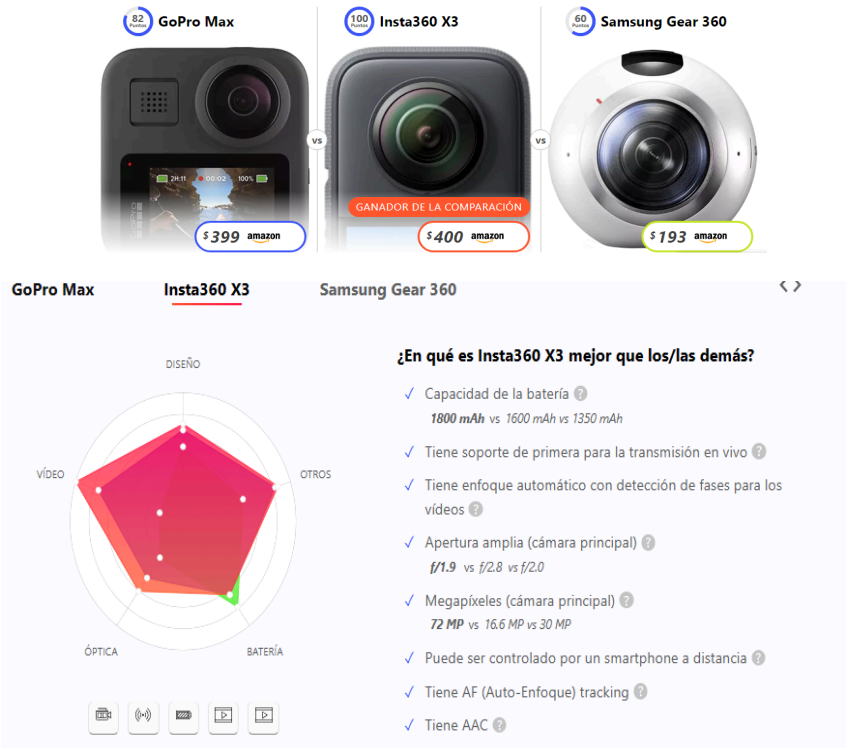
3.1.4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA CAPTURA DE DATOS

3.1.4.1.1 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO PARA LA CAPTURA DE DATOS 360°

El proyecto contempló el desarrollo de un SIG Web 360°, por lo que fue necesario determinar las opciones de equipos disponibles en el mercado que cuenten con esta tecnología (360°), como se puede observar en la figura 3.3.

Figura 3.3.

Comparativa de cámaras 360°



Nota. Tomado de Versus (2024)

Estos dispositivos presentan características técnicas diferentes, las cuales se detallan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4.

Características técnicas de las cámaras 360°

Cámara	Batería	Resolución	Funciones avanzadas
Insta360 X3	1800 mAh	72 MP	Auto Enfoque "*tracking*" y detección automática de fases para vídeo, características ausentes en otros modelos.
Go Pro Max	1600mAh	16MP	Cuenta con *NFC*
Samsung Gear 360	1350mAh	30MP	Cuenta con *GPS*

Nota. Tomado de Versus (2024)

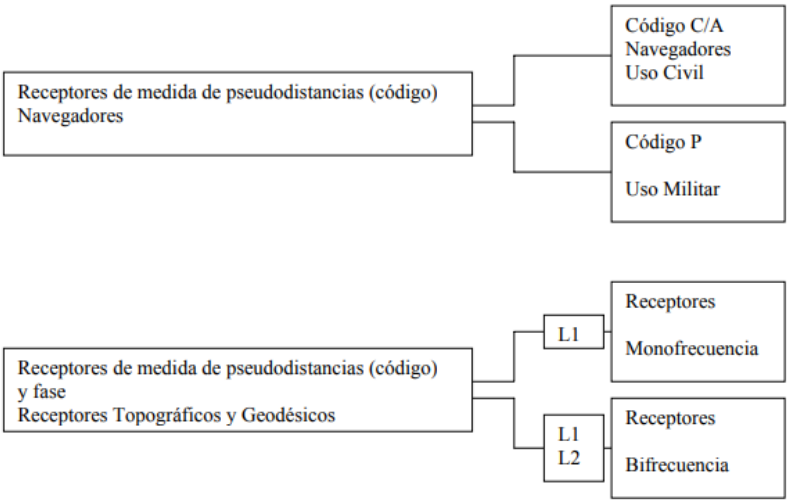
Se observó una superioridad por parte de la cámara Insta 360 X3 frente a competidores (Go Pro y Samsung Gear), específicamente por su resolución y batería. Además de los aspectos técnicos mencionados, se tomó en cuenta la experiencia del fabricante Insta 360 como líder en el mercado de cámaras panorámicas y su uso en proyectos anteriores, como el de Zárate y Rodríguez (2023). Todo esto fundamentó la elección de la cámara Insta 360 X3 como el sensor a ser usado para la captura de datos en 360 grados.

3.1.4.1.2 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO PARA LA CAPTURA DE COORDENADAS

Según Farjas (s.f.), existen diferentes receptores de coordenadas basados en la navegación global por sistemas de satélites, por sus siglas en inglés *GNSS*, entre ellos: Los de mono frecuencia y los de doble frecuencia (figura 3.4).

Figura 3.4.

Tipo de receptores GNSS



Nota. Tomado de Farjas (s.f.)

Los equipos de doble frecuencia tienen un mayor costo, pero a su vez ofrecen una mayor precisión (Garmin, 2023). No obstante, la evolución de los dispositivos móviles ha demostrado que son una alternativa efectiva para la recolección de datos *GNSS* en campo, especialmente cuando se utilizan con aplicaciones de geolocalización como QField[7] (Fernández et al., 2024). Por ello, estos dispositivos se consideraron una opción viable en el desarrollo del presente proyecto, dado que la precisión espacial no es un factor crítico en la ubicación de las atracciones turísticas, debido a la señalización y el tamaño de estos sitios (Olcina et al., 2024). En la tabla 3.5 se presentan los dispositivos móviles considerados para la captura de las coordenadas de los sitios de interés turístico.

[7] *QField*: Es la aplicación de trabajo de campo profesional líder, que revoluciona la recopilación y gestión de datos geoespaciales (Qfield, 2025).

Tabla 3.5.

Dispositivos para la captura de coordenadas

Dispositivo	Características técnicas	Ventajas	Desventajas
POCO X5 Pro 5G Xiaomi (2024)	- Soporta A-GPS, GPS (L1 + L5), GLONASS (G11), Galileo (E1+E5a), BeiDou QZSS (L1 + L5)	- Amplia compatibilidad con Sistemas *GNSS* -Buena duración de batería - Buena precisión de ubicación - Disposición del equipo	- Sin soporte para expansión de almacenamiento - Resistencia limitada al agua
Apple iPhone 13 Apple Support (2024)	- Soporta A-GPS, GPS, GLONASS, Galileo, QZSS	- Excelente precisión de ubicación - Integración fluida con servicios de Apple - Actualizaciones constantes	- Costo alto - Sin soporte para BeiDou
Samsung Galaxy S21 Samsung (2024)	- Soporta A-GPS, GPS (L1+L5), GLONASS, Galileo (E1+E5a), BeiDou	- Amplia compatibilidad con sistemas *GNSS* - Buen rendimiento en localización - Diseño premium	- Precio elevado - Duración de batería moderada en uso intensivo de *GPS*

Nota. Elaboración propia.

El dispositivo móvil POCO X5 Pro fue seleccionado para la captura de coordenadas debido a su compatibilidad con múltiples sistemas GNSS (A-GPS, BeiDou, GPS L1+L5, GLONASS G11, Galileo E1+E5a, y QZSS L1+L5). Su batería ofrece una buena duración, adecuada para largas jornadas de trabajo. Su compatibilidad con aplicaciones de campo como QField también fue un factor a tener en cuenta, ya que facilita la recolección de datos geoespaciales.

3.1.4.2 SELECCIÓN DE SOFTWARE PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS

3.1.4.2.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO DE MATERIAL 360°

Existen alternativas de software para la edición y procesamiento de archivos generados por los dispositivos de captura de datos 360° que varían en términos de complejidad y accesibilidad. Algunas herramientas son de uso libre y ofrecen funciones básicas para la edición, mientras que otras más avanzadas, requieren conocimientos técnicos específicos y licencias de pago. En la tabla 3.6 se presentan los software considerados para el procesamiento de los archivos en 360° junto a sus ventajas y desventajas.

Tabla 3.6.

Software de edición de archivos 360°

Nombre	Ventajas	Desventajas
Adobe Premiere	Amplio catálogo de plugin y presets de edición	● Software de uso pago ● Presenta limitaciones para realizar ediciones de videos 360°
Panorama Photo Stitcher	Amplias capacidades de edición de fotos 360° y buena compatibilidad entre formatos	● Software de uso pago ● Complejo uso ● No permite editar videos 360°

Nombre	Ventajas	Desventajas
Insta Studio 360°	• Uso libre • Fabricante de la cámara usada en el proyecto • Permite editar fotos y videos 360°	No tiene tantos preajustes y transiciones
Final Cut Pro	• Admite cualquier formato de video sin tener que convertirlo.	• Solo está disponible para usuarios de Mac • Software de uso pago

Nota. Tomado de González (2024)

Tras considerar las opciones de software para el procesamiento de los archivos generados por la cámara Insta 360 X3, se seleccionó el Insta 360 Studio versión 5.1.0 como la más adecuada para el proyecto. Esta elección se basó en: la compatibilidad con los formatos de archivo generados por la cámara, su capacidad para editar videos 360° y su disponibilidad gratuita. Estas características permiten realizar una edición eficiente de los materiales visuales, adaptándose a las necesidades del proyecto.

3.1.4.2.2 SELECCIÓN DEL MOTOR DE BASE DE DATOS

En cuanto a las opciones disponibles para el almacenamiento y gestión de datos, se identificaron las alternativas mostradas en la tabla 3.7, cada una con sus respectivas ventajas y desventajas.

Tabla 3.7.

Opciones de almacenamiento y gestión de datos.

Nombre	Ventaja	Desventaja
PostgreSQL[8] PostgreSQL Global	Flexibilidad y Extensibilidad: Soporta una amplia variedad de tipos de datos, incluyendo los	Mayor curva de aprendizaje en comparación con algunas opciones más sencillas.

[8] https://www.postgresql.org/ Software PostgreSql, como motor de bases de datos espaciales y no espaciales.

Nombre	Ventaja	Desventaja
Development Group (2023)	espaciales (a través de PostGIS). Alta escalabilidad y personalización. Excelente rendimiento en consultas espaciales.	
MySQL[9] Oracle Corporation (2023)	Popularidad y facilidad de uso: Muy utilizado, fácil de instalar y configurar. Buena opción para aplicaciones web de mediana escala.	Limitaciones en el manejo de datos espaciales (requiere extensiones como Spatial). Puede tener problemas de rendimiento en bases de datos muy grandes.
MongoDB[10] MongoDB (2023)	Ideal para datos no estructurados y altamente escalables. Excelente rendimiento en operaciones de lectura y escritura.	No tan maduro en el manejo de transacciones complejas y uniones.
SQL Server[11] Microsoft (2023)	Integración con Microsoft: Fuerte integración con otras herramientas de Microsoft. Buen rendimiento y soporte para datos espaciales.	Costo de licencia y menor comunidad en comparación con PostgreSQL.

Nota. Elaboración propia.

A partir de la comparación entre las opciones de motores de bases de datos, se seleccionó PostgreSQL como el motor de base de datos para el proyecto. Esta decisión

[9] https://www.mysql.com/ Software MySql, como motor de datos espaciales.
[10] https://www.mongodb.com/ Documentación de MongoDB.
[11] https://www.microsoft.com/es-co/sql-server/sql-server-downloads/ Documentación del software SQL Server.

se fundamentó en su capacidad para gestionar información espacial mediante el uso de extensiones como PostGIS[12], que permite la incorporación de atributos geométricos y la implementación de sistemas de referencia espacial. Además, PostgreSQL es compatible con un amplio conjunto de herramientas de análisis geoespacial, lo que lo convirtió en una opción ideal para el SIG en línea.

3.1.4.2.3 SELECCIÓN DEL LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

En la actualidad se dispone de una amplia variedad de lenguajes y recursos de programación que permiten una gestión rápida de sistemas web (Logroño et al., 2021). Entre algunos de los lenguajes más destacados para gestionar la interacción entre la interfaz de usuario y la base de datos del sistema se encuentran los presentados en la tabla 3.8.

Tabla 3.8.

Lenguajes de programación para la gestión entre interfaz y la base de datos

Nombre	Ventaja	Desventaja
PHP[13] PHP (2023)	Versatilidad: Ideal para desarrollo web. Gran comunidad y soporte. Baja curva de aprendizaje.	Escalabilidad: Puede ser un desafío escalar grandes aplicaciones.
Python[14] Lutz (2009)	Legibilidad: Sintaxis clara y concisa. Amplia gama de bibliotecas.	Velocidad: Generalmente más lento que lenguajes compilados.
JavaScript[15]	Interactividad: Esencial para crear interfaces web	Complejidad: Puede volverse complejo con

[12] https://postgis.net/docs/manual-3.5/ Documentación de la extensión espacial PostGis para postgreSQL.
[13] https://www.php.net/manual/es/intro-whatis.php Documentación del lenguaje de programación en línea PHP.
[14] https://es.python.org/aprende-python/ Sitio web del lenguaje de programación PYTHON.
[15]https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn_web_development/Core/Scripting/What_is_JavaScript Introducción y guía del lenguaje de programación Javascript.

Nombre	Ventaja	Desventaja
Flanagan (2011)	dinámicas.	grandes aplicaciones.
JAVA[16] Horstmann y Cornell (2014)	Portabilidad: Ejecutable en cualquier plataforma. Fuertemente tipado.	Verbosidad: Sintaxis más detallada que otros lenguajes.

Nota. Elaboración propia

Para gestionar la interacción entre la interfaz de usuario y la base de datos del sistema, se optó por PHP como el lenguaje principal, ya que permite establecer una conexión entre las solicitudes de los usuarios y el almacén de datos (PHP, 2023).

En cuanto a los lenguajes de programación para desarrollo del frontend del sistema, se consideraron las opciones mostradas en la tabla 3.9.

Tabla 3.9.

Lenguajes de programación frontend

Lenguaje	Descripción	Ejemplos de uso
HTML[17] Berners-Lee (s.f.)	Estructura el contenido y define la semántica de una página web.	Diseño de la estructura básica de una página web
CSS[18] Lie (1996)	Controla la apariencia y el estilo de la página (colores, fuentes, espaciado, etc.).	Diseños responsivos, animaciones

[16] https://www.java.com/es/download/help/whatis_java.html Java como plataforma informática de lenguaje de programación.
[17] https://www.w3schools.com/html/ Tutorial del lenguaje de texto y marcado HTML por W3School.
[18] https://www.w3schools.com/css/ Tutorial del lenguaje CSS por W3School.

JavaScript [19] Amazon Web Services (2022)	Lenguaje de programación que permite agregar interactividad y lógica en el navegador.	Validación de formularios, eventos dinámicos
TypeScript [20] Microsoft (2020)	Variante de JavaScript con tipado estático, mejora la mantenibilidad y escalabilidad de grandes aplicaciones.	Aplicaciones complejas en frameworks modernos
React[21] React (2021)	Biblioteca de JavaScript para construir interfaces de usuario mediante componentes.	Interfaces de usuario en aplicaciones SPA
Tailwind CSS[22] Velasco (2024)	Framework de utilidades CSS que permite crear estilos personalizados de manera rápida y flexible.	Diseños personalizados con clases de utilidad

Nota. Elaboración propia.

Siendo el HTML, CSS y JavaScript, los lenguajes de programación secundarios, usados en el desarrollo del código fuente del SIG Web 360°, por ofrecer mayores ventajas en la implementación y menor consumo de recursos.

3.1.4.2.4 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE CONEXIÓN ENTRE LA BASE DE DATOS Y EL SISTEMA

Para la comunicación entre el sistema y la base de datos, fue necesario tener en cuenta los métodos disponibles para establecer la conexión. La tabla 3.10 muestra las principales alternativas consideradas.

[19]https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn_web_development/Core/Scripting/What_is_JavaScript Introducción y guía del lenguaje de programación Javascript.
[20] https://www.typescriptlang.org/ Documentación en linea de TypeScript.
[21] https://es.react.dev/ Biblioteca para interfaces de usuario web y nativas React.
[22] https://tailwindcss.com/ Documentación web del paquete de utilidades CSS Tailwind.

Tabla 3.10.

Métodos de conexión a la base de datos

Opción	Descripción	Ventajas	Desventajas
pg_connect[23] Welling y Thomson (2017)	Función nativa de PHP para establecer una conexión a PostgreSQL.	- Sencilla y fácil de usar. - Funciones específicas para manejar errores de conexión. - Buen rendimiento en conexiones simples.	- Menos flexible en comparación con PDO para trabajar con múltiples bases de datos.
PDO (PHP Data Objects)[24] PHP (2024)	Interfaz que permite acceder a bases de datos en PHP de manera uniforme.	- Soporta múltiples bases de datos. - Proporciona un enfoque orientado a objetos.	- Puede ser más complejo de implementar para conexiones simples.
pg_pconnect[25] PHP (2025)	Similar a pg_connect, pero mantiene la conexión abierta para su reutilización.	- Mejora el rendimiento al evitar el establecimiento repetido de conexiones. - Útil para aplicaciones con alto tráfico.	- Problemas de gestión de conexiones si no se maneja adecuadamente. - Uso de memoria adicional.

Nota. Elaboración propia.

Tras comparar las alternativas descritas en la anterior tabla, se seleccionó *pg_connect* como el método de conexión entre el sistema y la base de datos. Esta

[23] https://www.php.net/manual/es/function.pg-connect.php Manual de la función pg_connect en Php.net.
[24] https://www.php.net/manual/en/book.pdo.php Documentación de uso para el método PDO en Php-net.
[25] https://www.php.net/manual/en/function.pg-pconnect.php Manual de la función pg_pconnect en Php.net.

decisión se fundamentó en su sencillez de implementación, como lo señalan IBM (2024), quienes también destacan su eficacia al trabajar con columnas que contienen atributos geométricos, como "*geom*", en consultas espaciales.

3.1.4.2.5 SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA EL GEOPROCESAMIENTO DE DATOS

Hay diferentes softwares diseñados para realizar distintos tipos de geoprocesamiento, cada uno con sus propias ventajas y desventajas (Morales, 2021). En la tabla 3.11 se presentan dos de los softwares más populares en este ámbito.

Tabla 3.11.

Opciones de Software de geoprocesamiento

Software	Ventajas	Desventajas
QGIS[26]	● Disponible de forma gratuita. ● Código fuente abierto ● Mayor número de herramientas de geoprocesamiento ● Muchos plugins disponibles ● Amplia gama de funcionalidades, como análisis vectorial y ráster, geoprocesamiento, geocodificación, georreferenciación, mapeo web y visualización 3D ● Soporta muchos formatos de datos y estándares, tales como Shapefile, GeoTIFF, GeoJSON, WMS, WFS y PostGIS	● Menor documentación ● Algunas herramientas avanzadas pueden ser menos intuitivas

[26] Qgis: (Quantum Gis) Es un software de código libre que permite manipular datos espaciales en formatos raster y vectoriales (OsGeoLive, 2025).

Software	Ventajas	Desventajas
ArcGIS[27]	• Completa documentación • Mayor número de reglas topológicas • Variada simbología • proporciona una plataforma completa e integrada para el análisis espacial avanzado, el modelado, la representación cartográfica y la colaboración	• Licencia de pago. • Código fuente cerrado • No dispone de compositor independiente • Curva de aprendizaje mayor

Nota. Adaptado de Losada (2022), Morales (2021), Tito (2022)

Las actividades que implican manejo de datos espaciales se realizaron en QGIS, debido a que ofrece una colección de herramientas avanzadas de geoprocesamiento y análisis espacial. También permite el uso de plugins que amplían sus capacidades y soportan diversos formatos y estándares de datos, como *Shapefile*, *GeoTIFF* y PostGIS, lo cual ayudó a la integración de datos y el análisis espacial.

3.1.4.2.6 SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS SEO

El proyecto requirió herramientas que permitieran indexar el sitio web en motores de búsqueda y realizar un monitoreo continuo del tráfico en línea, como parte de las estrategias para maximizar su alcance. Entre las opciones más destacadas para el análisis de estadísticas del tráfico web se encuentran las presentadas en la tabla 3.12.

[27] https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm Introducción a ArcGis.

Tabla 3.12.

Analizadores de tráfico web.

Nombre	Ventaja	Desventaja
Google Analytics[28] Google (2023)	Precisión: Ofrece una amplia gama de métricas y dimensiones, lo que permite realizar análisis detallados del comportamiento de los usuarios. Facilidad de uso: Interfaz intuitiva y fácil de configurar, con una gran cantidad de recursos y tutoriales disponibles.	Limitaciones en datos de terceros: La información sobre el tráfico de otros sitios web es limitada. Requiere conocimientos técnicos para configuraciones avanzadas.
SEMrush[29] SEMrush (2023)	Precisión: Proporciona datos precisos sobre el tráfico orgánico y de pago, así como información competitiva detallada. Facilidad de uso: Interfaz intuitiva y herramientas de SEO integradas.	Costo: La versión gratuita tiene limitaciones, y las versiones de pago pueden ser costosas para pequeñas empresas.
AWStats[30] AWStats (2023)	Precisión: Genera informes detallados sobre el tráfico de un sitio web, incluyendo información sobre los visitantes, las páginas más populares y las fuentes de tráfico. Facilidad de uso: Amplia ayuda disponible para facilitar el uso.	Funcionalidades limitadas: Comparado con Google Analytics y SEMrush, ofrece menos funcionalidades avanzadas y opciones de personalización.

Nota. Elaboración propia.

[28] https://marketingplatform.google.com/intl/es/about/analytics/ Herramientas y servicios de Analisis Google Analytic.
[29] https://es.semrush.com/kb/995-what-is-semrush/ Documentación de la herramienta de análisis web Semrush.
[30] https://awstats.sourceforge.io/ Guia de manejo en linea de Awstats.

Con el propósito de lograr una mayor difusión web para el proyecto, se optó por el uso de todas las herramientas SEO descritas en la tabla anterior.

3.1.4.2.7 SELECCIÓN DEL HOSTING Y DOMINIO WEB

Para brindar acceso público al SIG desarrollado, fue necesario seleccionar un servicio de hosting que almacenará los archivos del sistema y un dominio web que funcionará como su dirección en línea. Para esto se consideraron las siguientes opciones de hosting (tabla 3.13).

Tabla 3.13.

Opciones de hosting y dominio web

Característica	Colombia Hosting	GoDaddy	Google Cloud
Plan Básico de Hosting	Desde $20,000 COP/ més (Colombia Hosting[31]).	Desde $5 USD/mes (GoDaddy[32]).	Basado en consumo, desde unos $4-10 USD/mes (Google Cloud[33]).
Certificados SSL	Incluidos en la mayoría de los planes.	Gratis en algunos planes, adicional en otros.	Certificados SSL[34] gratis en ciertas configuraciones.
Seguridad	Copias de seguridad,	Protección DDoS básica, backups automáticos.	Seguridad avanzada, opciones de firewall y IAM[36].

[31] https://www.colombiahosting.com.co/ Planes y servicios de hosting y dominios web Colombiahosting.
[32] https://www.godaddy.com/es/ Sitio web en español del proveedor de hosting GoDaddy.
[33] https://cloud.google.com/ Consola de servicios de alojamiento en la nube de Google.
[34] *Certificado SSL*: (Secure Sockets Layer o «capa de sockets seguros»), se utilizan para establecer una conexión cifrada entre un navegador o el ordenador de un usuario y un servidor o un sitio web (Digicert, 2025).
[36] *IAM:* Gestión de acceso e identidad de AWS para modelos escalables.

Característica	Colombia Hosting	GoDaddy	Google Cloud
	protección contra ataques DDoS[35].		
Ancho de Banda	Ilimitado en la mayoría de los planes.	Ilimitado en la mayoría de los planes.	Basado en uso, escalable.
Almacenamiento	Desde 10 GB SSD (en planes básicos).	Desde 25 GB.	Flexible, desde 30 GB.
Ventaja Principal	Soporte en español y servidores en Colombia	Variedad de planes y precios accesibles	Escalabilidad y personalización avanzada
Ideal para	Empresas locales en Colombia	Emprendedores y pequeñas empresas	Proyectos a gran escala y alta personalización

Nota. Tomado de Colombia Hosting (2024), GoDaddy (2024) y Google Cloud (2024)

De lo anterior se seleccionó Colombia Hosting como proveedor de almacenamiento web y dominio para garantizar el acceso público al SIG. Esta decisión se basó en su balance entre costo y características técnicas, destacándose por ofrecer copias de seguridad automáticas, protección contra ataques *DDoS*, almacenamiento *SSD* desde 10 GB en planes básicos (con opciones ilimitadas en planes superiores), soporte técnico en español y servidores localizados en Colombia. Estas ventajas técnicas y su

[35] *Ataques DDoS*: tipo de ciberataque, un atacante sobrecarga un sitio web, un servidor o un recurso de red con tráfico malicioso (Akamai, 2025).

disponibilidad económica lo convirtieron en la opción más adecuada según las capacidades del proyecto.

3.1.4.2.8 SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE INTEGRACIÓN DE DATOS 360°

Para integrar los archivos 360° en el SIG, se consideraron diferentes alternativas. Entre ellas, se evaluó el uso del *plugin* WP VR, que fue utilizado por Barba (2019) en el sistema de gestión de contenidos *WordPress* para crear galerías fotográficas de la ciudad de Puyo. También se contempló la opción de utilizar *APIs*[37] para el almacenamiento y la reproducción de contenido 360°, incluyendo la plataforma YouTube Studio (Romero, 2017). Además, se consideraron otros plugins como: Krpano, Panellum y PhotoSphere Viewer.

En la tabla 3.14 se presenta una comparación de las ventajas y desventajas de las alternativas de integración consideradas.

[37] *API:* Son mecanismos que permiten a dos componentes de software comunicarse entre sí mediante un conjunto de definiciones y protocolos (Amazon, 2025).

Tabla 3.14.

Alternativas de integración web para el material 360°

Nombre	Descripción	Ventajas	Desventajas
Krpano [38] Krpano (s.f.)	Un plugin multimedia de alto rendimiento para mostrar panoramas, imágenes en 360°, videos en 360°, tours virtuales y mucho más.	• Altamente personalizable y flexible. • Amplia gama de funciones, incluyendo hotspots, infopuntos y tours virtuales. • Compatible con una variedad de dispositivos y navegadores. • Rendimiento rápido y eficiente.	• Curva de aprendizaje más pronunciada. • Puede ser más complejo de implementar que otras opciones. • Requiere más recursos del sistema que otras opciones. • Plugin de pago por uso.
Photo sphere[39] **viewer** Heleine (2024)	Una biblioteca de JavaScript completa que permite mostrar imágenes panorámicas.	• Compatible con todos los navegadores modernos con soporte WebGL. • Código abierto y gratuito.	• Poca documentación disponible. • Alta dificultad de personalización.

[38] https://krpano.com/home/ Sitio web del plugin 360 Krpano.
[39] https://photo-sphere-viewer.js.org/ Guia de comienzo para el plugin PhotoSphereViewer.

Nombre	Descripción	Ventajas	Desventajas
Pannellum[40] Petroff (s.f.)	Un visor de panoramas ligero, gratuito y de código abierto para la web.	• Ligero y de código abierto. • Fácil de usar e integrar. • Soporta hotspots, infopuntos y tours virtuales. • Compatible con todos los navegadores modernos.	• Difícil integración con videos 360°. • Mediana complejidad para la personalización general del plugin.

Nota. Elaboración propia.

La comparación realizada permitió identificar a Krpano y Panellum como las opciones más destacadas para la integración de datos 360°. Aunque Krpano se destacó como el plugin más adecuado para la integración del material 360°, el proyecto optó por utilizar Panellum. La decisión se basó en que Krpano requiere un pago, mientras que Panellum es de carácter gratuito y ofrece funcionalidades alineadas con los objetivos del proyecto. Además, Panellum cuenta con una robusta documentación, alta compatibilidad web, un nivel medio de personalización y un buen rendimiento en la visualización de contenido multimedia en 360°. También ofrece una variedad de funcionalidades geográficas, como la inclusión de mapas y marcadores de ubicación.

3.1.4.3 CALIBRACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS PARA LA CAPTURA DE DATOS

3.1.4.3.1 CALIBRACIÓN DEL DISPOSITIVO GNSS

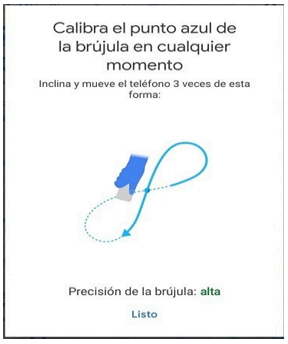
Para mejorar la precisión en la captura de coordenadas, se llevó a cabo la calibración del *GNSS* integrado en el dispositivo móvil seleccionado previamente. Este

[40] https://pannellum.org/documentation/overview/ Guía rápida sobre el manejo de Pannellum.

proceso buscó ajustar el giroscopio interno y verificar que la brújula digital indicará la dirección correcta, siguiendo las recomendaciones de Otero (2024). La calibración se realizó de acuerdo con el procedimiento descrito en el manual de usuario de la aplicación Google Map[41]s (Google, s.f.), el cual sugiere ejecutar movimientos en forma de ocho con el dispositivo (figura 3.5) hasta alcanzar una precisión "Alta".

Figura 3.5.

Movimientos para la calibración del dispositivo móvil



Nota. Tomado de Google (s.f.)

3.1.4.3.2 CALIBRACIÓN DEL DISPOSITIVO PARA LA CAPTURA DEL MATERIAL 360°

Se realizó un proceso de calibración del equipo de captura del material en 360° para mejorar la calidad de las imágenes y videos. Para ello, se activó la calibración automática del giroscopio a través de la aplicación móvil oficial del dispositivo, siguiendo los movimientos indicados para garantizar una correcta orientación espacial. Posteriormente, se ajustó el balance de blancos en modo manual, teniendo en cuenta las condiciones de iluminación del entorno (interior o exterior), según las recomendaciones del fabricante. Asimismo, se configuró la resolución a 5.7K, valor sugerido en las especificaciones técnicas, para obtener imágenes y videos de alta calidad (Insta 360, s.f.). Adicionalmente, se verificó la alineación del horizonte utilizando la herramienta de ajuste integrada en la cámara y se activó la función de estabilización automática.

[41] https://www.google.com/maps/ Google (s.f.).

3.1.4.4 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LA CAPTURA DE LOS DATOS 360°

Con el propósito de definir los parámetros necesarios para la captura de fotografías y videos en 360°, se tomaron en cuenta las recomendaciones de autores como Kim y Lee (2022), quienes identificaron factores relevantes como la altura y la velocidad de movimiento durante la grabación. Además del aporte de Pullicer (2023), que destacó la importancia de la iluminación, mientras que Nguyen et al., (2024) se centraron en la resolución de la cámara. Estos autores como se observa en la tabla 3.15, proporcionan más detalles de los parámetros a considerar, los cuales debían ser sometidos a un proceso experimental para su adaptación al proyecto.

Tabla 3.15.

Identificación de parámetros para la captura de datos 360°

Parámetro	Descripción	Recomendación	Autor
Altura de la cámara	Hace referencia a la posición vertical desde la cual se captura la imagen o se graba el video. Teniendo en consideración la distancia vertical entre la lente de la cámara y la superficie del suelo.	Sugiere que debería variar entre 1 y 2 metros, dado que generalmente corresponde a la altura a la que se encuentran los ojos de las personas.	Kim y Lee (2022)
		A una altura de 1.6 metros se logra obtener una buena experiencia inmersiva al observar los vídeos capturados.	Vitrio (2017)
Iluminación	La iluminación juega un papel importante al capturar imágenes y videos en 360 grados, ya que la presencia de	Se destaca el intervalo horario entre las 10:00 am y las 3:00 pm, como el más idóneo para capturar la información de manera óptima.	Pullicer (2023)

Parámetro	Descripción	Recomendación	Autor
	zonas sombreadas puede provocar distorsiones y errores al unir las imágenes.	Durante el rango horario de 11 am a 3 pm, se obtienen buenos resultados al grabar videos con luz natural.	Kim y Lee (2022)
Velocidad	Se refiere a la rapidez con la que la cámara se mueve o se desplaza a lo largo de la escena que es grabada.	Se sugiere que los videos sean capturados a una velocidad de 4 km/h. Esta recomendación se basa en la velocidad promedio a la que camina una persona, lo que garantiza una mejor fluidez y familiaridad al observar los vídeos.	Kim y Lee (2022)
Resolución	Es la cantidad de detalle que se puede capturar y visualizar en todas las direcciones alrededor de un punto central, expresada en píxeles.	Es esencial contar con una resolución mínima de 4K para asegurar una experiencia inmersiva en los vídeos de 360°.	Liu et al., (2017)
		Se reconoce que una resolución baja puede afectar la calidad de visualización del vídeo.	Azevedo et al., (2020)

Nota. Elaboración propia.

El montaje del equipo se consideró un parámetro importante para la captura de datos en 360°, ya que influye directamente en la posición de la cámara en cada uno de los puntos turísticos. Según las condiciones de acceso y la longitud de los recorridos, se establecieron tres modalidades de captura: A pie, fija y en bicicleta. Esta clasificación se adaptó de la metodología empleada en el proyecto Google Street View, que utiliza un enfoque similar en sus modalidades de captura, como el Automóvil Street View para

recorridos largos y el Trekker para calles estrechas o zonas peatonales, mediante un sistema de cámara montado sobre una mochila (Google, 2024).

3.1.4.5 EXPERIMENTACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LA CAPTURA DE LOS DATOS 360°.

El análisis y la experimentación de los parámetros en un estudio permiten establecer un mayor nivel de confiabilidad en los datos recolectados (Gutiérrez & Salazar, 2008). En este contexto, los parámetros descritos en el apartado 3.1.4.4 para la captura de datos en 360°, fueron sometidos a un proceso experimental que consistió en capturar material (fotografías y videos en 360°) de un mismo punto, modificando la configuración de los parámetros identificados para determinar cuáles ajustes ofrecían la mejor calidad de imagen.

3.1.4.6 DEFINICIÓN DE MODALIDADES DE CAPTURA DE DATOS EN 360°

Previo a la captura de datos en 360°, se definieron las modalidades de recolección para cada punto de interés turístico, considerando sus características de acceso y ubicación. Para ello, se utilizó la adaptación de la metodología empleada en el proyecto Maps Street View (Google, s.f.). Asignando la modalidad en vehículo (bicicleta) para recorridos largos y fijos o a pie para zonas con espacio reducido o recorridos cortos.

3.1.4.7 RECOLECCIÓN DE DATOS

En esta fase, se llevó a cabo la recolección de la información que alimentó el sistema. Para obtener las coordenadas, así como las fotos y videos en 360° de los sitios turísticos, se realizó trabajo de campo en cada uno de estos. En contraste, la información cartográfica básica se recopiló de fuentes oficiales de Santiago de Cali.

3.1.4.7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA BÁSICA

La información cartográfica básica de la ciudad, que incluye el perímetro urbano, las comunas y los barrios, fue obtenida del Geovisor de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC) en formato *ShapeFile*. Esta información se descargó del siguiente enlace: https://idesc.cali.gov.co/geovisor.php

3.1.4.7.2 RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO

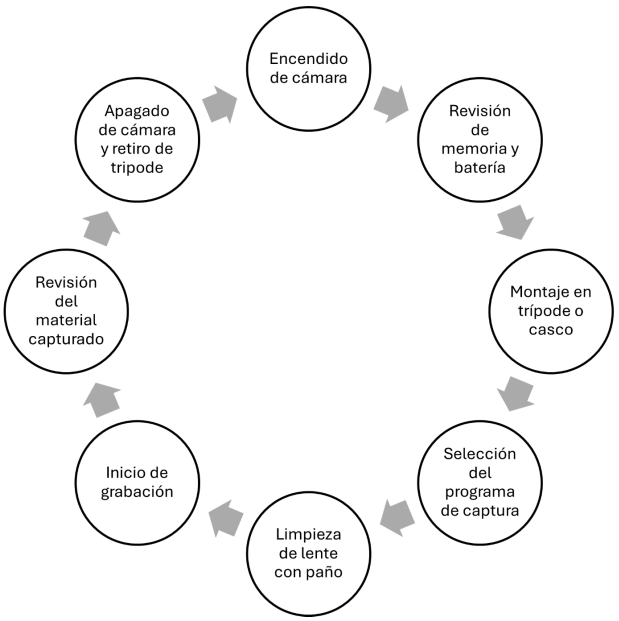
Durante el trabajo de campo, se llevó a cabo el montaje del equipo y la captura de los datos en 360°, así como el registro de las coordenadas geográficas de los sitios turísticos.

3.1.4.7.2.1 MONTAJE DEL EQUIPO Y CAPTURA DE LOS DATOS 360°

El montaje del equipo y la captura de datos en 360° se realizaron siguiendo un protocolo adaptado del manual de usuario de la cámara Insta 360 X3 (figura 3.6), el cual abarca desde las pautas para el encendido y armado del equipo hasta las medidas de protección del lente durante su uso. Este procedimiento fue desarrollado considerando los parámetros establecidos en la sección 3.1.4.4 y los resultados obtenidos en las pruebas experimentales descritas en la sección 3.1.4.5. Con estos lineamientos, se llevó a cabo la captura de fotografías y videos en 360° de los sitios turísticos previamente identificados.

Figura 3.6.

Protocolo para manejo de cámara 360°



Nota. Elaboración propia.

3.1.4.7.2.2 CAPTURA DE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS.

Para la captura de las coordenadas geográficas de cada uno de los sitios turísticos se llevó a cabo los siguientes pasos:

- **Selección y preparación del dispositivo**: Se utilizó el dispositivo móvil previamente seleccionado y calibrado, siguiendo las especificaciones descritas en la sección 3.1.4.3.1.
- **Conexión a Internet**: El dispositivo se conectó a la Internet para asegurar la disponibilidad de los servicios de geolocalización.
- **Activación del geoetiquetado:** Se activó la opción de geoetiquetado en el dispositivo móvil para registrar las coordenadas geográficas de cada ubicación fotografiada.
- **Captura de fotografía de referencia:** Para cada punto de interés turístico, se tomó una fotografía de referencia, asegurándose de capturar una imagen representativa del sitio.
- **Registro de coordenadas:** Las coordenadas (latitud y longitud) de cada ubicación fueron automáticamente registradas y asociadas a la fotografía mediante la función de geoetiquetado.
- **Marcado en la aplicación QField**: Cada posición fotografiada fue registrada como un marcador en la aplicación móvil QField, tal como lo recomienda IBM (2024).
- **Recolección de datos**: El proceso de captura y registro de coordenadas continuó en todos los puntos de interés turístico.

3.1.4.8 VALIDACIÓN DE LAS COORDENADAS OBTENIDAS.

Para estimar la distancia entre las coordenadas de las fotografías y las obtenidas desde QField, se utilizó la ecuación de *Haversine* (figura 3.7). Esta permite calcular la distancia de separación entre los conjuntos de coordenadas (Saputra et al., 2019).

Figura 3.7.

Ecuación de Haversine, para el cálculo de la separación entre dos puntos

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta \text{lat}}{2}\right) + \cos(\text{lat}_1) \cdot \cos(\text{lat}_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta \text{lon}}{2}\right)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}\left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}\right)$$

$$d = R \cdot c$$

Nota. Elaboración propia.

Los parámetros de la ecuación *Haversine* se definen de la siguiente manera; d es la distancia entre los dos puntos en metros, R es el radio del planeta (6378Km), lat1 y lat2 son las latitudes de los dos puntos, Δlat es la diferencia entre las latitudes, Δlon es la diferencia entre las longitudes, y atan2 es una función especial que calcula el arcotangente del cociente de sus argumentos.

3.1.4.9 PROCESO DE DEPURACIÓN DEL MATERIAL 360°.

Antes de proceder con el procesamiento y la integración del material 360° en el sistema, fue necesario realizar un proceso de depuración para garantizar la calidad de los archivos capturados. Este proceso consistió en revisar los archivos en busca de posibles errores, como distorsiones, desenfoques o problemas de alineación, que pudieran comprometer la calidad del material. A continuación, se detallan los pasos seguidos para la depuración del material 360°:

- **Identificación de archivos con errores:** Se revisaron los archivos 360° capturados en busca de imágenes o videos con fallos evidentes, como distorsiones, borrosidad, mal encuadre, contenido muy oscuro, que aparezca el operario de la cámara o problemas de alineación.
- **Selección de archivos defectuosos:** Aquellos archivos que presentaron problemas, se seleccionaron para su descarte, ya que no cumplían con los estándares de calidad requeridos.

- **Eliminación de archivos defectuosos:** Los archivos identificados con errores fueron eliminados del conjunto de material recolectado.
- **Revisión final del material depurado**: Una vez descartados los archivos defectuosos, se realizó una revisión final del material restante para garantizar que no hubiera errores antes de su procesamiento y carga en el sistema.

Algunos elementos eliminados se presentan en la tabla 3.16.

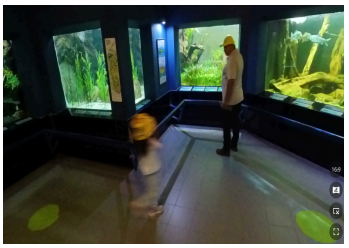
Tabla 3.16.

Ejemplo de fotos eliminadas

	
Fotos del operador de la cámara	Fotos con obstáculos
	
Fotos muy oscuras	Fotos con distorsión



Fotos con el operador



Fotos movidas

Nota. Elaboración propia.

3.1.4.10 PROCESAMIENTO DE DATOS

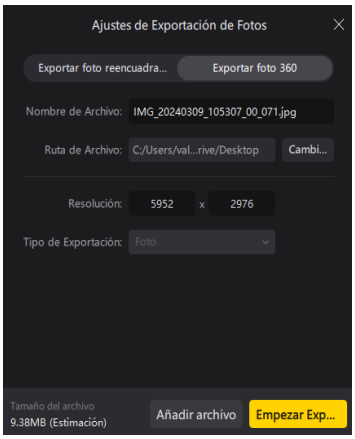
En esta etapa se realizó el tratamiento de los datos capturados, tanto de las fotografías y videos en 360°, como de las coordenadas de los puntos turísticos.

3.1.4.10.1 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y VIDEOS 360°

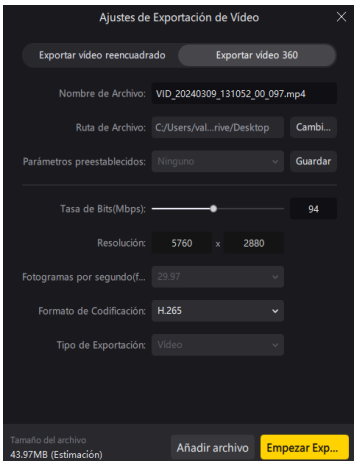
Para la edición y procesamiento de archivos en 360° se configuraron en el software de procesamiento opciones como; "*Pure Shot Color*", el "Cosido normal", la "Proyección Equirectangular" y la "Estabilización automática". Además, se eliminaron los primeros y últimos segundos de cada grabación para evitar la aparición del operador de la cámara. Finalmente, los archivos fueron exportados con las configuraciones presentadas en la tabla 3.17, siguiendo la recomendación de Sun et al., (2017), quien sugiere que la calidad de las imágenes comprimidas es superior al utilizar el parámetro H.265 en comparación con las otras opciones disponibles en el software (H.264 y ProRes).

Tabla 3.17.

Parámetros de exportación de fotos 360°



Exportación de foto 360



Exportación de video 360

Nota. Elaboración propia.

3.1.4.10.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN VECTORIAL

Para llevar a cabo la digitalización y edición de los puntos de interés turístico, así como de las entidades vectoriales de comunas, barrios y el perímetro de Cali, la información fue subdividida y generalizada, como se muestra en la tabla 3.18.

Tabla 3.18.

Entidades en formato shapefile con información generalizada

Nombre Entidad	Sistema de referencia	Geometría espacial	Descripción
Sitios turísticos	WGS84	Punto	Son los puntos de interés turísticos seleccionados.
Comunas	WGS84	Polígono	Corresponde a las 22 comunas que componen el perímetro urbano de Santiago de Cali.
Barrios	WGS84	Polígono	Representa el total de barrios que componen las 22 comunas de Cali.
Perímetro Cali	WGS84	Polígono	Corresponde al límite político de Cali.

Nota. Elaboración propia.

Los datos se cargaron en el software SIG *Quantum GIS* (QGIS) debido a sus avanzadas herramientas para la manipulación de datos vectoriales, que facilitan la creación y edición de entidades (Losada, 2022). Para el caso de los sitios turísticos, se importó el archivo *CSV* que contiene sus coordenadas geográficas y se generó un shapefile de geometría punto, asignando el sistema de referencia WGS84.

Una vez generada la capa vectorial de los sitios turísticos, se añadieron los atributos necesarios para cada entidad. La tabla 3.19 presenta los atributos correspondientes a cada una de ellas.

Tabla 3.19.

Atributos relacionados por entidad

Nombre entidad	Atributos
Sitios turísticos	Id, Nombre, Longitud, Latitud, Descripción, Geometría
Comunas	Id, Nombre, Geometría
Barrios	Id, Nombre, Geometría
Perímetro Cali	Id, Nombre, Geometría

Nota. Elaboración propia.

Las capas vectoriales de geometría polígono se sometieron a una comprobación topológica para detectar y corregir errores como, espacios entre polígonos adyacentes o superposición de límites. Este proceso, siguiendo las recomendaciones de Olaya (2014), busco la coherencia estructural y espacial entre los elementos vectoriales.

Los errores identificados fueron corregidos y se verificó que toda la información estuviera georreferenciada en el sistema de referencia *WGS84* (EPSG[42]:4326). Posteriormente, la información fue organizada y preparada para su almacenamiento en la base de datos.

[42] *EPSG*: (Geodetic Parameter Dataset) contiene definiciones de sistemas de referencia de coordenadas y transformaciones de coordenadas que pueden ser de aplicación global, regional, nacional o local (EPSG, s.f.),

3.1.5 QUINTA FASE: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

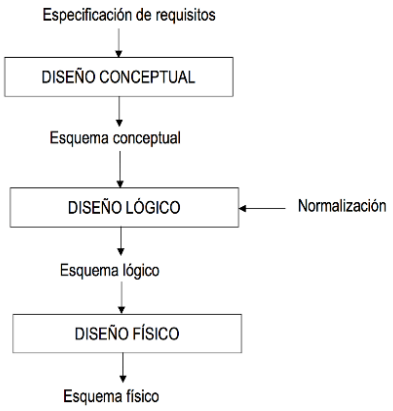
En esta sección se detallan los procesos llevados a cabo durante la implementación del SIG Web 360°

3.1.5.1 PROCESO DE ESTRUCTURACIÓN DE LA BASE DE DATOS

La estructura de la base de datos implementó los modelos; conceptual, lógico, físico acompañados de un proceso de normalización definidos previamente (figura 3.8). Para crear un flujo de información entre las tablas de la base de datos del lado del servidor y las consultas generadas por el turista del lado del usuario.

Figura 3.8.

Modelamiento de datos



Nota. Tomado de Araneda (2021)

3.1.5.1.1 PROCESO PARA LA ASIGNACIÓN DE REFERENCIA ESPACIAL

El motor de almacenamiento elegido para el desarrollo del SIG Web (PostgreSQL), requiere la extensión espacial PostGIS para gestionar datos geográficos. Esta extensión permitió asignar el *Spatial Reference System Identifier* (SRID), que habilita la inserción de campos de geometría vectorial.

El proceso para la asignación de referencia espacial en el sistema se desarrolló en las siguientes etapas:

- **Configuración del motor de almacenamiento**: Se preparó PostgreSQL mediante la instalación y configuración inicial de PostGIS, habilitando las capacidades necesarias para trabajar con información espacial en el SIG Web.

- **Habilitación de capacidades espaciales**: Se activó la extensión de PostGis para trabajar con datos espaciales y asignar un sistema de referencia espacial (SRID).

- **Asignación del sistema de referencia espacial (SRID)**: Se seleccionó el *EPSG* 4326, para ser compatible con los datos vectoriales de las capas shapefile y el sistema de referencia del plugin usado para la creación del mapa base.

3.1.5.1.2 PROCESO DE CARGUE DE INFORMACIÓN VECTORIAL

A continuación, se describen los pasos realizados para el cargue de la información espacial al sistema:

1. **Preparación de los datos geoespaciales**:

- Se confirmó que los archivos estaban en un formato compatible con la base de datos espacial (por ejemplo, Shapefile o GeoJSON).

2. **Asignación del sistema de referencia espacial (SRID)**

- Se determinó el SRID adecuado según la ubicación geográfica de los datos.
- Se asoció el SRID a los datos geoespaciales para garantizar su correcta integración y proyección dentro del SIG.

3. **Importación de datos a la base de datos**

- Se cargaron los datos vectoriales al sistema mediante herramientas compatibles con la base de datos espacial seleccionada.
- Se validó que los datos importados incluyeran atributos como geometrías y propiedades asociadas.

4. **Verificación de codificación y formato**

- Se revisó que los datos importados mantuvieran una codificación estándar (Latin1) para evitar errores en la presentación de los caracteres.
- Se verificó la importación de los datos presentes en la tabla de atributos de las capas.

3.1.5.2 PROCESO DE GENERACIÓN DE CODIGO FUENTE

En el proceso de generación del código fuente se crearon las dos capas principales del sistema: La capa de presentación (*frontend*) y la capa de acceso a los datos (*backend*) (Pérez et al., 2021).

3.1.5.2.1 PROCESO DE DESARROLLO FRONTEND

El desarrollo del frontend contempló los siguientes pasos:

Definición de la estructura de la interfaz

- Diseñar la disposición y organización de los elementos gráficos que componen la interfaz.

Asignación de estilos gráficos

- Aplicar técnicas y herramientas de diseño para dar formato visual a la interfaz, incluyendo colores, tipografías y estilos.

Integración de componentes interactivos

- Incorporar botones, menús, formularios y otros elementos que permitan al usuario interactuar con el sistema.

Configuración de la visualización de la información

- Implementar funcionalidades que aseguren que los datos sean presentados de manera clara y accesible en distintos dispositivos y resoluciones.

Pruebas de funcionalidad y diseño

- Validar que todos los elementos de la interfaz gráfica funcionen correctamente.

3.1.5.2.2 PROCESO DE INTEGRACIÓN DE MATERIAL 360°

El proceso de integración del material 360° al sistema siguió los siguientes pasos:

Preparación del material 360°

- Seleccionar y organizar las imágenes y videos panorámicos a incorporar en el sistema.

Configuración del sistema

- Ajustar los parámetros necesarios para permitir la carga del contenido 360° desde la base de datos al entorno del SIG.

Carga de los archivos al directorio de datos

- Subir los archivos del sistema con el código fuente, iconos, imágenes y videos 360° al lugar de almacenamiento dispuesto como *hosting*, mediante la herramienta de carga dispuesta por el mismo servicio de alojamiento.

Vinculación con puntos de interés

- Relacionar el material 360° con los puntos de interés previamente definidos en el sistema, permitiendo su visualización contextual en el entorno virtual.

Habilitación de funciones interactivas

- Implementar las herramientas que permiten al usuario explorar el contenido 360° y acceder a información adicional al interactuar con áreas específicas de los panoramas.

3.1.5.2.3 PROCESO DE DESARROLLO BACKEND

El desarrollo del *backend* comprendió una serie de etapas orientadas a la gestión de los datos y su interacción con el sistema. Inicialmente, se definieron los requerimientos funcionales, identificando las funciones que debía cumplir, como la gestión de usuarios y consultas de datos. Posteriormente se diseñó la arquitectura, estructurando el código en módulos específicos. El proceso continuó con la implementación de la conexión a la base de datos, el desarrollo de servicios y controladores que manejan las funcionalidades principales, y la configuración de la *API* para facilitar la comunicación con el frontend. Finalmente, se realizan pruebas para depurar errores.

3.1.5.2.3.1 PROCESO DE CONEXIÓN ENTRE LA BASE DE DATOS Y EL SISTEMA

1. **Seleccionar la opción de conexión:** Se eligió la función para establecer la conexión con la base de datos espacial.
2. **Establecer parámetros de conexión:** Se configuraron los parámetros necesarios, como la dirección del servidor, el nombre de la base de datos, las credenciales de acceso y otros detalles pertinentes para tener una conexión segura y estable.
3. **Configuración de columna espacial:** Se asignó un atributo geométrico a la columna de la base de datos, denominado "geom", que se configuró como el principal campo para las consultas espaciales, permitiendo el manejo de los datos.

4. **Verificación de la conexión:** Se ejecutaron pruebas de conexión para asegurar que el sistema pudiera interactuar correctamente con la base de datos y realizar las consultas necesarias para gestionar la información espacial.

3.1.5.2.3.2 PROCESOS DE DESARROLLO DE CONSULTAS ESPACIALES SQL

El proceso de desarrollo de consultas espaciales *SQL* en el sistema se llevó a cabo en varias etapas. En primer lugar, se seleccionó la columna espacial de cada sitio turístico, que contenía la información geoespacial. Luego, se definió el área de influencia en torno a la ubicación del usuario, estableciendo un radio para la búsqueda. Posteriormente, se construyó una consulta *SQL* que evaluó si las geometrías de los sitios turísticos coincidían con el área de influencia del usuario. Finalmente, se ejecutó la consulta para identificar los sitios turísticos dentro del radio seleccionado, proporcionando los resultados necesarios para la visualización en el sistema.

3.1.5.2.4 PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SCRIPT PARA EL MONITOREO DE TRÁFICO WEB

El proceso de implementación del script para el monitoreo de tráfico web se realizó en una secuencia de pasos. Primero, se integró el *script* de seguimiento en el código del sistema, asegurándose de colocarlo en una sección que permitiera recopilar datos sobre la interacción de los usuarios. Luego, se vinculó el *script* con un servicio de análisis para facilitar el procesamiento de los datos. Finalmente, se configuraron las herramientas de análisis para interpretar la información recopilada y monitorear el comportamiento de los usuarios en la plataforma.

3.1.5.2.5 PROCESO PARA LA CREACIÓN DEL RUTEO

La funcionalidad de ruteo entre la posición del usuario y los sitios turísticos se implementó utilizando OSRM (Open Source Routing Machine). Este motor se integró en el sistema SIG turístico mediante un *iframe*, permitiendo el trazado de rutas basado en las coordenadas de origen y destino identificadas.

La comunicación entre el SIG y OSRM se estableció mediante petición *HTTP* a la *API* del motor de ruteo, donde usando el método *GET* se enviaban los parámetros de inicio y destino, obteniendo como respuesta de la *API* el trazado de la ruta sobre un mapa *Leaflet*, las distancias y tiempos estimados por peatón y tipo de vehículo. Los resultados se integraron al SIG mediante el *DIV* "map_krpano" (figura 3.9).

Figura 3.9.

Implementación del ruteo



Nota. Adaptado de proyecto OSRM (s.f.)

3.1.5.3 PROCESO DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN DESARROLLO

El proceso de pruebas de funcionamiento y desarrollo se ejecutó en etapas. Primero, se llevó a cabo una evaluación técnica del sistema para asegurar que todas las funcionalidades operaran correctamente. Luego, se aplicó una encuesta de usabilidad a un grupo de usuarios, con el objetivo de identificar posibles errores. Finalmente, se analizó los resultados obtenidos para realizar ajustes y mejorar el sistema de acuerdo con las sugerencias y observaciones recolectadas.

3.1.5.4 PROCESO DE DESPLIEGUE EN PRODUCCIÓN

Una vez finalizada la etapa de pruebas y corregidos los errores identificados, se procedió al despliegue del sistema. Este proceso incluyó la selección de un proveedor de alojamiento y la configuración de un dominio web que permitió el acceso público al sistema.

3.1.5.5 PROCESO DE ALOJAMIENTO Y DOMINIO

Se realizó la configuración del servicio de alojamiento web para manejar los archivos del sistema. Asimismo, se registró un dominio personalizado que permitió identificar la plataforma en internet.

3.1.6 SEXTA FASE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.1.6.1 PROCESO DE MANTENIENTO

El correcto funcionamiento y evolución de una plataforma web dependen de un sistema de gestión que permita mantener actualizada la información y los recursos disponibles (Baral & Shrestha, 2019). En este proceso se realizó lo siguiente:

1. **Gestión de Contenidos**: Se implementó un mecanismo que facilitó la adición, edición y eliminación de información sobre los sitios turísticos en el sistema.
2. **Control de Acceso**: Se creó un control del acceso mediante un login y contraseña.
3. **Monitoreo de la Plataforma**: Se supervisó constantemente el sistema para identificar y corregir posibles errores técnicos, además de incorporar mejoras según fuera necesario.

Capítulo 4

4.1 RESULTADOS

Los resultados obtenidos presentados a continuación están estructurados en función del cumplimiento de cada una de las fases de la sección de metodología. Asimismo de los objetivos específicos del proyecto que abarcan el enriquecimiento de la información turística, el aumento del impacto visual y el fortalecimiento de la difusión y promoción de los sitios de interés de la ciudad de Cali.

4.1.1 RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA

4.1.1.1 RESULTADOS PRIMERA FASE: ANÁLISIS DE SISTEMA

4.1.1.1.1 SITIOS TURÍSTICOS SELECCIONADOS

De las opciones presentadas en la tabla 3.1 de la fase 1 de la metodología, se usó el método de ponderación como la técnica para seleccionar los sitios turísticos que hacen parte de este estudio, dado que permitió integrar diferentes criterios entre ellos; La relevancia cultural e histórica como lo propuso Yansapanta (2020), las valoraciones otorgadas por los visitantes de los destinos en los portales web siguiendo las recomendaciones de Zuccarini et al., (2022) y la puntuación promedio de los sitios turísticos en plataformas especializadas como Tripadvisor, según lo planteado por Araya (2021). La información necesaria para cada uno de los anteriores criterios se recopiló de fuentes oficiales como la SITUR (2021), la Alcaldía de Santiago de Cali (2022) e Infometrika (2019), disponibles en el anexo 1 y usados para la construcción de la matriz de ponderación (tabla 4.1). Donde a cada criterio se le asignaron valores entre 1 y 5. 1 para el valor menos representativo y 5 para el de mayor importancia. Esta ponderación permitió obtener un puntaje total para cada sitio, en función de su nivel de representatividad turística.

Tabla 4.1.

Selección de los sitios usando el método de ponderación

Sitio turístico	Número de menciones en páginas oficiales	Importancia cultural/histórica	Valoración por visitantes (Tripadvisor)	Popularidad en buscadores web	Calificación en páginas de turismo	Puntaje total
La Ermita	3	5	4	4	4	20
Plaza de Cayzedo	1	4	2	3	2	12
Barrio San Antonio	5	4	5	5	5	24
Museo de Arte Moderno La Tertulia	1	4	2	3	2	12
Cristo Rey	3	4	5	4	4	20
Zoológico de Cali	4	2	3	5	5	19
Caliwood Museo de la Cinematografía	3	2	2	2	2	11
Monumento a Jairo Varela	5	3	3	4	2	17
Parque Nacional Natural Farallones de Cali	1	5	1	2	1	10
Monumento a Sebastián de Belalcázar	5	5	4	4	3	21
Boulevard del río	4	4	3	2	2	15
Calle Quinta	1	3	1	1	2	8
Museo de la salsa	2	3	2	5	3	15
Parque del Perro	2	2	2	4	3	13
Museo Arqueológico La Merced	1	4	2	3	2	12
Jardín Botánico de Cali	2	4	2	3	2	13
Galería Alameda	4	3	2	4	2	15
Cerro de las Tres Cruces	2	3	3	4	3	15
Parque de los Poetas	1	2	1	1	1	6
Mio cable	3	3	3	4	2	15
Museo del Oro Calima	1	3	2	3	2	11
Teatro Municipal Enrique Buenaventura	1	4	1	2	2	10
Parque artesanal loma de la cruz	3	3	3	4	2	15
Parque de la Salud	1	2	1	1	1	6
Plaza de Toros Cañaveralejo	1	3	1	1	1	7
Museo de la Caña de Azúcar	1	3	1	2	1	8
Monumento a los Gatos de Tejada	5	2	5	5	5	22
Parque de las Banderas	1	3	3	2	3	12
Estadio Olímpico Pascual Guerrero	1	3	2	5	2	13
Museo Aéreo Fénix	2	3	2	3	2	12
Casa Obeso Mejía	1	2	1	1	1	6
Casa Museo Jovita	1	3	1	1	1	7
Monumento a la Raza	1	3	1	1	1	7
Centro Cultural de Cali	1	3	1	1	1	7
Museo de la Ciudad	1	4	1	1	1	8
Parque de la Navidad	1	4	1	1	1	8
Parque Lleras Restrepo	1	2	1	1	1	6
Iglesia de san francisco	2	4	2	2	2	12
Catedral	2	4	2	2	2	12
Puente Ortiz	1	3	2	4	2	12
Edificio Coltabaco	1	3	1	4	1	10
Ecoparque lago de las garzas	1	2	1	5	3	12
parque del ingenio	1	2	2	2	2	9
Canchas Panamericanas	1	3	3	3	3	13
Ecoparque rio Pance	3	3	4	4	4	18
Pico loro	1	2	1	1	3	8
Biblioteca departamental	2	3	1	1	2	9
Parque de la babilla	1	2	1	1	2	7

Nota. Elaboración propia.

Luego de la aplicación del método de ponderación se seleccionaron los 17 sitios turísticos más representativos de Cali, tomando en cuenta su puntaje total (tabla 4.2).

Tabla 4.2.

Sitios turísticos seleccionados con el método de ponderación

Sitio turístico	Puntaje total
Capilla de San Antonio	24
Monumento del gato de Tejada	22
Monumento a Sebastián de Belalcázar	21
La Ermita	20
Zoológico de Cali	19
Ecoparque río pance	18
Monumento a Jairo Varela	17
Boulevard del río	15
Museo de la salsa	15
Galería Alameda	15
Cerro de las Tres Cruces	15
Mio cable	15
Parque artesanal loma de la cruz	15
Parque del Perro	13
Jardín Botánico de Cali	13
Estadio Olímpico Pascual Guerrero	13
Canchas Panamericanas	13

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL SISTEMA SELECCIONADOS

Tomando en cuenta las consideraciones para la identificación de los alcances y limitaciones del sistema presentadas en la fase 1 de la sección de metodología, se lograron definir:

4.1.1.1.2.1 ALCANCES DEL SISTEMA

- El acceso al sitio web será abierto y disponible las 24 horas del día.
- El sistema será responsive.
- El sistema será multilingüe.
- Se incorporarán mapas en los que se representa la ubicación de los lugares turísticos.

4.1.1.1.2.2 LIMITACIONES DEL SISTEMA

- La carga y visualización de contenido en 360° requiere una conexión a internet rápida y estable, lo que puede limitar la accesibilidad para usuarios con conexiones lentas.
- Incompatibilidad con navegadores web y dispositivos móviles por versiones de JavaScript.
- Almacenamiento reducido.

4.1.1.2 RESULTADOS SEGUNDA FASE: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

4.1.1.2.1 REQUERIMIENTOS DEFINIDOS

Con base en los datos recopilados a través de la encuesta de requerimientos estructurada en la fase 2 de la metodología, y consultable en el anexo 2, se lograron establecer las siguientes funcionalidades y características a ser tenidas en cuenta para el desarrollo del sistema:

- Opción para consultar la ubicación de los sitios turísticos.
- Implementar parámetros de búsqueda por comuna o barrio.
- Permitir a los usuarios localizar puntos turísticos cercanos.
- Permitir la creación de *buffer* o zonas de influencia.
- La herramienta debe estar disponible en la web.
- Filtro por categoría de turismo.
- Búsqueda por el nombre del lugar turístico.
- Incluir al menos un elemento 360° del sitio turístico identificado, sea foto o video.
- Detectar la ubicación del usuario.
- Indicaciones de una ruta hacia el sitio turístico.
- Posibilidad de dejar comentarios y opiniones sobre los sitios turísticos.
- Incluir herramientas que permitan a los usuarios compartir contenido del portal en redes sociales y otras plataformas.
- Creación de un módulo de administrador para controlar las publicaciones.

4.1.1.2.2 ENTRADAS, GEOPROCESOS Y SALIDAS DEL SISTEMA

A continuación, se presentan las entradas, geoprocesos y salidas que estructuran el funcionamiento del sistema.

4.1.1.2.2.1 ENTRADAS:

- **Ubicación del usuario:** Proporcionada mediante su dispositivo de consulta o seleccionada manualmente en el mapa incluido en el sistema.
- **Parámetros de búsqueda de información:** Categoría de turismo, número de comuna, nombre del barrio o nombre del sitio turístico.

4.1.1.2.2.2 GEOPROCESOS:

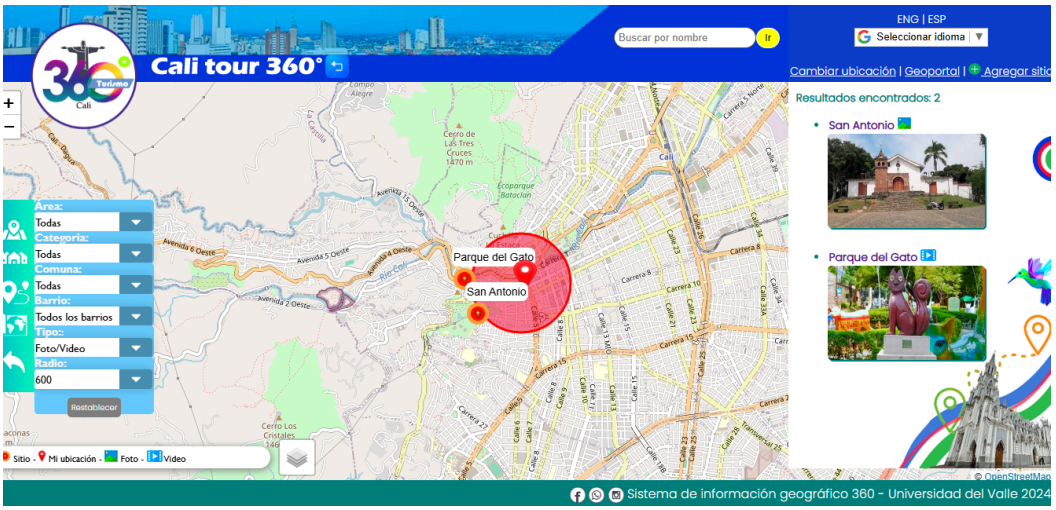
El sistema aplica las siguientes operaciones de filtrado y análisis geoespacial basado en las entradas proporcionadas por el usuario. Esto incluye geoprocesos como:

- CREACIÓN DE BUFFERS O ZONAS DE INFLUENCIA

  El turista puede generar zonas de influencia alrededor de su ubicación (figura 4.1), para identificar los sitios turísticos dentro de esa zona. Internamente los buffers se realizan mediante consulta SQL utilizando la función ST_Buffer, con las capas vectoriales almacenadas en la base de datos espacial.

Figura 4.1.

Creación de buffer en el SIG Web 360



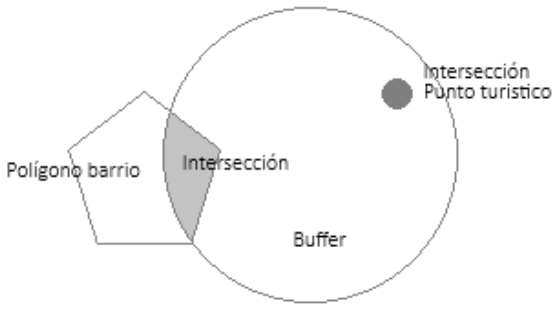
Nota. Elaboración propia.

- INTERSECCIÓN

  El SIG Web 360° desarrollado, utiliza el geoproceso de intersección para identificar los barrios que están dentro de las 22 comunas del perímetro de Cali y a su vez usa la posición del turista para identificar los sitios turísticos que están en el barrio interceptado previamente, como se ejemplifica en la figura 4.2.

Figura 4.2.

Definición gráfica de intersección



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.2.2.3 SALIDAS:

El sistema devuelve información sobre los sitios turísticos que coinciden con los criterios de búsqueda del usuario. Esto incluye los atractivos turísticos junto con su respectiva información espacial y no espacial, como su ubicación, nombre, descripciones, imágenes y videos en 360°.

4.1.1.2.3 MÓDULOS DEL SISTEMA

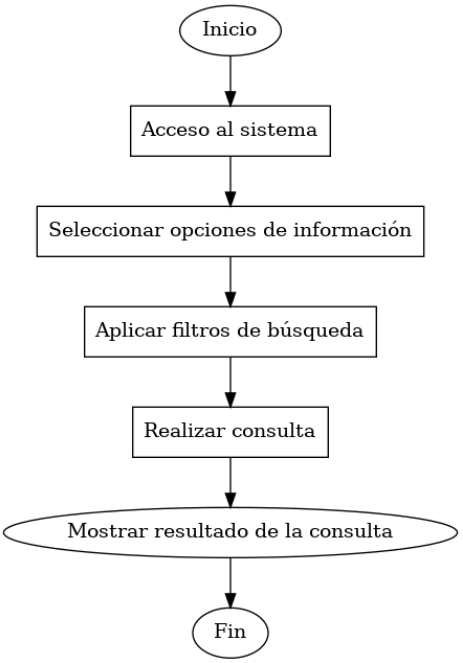
Tras la aplicación de las pautas propuestas por Sommerville (2004) y Connolly y Begg (2015) presentadas en la fase 2 de la metodología para la identificación de los módulos del sistema se definieron un módulo de usuarios y uno de administracion, descritos a continuación:

4.1.1.2.3.1 MÓDULO DE USUARIOS

El módulo de "Usuarios" permite acceder al sistema y realizar las consultas que se requieran sobre la información disponible de los sitios turísticos. Los usuarios pueden seleccionar las opciones de información que les interesen y sobre esas opciones se realizará el filtro, que posteriormente obtiene una salida. En la figura 4.3 se presenta el diagrama general del módulo de usuarios.

Figura 4.3.

Diagrama general del módulo de usuarios



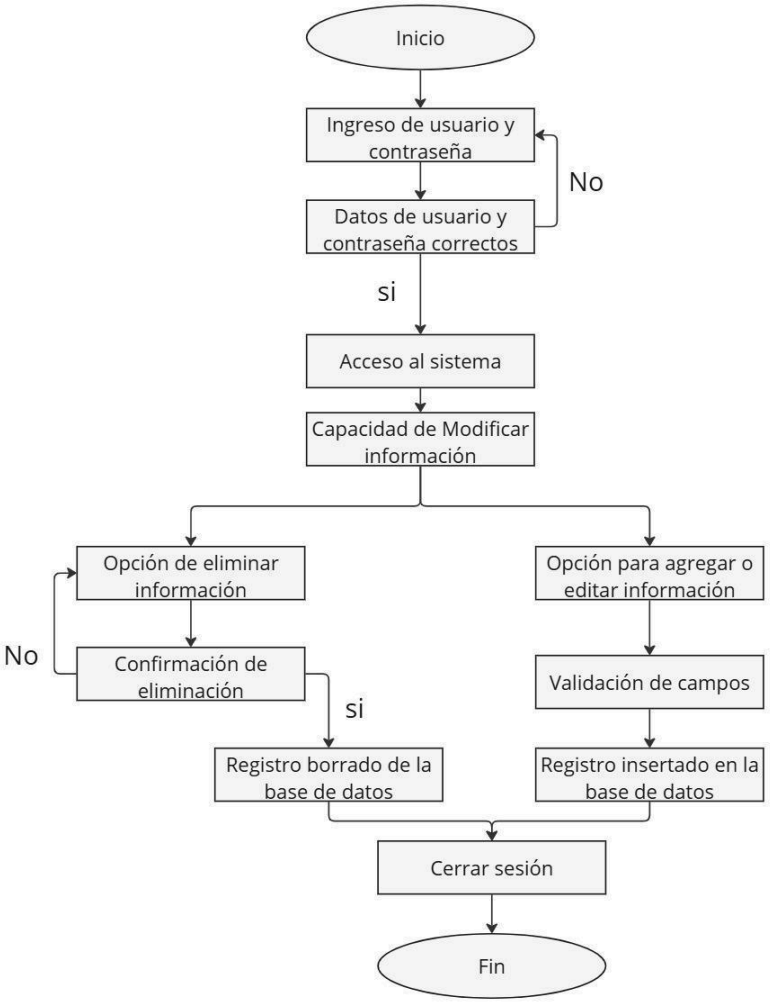
Nota. Elaboración propia.

4.1.1.2.3.2 MÓDULO DE ADMINISTRADOR

El módulo otorga al usuario administrativo la capacidad completa para gestionar el sistema a través de un acceso seguro mediante un login y una contraseña. Este rol incluye la autoridad para agregar, modificar o eliminar información, permitiendo al administrador mantener el sistema actualizado. Con este control total, puede supervisar y gestionar el funcionamiento del sistema. El diagrama general para este módulo se puede visualizar en la figura 4.4.

Figura 4.4.

Diagrama general del módulo de administrador



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.3 RESULTADOS TERCERA FASE: DISEÑO:

4.1.1.3.1 OPCIONES DEL SISTEMA:

Siguiendo las recomendaciones para la elaboración de las opciones de navegación de los sitios web, se definieron las opciones presentes en el SIG desarrollado, estas fueron:

- **GEOLOCACIÓN**: Permite al sistema previo autorización, identificar de manera automática la posición del usuario o definir mediante un clic la posición deseada en el mapa.

- **ZOOM:** Permite acercarse o alejarse de una posición específica.
- **BUSCAR LUGAR POR NOMBRE:** En esta opción se despliega una ventana con una caja interactiva, en donde el usuario ingresa el nombre completo o parte del nombre del sitio turístico que está buscando. El sistema realiza un proceso de filtrado seleccionando las coincidencias dentro de la base de datos, mostrándose al costado derecho de la pantalla.

- **CAMBIAR UBICACIÓN:** Esta opción permite seleccionar una nueva ubicación para conocer los lugares turísticos que se encuentran cerca de esta.

- **FILTRAR**: Agrupa los sitios registrados por número de comuna, nombre de barrio, tipo de contenido (foto/video) o categoría de interés turístico.

- **BUFFER O RADIO:** La opción de radio permite crear una zona de influencia a partir de una posición dada, con valores de radio ya establecidos que pueden ser seleccionados por el usuario, estos son de 0 a 10 Km.

- **RESTABLECER:** Permite eliminar todos los filtros seleccionados, restableciendo las opciones a los valores predeterminados.

- **RUTEO**: Define un trazado desde la ubicación del usuario hasta el destino turístico deseado. La opción brinda alternativas para crear una ruta a pie o en vehículo.

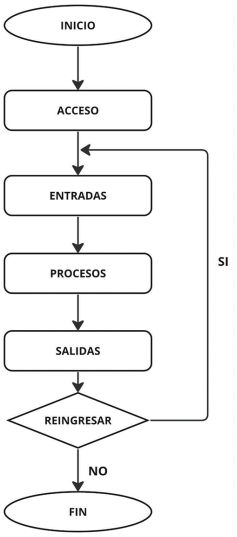
- **COMENTAR:** Permite al usuario dejar un comentario a través de un formulario sin recopilar información personal. Asimismo puntuar de 1 a 5 la percepción de cada punto de interés turístico desplegado en el SIG Web.

4.1.1.3.2 MODELO LÓGICO

El modelo lógico logrado a partir de la metodología de elaboración, presenta un enfoque sistémico y transaccional, en el que se representan los elementos y los procesos del sistema, enlazados con las conexiones de dirección del flujo de la información. El diagrama lógico general del sistema se presenta en la figura 4.5.

Figura 4.5.

Diagrama lógico general del sistema



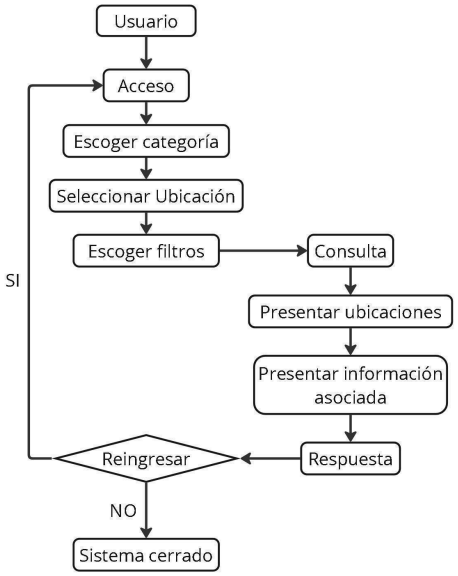
Nota. Elaboración propia.

Los usuarios son quienes activan los procesos del sistema. Al ingresar y realizar una acción, como hacer clic en el mapa base o seleccionar diferentes opciones para consultar información, se inician una serie de procesos. Durante estos, se muestran las ubicaciones de los sitios turísticos junto con información asociada, la cual se visualiza en la interfaz gráfica.

El diagrama lógico del portal para los usuarios se presenta en la figura 4.6.

Figura 4.6.

Diagrama lógico del sistema usuarios

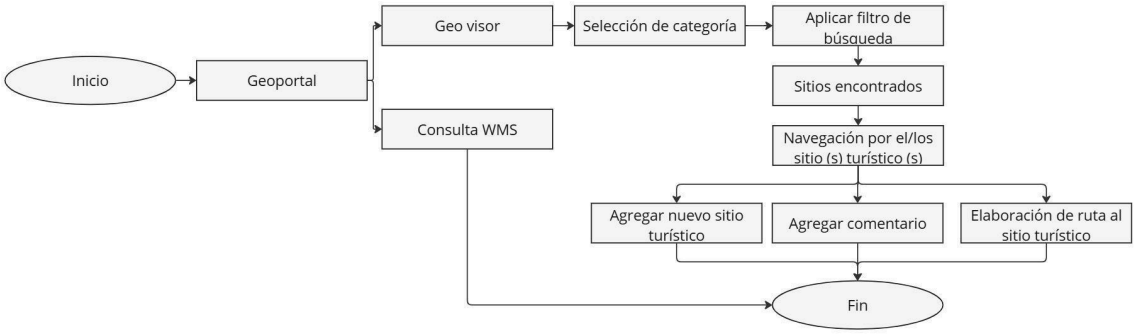


Nota. Elaboración propia.

El sistema tiene diferentes funcionalidades y realiza procesos que no solo permiten interactuar de una manera más personalizada con el usuario, sino que también se alimenta de la información que le suministren como: comentarios, valoraciones y contenido multimedia. En la figura 4.7 se presenta el diagrama general de uso del sistema.

Figura 4.7.

Diagrama de uso general



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.3.3 MODELO DE DATOS:

La secuencia de actividades propuestas por Shneiderman y Plaisant (2010) brindó una herramienta para organizar los datos espaciales en dos bloques. El primero abarcó una colección de puntos de localización que representan los sitios de interés turístico dentro del municipio de Santiago de Cali. El segundo bloque contiene información cartográfica básica de la ciudad, como su perímetro, las comunas y los barrios. Estas entidades se representarán como puntos y polígonos dentro del sistema (tabla 4.3).

Tabla 4.3.

Entidades espaciales del sistema

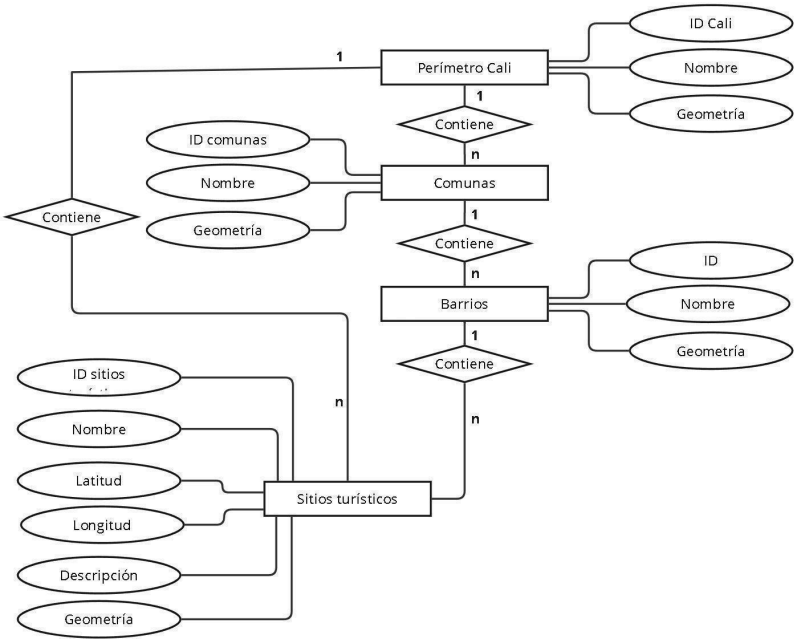
Entidades	Geometría espacial
Sitios turísticos	Punto
Perímetro Cali	Polígono
Comunas	Polígono
Barrios	Polígono

Nota. Elaboración propia.

El modelo Entidad-Relación del sistema se presenta en la figura 4.8.

Figura 4.8.

Modelo Entidad-Relación



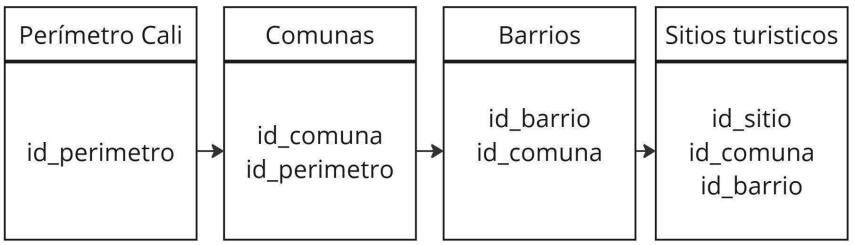
Nota. Elaboración propia.

4.1.1.3.3.1 NORMALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Para normalizar la base de datos a su tercera forma según lo propuesto por Cerinza (s.f.), se incluyó un identificador numérico único, que viaja como llave foránea por todas las tablas de la base, evitando registros redundantes y descartando aquellos que no estén interconectados, como se ejemplifica en la estructura de normalización, figura 4.9.

Figura 4.9.

Ejemplo de estructura de normalización de la base de datos



Nota. Elaboración propia.

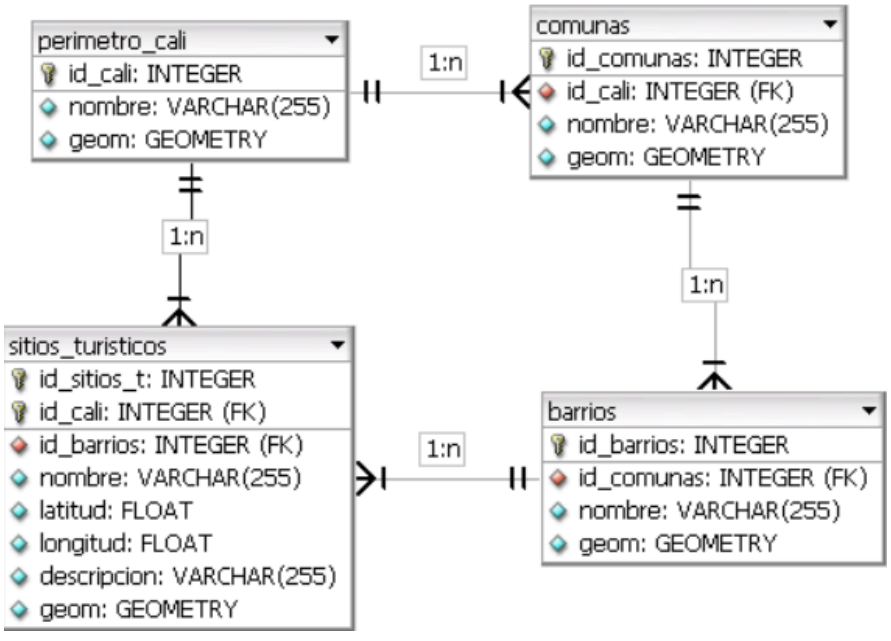
Se observa que cada tabla de la base contiene un identificador (id), que pasa a la siguiente tabla y de ella se desprende según sea el caso otro id, formando así una cadena de relaciones, todas ellas dependientes del identificador único del sitio turístico.

4.1.1.3.3.2 MODELO RELACIONAL DE LA BASE DE DATOS:

El modelo relacional, mostrado en la figura 4.10, fue generado a partir del modelo Entidad-Relación y la normalización aplicada representando la estructura de la base de datos. En este modelo, las entidades se transformaron en tablas que contienen la información correspondiente en sus respectivos campos. Se destaca la inclusión de claves primarias (identificadores únicos de los objetos) y claves foráneas (identificadores heredados que establecen las relaciones entre tablas), así como el tipo de dato asignado a cada campo.

Figura 4.10.

Modelo Relacional de la base de datos



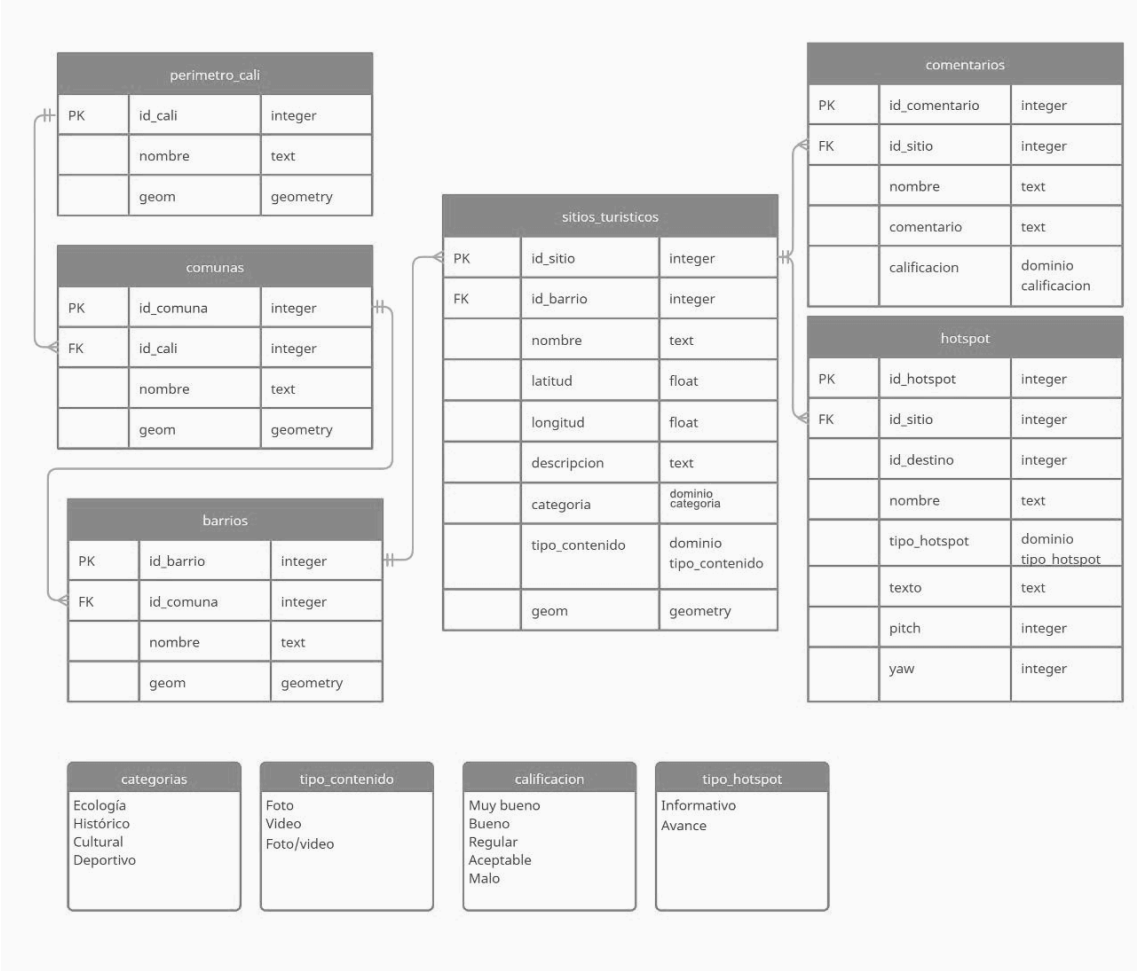
Nota. Elaboración propia.

Se prestó especial atención a la forma en que las tablas se relacionan entre sí, con el objetivo de mejorar la gestión de la base de datos, definiendo además los tipos de datos para cada campo y su longitud. Para proporcionar una descripción de los elementos que componen la base de datos, se creó un diccionario de datos (Anexo 3).

A continuación se presenta el modelo relacional desarrollado para la base de datos en formato extendido (figura 4.11), destacando las relaciones entre entidades, tipos de datos, cardinalidad y los dominios de las tablas. En este modelo se incluyeron todas las tablas del sistema, independientemente de si contienen o no atributos espaciales (geom), con el propósito de proporcionar una visión completa de la estructura de datos. Sin embargo, en las secciones siguientes, el análisis se enfocará exclusivamente en las tablas con atributos espaciales (que tienen el valor geom), ya que son las que tienen relevancia directa para la ejecución de los geoprocesos.

Figura 4.11.

Modelo relacional extendido



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.3.4 MODELO CARTOGRÁFICO

El sistema cuenta con un componente cartográfico y unas condiciones de referencia espacial. Para el caso del manejo de la información espacial las entidades geográficas presentes en el sistema adoptaron las coordenadas geográficas (latitud, longitud) y el sistema de referencia *WGS84* (EPSG:4326). Además, se usaron los siguientes elementos cartográficos en formato *ShapeFile*: Perímetro de Cali, comunas, barrios y sitios turísticos. Estos se representan de acuerdo con lo expresado en la tabla 4.4.

Tabla 4.4.

Representación de elementos cartográficos del sistema

Entidad	Tipo de vector	Sistema de referencia
Perímetro Cali	Polígono	WGS84
Comunas	Polígono	WGS84
Barrios	Polígono	WGS84
Sitios turísticos	Punto	WGS84

Nota. Elaboración propia.

Dado que el SIG se encuentra en línea, no fue factible establecer una escala fija de visualización. La presentación del mapa varía según la resolución de la pantalla del dispositivo del usuario. Sin embargo, el sistema ofrece una escala dinámica que permite ajustar el nivel de *zoom* según sea necesario. Asimismo, el buscador geográfico proporciona la opción de elegir entre mapas base, como los ofrecidos por Leaflet y OpenStreetMaps.

4.1.1.3.5 MODELO FÍSICO

El modelo físico del SIG desarrollado para la consulta de la información sobre los sitios turísticos de Santiago de Cali implementa una arquitectura que combina tecnologías para la gestión y visualización de datos geoespaciales. Se utilizó una base de datos PostgreSQL con extensión PostGIS, para almacenar y manipular datos espaciales y atributos descriptivos de cada sitio turístico. Estos datos fueron transformados de archivos Shapefile a formato *SQL*, lo que facilitó su integración y manejo dentro del servidor.

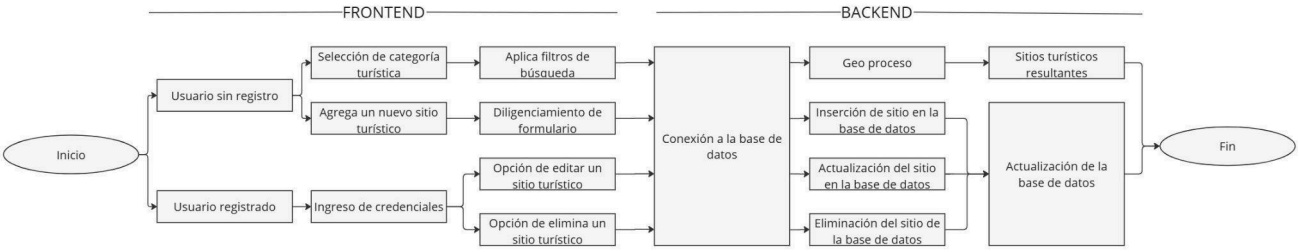
El sistema empleo PHP como lenguaje principal para gestionar la interacción entre la interfaz de usuario y la base de datos. PHP procesa las solicitudes de los usuarios, ejecuta consultas SQL y recupera la información solicitada. Posteriormente, estos datos se visualizan en un mapa dinámico mediante Leaflet.

4.1.1.3.5.1 DIAGRAMA DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El diagrama de arquitectura del sistema (figura 4.12) proporciona una visión general de cómo son las conexiones y funciones dentro del sistema.

Figura 4.12.

Diagrama de arquitectura del sistema



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.4 RESULTADOS CUARTA FASE: DESARROLLO Y ADQUISICIÓN DEL SISTEMA.

4.1.1.4.1 MODALIDADES ADAPTADAS PARA LA CAPTURA DE DATOS EN 360°

A continuación, se presentan las modalidades definidas para la captura de datos en 360°, adaptadas de la metodología empleada por Google Street View. Estas modalidades fueron diseñadas para responder a las características del terreno y las condiciones de acceso en los diferentes puntos turísticos. En la tabla 4.5 se describen las modalidades con sus respectivas características, mientras que en la figura 4.13 se ilustran sus aplicaciones en el contexto del proyecto.

Tabla 4.5.

Modalidades adaptadas para la captura del material 360°

Tipo de modalidad	Equipo necesario	Uso
A pie	Casco, trípode corto (30cm), amarras plásticas.	Zonas de tránsito reducido o que impiden el uso de bicicleta, como senderos peatonales.
Fija	Trípode largo (160 cm).	Elementos estáticos, como monumentos y miradores.
En bicicleta	Bicicleta, casco, trípode.	Distancias largas como calles y senderos.

Nota. Elaboración propia.

Figura 4.13.

Modalidades para el montaje de equipo



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.4.2 EXPERIMENTACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA LA CAPTURA DE LOS DATOS 360°.

A partir de la experimentación descrita en la fase 4 de la metodología, se concluyó cuáles ajustes proporcionaban la mejor calidad de imagen, tal como se detalla en la tabla 4.6.

Tabla 4.6.

Resultados de la experimentación

Parámetro	Valor de prueba	Conclusión
Ángulo de cámara	90°, 45°	Es indiferente, ya que la cámara captura información en todas las direcciones a la vez (360 grados), pero se recomienda usar 90° para mejorar el cosido en el procesamiento.
Velocidad	3 Km/h, 5 Km/h, 7 Km/h, 10 Km/h	Mayor detalle en los videos grabados a velocidades entre 3 a 5 Km/h.
Altura de la cámara	0.5m 1.0m, 1.5m, 2.00m	Mejor perspectiva de los objetos sin mayor deformación a una altura entre 1.5 a 2 metros.

Parámetro	Valor de prueba	Conclusión
Resolución (Pixeles)	3K, 4K, 5.7K	Mejor calidad fotográfica en 5.7K, pero aumento significativo de memoria y recalentamiento del equipo.
Modalidad de toma	A pie, Fija, En bicicleta	Depende de las condiciones de la escena fotografiada.

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.4.3 ASIGNACIÓN DE MODALIDADES DE CAPTURA DE DATOS

En las tablas 4.7, 4.8 y 4.9 se presentan las modalidades de captura de datos asignadas a cada sitio de interés turístico, considerando la metodología adaptada de Google Maps Street View.

Tabla 4.7.

Sitios con modalidad de captura a pie

Nombre Punto	Modalidad	Acceso	Formato	Ubicación	Categoría
Parque del gato	A pie	Peatonal	Video	Cra. 1 # 23-36	Cultural
Cerro de las 3 cruces	A pie y Fija	Peatonal	Foto / video	En cercanía a Santa Mónica Residencial	Deportivo /Ecológico
Jardín Botánico	A pie y Fija	Peatonal	Foto	Cra. 53 # 66N - 70	Ecológico

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4.8.

Sitios con modalidad de captura fija

Nombre Punto	Acceso	Formato	Ubicación	Categoría
Ermita	Peatonal	Foto	Cra. 1 # 24-62	Cultural
Plazoleta Jairo Varela	Peatonal	Foto / video	Cra. 1 # 22-52	Cultural
Sebastián de Belalcázar	Peatonal	Foto / video	Barrio San Antonio	Cultural
Museo de salsa	Peatonal	Foto / video	Calle 10 # 1 - 5	Cultural
Galería Alameda	Peatonal	Video	Cra. 4 # 11-42	Cultural
Parque del perro	Peatonal/ Vehículo	Foto	Cra. 52 # 52N-32	Cultural
San Antonio	Peatonal	Foto	Barrio San Antonio	Cultural
Mio cable	Peatonal	Foto	Cra. 5 Norte # 26N - 46	Cultural
Estadio	Peatonal	Foto	Av. Roosevelt # 33 N - 04	Deportivo
Canchas panamericanas	Peatonal	Foto	Cl. 16 # 37N - 34	Deportivo / Ecológico
Zoológico	Peatonal	Foto	Av. Roosevelt # 33 N - 04	Ecológico
Loma de la Cruz	Peatonal/	Foto /	Av. 6N # 34-68	Cultural

Nombre Punto	Acceso	Formato	Ubicación	Categoría
	vehículo	video		

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4.9.

Sitios con modalidad de captura en bicicleta

Nombre Punto	Acceso	Formato	Ubicación	Categoría
Boulevard del rio	Peatonal/vehículo	Video	Cr. 1 # 22-52	Cultural

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.4.4 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS SITIOS DE INTERÉS TURÍSTICO

Durante la recolección de datos en campo, se obtuvieron las coordenadas geográficas de los sitios turísticos de Cali. Estas coordenadas fueron capturadas utilizando el dispositivo móvil y registradas en la aplicación QField. Los datos recolectados se presentan en la tabla 4.10.

Tabla 4.10.

Coordenadas de los puntos capturados con QField y el geoetiquetado de fotos

Nombre	Coordenadas de QField (latitud, longitud)	Coordenadas de fotos (latitud, longitud)
La Ermita	3.454054, -76.531920	3.454053, -76.531940
Plazoleta Jairo Varela	3.454809, -76.534741	3.454799, -76.534740
Boulevard del Río	3.453864, -76.532425	3.453862, -76.532411
Parque del Gato	3.345126, -76.543140	3.345127, -76.543090
Sebastián de Belalcázar	3.449203, -76.545150	3.449201, -76.545149
Museo de la Salsa	3.448372, -76.518628	3.448343, -76.518622
Galería Alameda	3.432428, -76.535047	3.432426, -76.535036
Loma de la Cruz	3.442932, -76.536871	3.442932, -76.536894
Parque del Perro	3.435964, -76.545205	3.435964, -76.545208
San Antonio	3.447559, -76.541687	3.447555, -76.541687
MIO Cable	3.414930, -76.548847	3.414930, -76.548836
Estadio	3.429092, -76.540551	3.429092, -76.540548
Canchas Panamericanas	3.423293, -76.537848	3.423281, -76.537848
Cerro las Tres Cruces	3.467661, -76.545684	3.467655, -76.545683
Zoológico de Cali	3.447907, -76.556904	3.447907, -76.556904
Pance	3.347654, -76.568320	3.347683, -76.568321
Jardín Botánico	3.450268, -76.572360	3.450263, -76.572400

Nota. Elaboración propia.

4.1.1.4.5 VALIDACIÓN DE LAS COORDENADAS

Los resultados de la separación entre coordenadas, obtenidos tras la aplicación de la ecuación de Haversine presentada en la metodología, se pueden visualizar en la tabla 4.11.

Tabla 4.11.

Separación entre coordenadas de las fotos y las coordenadas de QField

Nombre	Coordenadas de QField (latitud, longitud)	Coordenadas de fotos (latitud, longitud)	Separación (m)
La Ermita	3.454054, -76.531920	3.454053, -76.531940	2.22
Plazoleta Jairo Varela	3.454809, -76.534741	3.454799, -76.534740	4.42
Boulevard del Río	3.453864, -76.532425	3.453862, -76.532411	1.57
Parque del Gato	3.345126, -76.543140	3.345127, -76.543090	5.55
Sebastián de Belalcázar	3.449203, -76.545150	3.449201, -76.545149	0.21
Museo de la Salsa	3.448372, -76.518628	3.448343, -76.518622	3.29
Galería Alameda	3.432428, -76.535047	3.432426, -76.535036	1.24
Loma de la Cruz	3.442932, -76.536871	3.442932, -76.536894	2.56
Parque del Perro	3.435964, -76.545205	3.435964, -76.545208	0.38
San Antonio	3.447559, -76.541687	3.447555, -76.541687	0.48
MIO Cable	3.414930, -76.548847	3.414930, -76.548836	1.22
Estadio	3.429092, -76.540551	3.429092, -76.540548	0.33
Canchas Panamericanas	3.423293, -76.537848	3.423281, -76.537848	1.33
Cerro las Tres Cruces	3.467661, -76.545684	3.467655, -76.545683	0.67
Zoológico de Cali	3.447907, -76.556904	3.447907, -76.556904	0.09
Pance	3.347654, -76.568320	3.347683, -76.568321	3.23
Jardín Botánico	3.450268, -76.572360	3.450263, -76.572400	4.47
		Promedio (m):	**1.76**

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior, presenta una separación promedio de 1.76 metros, lo cual sugiere un valor tolerable, entre los dos pares de coordenadas (fotos geoetiquetadas y las obtenidas por QField), siendo las coordenadas de las fotos tomadas en campo, las

seleccionadas para representar vectorialmente el punto turístico en la capa en formato *Shapefile*.

4.1.1.5 RESULTADOS QUINTA FASE: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

4.1.1.5.1 ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS

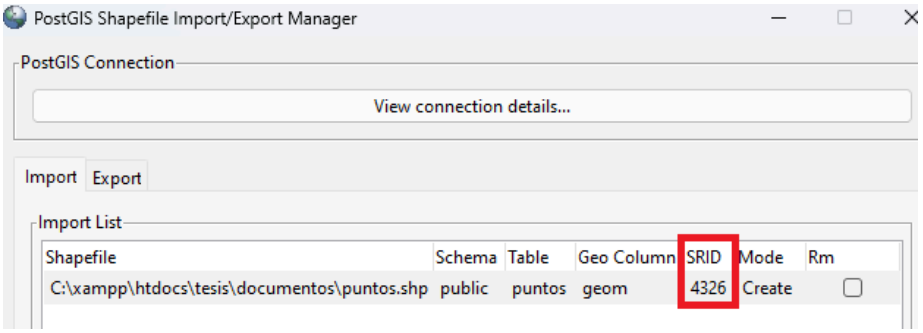
La estructura de la base de datos fue implementada utilizando los modelos relacional, lógico y físico, junto con el proceso de normalización de la base de datos previamente presentados. Esta estructura permitió establecer un flujo de información entre las tablas en el servidor y las consultas generadas por el turista del lado del usuario.

4.1.1.5.1.1 CARGUE DE INFORMACIÓN VECTORIAL

Las coordenadas de los sitios, representados vectorialmente como puntos en formato Shapes, fueron cargados a la base de datos, al igual que las capas de perímetro de Cali, comunas y barrios, usando la herramienta de exportación Postgis incluida en el paquete de instalación de PostgreSQL. En esta herramienta se asignó el atributo de referencia espacial *SRID* 4326 y la codificación de texto Latin1 por cada capa (figura 4.14), para evitar problemas de formato en los datos almacenados.

Figura 4.14.

Importe de capas con Postgis a la base de datos



Nota. Elaboración propia.

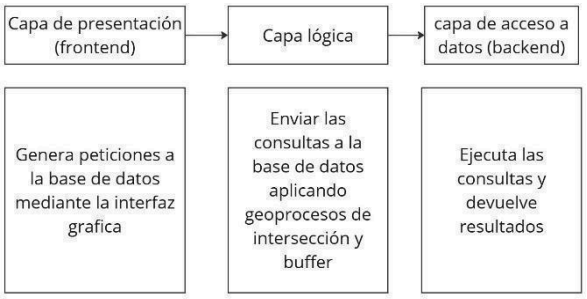
4.1.1.5.2 GENERACION DE CODIGO FUENTE

La recolección de los datos y la selección del lenguaje de programación presentados en la etapa de desarrollo y adquisición del sistema, permitieron un acercamiento al código fuente (Anexo código fuente del sistema), distinguiendo entre dos capas: El *frontend* como capa de presentación y el *backend* como acceso a los datos.

En la figura 4.15 se presenta la arquitectura de capas.

Figura 4.15.

Arquitectura de capas



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.5.2.1 DESARROLLO FRONTEND

El desarrollo *frontend* fue llevado a cabo utilizando un conjunto de lenguajes de programación que permitieron estructurar y darle funcionalidad a la interfaz gráfica del sistema (figura 4.16). HTML se utilizó para la creación de la estructura básica de la interfaz, mientras que CSS se encargó de los estilos visuales y JavaScript se implementó para integrar las funcionalidades interactivas del sistema.

Figura 4.16.

Visualización de la página de inicio



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.5.2.2 INTEGRACIÓN DE MATERIAL 360°

En la figura 4.17 se muestra un segmento de código generado a partir de la documentación de Pannellum para la integración de fotos y videos al SIG Web.

Figura 4.17.

Código fuente para la implementación de contenido 360°

```
<script>
var panoramaViewer = pannellum.viewer('panorama', {
    "type": "equirectangular",
    <?php
    $id = $_GET['id'];
        $query="SELECT * FROM puntos WHERE id_sitios = $id limit 1";
        $consulta=pg_query($conexion,$query);
        while($obj=pg_fetch_object($consulta)){
            $lat_p = $obj->latitud;
            $long_p = $obj->longitud;
            $nombre_p = $obj->nombre;
            $descripcion = substr(string: $obj->descrip, offset: 0, length: 150);
                echo "\"panorama\": \"galeria/panorama-".$obj->id_sitios.".jpg\",";
            }
    ?>
    "autoLoad": true,
    "autoRotate": -2,
    "hotSpots": [
        <?php
            $query="SELECT * FROM hotspot WHERE id_origen = $id limit 88";
            $consulta=pg_query($conexion,$query);
            while($obj=pg_fetch_object($consulta)){
                echo "
                {
            'pitch': ".$obj->pitch.",
            'yaw': ".$obj->yaw.",
            'type': 'info',
            'text': '".$obj->text."',
```

Nota. Adaptado de Pannellum. (2024)

El fragmento de código desde la línea 303, utilizó la biblioteca JavaScript Pannellum para generar una vista de panorama 360°, a partir de la consulta a la base de datos PostgreSQL. Primero, se creó una instancia de *pannellum viewer* y se configuró como tipo equirectangular. Luego, se obtuvo el identificador de la imagen seleccionada mediante *$_GET['id']* y se consultó a la tabla "puntos" de la base de datos para extraer el nombre de la imagen correspondiente. La ruta de la imagen se construye dinámicamente usando el valor de id_sitios, concatenado con la extensión *.jpg* y se integró en el objeto de configuración de Pannellum para cargar la imagen de forma dinámica.

Finalmente, se configuraron propiedades como *autoLoad* para que el panorama se cargue automáticamente y *autoRotate* para que gire lentamente. El código también describe en la línea 322 la consulta para agregar puntos interactivos (*hotspots*) en el panorama, realizando otra consulta para cargar los puntos de interés asociados a la imagen. Cada *hotspot* incluye atributos como *pitch* y *yaw*, que determinan su posición, y *text*, que contiene información adicional para mostrar al usuario al hacer clic en el punto interactivo. En conjunto, este código permite visualizar panoramas 360° con puntos interactivos utilizando Pannellum para el renderizado y PostgreSQL para administrar las imágenes y datos de los *hotspots*.

4.1.1.5.2.3 DESARROLLO BACKEND

El desarrollo *backend* se completó exitosamente, permitiendo la gestión y administración de los datos del sistema. En este se generó el código fuente necesario para el procesamiento de las consultas y la interacción con la base de datos, asegurando un flujo de datos entre el servidor y los usuarios.

4.1.1.5.2.3.1 CONEXIÓN A LA BASE DE DATOS

La conexión a la base de datos espacial y el sistema se realizó mediante la opción *pg_connect*, lo que permitió la interacción con los datos geoespaciales. Se configuró la columna con el atributo geométrico, "geom", como el principal elemento en las consultas espaciales, lo que facilitó el manejo de los datos geoespaciales dentro del sistema SIG Web 360°.

4.1.1.5.2.3.2 DESARROLLO DE CONSULTAS ESPACIALES SQL

Las consultas espaciales utilizaron la columna *geom* de cada sitio turístico para realizar una intersección con la ubicación del turista, definida en el momento que éste ingresa al sitio. La estructura de una de las consultas se detalla a continuación en la figura 4.18.

Figura 4.18.

Código ejemplo de función Intersects

```
420     $query = "SELECT col.* FROM puntos as col, comunas as com, barrios as
421     where  ST_Intersects(col.geom,$buffer)";
```

Nota. Elaboración propia.

El geoproceso principal del código anterior, utilizó la función *ST_Intersects*, para evaluar si dos geometrías se intersectan, es decir, si tienen algún punto en común. En este caso, *ST_Intersects* verifica si la geometría de la columna col.geom intersecta con otra geometría representada por la variable $*buffer* que contiene el valor del área seleccionado en la interfaz.

El resultado es una selección de puntos después de la intersección. Por ejemplo, los sitios turísticos que están cercanos a la posición del turista alrededor de 1 kilómetro.

4.1.1.5.2.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SCRIPT PARA EL MONITOREO DE TRÁFICO WEB

Google a través de su herramienta para desarrolladores web, permitió la inserción de un código denominado *Gtag*, que proporcionó un elemento de seguimiento único en la web. Este *script* se insertó en la cabecera del código indicando los metas descriptores y se enlazó con una cuenta de Google. En la tabla 4.12 se muestran los meta descriptores usados.

Tabla 4.12.

Meta descriptores admitidos por Google

Meta descriptor	Descripción
<meta name="description" content="A description of the page">	Con esta etiqueta, se añadió una breve descripción de la página. En algunos casos, esta descripción se utiliza en el fragmento que se muestra en los resultados de búsqueda.
<meta name="robots" content="..., ..."> <meta name="googlebot" content="..., ...">	Estas etiquetas meta controlan cómo deben rastrear e indexar el contenido los buscadores. La etiqueta <meta name="robots" ... afecta a todos los buscadores, mientras que la etiqueta <meta name="googlebot ... es específica de Google.

Nota. Tomado de *Google Developers (2023)*.

4.1.1.5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y DESARROLLO

Durante la fase de implementación, se realizaron sesiones de trabajo en un ambiente de desarrollo local que buscaban simular el uso del turista durante su navegación por el SIG Web 360. Esto permitió comprobar el funcionamiento de los procesos operativos, la estabilidad del sistema y los aspectos visuales de la interfaz gráfica de cada uno de los elementos identificados por los usuarios en la sección de análisis de requerimientos. Además las pruebas realizadas por el equipo lograron identificar y resolver errores en la programación asociados a la adaptación responsiva del sitio web.

La tabla 4.13 describe las fallas encontradas durante el proceso de pruebas.

Tabla 4.13.

Fallas encontradas durante las pruebas

Falla	Corrección
Carga demorada de las imágenes 360°	Compresión de las imágenes disminuyendo su tamaño de ±33 MB a ±2 MB.
Envío de comentarios por fuera de la base de datos	Se renombró el campo del formulario que no enviaba la información debido a un problema de caracteres en el campo id.
Mala adaptación del sitio en dispositivos móviles	Se añadió al contenedor wrapper del código fuente CSS Media Query con corte a 500px para la versión móvil.
Encabezados mal definidos	Se reasignaron los meta descriptores, disminuyendo la longitud de la descripción y cambiando el atributo *nofollow* a *follow*.
Desplazamiento en las coordenadas de algunas fotos	Se usaron las coordenadas alternas de QField tomadas como apoyo a las coordenadas geoetiquetadas con el móvil.
Enlaces sin ruta	Se corrigieron las direcciones URL de los enlaces de la página de inicio inoperativos.
Acceso de administrador bloqueado	Se ajustó el redireccionamiento por el nombre correcto en la dirección que conduce al panel de control del usuario administrador.
Hoja de estilos corrupta	Se estableció un *Wrapper* general en el CSS de la hoja de style.css con jerarquía superior a las secciones de encabezado, contenido, resultados y pie de página.

Nota. Elaboración propia.

Posterior a la fase de pruebas se llevó a cabo una encuesta de usabilidad del sistema a un grupo usuarios, que encontró fallas de navegación reales y permitió comparar el portal con otros sitios en términos de accesibilidad, navegación, diseño y demás aspectos de uso, consultables en el anexo 5 (Encuesta de usabilidad).

4.1.1.5.4 ALOJAMIENTO Y DOMINIO

El alojamiento de los archivos que componen al sistema recayó sobre un servicio de almacenamiento web de pago (Colombia Hosting) de 10GB y 500GB de tráfico mensual, direccionado por un dominio propio (Calitour.com), operativo bajo un certificado de seguridad gratuito *SSL*, provisto por mismo operador de *hosting*.

4.1.1.6 RESULTADOS SEXTA FASE: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se desarrolló un módulo de administrador de contenido, que permite la adición, edición y eliminación de los sitios turísticos, añadidos por otros usuarios, esto con el fin de mantener un control sobre las publicaciones e impedir el esparcimiento de información errónea o malintencionada. El usuario sin autenticar puede completar un formulario (figura 4.19) donde se recibe la información del punto turístico; su ubicación, descripción y demás características, junto a una imagen panorámica 360°. Este contenido entra a lista de espera para ser revisado por un administrador y posteriormente ser visible junto con las opciones de compartir y comentar dentro del sistema.

Figura 4.19.

Formulario de ingreso para nuevo sitio 360°



Nota. Elaboración propia.

4.1.2 RESULTADOS POR OBJETIVOS

Las métricas usadas para la medición de los objetivos, se adoptaron a partir de las propuestas de autores como Lemoine et al., (2018), Velázquez (2019), Villaespesa (2018), Chiriguaya y Baquerizo (2021) quienes sugieren contabilizar el contenido adicional integrado en los sistemas desarrollados, aplicar encuestas para evaluar la percepción de los usuarios sobre estos elementos, y monitorear las visitas al sistema mediante diferentes herramientas de análisis de tráfico web. En la tabla 4.14 se detallan las unidades de medida asignadas a cada objetivo del sistema.

Tabla 4.14.

Unidades de medida por objetivo

Objetivo	Unidad de medida	Descripción
Objetivo 1	● Cantidad de elementos cartográficos integrados en el SIG Web ● Nivel de comprensión de la simbología turística incorporada en el Sistema (en una escala con valores de 1 a 5).	Se contabilizó la cantidad de elementos cartográficos integrados en el SIG Web y mediante una encuesta se evaluó y cuantificó la percepción de los usuarios sobre estos.
Objetivo 2	● Cantidad de elementos visuales incorporados en el sistema.	Se contabilizó la cantidad de elementos visuales incorporados en el sistema y a través de una encuesta se recopiló y cuantificó información sobre las percepciones de los usuarios en relación al impacto visual del sistema en comparación con otros ya existentes.
Objetivo 3	● Número de visitas al SIG Web.	Se realizó utilizando herramientas de análisis de tráfico web.

Nota. Elaboración propia.

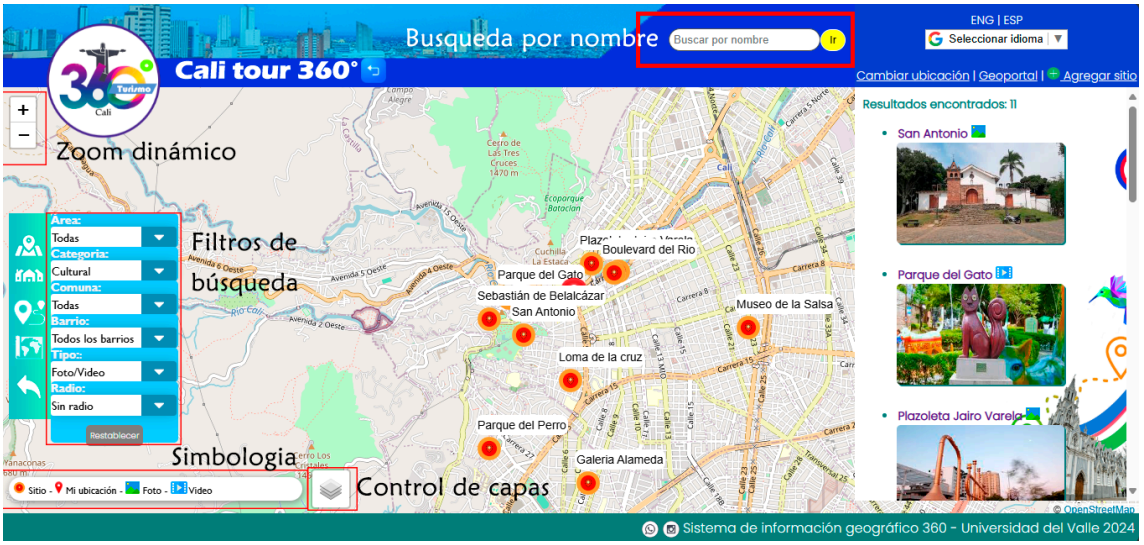
4.1.2.1 OBJETIVO 1: ENRIQUECIMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE LOS SITIOS TURÍSTICOS DEL ÁREA URBANA DE CALI.

Para enriquecer la información sobre los sitios turísticos, se implementaron elementos interactivos como filtros de contenido por área, por comuna, barrio y categoría. Se agregó la capacidad de recopilar la ubicación del usuario para el trazado de rutas hacia los destinos turísticos y así mismo visualizar puntos de interés cercanos. Se añadió material fotográfico y textual relacionado de cada destino, escala cartográfica dinámica, simbología personalizada, búsqueda por nombre y control de capas.

En las figuras 4.20, 4.21 y 4.22, se muestra el geovisor logrado con las funcionalidades de enriquecimiento cartográfico incorporadas.

Figura 4.20.

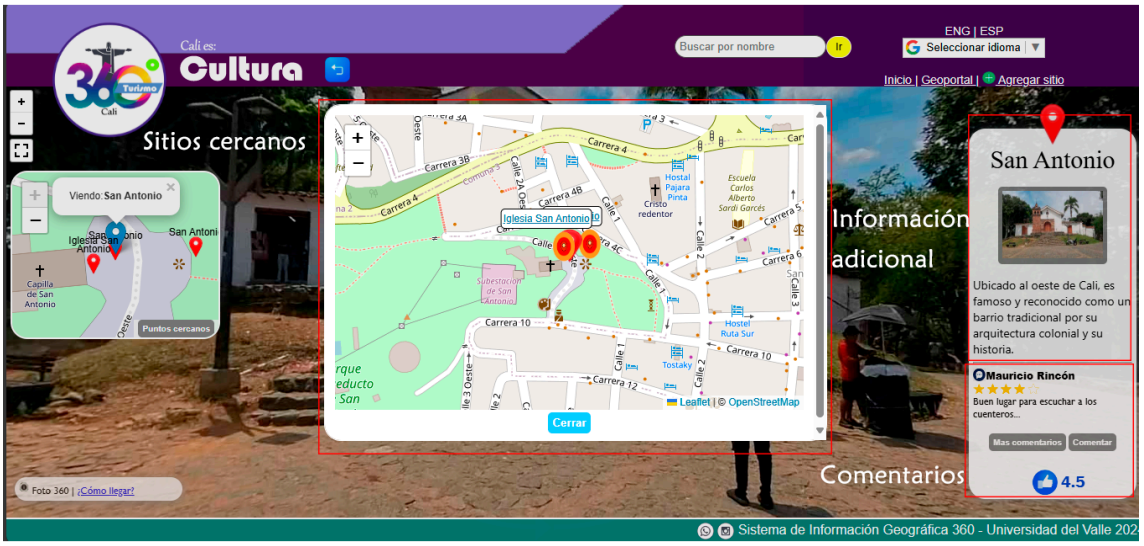
Captura de pantalla del geovisor con las opciones de búsqueda



Nota. Elaboración propia.

Figura 4.21.

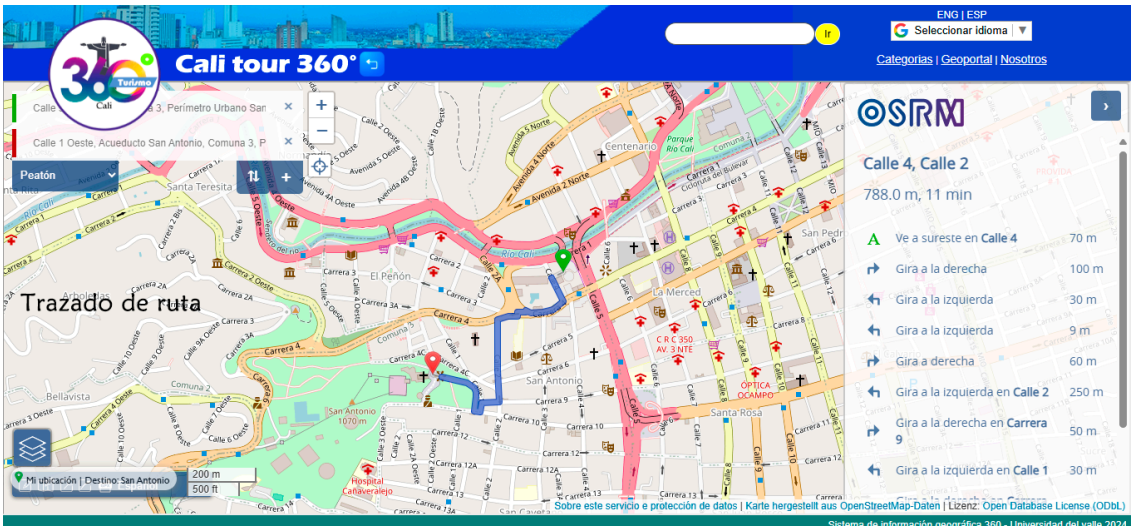
Opciones búsqueda de sitios cercanos e información adicional



Nota. Elaboración propia.

Figura 4.22.

Captura de pantalla del geovisor con la opción de ruteo



Nota. Elaboración propia.

4.1.2.1.1 ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS FRENTE AL SIG WEB

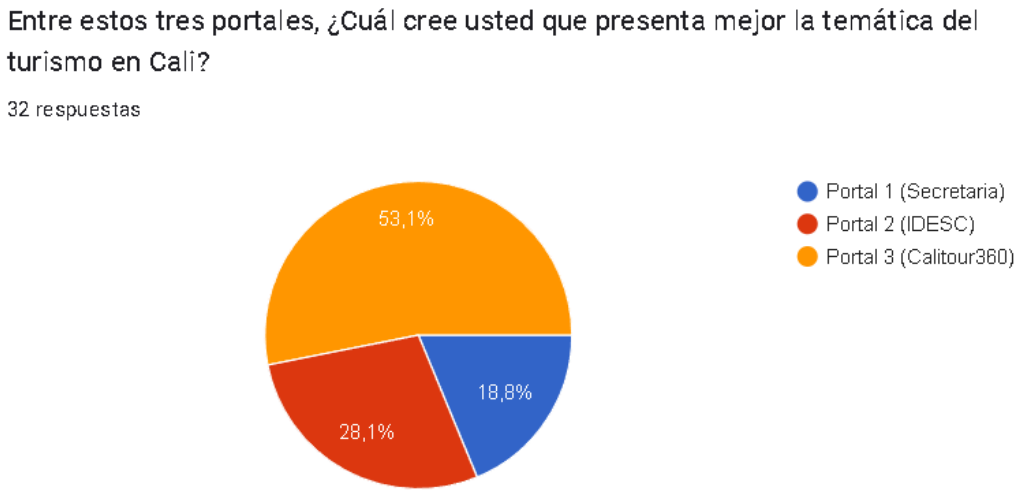
Tras finalizar el desarrollo del SIG Web 360°, se evaluó la percepción del público sobre las funcionalidades cartográficas implementadas mediante una encuesta digital aplicada a 32 personas, quienes exploraron tres portales: el de la Secretaría de Turismo de Cali (https://www.cali.gov.co/turismo/), el de la IDESC (https://idesc.cali.gov.co/geovisor.php) y el desarrollo logrado en esta investigación (calitour360.com) (ver Anexo 4 - Encuesta de percepción). Aunque estos portales tienen propósitos distintos, su inclusión en la comparación obedece a razones estratégicas.

El portal de la Secretaría de Turismo fue seleccionado por ser la fuente oficial de información turística de Cali, lo que permitió identificar cómo se presenta este tema desde una institución gubernamental y comparar la percepción de los usuarios frente a un enfoque alternativo como el de CaliTour 360. Por su parte, el portal de IDESC, es una herramienta ampliamente utilizada por los profesionales de la Ingeniería Topográfica en la región, representando una referencia en cuanto al manejo y presentación de datos espaciales y que lo convierte en un estándar técnico para evaluar funcionalidades cartográficas. Comparar CaliTour 360 con estos portales permitió contextualizar su desempeño y percepción dentro de un marco tanto institucional como técnico, identificando fortalezas y oportunidades de mejora en función de las expectativas y preferencias del público.

A continuación las figuras 4.23 y 4.24 presentan algunos de los resultados obtenidos en esta comparación.

Figura 4.23.

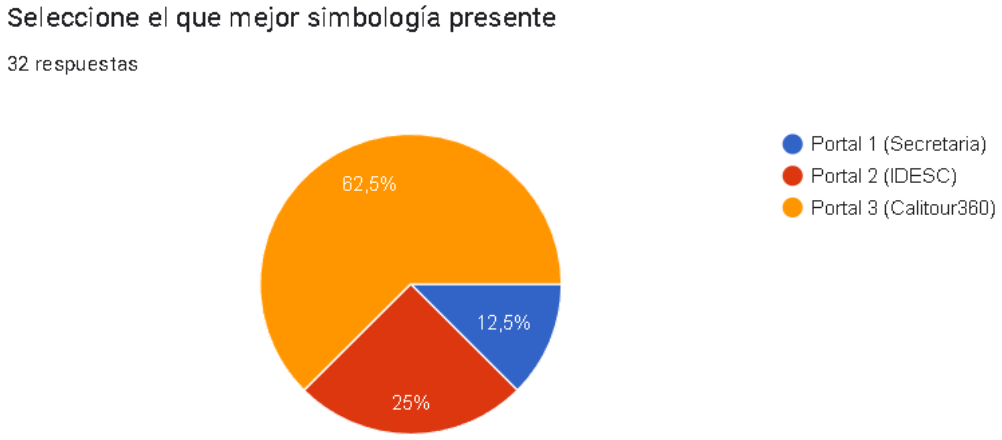
Preferencia por representación de la temática turística



Nota. Elaboración propia.

Figura 4.24.

Preferencia por simbología



Nota. Elaboración propia.

En los resultados se observa una preferencia significativa por el Geoportal CaliTour 360. Donde el 53,1% de los encuestados consideró que ofrecía una mejor representación temática, mientras que el 62,5% destacó la claridad y efectividad de la

simbología empleada en la plataforma. Estos hallazgos sugieren que los elementos interactivos y visuales incorporados en el SIG Web han logrado enriquecer la información turística en comparación con los otros dos portales.

4.1.2.2 OBJETIVO 2: CONTRIBUCIÓN AL IMPACTO VISUAL DEL MEDIO DE DIFUSIÓN DE LOS LUGARES TURÍSTICOS DE SANTIAGO DE CALI

La contribución del proyecto al impacto visual del medio de difusión reside en la integración de material 360° (fotografías y videos) con las capacidades de geolocalización de un SIG en la web. Esto permite mostrar la ubicación espacial de los destinos turísticos de la ciudad, enriquecida con contenido audiovisual.

En la tabla 4.15 se detalla la cantidad de contenido integrado según su tipo.

Tabla 4.15.

Cantidad de material integrado

Tipo de contenido	Cantidad
Fotografias 360°	87
Videos 360° en posición estática	4
Videos 360° en movimiento	4

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 4.16 se especifica el contenido multimedia 360° incorporado para cada punto turístico incluido en el SIG Web.

Tabla 4.16.

Contenido multimedia 360° incorporado por cada sitio turístico

Nombre del punto	Fotos 360°	Videos 360°
Iglesia la Ermita	*2*	*0*
Plazoleta Jairo Varela	*3*	*0*
Boulevard del rio	*12*	*1*
Parque del gato	*1*	*1*
Sebastián de Belalcázar	*1*	*1*
Museo de salsa	*4*	*1*
Galería Alameda	*2*	*0*
Loma de la Cruz	*2*	*1*
Parque del perro	*2*	*0*
San Antonio	*3*	*0*
Mio cable	*4*	*0*
Estadio	*1*	*0*
Canchas panamericanas	*3*	*0*
Cerro de las 3 cruces	*4*	*2*
Jardín Botánico	*4*	*1*
Zoológico de Cali	*5*	*0*
Puntos intermedios: • Parque de los poetas • Catedral	*34*	*0*

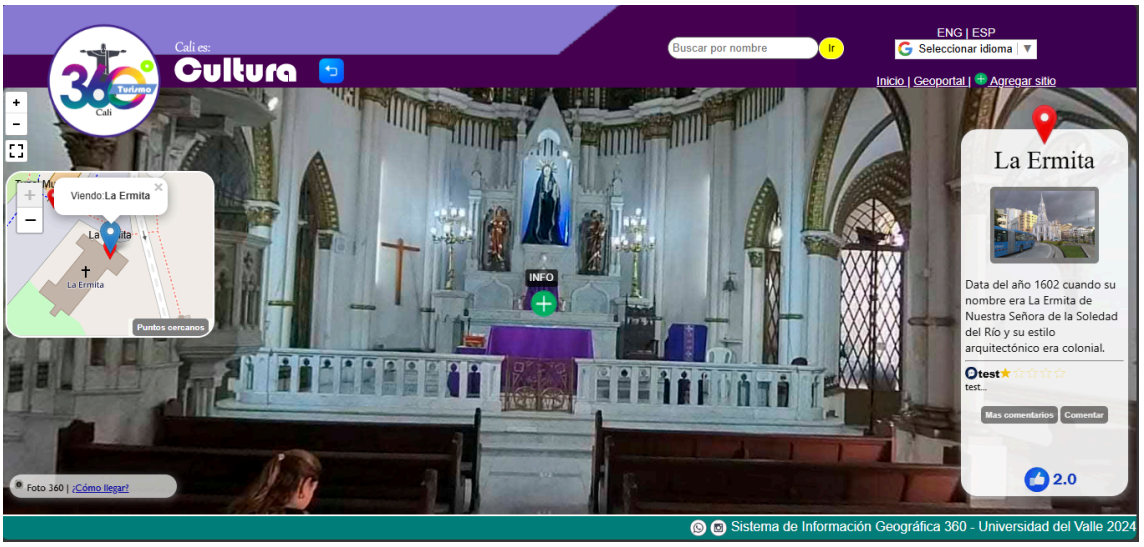
Nombre del punto	Fotos 360°	Videos 360°
• Plaza Caycedo • Plaza de las banderas • CAM		

Nota. Elaboración propia.

Algunas capturas de pantalla del geovisor logrado se presentan en las figuras 4.25 y 4.26.

Figura 4.25.

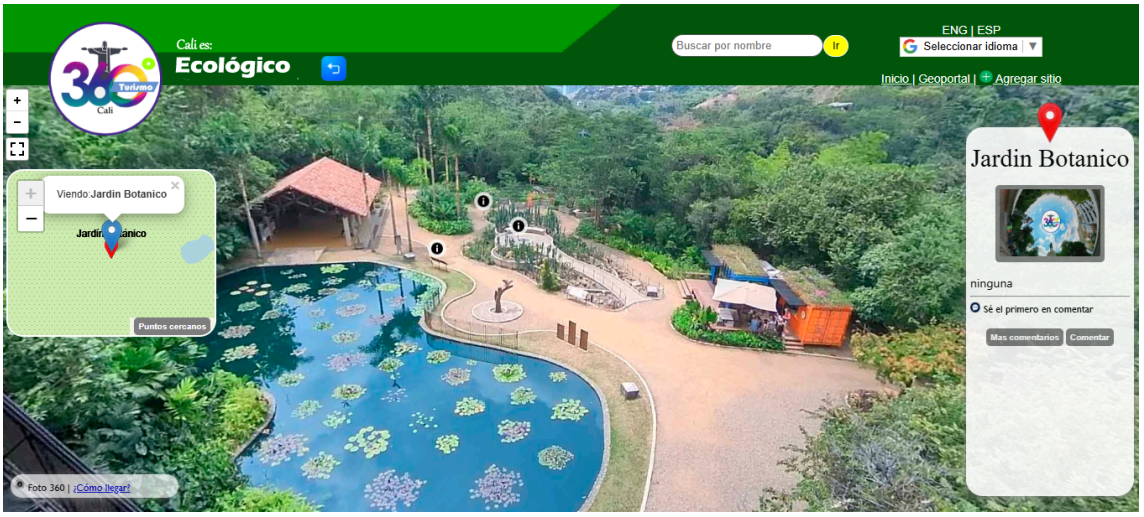
Captura de pantalla del SIG Web 360° - Sitio Iglesia La Ermita



Nota. Elaboración propia.

Figura 4.26.

Captura de pantalla del SIG Web 360°- Sitio Jardín Botánico

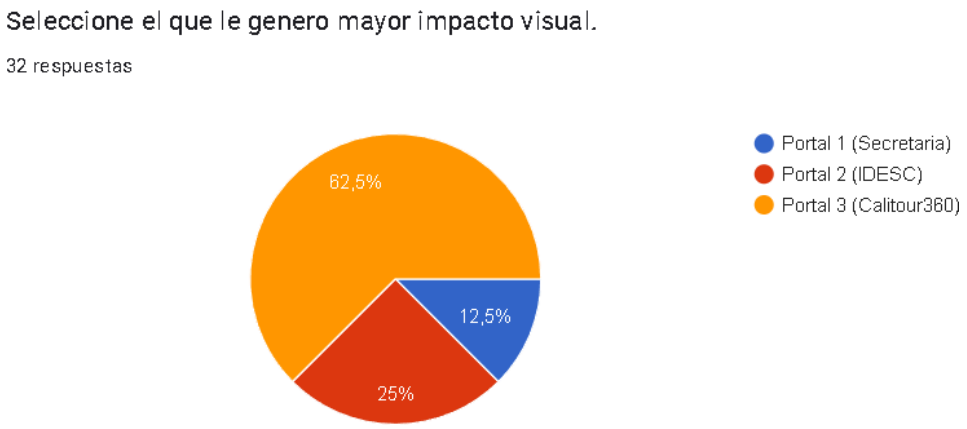


Nota. Elaboración propia.

Al igual que en el objetivo 1, para evaluar el impacto visual de la integración de tecnología 360° en medios de difusión turística, se incluyeron dos preguntas adicionales en el cuestionario previamente diseñado (ver Anexo 4 - Encuesta de percepción). Estas preguntas buscaban identificar cuál de los tres portales comparados (Secretaria de turismo de Cali, IDESC y CaliTour 360) generaba un mayor impacto visual como se muestra en las figuras 4.27 y 4.28.

Figura 4.27.

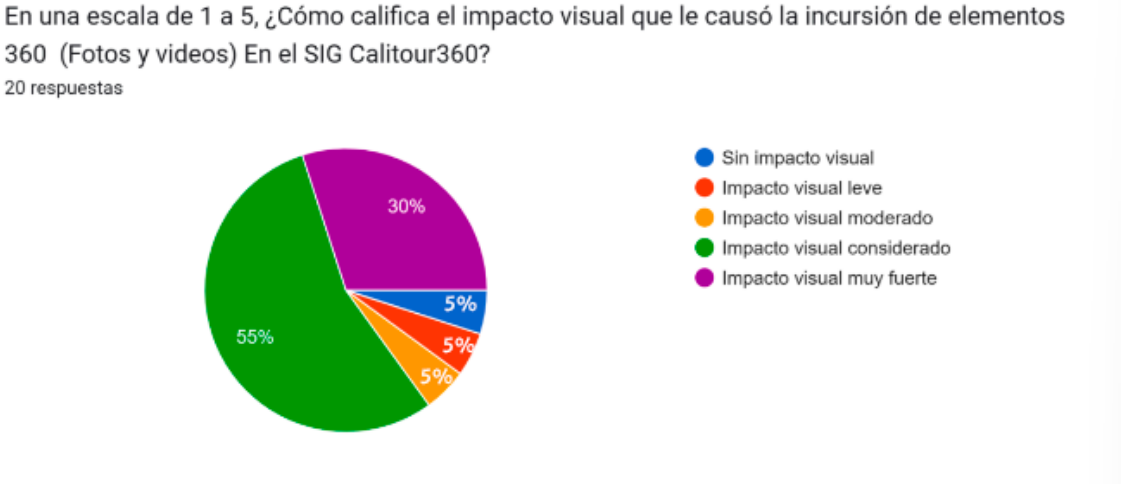
Impacto visual generado por los portales de turismo analizados



Nota. Elaboración propia.

Figura 4.28.

Impacto visual generado por los elementos 360° integrados



Nota. Elaboración propia.

Las figuras 4.27 y 4.28 indican que la integración de elementos 360° en el SIG han generado un impacto visual notable en los usuarios, donde se observa que 62,5% de los encuestados manifestó una clara preferencia por el portal CaliTour 360, sugiriendo que los componentes interactivos han mejorado la percepción visual. Además, el 30%

de los participantes calificó el impacto visual de estos elementos como "Muy fuerte", mientras que el 55% lo evaluó como "Considerable", lo que indica que el uso de imágenes y videos 360° puede aumentar el atractivo visual del medio de difusión usado.

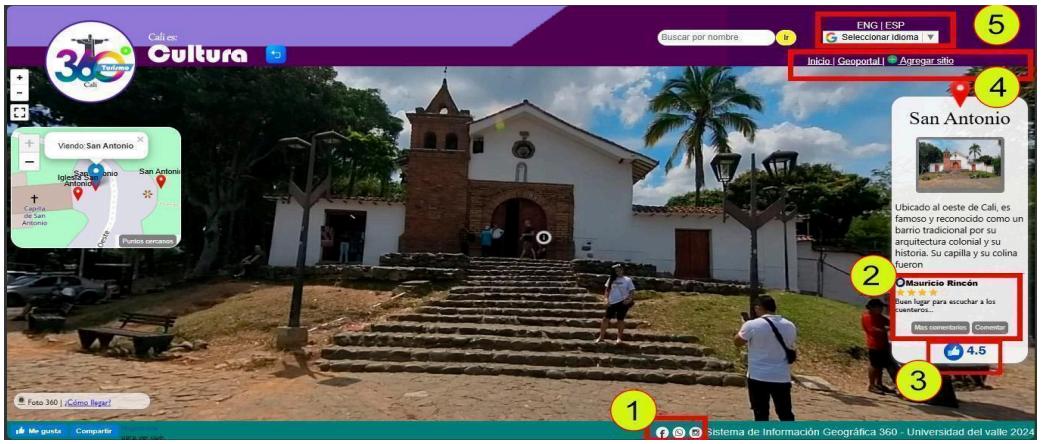
4.1.2.3 OBJETIVO 3: APORTE A LA PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DEL DESTINO TURÍSTICO.

El diseño e implementación de una herramienta espacial fue la estrategia adoptada para promover y difundir los lugares turísticos de Cali. Esta herramienta, fue lanzada en la web y optimizada en dispositivos móviles para mejorar su visibilidad y presencia en motores de búsqueda como *Google Bot*. Además, se añadieron funcionalidades para mejorar la interacción con los usuarios, incluyendo opciones para compartir contenido en redes sociales (elemento 1 en la figura 40), dejar opiniones (2), calificar los sitios turísticos (3) y añadir nueva información (4). También se incorporó soporte multilingüe para el público internacional. La herramienta está disponible a través del enlace directo https://calitour360.com.

La figura 4.29 ilustra algunas de las funcionalidades incorporadas en el portal para promover y difundir los lugares turísticos de Santiago de Cali.

Figura 4.29.

Funcionalidades incorporadas para la difusión



Nota. Elaboración propia.

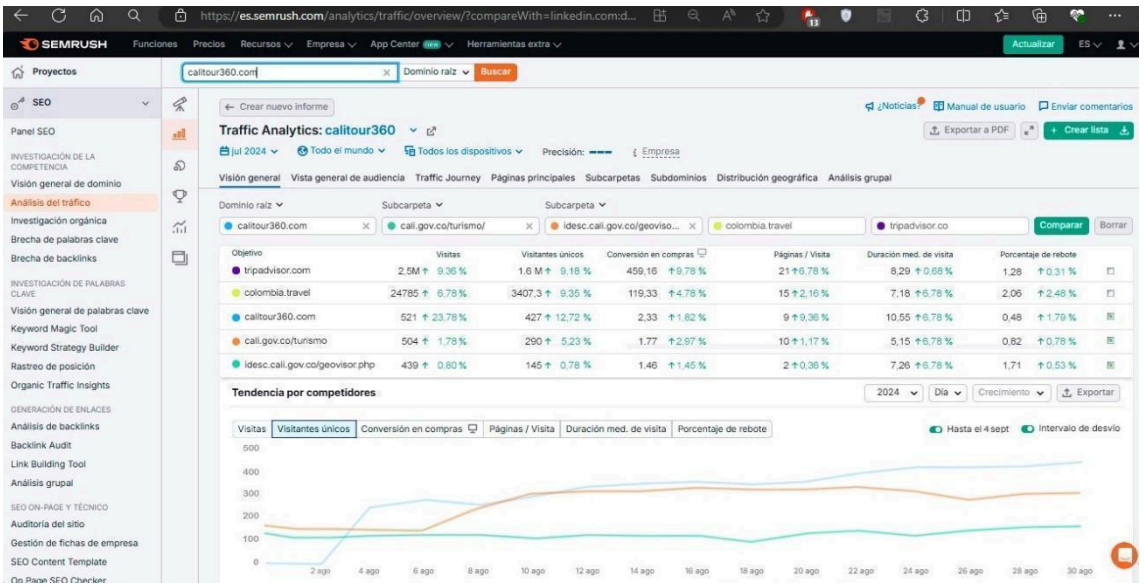
El impacto de la herramienta espacial desarrollada en términos de promoción y difusión se midió utilizando tres plataformas de análisis de tráfico web: SEMrush, AWStats y Google Analytics. Los datos recopilados abarcaron el período del 1 al 31 de agosto de 2024, comparando el rendimiento de CaliTour 360 con los portales oficiales de la Secretaría de Turismo de Cali y de la IDESC. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por cada plataforma de análisis web.

Informe de SEMrush

SEMrush registró 427 visitas únicas a CaliTour 360 durante el mes de agosto de 2024. En comparación, el portal de la Secretaría de Turismo de Cali recibió 290 visitas y el de la IDESC, 145 visitas como se observa en la figura 4.30.

Figura 4.30.

Informe de tráfico web de Semrush



Nota. Elaboración propia.

Estos datos muestran superioridad de CaliTour 360 en términos de tráfico web, lo que indica una mayor atracción de usuarios. Además, se observó una tendencia creciente en el número de visitas al portal, lo que sugiere un incremento continuo en la visibilidad y en el interés por los contenidos y funcionalidades de la plataforma en

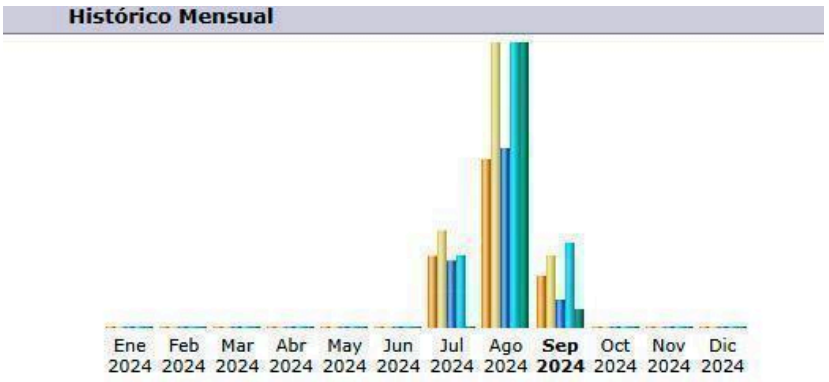
comparación con la forma en que los otros portales turísticos comparados presentan la información turística.

Informe de AWStats

AWStats confirmó los resultados de SEMrush al registrar 418 visitas para CaliTour 360 en el mismo período (figura 4.31).

Figura 4.31.

Informe de tráfico web de AWStats



Mes	Visitantes distintos	Número de visitas	Páginas	Solicitudes	Tráfico
Ene 2024	0	0	0	0	0
Feb 2024	0	0	0	0	0
Mar 2024	0	0	0	0	0
Abr 2024	0	0	0	0	0
May 2024	0	0	0	0	0
Jun 2024	0	0	0	0	0
Jul 2024	121	175	633	693	10.11 MB
Ago 2024	418	512	1,262	2,009	2.14 GB
Sep 2024	63	88	192	602	139.75 MB
Oct 2024	0	0	0	0	0
Nov 2024	0	0	0	0	0
Dic 2024	0	0	0	0	0
Total	602	775	2,087	3,304	2.29 GB

Nota. Elaboración propia.

La consistencia entre ambas plataformas (SemRush y AWStats), otorga confiabilidad a los datos y visualiza el impacto positivo de la herramienta en la promoción turística de Santiago de Cali.

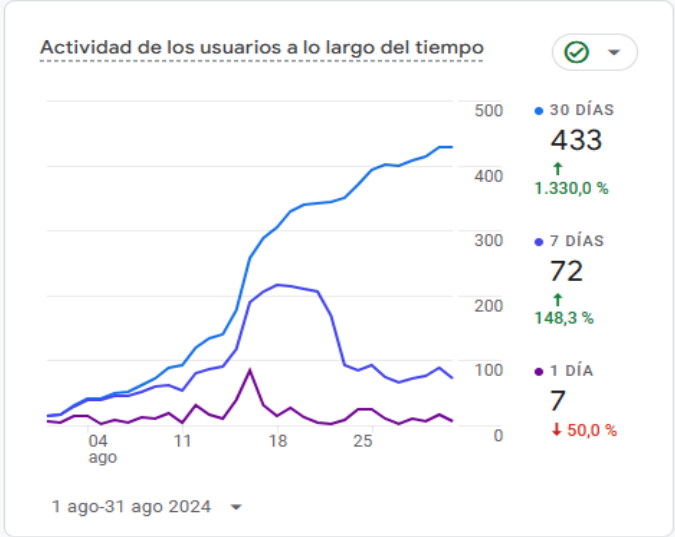
Cabe destacar el crecimiento en el número de visitantes orgánicos entre el mes de Julio (121) fecha de lanzamiento y el inicio del mes de Agosto (418), lo que refleja una tendencia al alza y coincide con el jalonamiento de público suscitado por el evento COP16 (entre el 21 al 1 de noviembre del 2024) en la ciudad de Cali.

Informe de Google Analytics

Google Analytics reportó 433 visitas durante el periodo de 30 días analizado, confirmando una vez más los resultados obtenidos por SEMrush y AWStats (figura 4.32).

Figura 4.32.

Informe de tráfico web de Google Analytics



Nota. Elaboración propia.

Los datos graficados mostraron un crecimiento sostenido en el tráfico, con una distribución uniforme de visitas diarias y picos de actividad en algunas fechas asociados a las festividades celebradas en esos días (Petronio Álvarez 14-19 de agosto y Mundial Sub20 Femenino del 31 de agosto al 22 de septiembre).

De los informes obtenidos a través de las tres plataformas de análisis de tráfico web se infiere que CaliTour 360 ha logrado un aumento en la promoción y difusión de los destinos turísticos de Santiago de Cali en comparación con los portales oficiales. La

consistencia en los datos y el crecimiento sostenido en el número de visitas respaldan que CaliTour 360 puede desempeñar un papel importante en aumentar la visibilidad de los atractivos turísticos de la ciudad a lo largo de los años.

4.1.2.4. PRUEBAS DE USABILIDAD

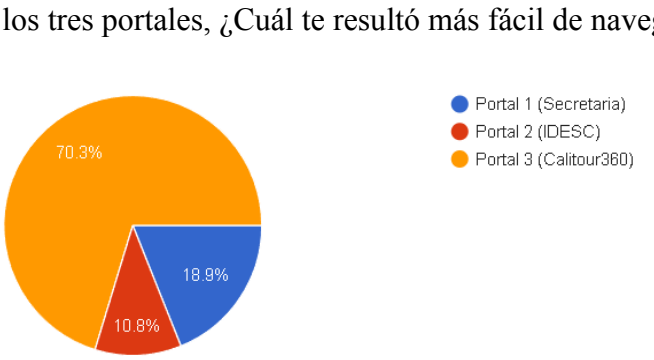
Adicionalmente a la presentación de los resultados por objetivos, se realizó una prueba de uso con el propósito de consolidar la percepción del usuario frente al Geoportal construido.

4.1.2.4.1 COMPARACIÓN CON OTROS PORTALES DE TURISMO DE CALI

Se aplicó una encuesta digital a una muestra de 37 personas (Anexo 5 - Prueba de usabilidad), donde se recopiló información sobre la experiencia de uso al interactuar con los tres portales de turismo mencionados (Secretaría de Turismo de Cali, IDESC, y CaliTour 360). Los hallazgos se muestran en las figuras 4.33, 4.34, 4.35.

Figura 4.33.

Comparativa de Facilidad de Navegación entre los Portales de Turismo

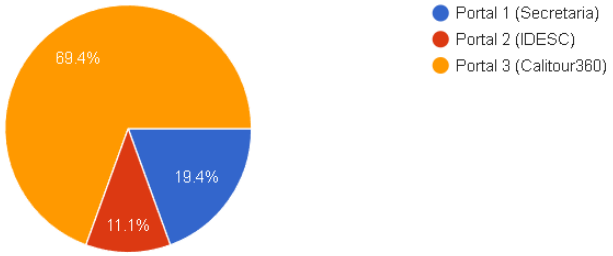


Nota. Elaboración propia.

Figura 4.34.

Comparativa de comprensión entre plataformas Turísticas

¿Cuál plataforma consideras más intuitiva para realizar búsquedas y explorar contenido?



Nota. Elaboración propia.

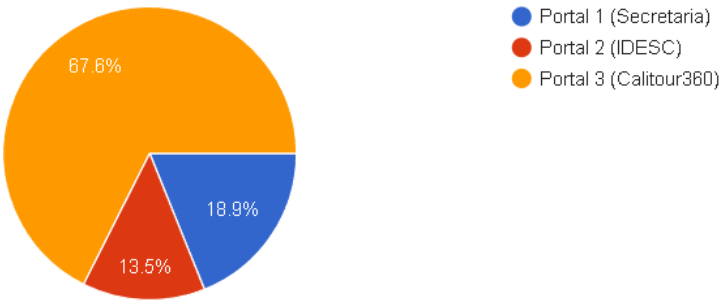
El resultado presentado en la figura 4.33 sugiere que CaliTour 360 proporciona una mejor experiencia de navegación, probablemente debido a su diseño y su adaptabilidad. Este hallazgo valora la presencia de CaliTour 360 como una herramienta para mejorar la visibilidad y accesibilidad de los atractivos turísticos de Cali.

La figura 4.34 muestra que el portal CaliTour 360 fue considerado más intuitivo para realizar búsquedas y explorar contenido, con un 69.4% lo que indica que ofrece una experiencia de usuario más amigable.

Figura 4.35.

Impacto de las plataformas en la intención de visita a destinos turísticos

¿Cuál te motivó más a querer visitar los destinos turísticos que ofrece la ciudad?



Nota. Elaboración propia.

La figura 4.35 mostró que el portal CaliTour 360 generó una mayor motivación para visitar los destinos turísticos de la ciudad, lo que indicó que no solo atrae más a los usuarios, sino que también suscita un mayor interés en explorar los destinos turísticos, lo que destacó su efectividad en la promoción y visibilidad de los lugares turísticos en Santiago de Cali.

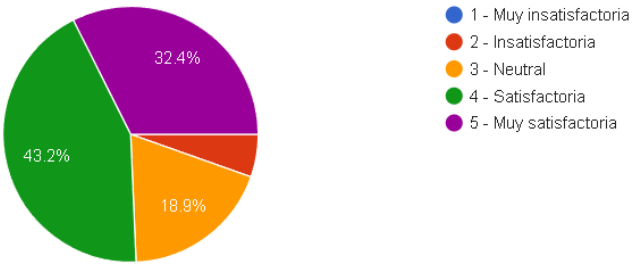
4.1.2.4.2 EXPERIENCIAS DE USO SOBRE EL SIG WEB, CALITOUR 360

De manera particular también se consultó sobre aspectos de funcionamiento del geoportal: velocidad de carga, facilidad de uso, diseño visual, entre otros como se presenta en las figuras 4.36, 4.37, 4.38 y 4.39.

Figura 4.36.

Experiencia general al usar CaliTour 360

¿Cómo calificarías tu experiencia general al usar CaliTour 360? (Escala de 1 a 5)

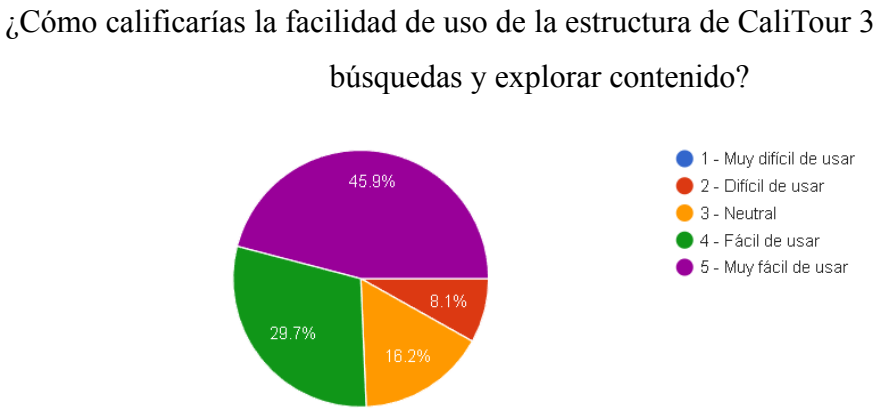


Nota. Elaboración propia.

La mayoría de los usuarios calificaron su experiencia con CaliTour 360 como "satisfactoria" o "muy satisfactoria", con un 75,6% de preferencia combinada. Este dato indicó que la plataforma cumple con las expectativas de la mayoría de los usuarios, proporcionando una experiencia que en general fue bien recibida. Solo un pequeño porcentaje (5,4%) consideró su experiencia "insatisfactoria", lo que sugiere áreas de mejora menores que no afectan significativamente la percepción general de la plataforma.

Figura 4.37.

Facilidad de uso de la estructura de CaliTour 360 para realizar búsquedas y explorar contenido



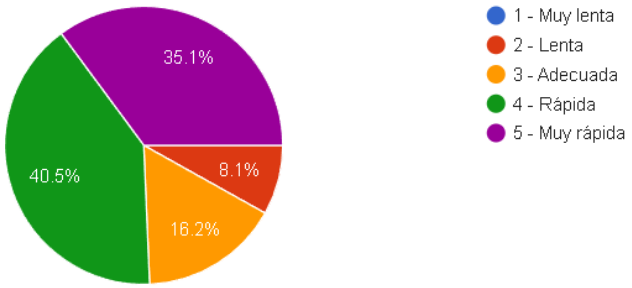
Nota. Elaboración propia.

En cuanto a la facilidad de uso para realizar búsquedas y explorar contenido, el 75,6% de los usuarios lo consideró “muy fácil” o “fácil” de usar. Esto sugiere que el sistema contiene un diseño de interfaz intuitivo y accesible, que permite a los usuarios navegar y encontrar información sin dificultades. Sin embargo, un 8,1% encontró la plataforma difícil de usar, lo que indica que podría beneficiarse de ajustes para mejorar la experiencia de navegación, especialmente para aquellos menos familiarizados con este tipo de tecnología.

Figura 4.38.

Velocidad de carga de la plataforma CaliTour 360

¿Cómo calificarías la velocidad de carga de la plataforma CaliTour 360 en términos de facilitar una navegación fluida?



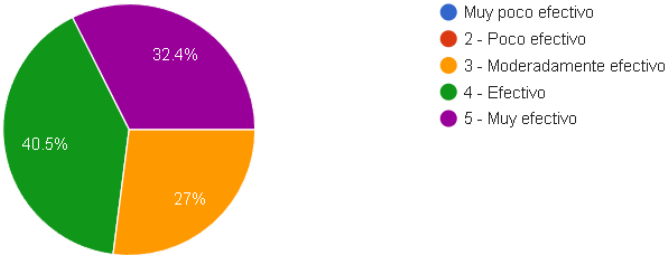
Nota. Elaboración propia.

La velocidad de carga de la plataforma fue otro aspecto destacado, con el 75,6% de los usuarios calificándola como rápida o muy rápida. Sin embargo, un 8,1% la encontró lenta, lo que sugiere que aún hay margen para mejorar la velocidad y garantizar una experiencia fluida para todos los usuarios, independientemente de las condiciones de su conexión a Internet.

Figura 4.39.

Facilidad de Ubicación y Acceso a Información Turística en CaliTour 360

¿En qué medida crees que el portal CaliTour 360 facilita la ubicación y obtención de información sobre los lugares turísticos en la ciudad de Santiago de Cali?



Nota. Elaboración propia.

Finalmente, en lo que respecta a la eficacia del portal para facilitar la ubicación y obtención de información sobre lugares turísticos, el 72,9% de los usuarios lo consideraron “muy efectivo” o dentro de un rango de “efectivo”. Este es un indicativo que CaliTour 360 está contribuyendo a mejorar la visibilidad y accesibilidad de los sitios turísticos de la ciudad. Por otra parte, no hubo respuestas que califiquen la plataforma como “poco” o “muy poco efectiva”, lo que sugiere una posición fuerte como herramienta para los turistas.

4.1.2.5 VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS

Se verificó el cumplimiento de los requisitos establecidos para el sistema mediante una lista de chequeo que detalla el estado de implementación de cada uno. Los resultados de esta validación se presentan en la tabla 4.17.

Tabla 4.17.

Estado de requerimientos

Requerimiento	Estado
● Opción para consultar la ubicación de los sitios turísticos.	Cumplido
● Implementar parámetros de búsqueda por comuna o barrio.	Cumplido
● Permitir a los usuarios localizar puntos turísticos cercanos.	Cumplido
● Permitir la creación de buffer o zonas de influencia.	Cumplido
● La herramienta debe estar disponible en la web.	Cumplido
● Filtro por categoría de turismo.	Cumplido
● Búsqueda por el nombre del lugar turístico.	Cumplido
● Se incluirán al menos un elemento 360° del sitio turístico identificado, sea foto o video.	Cumplido
● Detectar la ubicación del usuario.	Cumplido
● Indicaciones de una ruta hacia el sitio turístico.	Cumplido
● Posibilidad de dejar comentarios y opiniones sobre los sitios turísticos.	Cumplido
	Cumplido

Requerimiento	Estado
• Incluir herramientas que permitan a los usuarios compartir contenido del portal en redes sociales y otras plataformas. • Creación de un módulo de administrador para controlar las publicaciones.	Cumplido

Nota. Elaboración propia.

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Es importante comparar y reconocer los hallazgos y dificultades sobresalientes de otros trabajos similares, donde al igual que este proyecto, se parte de una deficiencia de visibilidad en el medio de difusión turístico, para desarrollar un producto que ofrezca una alternativa de solución a la problemática identificada. Es así como surge en el año 2014, *BIG*-turismo (García et al., 2014), una iniciativa para la creación de un SIG Web que funciona como banco de imágenes de los sitios turísticos de Madrid, España y que asegura no haber sido sencillo incorporar un mecanismo eficiente para el procesamiento de las imágenes aportadas por los usuarios al sistema, aunado a la falta de medios técnicos para el procesamiento, lo cual hizo necesario crear nuevas versiones de la web para corregir errores. Tal cual, como en el desarrollo de este proyecto, donde el procesamiento de los videos supuso gran dificultad por el tamaño de los archivos generados, dado su larga duración y alta resolución. Al igual que *BIG*-turismo, Calitour 360 requirió para su funcionamiento la estructuración de la información espacial y no espacial en una base de datos y la elaboración de una interfaz de usuario para la consulta responsive. Ambas metodologías están enfocadas al desarrollo de un SIG consciente de las necesidades de los usuarios en cuanto al sector turístico.

Las opciones de interacción también son un factor importante en los SIG aplicados al turismo, como lo revela Polidoro y Vizintim (2010), donde acuña el término "*Web GIS*" para describir un SIG de recorridos turísticos de Aracaju (Brasil) disponible en la web con opciones de filtrado, similares a los implementados por Calitour 360 en tanto a selección de categorías, ubicación y tipo de contenido. Siendo así un acierto permitir la interacción fluida del usuario con la información contenida en el SIG Web 360°.

Resultados de trabajos como los de Barba (2019), Vargas y Otero (2015), Rahimizhian et al., (2020) y Ávila (2023), presentados como antecedentes de este proyecto de investigación, se asemejan porque implementan material 360° como elemento de atracción al turista. Sin embargo, no contemplan las características de

manejo de información espacial de un SIG, lo que da a CaliTour 360 una perspectiva diferente porque integra una solución Geomática a un problema social.

Capítulo 5

5.1 CONCLUSIONES

El proyecto logró cumplir con los objetivos planteados, consolidando la implementación de un SIG como una alternativa para reducir las deficiencias de visibilidad de los sitios turísticos de Santiago de Cali. La incorporación de elementos interactivos, como imágenes y videos 360°, enriqueció la presentación de los destinos, siendo valorada positivamente por el 62,5% de los usuarios encuestados en comparación con otros portales que carecen de estas características. Además, el sistema destacó al superar los indicadores de tráfico web de plataformas como el portal de la IDESC (145 visitas) y el de la Secretaría de Turismo de Cali (290 visitas), alcanzando un promedio de 425 visitas orgánicas entre el 1 de agosto y el 31 de agosto del 2024. Estos resultados reflejan el potencial de este tipo de herramientas para abordar problemáticas similares a la identificada en este estudio.

La metodología basada en el ciclo de vida de un SIG propuesta por Tomlinson (2007) proporcionó una estructura útil para guiar el desarrollo del sistema. Este enfoque permitió organizar de manera clara sus etapas, facilitando la planificación, recopilación de datos y la integración de tecnologías multimedia. Gracias a esta referencia metodológica, fue posible abordar las necesidades del sistema de forma estructurada y alineada con sus objetivos.

El estudio constituye un aporte al estado del arte al integrar SIG con imágenes y vídeos 360°. Este desarrollo, que combinó elementos geoespaciales con recursos multimedia interactivos, sugiere un avance en la manera de abordar la difusión turística, diferenciándose de los métodos convencionales. Además, el proyecto sienta una base para futuras investigaciones, que busquen aumentar la visibilidad de lugares turísticos a través de recursos tecnológicos 360°.

Los resultados de la prueba de usabilidad indicaron que CaliTour 360 es una plataforma que funciona correctamente en términos de facilidad de uso, velocidad de carga y efectividad en la obtención de información turística. Las áreas de mejora identificadas, aunque mínimas, ofrecen la oportunidad de optimizar aún más la plataforma para alcanzar un grado de satisfacción todavía mayor.

Finalmente, los resultados obtenidos comprobaron la hipótesis planteada en el proyecto, ya que las mejoras en las características cartográficas, visuales y de promoción del medio de difusión contribuyeron al aumento de la visibilidad de los sitios turísticos de Cali.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para mantener la relevancia y efectividad del SIG, se recomienda implementar un plan de actualización y mantenimiento continuo. Esto incluiría la incorporación regular de nuevos puntos de interés turístico, la actualización de la cartografía y la adición de un mayor número de contenido multimedia. Además, se sugiere realizar auditorías periódicas para asegurarse de que la información sea precisa y esté alineada con las necesidades y expectativas de los usuarios.

- Se recomienda llevar a cabo estudios de seguimiento para analizar el impacto a largo plazo del SIG Web 360° en la promoción turística de Santiago de Cali. Estos estudios podrían medir variables como el aumento en la afluencia de turistas, la duración de las visitas y la satisfacción general de los visitantes con la oferta turística de la ciudad.

- Se sugiere fomentar la colaboración entre las distintas instituciones involucradas en el turismo y la tecnología en Santiago de Cali. Esta colaboración podría incluir alianzas con universidades, empresas tecnológicas y entidades gubernamentales para desarrollar proyectos conjuntos que fortalezcan el uso de tecnologías SIG en la promoción turística.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

Akamai (2025). *Ataque DDOS, https://www.akamai.com/es/glossary/what-is-ddos*

Alcaldía de Cali. (2022). *Cali se lleva nuevamente el galardón como 'Destino Ciudad Cultural Líder de Sudamérica' en los premios World Travel Awards 2022. Alcaldía de Cali.* https://www.cali.gov.co/turismo/publicaciones/171177/cali-se-lleva-nuevamente-el-galardon-como-destino-ciudad-cultural-lider-de-sudamerica-en-los-premios-world-travel-awards-2022/

Alcaldía de Santiago de Cali. (2021). *Caracterización de la oferta, empleo y demanda turística de Santiago de Cali en 2021.* https://www.cali.gov.co/turismo/publicaciones/167476/boletines-e-informes/genPagdoc5252=3

Alcaldía de Santiago de Cali. (2022). *Análisis de benchmarking de las actividades turísticas de la ciudad de Cali.* https://www.cali.gov.co/turismo/publicaciones/167476/boletines-e-informes/genPagdoc5252=5

Alcaldía de Santiago de Cali. (2023). *Diagnóstico sectorial del turismo de Cali 2023.* https://www.cali.gov.co/turismo/publicaciones/147017/estudios-investigaciones-y-otras-publicaciones/.

Alonso, J. (2022). *El turismo como motor de crecimiento económico en Colombia (2000-2019). Revista Internacional de Turismo, Empresa y Territorio, 6(1), 57–83.* https://doi.org/10.21071/riturem.v6i1.14056

Alzate, M., & Monsalve, N. (2018). *La hora del turismo en Colombia, ¿qué falta? Periódico UNAL.* https://periodico.unal.edu.co/articulos/la-hora-del-turismo-en-colombia-que-falta/

Amazon Web Services. (2022). *¿Qué es JavaScript? - Explicación de JavaScript (JS). Amazon Web Services.* https://aws.amazon.com/es/what-is/javascript/

Amazon.com (2025). *¿Qué es IAM? https://aws.amazon.com/es/what-is/api/#:~:text=API%20significa%20%E2%80%9Cinterfaz%20de%20programaci%C3%B3n,de%20servicio%20entre%20dos%20aplicaciones.*

Apple Support. (2024). *iPhone 13 - Especificaciones técnicas. Apple.* https://support.apple.com/es-co/111872

Araneda, P. (2021). *Base de datos. El camino de los datos a la información. Opendatsclinica.https://bookdown.org/paranedagarcia/database/modelamiento-de-datos.html#modelamiento-de-datos*

Araya, J. (2021). *Modelo para la toma de decisiones en la evaluación de destinos turísticos basado en criterios de sostenibilidad: estudio de caso situado en Costa Rica. UPC. http://hdl.handle.net/2117/362386*

Aronoff, S. (1989). *Geographic information systems: A management perspective. Geocarto International, 4(4), 58. https://doi.org/10.1080/10106048909354237*

Ávila, D. (2023). *Implementación de un sitio web con realidad aumentada para la promoción y difusión turística de la parroquia Pedro Pablo Gómez (Tesis de grado). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas. https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5506/1/AVILA%20GÓMEZ%20DARLING%20ALEXANDER.pdf*

AWStats. (2023). *AWStats Documentation. https://awstats.sourceforge.net/docs/*

Azevedo, R., Birkbeck, N., De Simone, F., Janatra, I., Balu, A., & Frossard, P. (2020). *Visual distortions in 360° videos. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 30(8), 2524–2537. https://doi.org/10.1109/tcsvt.2019.2927344*

Baral, R., & Shrestha, N. (2019). *Bootstrap WordPress web development. Metropolia University of Applied Sciences. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/171520/RoshanNikeshThesis.pdf*

Barba, D. (2019). *Catálogo virtual para la web, utilizando fotografías 360 de los atractivos más visitados de la ciudad de Puyo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11692*

Beltrán, G. (2016). *Geolocalización online: La importancia del dónde. UOC. https://doi.org/978-84-9116-166-0*

Berners-Lee. (s.f.). *HTML tutorial. https://www.w3schools.com/html/*

Bostock, M., Ogievetsky, V., & Heer, J. (2011). *D3 Data-Driven Documents. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 17(12), 2301–2309. https://doi.org/10.1109/tvcg.2011.185*

Bracken, I., & Webster, C. (1990). *Information technology in geography and planning: Including principles of Geographic Information Systems. Routledge.*

Burrough, P. (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment. Geocarto International, 1(3), 54. https://doi.org/10.1080/10106048609354060*

Cadavid, M. (2018). *Análisis de la percepción del turista extranjero de la oferta turística en la ciudad de Santiago de Cali (Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Occidente). https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/905f969f-59b7-4655-8cae-f0beb196e120/content*

Cartuche, D., Romero, J., & Romero, Y. (2018). *Evaluación multicriterio de los recursos turísticos en la parroquia Uzhcurrumi, Cantón Pasaje, Provincia de El Oro. Revista Interamericana de Ambiente y Turismo, 14(2), 102–113. https://doi.org/10.4067/s0718-235x2018000200102*

Cerinza, N. G. (s. f.). FAEDIS. *http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdlbmllcmlhX2luZm9ybWF0aWNhL2Z1bmRhbWVudG9zX2RlX2Jhc2VzX2RlX2RhdG9zL3VuaWRhZF8zLw==#slide_4.4*

Chiriguaya, M., & Baquerizo, V. (2021). *Diseño de un plan de marketing digital para promover el turismo en el cantón Samborondón, en el año 2020. RES NON VERBA Revista Científica, 11(1), 125–139. https://doi.org/10.21855/resnonverba.v11i1.433*

Colombia Hosting. (2024). *Planes Hosting. https://www.latinoamericahosting.com.co/hosting/*

Congreso de la República de Colombia. (2024). *Gestor normativo. Congreso de la República. https://www1.funcionpublica.gov.co/web/eva/gestor-normativo*

Connolly, T., & Begg, C. (2015). *Database systems: A practical approach to design, implementation, and management (6ª ed.). Pearson. https://dl.ebooksworld.ir/motoman/Pearson.Database.Systems.A.Practical.Approach.to.Design.Implementation.and.Management.6th.Global.Edition.www.EBooksWorld.ir.pdf*

Consejo de Cali. (2024). *Turismo sin recursos para posicionar a Cali en el contexto nacional e internacional. Concejo de Cali. https://www.concejodecali.gov.co/publicaciones/60662/turismo-sin-recursos-para-posicionar-a-cali-en-el-contexto-nacional-e-internacional/*

Cristancho, G., & Prieto, H. (2021). *Diseño de un sistema integrado para gestión de destinos turísticos en el municipio de Acacías - Meta. Universidad de Manizales. https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/5952*

Dangermond, J. (2009). *GIS: Designing our future. ArcNews.* *https://www.esri.com/news/arcnews/summer09articles/gis-designing-our-future.html*.

Dávila, F., & Camacho, E. (2012). *Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de archivos y cartotecas: Propuesta metodológica. Revista Catalana de Geografía.* *https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1003/Georreferenciación+de+documentos+cartográficos+para+la+gestión+de+archivos+y+cartotecas+propuesta+metodológica.pdf?sequence=1*

Digicert (2025). *¿Qué son SSL, TLS y HTTPS? https://www.digicert.com/es/what-is-ssl-tls-and-https*

Dragićević, S. (2004). *The potential of web-based GIS. Journal of Geographical Systems, 6(2), 79–81.* *https://doi.org/10.1007/s10109-004-0133-4*

Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2016). *Fundamentals of database systems (7th ed.). Pearson.* *https://lmsspada.kemdikbud.go.id/pluginfile.php/660512/mod_resource/content/6/Fundamentals%20of%20Database%20Systems%20(7th%20edition)%20-%202016.pdf*

EPSG, (s.f.). *About the EPSG Dataset.* *https://epsg.org/home.html*

ESRI. (2022). *¿Qué son los SIG? Tecnología de representación cartográfica con sistemas de información geográfica. Esri.com.* *https://www.esri.com/es-es/what-is-gis/overview*

ESRI. (2023). *Georreferenciación y sistemas de coordenadas. ArcGIS Resource Center.* *https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm*

Farjas, M. (s.f.). *Aplicaciones topográficas del G.P.S. Universidad Politécnica de Madrid.* *https://moodle.upm.es/en-abierto/pluginfile.php/726/mod_label/intro/Teoria_GPS_Tema_12.pdf*

Fernandez, P., Navarro, R., & Ruiz, F. (2024), *Geociencias aplicadas a la gestión forestal, capítulo 3, Avances en SIG móviles y servidores de mapas de Internet para mejorar la gestión forestal.https://mastergeoforest.es/libro-geoforest/*

Flanagan, D. (2011). *JavaScript: The definitive guide (6ª ed.). O'Reilly Media.*

Foro Económico Mundial. (2019). *The Travel & Tourism Competitiveness Report 2019: Travel and Tourism at a Tipping Point.* *https://www3.weforum.org/docs/WEF_TTCR_2019.pdf*

Future Processing. (2023). *Data modelling: A guide to techniques and best practices. Technology & Software Development Blog | Future Processing.* *https://www.future-processing.com/blog/data-modelling/*

Galeano, A. (2017). *Sistema de información geográfica (SIG) del patrimonio cultural, arquitectónico y ecológico del municipio de Zipaquirá como potencial turístico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.* http://hdl.handle.net/11349/6640

García, M., Torralba, L., De la Calle, M., & Mínguez, M. (2014). *BIG-Turismo: Una herramienta para la enseñanza de la geografía en el grado de turismo. Revista de Educación a Distancia (RED), (44).* https://revistas.um.es/red/article/view/237811

Garmin. (2023). *¿Qué es el GPS de doble frecuencia/multibanda?* https://support.garmin.com/es-ES/?faq=9NWiPDU4gM0JWMfdWFol7A

Gobernación del Cauca (2012). *Plan De Desarrollo Turístico De Valle Del Cauca 2012-2020, Ministerio de cultura y turismo de Colombia.* https://anterior.cauca.gov.co/otros-planes/plan-de-desarrollo-turistico-2012-2020

Gobernación del Valle del Cauca (2018). *Posicionamiento estratégico. Eje 2 - Competitividad Turística* https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=462

Gobernación del Valle del Cauca. (2017). *Análisis y diagnóstico turismo Valle del Cauca.* https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=460

GoDaddy. (2024). *Hosting | Web hosting rápido y confiable.* https://www.godaddy.com/es/hosting/web-hosting

Gonzáles, M. (2024). *Los mejores editores de video 360° para Windows y Mac en 2024. Filmora; Wondershare Filmora.* https://filmora.wondershare.es/video-editor/best-360-video-editors.html

GoodData. (s.f.). *Basic Rules of Data Modeling.* https://university.gooddata.com/tutorials/data-modeling/logical-data-model-basic-rules-of-data-modelling/

Google Cloud. (2024). *Cloud Storage | Google Cloud.* https://cloud.google.com/storage/

Google Developers. (2023). *Google for Developers: Desde la IA y la nube hasta los dispositivos móviles y la Web.* https://developers.google.com/?hl=es-419

Google Developers. (2024). *Guía de SEO para principiantes: conceptos básicos. Google.* https://developers.google.com/search/docs/fundamentals/seo-starter-guide?hl=es

Google. (2023). *Google Analytics Help.* *https://support.google.com/analytics/?hl=es-419#topic=14090456*

Google. (2024). *Contribute to Street View. Google.* *https://www.google.com/intl/es-419/streetview/contribute/*

Google. (s. f.). *Google Maps Street View. https://www.google.com/intl/es-419_co/streetview/*

Google. (s.f.). *Cómo encontrar y mejorar la precisión de tu ubicación.* *https://support.google.com/maps/answer/2839911?hl=es-419&co=GENIE.Platform%3DAndroid*.

Grapsas, T. (2020). *Guía del tráfico web: Cómo medirlo y analizarlo para orientar las decisiones en tu estrategia digital. Rock Content - ES.* *https://rockcontent.com/es/blog/trafico-web*

Guadamuz, J. (2019). *Fotografía en bibliotecas: más allá de los procesos técnicos y la promoción de los servicios. e-Ciencias de la Información, 9(2).* *https://doi.org/10.15517/eci.v9i2.37495*

Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos (2ª ed.). McGraw Hill.* *https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf*

Haklay, M., & Weber, P. (2008). *OpenStreetMap: User-generated street maps. IEEE Pervasive Computing, 7(4), 12–18.* *https://doi.org/10.1109/mprv.2008.80*

Heleine, J. (2024). *A JavaScript library to display 360° panoramas. Photo Sphere Viewer.*

Herrera, L. (2020). *Comparación de métodos para clasificar comentarios de lugares turísticos por medio de análisis de sentimiento (Tesis de grado). Universidad de Lima.* *https://hdl.handle.net/20.500.12724/12195*

Horstmann, C. S., & Cornell, G. (2014). *Core Java SE 8. Pearson Education.*

Hosseini, M., & Swaminathan, V. (2016). *Adaptive 360 VR video streaming: Divide and conquer. ArXiv (Cornell University).* *https://doi.org/10.1109/ism.2016.0028*

IBM (2024). *Sugerencias: Diseño de aplicaciones de bases de datos relacionales distribuidas. https://www.ibm.com/docs/es/i/7.5?topic=database-tips-designing-distributed-relational-applications*

Infometrika. (2019). *Apartado, informe de medición a residentes en Cali. Alcaldía de Santiago de Cali - Secretaría de Turismo.*

Infometrika. (2019). *Diagnóstico de competitividad turística de Santiago de Cali. Alcaldía de Santiago de Cali - Secretaría de Turismo.* *https://www.cali.gov.co/turismo/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=43308*

Insta360. (s.f.). *Insta360.com. https://www.insta360.com/es/product/insta360-x3*.

Ivars, J., & Vera, J. (2019). *Planificación turística en España: De los paradigmas tradicionales a los nuevos enfoques: Planificación turística inteligente. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 82, 2765. https://doi.org/10.21138/bage.2765*

Kim, S., & Lee, H. (2022). *Capturing reality: Validation of omnidirectional video-based immersive virtual reality as a streetscape quality auditing method. Landscape and Urban Planning, 218, 104290. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104290*.

Krpano. (s.f.). *Krpano.com. https://krpano.com/home/*

Krug, S. (2014). *Don't make me think, revisited: A common sense approach to web usability. New Riders.* *https://eng317hannah.wordpress.ncsu.edu/files/2020/01/Krug_Steve_Dont_make_me_think_revisited___a_cz-lib.org_.pdf*

Lemoine, F., Castellanos, G., Hernández, N., Zambrano, S., & Zambrano, G. (2018). *Análisis de los atractivos y recursos turísticos del cantón San Vicente, Ecuador. Retos de la Dirección, 12(2), 133–148. http://scielo.sld.cu/pdf/rdir/v12n2/rdir07218.pdf*

Lemoine, F., Vélez Bravo, E., Pazmiño, V., Romero, M., & Hidalgo, C. (2018). *Posicionamiento web en atractivos turísticos del Cantón Sucre, Ecuador. Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria, 4(4), 223–230.* *https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/mikarimin/article/view/1084*

Lie, H. (1996). *CSS: Cascading Style Sheets. Recuperado de https://www.w3.org/Style/CSS/*

Liu, X., Huang, Y., Song, L., Xie, R., & Yang, X. (2017). *The SJTU UHD 360-Degree Immersive Video Sequence Dataset. Proceedings of the International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV 2017). https://doi.org/10.1109/icvrv.2017.00095*

Logroño, S., Estrada, N., López, C., & Vásconez, V. (2021). *Utilización de lenguajes de programación para generar plataformas informáticas en pro del desarrollo del sector turístico que ayude al crecimiento económico. Dominio de las Ciencias, 7(3), 1627–1636.* *https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2124*

Losada, N. (2022). *QGIS, ArcGIS Pro y sus principales diferencias. Geoinnova.* *https://geoinnova.org/blog-territorio/qgis-arcgis-pro-principales-diferencias/*

Louwers, J. (2023). *Calculate geographic distances in Python with the Haversine method. Medium.* *https://louwersj.medium.com/calculate-geographic-distances-in-python-with-the-haversine-method-ed99b41ff04b*

Lutz, M. (2009). *Learning Python. O'Reilly Media.* *https://cfm.ehu.es/ricardo/docs/python/Learning_Python.pdf*

Marcotte, E. (2010). *Responsive web design. A List Apart.* *https://alistapart.com/article/responsive-web-design/*

Mayett, I. (2023). *El papel de la tecnología en el turismo. Linkedin.com.* *https://es.linkedin.com/pulse/el-papel-de-la-tecnolog%C3%ADa-en-turismo-aprovechando-las-irving-mayett*

Microsoft. (2020). *JavaScript with syntax for types. TypeScriptLang.* *https://www.typescriptlang.org/*

Microsoft. (2023). *SQL Server Documentation.* *https://docs.microsoft.com/en-us/sql/*

MINCIT. (2024). *Las cifras lo confirman: el turismo ocupa un lugar esencial en la economía colombiana.* *https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/turismo/turismo-ocupa-lugar-esencial-economia-colombiana#:~:text=junio%20de%202024*

MongoDB. (2023). *MongoDB Manual.* *https://docs.mongodb.com/manual/*

Morales, A. (2021). *25 diferencias entre QGIS y ArcGIS Pro. MappingGIS.* *https://mappinggis.com/2021/06/diferencias-entre-qgis-y-arcgis-pro/*

National Geographic. (2023). *GIS Geographic Information System. NationalGeographic.org.* *https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/*

Nguyen, V., Duy, T., Thanh, L., Cong, T., & Huong, T. (2024). *Scalable and resilient 360-degree-video adaptive streaming over HTTP/2 against sudden network drops. Computer Communications, 216, 1–15.* *https://doi.org/10.1016/j.comcom.2024.01.001*.

Nielsen, J. (1994). *Usability engineering. Academic Press.* *https://books.google.com.co/books?id=95As2OF67f0C*

O’Brien, J., & Marakas, G. (2011). *Management information systems. McGraw-Hill.*

Observatorio de Turismo. (2022). *Informe de turismo receptivo sostenible. Alcaldía de Cali.* *https://www.cali.gov.co/turismo/publicaciones/167476/boletines-e-informes/genPagdoc5252=3*

Olaya, V. (2014). *Sistemas de información geográfica. [s.n.].* *https://hdl.handle.net/11537/25452*

Olcina, J. H., Anquela, A. B., & Martín, A. (2024). *Real-time cloud computing of GNSS measurements from smartphones and mobile devices for enhanced positioning and navigation. GPS Solutions, 28(4).* *https://doi.org/10.1007/s10291-024-01705-8*

OMT. (1994). *"La Calidad, un Reto para el Turismo". Ponencias presentadas al Seminario celebrado del 18 al 19 de abril. OMT, Madrid. Disponible en https://www.entornoturistico.com/wp-content/uploads/2018/02/Introducci%C3%B3n-al-turismo-de-la-OMT.pdf*

OMT. (2023). *Glosario de términos de turismo. Unwto.org.* *https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-turisticos#:~:text=Es%20una%20agrupaci%C3%B3n%20(en%20una,b%C3%A1sica%20de%20an%C3%A1lisis%20del%20sector*.

Oracle Corporation. (2023). *MySQL Documentation.* *https://dev.mysql.com/doc/*

OSGeoLive (2025). *Qgis documentation, Osgeo.org, https://live.osgeo.org/es/overview/qgis_overview.html*

OSRM (s.f.). *API Documentation.* *https://project-osrm.org/docs/v5.24.0/api/#introduction*

Otero, E. (2024). *Cómo calibrar los sensores de un móvil Android paso a paso. Andro4all.* *https://www.lavanguardia.com/andro4all/android/calibrar-sensores-android*

Panellum. (2024). *A lightweight panorama viewer for the web.* *https://pannellum.org/*

Paz, E. (2022). S*istema web turístico de las playas de Piura con tecnología 360 como contenido interactivo. Universidad César Vallejo.* *https://hdl.handle.net/20.500.12692/88043*

Pérez, H. (2018). *Propuesta para superar las debilidades de los destinos turísticos en Santiago de Cali, generando desarrollo socioeconómico de la ciudad a través de la actividad turística (Tesis de maestría). Universidad del Valle.* *https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/563e6a7c-a0c5-4723-9b3f-0428eebff802*

Pérez, S., Quispe, J., Mullicundo, F., & Lamas, D. (2021). *Herramientas y tecnologías para el desarrollo web desde el FrontEnd al BackEnd. Unlp.edu.ar.* *http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120476*

Petroff. (s.f.). *A lightweight panorama viewer for the web. Pannellum.org.*

PHP. (2023). *Manual oficial de PHP. https://www.php.net/manual/en/*

PHP. (2024). *PHP: Hypertext Preprocessor, PHP: PDO - Manual. PHP.net. https://www.php.net/manual/es/book.pdo.php*

PHP. (2025). *PHP: pg_pconnect - Manual. PHP.net. https://www.php.net/manual/en/function.pg-pconnect.php*

Polidoro, M., & Vizintim, M. (2010). *Proposta metodológica de desenvolvimento de sistema de informações geográficas em ambiente web (webGIS) aplicado ao turismo. Ar@Cne. Revista Electrónica de Recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales. https://revistes.ub.edu/index.php/aracne/article/view/1146*

POSTGRESQL Global Development Group. (2023). *PostgreSQL Documentation. https://www.postgresql.org/docs/*

Pullicer, E. (2023). *Obtención de un gemelo digital de la fundación Giménez Lorente comparando tecnologías TLS, fotogrametría 360 y escáner LIDAR. Riunet. http://hdl.handle.net/10251/196107.*

QField. (2025). *Efficient field work built for QGIS, Qfield.org. https://qfield.org/*

Rahimizhian, S., Ozturen, A., & Ilkan, M. (2020). *Emerging realm of 360-degree technology to promote tourism destination. Technology in Society, 63, 101411. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101411*

Ranieri, M., Luzzi, D., Cuomo, S., & Bruni, I. (2022). *If and how do 360° videos fit into education settings? Results from a scoping review of empirical research. Journal of Computer Assisted Learning, 38(5), 1199–1219. https://doi.org/10.1111/jcal.12683*

React. (2021). *React – A JavaScript library for building user interfaces. Reactjs.org. https://legacy.reactjs.org/*

Ricker, B. A., Johnson, P. A., & Sieber, R. E. (2012). *Tourism and environmental change in Barbados: Gathering citizen perspectives with volunteered geographic information (VGI). Journal of Sustainable Tourism, 21(2), 212–228. https://doi.org/10.1080/09669582.2012.699059*

Robinson, A. C., Griffin, A. L., & Roth, R. E. (2017). *Geospatial big data and cartography: Research challenges and opportunities for making maps that matter. International Journal of Cartography, 3(sup1), 32–60. https://doi.org/10.1080/23729333.2016.1278151*

Romero, D. (2017). *Desarrollo de un portal web de recorrido virtual en video de 360 grados de la ciudad de Ambato. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato. http://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1875*

Safitri, R., Yusra, D., Hermawan, D., Ripmiatin, E., & Pradani, W. (2017). *Mobile tourism application using augmented reality. En Proceedings of the 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM). IEEE. https://ieeexplore.ieee.org/document/8089305*

Samsung. (2024). *Samsung S21 5G características. Samsung. https://www.samsung.com/co/smartphones/galaxy-s21-5g/specs/*

Saputra, K., Nazaruddin, N., Yunardi, D. H., & Andriyani, R. (2019). *Implementation of haversine formula on location-based mobile application in Syiah Kuala University. En 2019 IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence (CyberneticsCom) (pp. 40–45). IEEE.*

Saras Analytics. (2023). *Best Practices for Data Modeling. https://www.sarasanalytics.com/blog/data-modeling-best-practices*

Secretaría de Turismo de Cali. (2018). *Boletín de estadísticas de turismo. https://www.cali.gov.co/turismo/publicaciones/167476/boletines-e-informes/genPagdoc5252=3*

Secretaría de Turismo de Cali. (2021). *Flujos y competitividad turísticos de Santiago de Cali en 2021. Alcaldía de Cali. https://www.cali.gov.co/turismo/publicaciones/167476/boletines-e-informes/genPagdoc5252=5*

Secretaría de Turismo de Cali. (2022). *Informe cualitativo de seguimiento a la implementación de la política pública de turismo de Santiago de Cali. Alcaldía de Cali. https://www.cali.gov.co/turismo/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=78654*

SEMrush. (2023). *SEMrush Help Center. https://es.semrush.com/kb/*

Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction (5th ed.). Pearson.*

SITUR. (2021). *Análisis de la demanda y oferta turística de Santiago de Cali.* https://www.cali.gov.co/turismo/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=61295

SITUR. (2022). *Informe turismo receptivo sostenible.* https://www.cali.gov.co/turismo/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=descargar&idFile=61295

Solano, L. (2014). *Prototipo interactivo para visualizar sitios turísticos en el departamento de Santander, utilizando realidad aumentada y trabajo colaborativo en teléfonos inteligentes (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Bucaramanga.* http://hdl.handle.net/20.500.12749/3350

Sommerville, I. (2004). *Software engineering (7ª ed.). Pearson Education.* https://repositorio.uci.cu/jspui/bitstream/123456789/10130/1/Ingenieria%20del%20Software%207ma.%20Ed.%20-%20Ian%20Sommerville.pdf

Sun, K., Gu, G., Zhai, S., Ma, W., Lin, P., & Le Callet, P. (2017). *CVIQD: Subjective quality evaluation of compressed virtual reality images. En IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (pp. 3450–3454). IEEE.* https://doi.org/10.1109/ICIP.2017.8296923

Team, F. D. S. (2024). *Data modelling: a guide to techniques and best practices. Technology & Software Development Blog | Future Processing. https://www.future-processing.com/blog/data-modelling/*

Tito, B. (2022). *QGIS vs ArcGIS: ventajas y desventajas, diferencias. Ingeniería Ambiental.* https://ingenieriaambiental.net/qgis-vs-arcgis/

Tognazzini, B. (2014). *First principles of interaction design (revised & expanded). AskTog.* https://asktog.com/atc/principles-of-interaction-design/

Tomlinson, R. (2007). *Thinking about GIS: Geographic information system planning for managers. ESRI Inc.*

Toro, G., Galán, M., Pico, L., Rozo, E., & Suescún, H. (2015). *La planificación turística desde el enfoque de la competitividad: caso Colombia. Turismo y Sociedad, 16, 131-185.*

Trueba, E. (2016). *Proceso de normalización de base de datos en un modelo relacional, Universidad Autónoma del Estado de México.*

Trujillo, S. (2020). *Análisis de la competitividad del sector turístico de Santiago de Cali [Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Occidente]. Universidad Autónoma de Occidente.* https://red.uao.edu.co/entities/publication/26ba9c38-67b2-4de4-a576-498a5c10b6e5

Turijobs. (2019). *¿Cuál es el impacto de la tecnología en el sector turístico y hostelero? Turijobs.com.* *https://www.turijobs.com/blog/cual-es-el-impacto-de-la-tecnologia-en-el-sector-turistico-y-hostelero/*

Vargas, D., & Otero, J. (2015). *Desarrollo e implementación de recorridos 360° en portales Joomla! Scientia et Technica, 20(1), 61.* *https://doi.org/10.22517/23447214.8389*

Vejsbjerg, L. (2012). *La importancia científica en la selección de atractivos turísticos patrimoniales: una visión desde la espacialidad social. Universidad de Barcelona. Scripta Nova, 17(433), 1-26.* *https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/2731*

Velasco, J. (2024). *La guía completa sobre Tailwind CSS. DreamHost.* *https://www.dreamhost.com/blog/es/tailwind-css-guia/*

Velásquez, Y. (2019). *Caracterización de los sitios turísticos en el municipio de Silvania, Cundinamarca, y su implementación en un geovisor. Universidad de Cundinamarca.* *https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/items/f14e540d-4566-48df-a78e-f1f61bb9f8bc*

VERSUS. (2024). *GoPro Max vs Insta 360 X3 vs Samsung Gear 360.* *https://versus.com/es/gopro-max-vs-insta360-x3-vs-samsung-gear-360*

Villaespesa, E. (2018). *Evaluación de la estrategia digital en los museos: Métodos y herramientas para web, redes sociales y móviles. Periférica, 19, 38–53.* *https://doi.org/10.25267/periferica.2018.i19.06*

Vinueza, R. (2022). *Interfaz de realidad aumentada para recomendador de sitios turísticos en Quito (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería de Sistemas.* *https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22252/1/CD%2011765.pdf*

Vitrio. (2017). *Consejos para realizar buenas fotografías. VitrioVR.* *https://www.vitriovr.com/Help/TakePictureBestPractices*.

Welling, L., & Thomson, L. (2017). *PHP and MySQL web development (5th ed.). Addison-Wesley.*

Xiaomi. (2024). *POCO X5 Pro 5G. Xiaomi México.* *https://www.mi.com/mx/product/poco-x5-pro-5g/*

Yansapanta, T. (2020). *Valoración metodológica de los atractivos turísticos del cantón San Cristóbal, provincia de las Galápagos (Tesis de grado). Universidad Regional Autónoma de los Andes.* *https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/11094*

Yaqoob, A., Bi, T., & Muntean, G. (2020). *A survey on adaptive 360° video streaming: Solutions, challenges and opportunities. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 22(4), 2801–2838. https://doi.org/10.1109/comst.2020.3006999*

Zárate, H. D., & Rodríguez, H. (2023). *Recorrido virtual a través del registro fotográfico en 360° para la identificación de peligros y valoración de riesgos según el sistema de gestión en la seguridad y salud en el trabajo en el CEAD Ibagué de la UNAD. Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/57503*

Zuccarini, L., Speake, M., & Pérez, M. (2022). *Evaluación de potencialidad turística como herramienta de planificación estratégica en pequeños destinos. Caso de General Acha, La Pampa. Revista Universitaria de Geografía, 31(2), 47–76. https://www.redalyc.org/journal/3832/383273355002/html/*