

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

“Implementación del Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social (SIG IMAS) para la administración de la información Institucional de carácter espacial asociada al Área de Titulación en la provincia Limón”

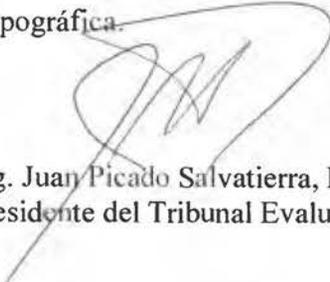
Informe de trabajo final de graduación, bajo la modalidad de Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Topográfica

Daniel Rojas Delgado, carné A44617

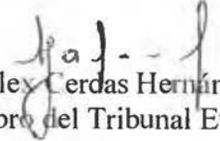
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, noviembre del 2018

COMITÉ ASESOR

El presente trabajo final de graduación fue aprobado por el comité asesor y el tribunal examinador como requisito para optar por el grado y título de Licenciado en Ingeniería Topográfica.



Ing. Juan Picado Salvatierra, MSc.
Presidente del Tribunal Evaluador del Trabajo Final de Graduación

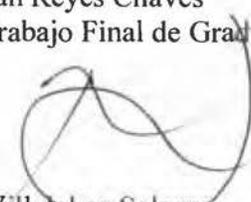


Ing. Alex Cerdas Hernández, MSc.
Miembro del Tribunal Evaluador del Trabajo Final de Graduación



Ing. Jaime Garbanzo León, MSc.
Director del Trabajo Final de Graduación

Jonathan Reyes Ch.
MSc. Jonathan Reyes Chaves
Asesor del Trabajo Final de Graduación



Lic. Rafael Villalobos Salazar
Asesor del Trabajo Final de Graduación



Ing. Daniel Rojas Delgado
Sustentante

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

El suscrito, *Daniel Enrique Rojas Delgado*, cédula 1-1328-0124, estudiante de la carrera de Bachillerato y Licenciatura en Ingeniería Topográfica de la Universidad de Costa Rica, con carné universitario A44617, manifiesto que soy autor del Trabajo Final de Graduación *Implementación del Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social (SIG IMAS) para la administración de la información Institucional de carácter espacial asociada al Área de Titulación en la provincia Limón*, bajo la dirección del *MSc. Ing. Jaime Garbanzo León*, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, traspaso los derechos de utilización del presente Trabajo Final de Graduación a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: Según la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos, No. 6683, en su artículo 7: Toda persona puede utilizar, libremente, en cualquier forma y por cualquier proceso, las obras intelectuales pertenecientes al dominio público; pero si fueren de autor conocido, no podrá suprimirse su nombre en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, como lo establece el artículo 13 de esta misma ley, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, siendo obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

DEDICATORIA

A mis padres, por inculcarme los valores necesarios y por todos sus sacrificios para ser quien soy hoy.

A Neny, que con su apoyo incondicional y motivación aportó la energía necesaria para cumplir con los objetivos.

A Dios, quien me brinda las oportunidades constantemente para satisfacer mis caprichos e ir alcanzando mis metas.

RECONOCIMIENTOS

Al M.Sc. Jaime Garbanzo, MSc. Jonathan Reyes y Lic. Rafael Villalobos por el apoyo y el esfuerzo que brindaron en la ejecución de este proyecto, además de su dedicación al guiarme en el camino.

A la MSc. Dinia Rojas Salazar quien, desde una perspectiva social, creyó en el proyecto y luchó conmigo para consolidar y posicionar el desarrollo de la plataforma. Además de la Dra. María Leitón, el Lic. Gerardo Alvarado, MSc. Carlos Alvarado y MSc. Emilio Arias, en el IMAS; quienes creyeron en estas ideas y me abrieron el camino para desarrollar e implementar este sistema.

A mi colega y amigo Ing. Sebastián Damazzio, quien ha creído este proyecto y dedicado bastante tiempo en tratar que sea posible su implementación y puesta en marcha. Asimismo, he de destacar a sus compañeros, quienes me han tenido paciencia y en conjunto han hecho posible desarrollar este proyecto.

INDICE GENERAL

COMITÉ ASESOR	ii
DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RECONOCIMIENTOS.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xvii
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación del Tema.....	1
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Antecedentes.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Sistemas de Información Geográfica.....	11
2.1.1. Principios conceptuales de los SIG.....	11
2.1.2. Estructura de los Sistemas de Información Geográficos.....	14
2.2. Modelado de Sistemas de Bases de Datos Espaciales.....	18
2.2.1. Modelado de Datos Espaciales.....	18
2.2.2. Sistemas de Bases de Datos Espaciales.....	22
2.2.3. Modelado de Sistemas de Bases de Datos Espaciales.....	25

2.3.	Sistemas de Información Geográficos Web.....	26
3.	MARCO METODOLÓGICO	30
3.1.	Establecimiento de las necesidades técnicas de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS, de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación	31
3.1.1.	Definición de las funciones institucionales del Área de Titulación de Tierras y su evaluación situacional.	31
3.1.2.	Descripción del flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras y sus productos informativos.	32
3.1.3.	Construcción de los requerimientos tecnológicos-operativos y de los datos del SIG IMAS, a partir de las funciones y productos informativos del Área de Titulación de Tierras.	34
3.2.	Diseñar la estructura geo-informática del SIG IMAS bajo los principios de Sistemas de Bases de Datos Espaciales Web.....	35
3.2.1.	Diseño de los esquemas conceptual y lógico de las bases de datos del SIG IMAS.	35
3.2.2.	Diseño del esquema físico: estructura de la arquitectura de red y software.	37
3.2.3.	Configuración e implementación de los sistemas de bases de datos.....	39
3.3.	Construcción de la información geoespacial digital para su integración a las bases de datos del SIG IMAS	39
3.3.1.	Conformación de Mapa de Fincas y Mosaico de Planos relacionados a proyectos urbanos del IMAS.....	40
3.3.2.	Configuración cartográfica de información complementaria Institucional.....	50
3.3.3.	Integración de las capas de información geoespacial a las bases de datos del SIG IMAS.	50
3.4.	Implementar las aplicaciones de oficina y campo del SIG IMAS para el Área de Titulación, utilizando la plataforma geo-informática de ArcGIS	51
3.4.1.	Desarrollo de un Geoportal de visores de mapas vía web del SIG IMAS.	51

3.4.2.	Desarrollo de visor de mapas web para el Área de Titulación de Tierras.....	52
3.4.3.	Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.	54
4.	RESULTADOS.....	56
4.1.	Necesidades técnicas de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación	56
4.1.1.	Funciones institucionales del Área de Titulación de Tierras y su evaluación situacional.	56
4.1.2.	Descripción de los Productos Informativos asociados al flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.	59
4.1.3.	Requerimientos de los Datos y Tecnológicos-Operativos del SIG IMAS, a partir de las funciones y productos informativos del Área de Titulación de Tierras.....	63
4.2.	Diseño la estructura geo-informática del SIG IMAS bajo los principios de sistemas de bases de datos espaciales web	64
4.2.1.	Esquemas Conceptual y Lógico del sistema de gestión de bases de datos	64
4.2.2.	Diseño del Esquema Físico: estructura de red y software.....	66
4.2.3.	Configuración e implementación de los sistemas de bases de datos.....	70
4.3.	Construcción de la información geoespacial digital para su integración a las bases de datos del SIG IMAS.....	72
4.3.1.	Conformación de Mapa de Fincas y Mosaico de Planos, relacionados a proyectos urbanos del IMAS	72
4.3.2.	Configuración cartográfica de información complementaria Institucional.....	75
4.3.3.	Integración de las capas de información geoespacial a las bases de datos del SIG IMAS	79
4.4.	Implementación de las aplicaciones de oficina y campo del SIG IMAS para el Área de Titulación, utilizando la plataforma geo-informática de ArcGIS.....	83
4.4.1.	Geoportal de visores de mapas vía web del SIG IMAS.....	83

4.4.2.	Visor de mapas web para el Área de Titulación de Tierras	85
4.4.3.	Aplicaciones para dispositivos móviles de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras	88
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1.	Conclusiones.....	93
5.2.	Recomendaciones	98
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
7.	ANEXOS.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Funciones de los Sistemas de Información Geográfica. Fuente: Elaboración propia (2018), basado en Fallas, J. (1996). Sistemas de Información Geográfica: Una visión integral.....	11
Figura 2. Componentes Duros y Blandos, de un Sistema de Información Geográfica. Fuente: Elaboración propia (2018), basado en Ciampagna, J. M. (2000). Administración de proyectos de Sistemas de Información Geográfica.	15
Figura 3. Representaciones de la realidad por medio de los formatos de representación de datos geográficos Ráster y Vectorial. Fuente: Modificado de Zeiler, M. (1999). Modeling our World: The ESRI guide to Geodatabase Design.....	16
Figura 4. Representaciones de las fisionomías geográficas vectoriales. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Conceptos básicos de clases de entidad.	17
Figura 5. Tablas de atributos de los datos vectoriales. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Conceptos básicos de clases de entidad.....	18
Figura 6. Modelado de la realidad dentro de un SIG. Fuente: Modificado de Fu & Sun (2010). Web GIS: Principles and Applications.	19
Figura 7. Estructura objetos relacionales y de datos complementarios de la Geodatabase. Fuente: Modificado de ESRI (2018). ArcGIS Help. Conceptos básicos de Geodatabase. ..	21
Figura 8. Ambiente estructural de Sistemas de Bases de Datos Espaciales modernas. Fuente: Modificado de Yeung A. K., & Hall, G. B. (2007). Spatial Database Systems: Design, Implementation and Project Management.	24
Figura 9. Modelado Conceptual, Lógico y Físico en el contexto de diseño de Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD). Fuente: Modificado de Yeung, A. K., & Hall, G. B. (2007). Spatial Database Systems: Design, Implementation and Project Management.....	25
Figura 10. Arquitectura Servidor – Cliente de un SIG Web, donde el servidor se comunica con el cliente mediante tecnología HTTP. Fuente: Fu, P., & Sun, J. (2010). Web GIS: Principles and Applications.	27
Figura 11. Estructura conceptual de un SIG Web. Fuente: Fu, P., & Sun, J. (2010). Web GIS: Principles and Applications.	29

Figura 12. Captura de pantalla del sitio web “ <i>Sistema Costarricense de Información Jurídica – SCIJ</i> ” en el cual se accede a la última versión del documento Decreto Ejecutivo N° 29531-MTSS. Fuente: <i>Sistema Costarricense de Información Jurídica – SCIJ</i> (2018).	31
Figura 13. Diagrama del flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras (simplificado) para la ejecución del beneficio de Titulación. Fuente: Modificado de IMAS. (2009). Manual Único para el Otorgamiento de Beneficios Institucionales.	33
Figura 14. Simbología para la representación de modelos Entidad-Relación. Fuente: Modificado de Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos E.T.S. Ingeniería Informática (2005). Modelo de Entidad / Interrelación.....	36
Figura 15. Patrones de implementación SIG Web, utilizando la plataforma de ArcGIS de ESRI®, para ambientes en web de uso en redes de internet públicas tanto como para sistemas de red privadas o internas, e inclusive sistemas mixtos (Internet e Intranet). Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web GIS.....	38
Figura 16. Datos típicos del derrotero de un plano catastrado. Mediante la orientación y longitudes de los vectores descritos, se traza el polígono resultante dentro del Mosaico de Planos. Fuente: Elaboración propia (2018)	43
Figura 17. Vectorización de los linderos de la parcela descrita en el plano catastrado, mediante trazado a mano alzada para un ajuste espacial posterior. Fuente: Elaboración propia (2018).	44
Figura 18. Georreferenciación del polígono vectorizado del plano catastrado, por interpretación de la ubicación geográfica y señas de localización indicadas en el cuerpo del plano. Fuente: Elaboración propia (2018).	46
Figura 19. En la imagen izquierda se delimita el conjunto habitacional por medio de los planos catastrados que lo conforman (Mosaico de Planos), en la imagen izquierda se presenta la conformación del Mapa de Fincas de acuerdo únicamente a los planos que poseen una finca inscrita asociada. Fuente: Elaboración propia (2018).....	48
Figura 20. En la imagen izquierda se aprecia el Mosaico de Planos que delimita el asentamiento, en éste no existe un plano catastrado que delimite la finca IMAS de forma completa, únicamente se cuenta con planos que son parte de dicha finca. En estos casos de acuerdo con el esquema de atención descrito en la Figura 18, se utilizan los planos de	

predios colindantes, así como la cartografía (planos del Mosaico de Planos) y la Ortofoto para delimitar el predio de la finca IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).	49
Figura 21. Esquema de atención a la conformación del Mapa de Fincas para fincas que no poseen un plano catastrado para delimitarlas. Fuente: Modificado de Aguilar, A., Aguilar, M., Gutiérrez, E., Gutiérrez, V., Quirós, J., Valverde, F., & Zamora, F. (2013). Manual de Procesos para la compatibilización de la información catastral y registral.	49
Figura 22. Esquema conceptual del procedimiento para la creación de un visor de mapas web mediante la plataforma de ArcGIS, mediante la utilización del módulo Web AppBuilder for ArcGIS. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web App Builder for ArcGIS.	52
Figura 23. La configuración de los <i>Widget</i> permite establecer la funcionalidad de la aplicación, específicamente para trabajar con los datos y su contenido. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web App Builder for ArcGIS.	53
Figura 24. Workforce for ArcGIS permite configurar desde un entorno web, un aplicativo que permite programar y planificar labores de campo, las cuales pueden ser accedidas por los trabajadores móviles en el campo mediante dispositivos móviles. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Workforce for ArcGIS.	54
Figura 25. Survey123 for ArcGIS es una sencilla e intuitiva solución de captura de datos basada en formularios que permite crear, compartir y analizar encuestas en tres sencillos pasos: Formular Preguntas, Obtener Respuestas y Analizar datos. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Survey123 for ArcGIS.	55
Figura 26. Capturas de pantalla de las hojas de cálculo de Microsoft Excel ® utilizadas para llevar el inventario y seguimiento del proceso de Titulación y la administración de los bienes inmuebles propiedad de la Institución. Fuente: Elaboración propia (2018).	58
Figura 27. Descripción de Producto Informativo <i>Mapa de Proyectos de Titulación</i> . Fuente: Elaboración propia (2018).	60
Figura 28. Descripción de Producto Informativo <i>Mapa de Cartografía Complementaria</i> . Fuente: Elaboración propia (2018).	61
Figura 29. Descripción de Producto Informativo <i>Panel de Seguimiento de Visitas de Titulación</i> . Fuente: Elaboración propia (2018).	62

Figura 30. Modelo Entidad-Relación de los elementos a incluir en las bases de datos del SIG IMAS. De acuerdo con la composición de los elementos cartográficos descritos en el apartado 3.3. Construcción de la información geoespacial base para su integración a las bases de datos del SIG IMAS. Fuente: Elaboración Propia (2018).	65
Figura 31. Modelo Relacional de las bases de datos del <i>SIG IMAS</i> . Fuente: Elaboración propia (2018).	66
Figura 32. Patrón de implementación SIG Web seleccionado para la implementación del SIG IMAS. Fuente: Modificado de. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web GIS.....	67
Figura 33. Diagrama de clases de la Geodatabase. Configuración general de la Geodatabase Corporativa a utilizar para administrar la información geográfica del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).....	67
Figura 34. Modelo Físico de las Clases de entidad en los Conjuntos de datos de entidad del SIG IMAS, de acuerdo con el Diagrama de Clases de la Geodatabase. Fuente: Elaboración propia (2018).	68
Figura 35. Diagrama de arquitectura de red y software del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).	69
Figura 36. Geodatabase “TITULACION” implementada. Captura de pantalla desde el software ArcGIS Pro, del acceso a la Geodatabase corporativa implementada, se enmarcan en color rojo en la figura las entidades de relación definidas en el modelo lógico-relacional. Fuente: Elaboración propia (2018).	70
Figura 37. Conformación del Mosaico de Planos en el proyecto San Rafael de Siquirres. Fuente: Elaboración propia (2018).	73
Figura 38. Tabla de atributos asociada a cada uno de los planos catastrados incluidos en el Mosaico de Planos. Captura de pantalla donde se aprecian los atributos asociados al plano seleccionado (resaltado en magenta). Fuente: Elaboración propia (2018).	74
Figura 39. Mapa de Fincas del IMAS. Captura de pantalla donde se aprecia la delimitación de la finca 7-24164 propiedad del IMAS, divida en varias parcelas la cual representan los restos de dicha finca (color naranja) y cada una de sus segregaciones (color blanco). Fuente: Elaboración propia (2018).	74

Figura 40. Tabla de atributos asociada a cada uno de los predios incluidos en el Mapa de Fincas. Captura de pantalla donde se aprecian los atributos asociados al lote seleccionado (resaltado en magenta). Fuente: Elaboración propia (2018).....	75
Figura 41. Mapa de Áreas Regionales de Desarrollo Social (ARDS) y de Unidades Locales de Desarrollo Social (ULDS) del IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).	77
Figura 42. Mapa de Proyectos de Titulación del IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).	77
Figura 43. Mapa de Distritos Prioritarios del INEC, con los cuales se debe de priorizar la atención de la pobreza de acuerdo con lo establecido en el Decreto N° 34918-H <i>Mapas Sociales para georreferenciación de la información</i> . Además, se despliega la información correspondiente a la tabla de atributos del distrito Río Blanco. Fuente: Elaboración propia (2018).	78
Figura 44. Mapa de Zonas de Valor Homogéneas del Ministerio de Hacienda, se despliega la información correspondiente a la tabla de atributos de la zona 70101-U07. Fuente: Elaboración propia (2018).....	78
Figura 45. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de los 2569 planos catastrados en el Mosaico de Planos IMAS de la provincia Limón. Fuente: Elaboración propia (2018).	79
Figura 46. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 1871 entidades de polígonos correspondientes a los predios (Fincas IMAS y sus segregaciones) incluidas en el Mapa de Fincas IMAS de la provincia Limón. Fuente: Elaboración propia (2018).	80
Figura 47. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 1871 entidades de polígonos correspondientes a los Proyectos de Titulación IMAS de la provincia Limón. Fuente: Elaboración propia (2018).	80
Figura 48. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 10 entidades de polígonos correspondientes a la división administrativa del IMAS, Áreas Regionales de Desarrollo Social. Fuente: Elaboración propia (2018).	81

Figura 49. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 37 oficinas de las Unidades Locales de Desarrollo Social. Fuente: Elaboración propia (2018).....	82
Figura 50. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de los 472 distritos con detalle de los 75 Distritos Prioritarios para la atención de lo establecido en el Decreto N° 39648 MDHIS-MIDEPLAN. Fuente: Elaboración propia (2018).....	82
Figura 51. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos de los 472 distritos con detalle de los 75 Distritos Prioritarios para la atención de lo establecido en el Decreto N° 39648 MDHIS-MIDEPLAN. Fuente: Elaboración propia (2018).	83
Figura 52. Captura de pantalla de la página de inicio del Geoportal del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).....	84
Figura 53. Captura de pantalla de la página de organización del Geoportal del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).....	84
Figura 54. Captura de pantalla de la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Esta aplicación de mapas web se alimenta de las capas de información que se encuentran almacenadas en la Geodatabase implementada del SIG IMAS (Figura 35). Elaboración propia (2018).....	85
Figura 55. Captura de pantalla de las herramientas de simbología del mapa, medición en el mapa y configuración para visualización de las capas de información espacial disponibles en la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Elaboración propia (2018).	86
Figura 56. Captura de pantalla de la herramienta de medición en el mapa en la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Elaboración propia (2018)....	86
Figura 57. Captura de pantalla de la herramienta de búsqueda de datos por atributo en el mapa en la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Elaboración propia (2018).....	87
Figura 58. Captura de pantalla del Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras, a nivel local para análisis de estado de avance del proceso de Titulación de un proyecto	

IMAS. Conforme se amplía la escala de visualización cambian las capas visibles. Elaboración propia (2018).....	87
Figura 59. Captura de pantalla del aplicativo Programación General de Visitas de Titulación desde la página web de Workforce for ArcGIS. Elaboración propia (2018).....	88
Figura 60. Captura de pantalla del aplicativo Programación General de Visitas de Titulación desde la aplicación para dispositivo móvil de Workforce for ArcGIS, cada usuario del SIG IMAS recibe en su dispositivo móvil las asignaciones programadas la cual puede consultar y completar, desde un entorno geo-informático identificando en el mapa su ubicación y punto específico donde realizar la visita técnica. Una vez en el sitio de trabajo, el usuario puede iniciar con las actividades respectivas a la valoración en sitio del caso de titulación. Elaboración propia (2018).....	89
Figura 61. Captura de pantalla del aplicativo para dispositivo móvil Survey123, con el formulario <i>Visitas para Titulación</i> , el cual se completa en campo y una vez concluida la actividad se envía al Geoportal para su integración con el SIG IMAS. Elaboración propia (2018).	90
Figura 62. Captura de pantalla del aplicativo para dispositivo móvil Survey123, con el formulario <i>Visitas para Titulación</i> , el cual se completa en campo y una vez concluida la actividad se envía al Geoportal para su integración con el SIG IMAS. Elaboración propia (2018).	91
Figura 63. Captura de pantalla del aplicativo web <i>Panel de Seguimiento de Visitas de Titulación</i> , Elaboración propia (2018).....	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normativa nacional que antecede el desarrollo del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	6
Tabla 2. Descripción de las actividades como marco metodológico para el desarrollo del proyecto. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	30
Tabla 3. Descripción de los tipos de relaciones plano-finca establecidos para la conformación del Mapa y Mosaico de Planos del IMAS. Fuente: Modificado de Aguilar, A., Aguilar, M., Gutiérrez, E., Gutiérrez, V., Quirós, J., Valverde, F., & Zamora, F. (2013). Manual de Procesos para la compatibilización de la información catastral y registral.....	42
Tabla 4. Enfoque operativo de las funciones del Área de Titulación de Tierras. Fuente: Elaboración propia (2018).....	57
Tabla 5. Características de hardware y el dominio de red de la máquina virtual del servidor SRV-ARCGIS-GEO, bajo un sistema operativo Windows Server 2012 R2. Fuente: Elaboración propia (2018).....	71
Tabla 6. Características de hardware y el dominio de red de la máquina virtual del servidor SRV-ARCGIS-SERVER, bajo un sistema operativo Windows Server 2012 R2. Fuente: Elaboración propia (2018).....	71
Tabla 7. Establecimiento de la relación finca-plano, de los terrenos de la provincia Limón y que son propiedad del IMAS que formaran parte del mapa de fincas y el plano de catastro que la representa, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3. Fuente: Elaboración propia (2018).	72
Tabla 8. Descripción de las capas de información espacial (Cartografía Digital) complementaria que se incluye dentro de las bases de datos de información espacial del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).....	76
Tabla 9. Necesidades de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).....	93
Tabla 10. Capas de información geoespacial construidas para integración al SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).....	96
Tabla 11. Procedimiento de mantenimiento y actualización de las bases de datos del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).....	98

INDICE DE ABREVIATURAS

API	Application Programming Interface (siglas en inglés)
CAD	Computer Aid Design (siglas en inglés)
CPU	Central Processing Unit (siglas en inglés)
CRTM 05	Costa Rica Trasversal de Mercator 2005
ESRI	Environmental Systems Research Institute (siglas en inglés)
GB	Gigabyte (siglas en inglés)
GHz	Gigahercio (siglas en inglés)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (siglas en inglés)
IMAS	Instituto Mixto de Ayuda Social
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IP	Internet Protocol (siglas en inglés)
MDHIS	Ministerio de Desarrollo Humano e Inclusión Social
MH-ONT	Ministerio de Hacienda-Órgano de Normalización Técnica
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
MTSS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
NICSP	Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público
OGC	Open Geospatial Consortium (siglas en inglés)
PRCR	Proyecto de Regularización de Catastro y Registro
SBDE	Sistemas de Bases de Datos Espaciales
SDT	Tipos de Datos Espaciales (por sus siglas en inglés)
SGBD	Sistema de Gestión de Bases de Datos
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIG IMAS	Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social
SNIT	Sistema Nacional de Información Territorial
SQL	Structured Query Language (siglas en inglés)
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
TIN	Redes Triangulares Irregulares (por sus siglas en inglés)
WMS	Web Map Service (siglas en inglés)

Cita Bibliográfica

Rojas Delgado, Daniel Enrique. (2018). *Implementación del Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social (SIG IMAS) para la administración de la información Institucional de carácter espacial asociada al Área de Titulación en la provincia Limón*. Trabajo Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Topográfica. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Director del Proyecto

Ing. Jaime Garbanzo León, MSc.

RESUMEN

En la lucha contra la pobreza extrema en Costa Rica, se presenta un cambio de paradigma en cuanto la percepción y definición de dicha situación. En este sentido, nuestro país adquiere un enfoque de la pobreza extrema que va más allá de definir un hogar como pobre únicamente a partir de su ingreso. La pobreza se manifiesta en casi todos los ámbitos de la vida humana como la salud, la educación, empleo, o vivienda; lo que la convierte en un fenómeno multidimensional.

El Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) posee dentro de su oferta programática el beneficio de Titulación, el cual inscribe a favor de las personas que habitan proyectos de vivienda patrimonio de la institución. En este sentido, el desarrollo del presente proyecto implementa una herramienta geo-informática específicamente diseñada para abordar operativamente, la formalización de la ocupación de bienes inmuebles por personas que habitan terrenos inscritos a nombre del IMAS.

La implementación de una plataforma de Sistemas de Información Geográfica de acceso en Internet (SIG Web), se construye a partir de la identificación puntual de procesos del flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras del IMAS, así como de las funciones de dicho departamento establecidas en el Decreto Ejecutivo No. 29531-MTSS. Posteriormente, desde la perspectiva de diseño de Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD), se

diseña la estructura geo-informática de la herramienta, de los datos que serán integrados en ésta y de las aplicaciones Web que dan acceso a la información.

Lo anterior permite llevar a cabo la construcción de los datos espaciales que forman parte del sistema, donde destaca la conformación de un mosaico de planos y mapa de fincas de todos los proyectos de vivienda administrados por el IMAS. A partir de la estructura geo-informática diseñada y de la información geográfica generada se establece un Geoportal para acceder a un visor de mapas web, el cual permite visualizar el contenido asociado a los terrenos institucionales y utilizar aplicativos específicos para integrarse al flujo de trabajo en oficina y en campo, de la titulación de terrenos a favor de personas beneficiarias de la institución.

La conclusión más importante generada con el desarrollo y operación de dicha plataforma es el fortalecimiento operativo del Área de Titulación de Tierras con una herramienta robusta de última tecnología desde un enfoque de sistemas geoespaciales integrales: de Registro (integración y administración de datos), de Análisis (exploración e interpretación de datos) y de Acción (colaboración, disseminación y publicación de datos).

Cabe destacar que, la implementación de estos sistemas modernos de administración y gestión de la información requiere del desarrollo futuro de acciones paralelas y constantes, como capacitación para los usuarios y actualización de las bases de datos, para generar un verdadero impacto en la eficiencia y eficacia de las actividades desarrolladas en la gestión pública.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación del Tema

Con la finalidad de resolver el problema de la pobreza extrema en el país, se funda el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) en abril del año 1971, mediante la Ley N°4760 “*Ley de creación del IMAS*”. Para cumplir con su misión, esta institución deberá de planear, dirigir, ejecutar y controlar un plan nacional destinado a dicho fin. Según el artículo 7 de la Ley N°4760, se establece que toda actividad del IMAS se clasificará en una de las siguientes formas (Ley 4760, 1971):

- i. Programa de estímulo
- ii. Plan de Ayuda
- iii. Adjudicación de viviendas¹ [el subrayado no corresponde al original]

En función de ejecutar la *adjudicación de viviendas* se promueven las Leyes número 7083, 7151 y 7154 con las cuales se autoriza al IMAS a traspasar sus terrenos a favor de personas beneficiarias y que ocupen los proyectos de vivienda promovidos por la Institución. Es así como se crea el Decreto Ejecutivo N°29531-MTSS “*Reglamento a las Leyes N°4760 y sus Reformas y Leyes N°7083, 7151 y 7154 para el Otorgamiento de Escrituras de Propiedad a los Adjudicatarios de Proyectos de Vivienda IMAS*”.

El IMAS posee en su patrimonio institucional un total de 1112 fincas inscritas a su nombre ante el Registro Inmobiliario del Registro Nacional; dentro de las cuales se poseen aproximadamente 220 proyectos de vivienda para titulación². Cada proyecto de vivienda para titulación presenta un estado registral y catastral muy diverso, en cuanto su complejidad y estado de avance de titulación a las personas que ocupan los terrenos. Muchos proyectos de vivienda han generado diversas fincas individuales, algunas tituladas a las familias beneficiarias y otras aún inscritas en cabeza propia de la Institución.

¹ Inciso c), adicionado por el artículo 1° de la Ley 7154 de 24 de julio de 1990.

² Consulta a bases de datos del Área de Titulación de Tierras, corte diciembre 2017.

Por otro lado, algunos de estos proyectos corresponden a conjuntos habitacionales debidamente inscritos en el Catastro Nacional, con diseños de sitio debidamente formalizados; así como otros proyectos son fincas invadidas con asentamientos en precario de carácter de ocupación informal. En cada uno de ellos, de acuerdo con la normativa urbanística propia de cada municipio en donde se localizan los terrenos, se tendrán condiciones técnicas muy específicas para el desarrollo de proyectos de vivienda (topografía, servicios básicos, usos de suelo concordes, entre otros).

Sumado a lo anterior, la adjudicación de viviendas mediante *Proyectos de Titulación* es facilitado a las familias mediante el *beneficio de Titulación de Tierras* descrito en La Ley de Creación del IMAS, Ley No. 4760, establece en su artículo 37 que “...*diez años después de habitar en una de las viviendas construidas por el IMAS, esta institución le adjudicará a cada beneficiario el título de propiedad correspondiente*”. La dificultad para cumplir esta directriz surge cuando se desconoce el estado de este derecho para cada lote por parte del IMAS y de las personas que habitan los inmuebles; que por tanto no se reclama el derecho por parte de los beneficiarios, y la Institución por su parte no resuelve porque espera hasta que la familia interesada complete la gestión de solicitud del beneficio.

En la actualidad, el *Proceso de Titulación* inicia mediante el interés de la familia que desea optar por el beneficio; quien debe de dirigirse a la Unidad Local de Desarrollo Social³ correspondiente y presentar una solicitud de titulación. Para recibir y tramitar dicha solicitud, las personas interesadas deben de aportar el plano catastrado a utilizar para el proceso. Esto implica que la familia solicitante debe de manifestar interés escrito, ciertas capacidades económicas y conocimiento del debido proceso, para efectos de iniciar con la formalización mediante el beneficio de titulación de bienes inmuebles IMAS.

De tal proceso, es evidente que no se analizan integral y técnicamente la totalidad de los proyectos de vivienda bajo administración del IMAS, debido a la ausencia de un inventario completo de planos, fincas y una caracterización de los proyectos de titulación. Esta situación provoca que la entrega total de los *Proyectos de Titulación* no se logre completar

³ Oficina local regional del IMAS, donde se da atención de las personas beneficiarias.

con celeridad, generando una baja producción en entrega de escrituras por año, lo anterior sucede desde el inicio del programa en el año 1987. Asimismo, la lenta intervención de estos proyectos promueve la informalidad de la ocupación, lo cual, a su vez, dificulta concretar la entrega total de los proyectos debido a las variaciones que se presenten en la realidad física con respecto a los diseños de sitio y planos catastrados existentes.

El Decreto Ejecutivo N°29531-MTSS, además de regular el otorgamiento de escrituras de terrenos propiedad de la Institución, da origen al *Área de Titulación de Tierras* como unidad administrativa responsable de la dirección, supervisión y ejecución de las acciones y disposiciones de la normativa que le da fundamento. Por lo que, en función del correcto cumplimiento de este, se identifica el siguiente problema: *El IMAS, como muchas otras instituciones en Costa Rica, carece de un sistema geo-informático centralizado que contenga un inventario georreferenciado de los bienes inmuebles patrimonio de la Institución con su respectiva información registral y catastral asociada; tanto para fines administrativos como para el Proceso de Titulación.*

A partir de la problemática descrita anteriormente, se busca desarrollar el *Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social (SIG IMAS)* como herramienta geo-informática encargada de administrar la información geoespacial institucional y asociada al Proceso de Titulación. La implementación del SIG IMAS será posible por medio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en conjunto con la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), dentro de un ambiente organizacional para la administración y gestión de información geoespacial.

Además de ser una herramienta indispensable para cumplir con los objetivos para la que fue creada el Área de Titulación de Tierras, el SIG IMAS permitirá dar soporte al Área de Contabilidad en cuanto a las exigencias de las Normas Internacionales de Contabilidad para el Sector Público (NICSP). Actualmente la Institución se encuentra en el proceso de su implementación (Decreto Ejecutivo N°34918-H), cuyo fin es mejorar el nivel de responsabilidad y transparencia en la generación de informes financieros gubernamentales,

en el caso específico del Área de Titulación de Tierras, le corresponde administrar la información sobre los terrenos patrimonio del IMAS.

Todo lo anteriormente descrito, permite plantear el presente proyecto desde una perspectiva de “*Sistemas de Información Geográficos Web: Tecnología de apoyo a la Planificación y Gestión Territorial*”, lo anterior haciendo énfasis en el *pensamiento espacial* para planificación y gestión de proyectos de vivienda de interés social promovidos por el IMAS. La Planificación y Gestión espacial requieren una forma determinada de abordaje, dentro de un paradigma de *pensamiento espacial*, que se basa en una mezcla de tres elementos (Arias, Gómez, Morera, & Rincón, 2010); que servirán de base estructural para el desarrollo de los objetivos del presente proyecto:

- i. Conceptos del espacio,
- ii. Las herramientas de representación y,
- iii. Los procesos de razonamiento.

Es en este sentido que se genera la iniciativa de desarrollar e implementar el SIG IMAS, como un sistema geo-informático de última generación, que permita la difusión de la información espacial institucional y la interoperabilidad de esta. Para lo cual, dicho sistema deberá de proveer los medios de administración de bases de datos espaciales y las aplicaciones idóneas para su efectiva utilización en los procesos de toma de decisiones; de tal forma que se desarrollen herramientas que satisfagan las necesidades de sus usuarios dentro de la Institución de acuerdo con su flujo de trabajo operacional.

En este caso las aplicaciones buscarán implementarse en el Área de Titulación de Tierras del IMAS, para lo cual deberán de integrarse al flujo de trabajo del *Proceso de Titulación* en dicha Unidad. Lo anterior considerando que, a partir del uso de las nuevas herramientas geo-informáticas, se deberán de implementar soluciones técnicas acordes con la normativa aplicable respecto a los Proyectos de Titulación que posee la Institución, de acuerdo con lo establecido en el Decreto Ejecutivo N°29531-MTSS.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Implementar la plataforma geo-informática denominada: *Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social (SIG IMAS)*, como herramienta para la administración de la información institucional de carácter espacial asociada al Área de Titulación de Tierras, en la provincia Limón.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Establecer las necesidades de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.
2. Diseñar la estructura geo-informática del SIG IMAS bajo los principios de sistemas de bases de datos espaciales web⁴.
3. Construir la información geoespacial digital para su integración a las bases de datos del SIG IMAS.
4. Implementar las aplicaciones web para oficina y campo del SIG IMAS para el Área de Titulación de Tierras, utilizando la plataforma geo-informática de ArcGIS.

1.3. Antecedentes

El beneficio de Titulación de Tierras del IMAS, así como las gestiones administrativas asociadas al mismo están claramente antecedidos mediante una amplia normativa nacional, la cual ha sido considerada para el desarrollo del presente proyecto. Su detalle, a continuación:

⁴ SIG Web. Este concepto será definido y descrito en la sección 2.3. Sistemas de Información Geográficos Web, del capítulo 2. Marco Teórico.

Tabla 1. Normativa nacional que antecede el desarrollo del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia (2018).

NORMATIVA		DESCRIPCIÓN
<i>Ley N°4760</i>	Ley de Creación del IMAS.	<i>Art 7: "...toda actividad del IMAS se clasificará en una de las siguientes actividades: a) Programa de estímulo. b) Plan de ayuda. c) Adjudicación de viviendas</i>
<i>Ley N°7083</i>	Ley de Presupuesto Ordinario.	<i>Art 70: "Autorizase al Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) para que segregue y traspase sus terrenos, a título gratuito u oneroso,...a las personas que los ocupen como beneficiarios de proyectos de vivienda promovidos por la institución..."</i>
<i>Leyes N°7151 y N°7154</i>	Ley de autorización al IMAS para traspasar terrenos de su propiedad y Ley de otorgamiento de escrituras de propiedad a adjudicatarios de viviendas del IMAS.	<i>"...El Consejo Directivo del IMAS acordará, en cada caso, previo estudio socioeconómico de cada grupo familiar, si el traspaso es a título gratuito u oneroso. Salvo los casos de comodato..."</i>
<i>Decreto Ejecutivo N°29531-MTSS</i>	Reglamento a las Leyes N° 4760 y sus reformas y Leyes Nos. 7083, 7151 y 7154 para el otorgamiento de escrituras de propiedad a los adjudicatarios de proyectos de vivienda IMAS.	<i>Art 1 "...Reglamento tiene por objeto regular la titulación de los lotes y viviendas adjudicados por el IMAS..."</i> <i>Art 17 "Crease el Área de Titulación de Tierras adscritas a la Subgerencia de Desarrollo Social, como unidad administrativa responsable de la dirección, supervisión y ejecución de las acciones necesarias para el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento y la normativa que le da fundamento."</i>
<i>Ley N°8154</i>	Programa de Regularización de Catastro y Registro.	<i>Anexo A: "... mejoramiento de la seguridad jurídica de los derechos sobre la propiedad inmueble. Con ello se busca contribuir a mejorar el clima para la realización de las inversiones públicas y privadas en Costa Rica..."</i>

NORMATIVA		DESCRIPCIÓN
<i>Decreto Ejecutivo N°33797-MJ-MOPT</i>	Datum horizontal oficial para Costa Rica, el CR05, enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005.83.	<i>Art 11: ...CRTM05, constituirán el único sistema oficial de coordenadas para la República de Costa Rica a partir del cual se debe referenciar todos los levantamientos y actividades cartográficos y geodésicos que desarrollen en el Territorio Nacional toda dependencia pública, ... que apoye la toma de decisiones en los distintos niveles del Estado.</i>
<i>Decreto Ejecutivo N°34331-J</i>	Reglamento a la Ley de Catastro Nacional.	<i>Art 3: ...el catastro está integrado, por...1. Los mapas en escalas apropiadas para los fines catastrales, ... 2. Los planos de agrimensura... debidamente inscritos en el Catastro.</i>
		<i>Art 94: ...todo plano que se presente al Catastro... debe estar debidamente georreferenciado.</i>
<i>Decreto N°34918-H</i>	Adopción e Implementación de las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP), en el Ámbito Costarricense.	<i>Art 1: Adoptar e implementar las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público...en el ámbito de las Instituciones del Sector Público Costarricense.</i>
<i>Decreto N°39648 MDHIS-MIDEPLAN</i>	Mapas Sociales para georreferenciación de la información.	<i>Art 1: "...herramienta para la incorporación sistemática de criterios de carácter geográfico y territorial de cara a la identificación, priorización y caracterización de la población; la difusión de datos georreferenciados, así como para la planificación y articulación institucional e interinstitucional; empresarial y social".</i>

Las problemáticas de índole catastral y registral de los bienes inmuebles no sólo aquejan al IMAS, si no que resulta ser una problemática país que se espera solucionar por medio de la Ley 8154 (2001) Programa de Regularización de Catastro y Registro, que persigue: *“el mejoramiento de la seguridad jurídica de los derechos sobre la propiedad inmueble. Con ello se busca contribuir a mejorar el clima para la realización de las inversiones públicas y privadas en Costa Rica”*.

Esta experiencia ha pautado las bases sobre cómo se debe abordar el desarrollo de un sistema de información de propiedades inmuebles, comenzando por la elaboración de un Mapa Catastral y de un Mosaico Catastral, acorde con las especificaciones técnicas cartográficas y catastrales establecidas en los Decretos Ejecutivos N°33797-MJ-MOPT del 30 de marzo del 2007, *“Oficialización de la Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal CR05 y de la Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica CRTM05”* y N°34331-J del 29 de noviembre del 2007, *“Reglamento a la Ley de Catastro Nacional”*.

Lo anterior se desarrolla para efectos de evitar el gasto público obteniendo información geográfica confiable, uniforme y comparable que sea de utilidad general y que apoye la toma de decisiones en los distintos niveles del Estado (Arce & Monge, 2013). Todos estos elementos son de integración obligatoria para el desarrollo del SIG IMAS, mediante el acceso a las plataformas geo-informáticas abiertas del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), mediante el Aviso N°01-2011 del Instituto Geográfico Nacional y el Registro Inmobiliario.

En este sentido, la consolidación del SNIT en la esfera de la administración pública sienta un precedente trascendental en temas de sistemas de información geográficos vía web, como un sistema que publicita y publica en forma integral la información territorial temática debidamente georreferenciada, estandarizada y compatibilizada a la información territorial de base constituida por la cartografía catastral y topográfica oficial (Decreto Ejecutivo N° 37773-JP-H-MINAE-MICITT, 2013). La dirección, operación y administración del SNIT está a cargo del Registro Nacional, quien a través del Instituto

Geográfico Nacional conforma una red de entidades que activamente intercambian información espacial.

Esta plataforma brinda acceso a los profesionales relacionados con cartografía digital institucional a consulta en visores de mapas web y descarga de información espacial de diversas instituciones públicas mediante servicios de mapas web (WMS, por sus siglas en inglés Web Map Service). Asimismo, mediante los convenios de cooperación interinstitucional entre el SNIT y múltiples instituciones y otras organizaciones, promueve el uso y estandarización de la información geográfica nacional.

De esta forma, otras instituciones públicas han tomado acciones para utilizar y publicar datos geográficos asociados a sus funciones o productos. Tal es el caso del Registro Nacional, el cual publica su componente inmobiliario, el Mapa Catastral nacional, en servicios web mediante el SNIT. Otro ejemplo de implementación web es la Municipalidad de Heredia, quien puso a disposición en su sitio web un Geoportal denominado Ubica; en dicha plataforma web se pueden consultar mapa catastral municipal, mapa de áreas públicas, mapa de rutas de servicio de recolección de basura, entre otros.

Específicamente sobre el *Proceso de Titulación* del IMAS, el abordar los casos de titulación de bienes inmuebles de manera individual y no de manera conjunta e integral, desde una perspectiva de urbanística, abre la posibilidad de que no se solucionen posibles conflictos entre propiedades. Esta situación retrasa la formalización de la tenencia de la tierra y limita las opciones de las familias para acceder a otros beneficios sociales para mejorar sus condiciones de vida. Bajo esta línea, la Presidencia Ejecutiva del IMAS mediante directriz del 13 de octubre del 2014, en el “Por tanto C” de dicho documento se le instruye a la Subgerencia de Desarrollo Social para que realice lo siguiente:

“Asegurar que se continúe el proceso de titulación de tierras de forma consistente, utilizando la priorización distrital y de pobreza y pobreza extrema...de manera que se realicen constantes operativos... para aumentar la cantidad de titulaciones”.

Adicionalmente el 18 de octubre del año 2016 se suscribe el Convenio para la publicación de información en el Geoportal del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) entre la Junta Administrativa del Registro Nacional y el Instituto Mixto de Ayuda Social. El IMAS mediante la suscripción del Convenio, asume una serie de obligaciones para la publicación de la información geográfica en el Capítulo III-CLAUSULADO, TERCERA: RESPONSABILIDADES DEL IMAS, entre las que destacan:

“[...] a) La Entidad deberá proveer todos los medios tecnológicos que sean necesarios para publicar la información contemplando para ello los estándares de carácter técnico establecidos para el cumplimiento de este convenio.

[...] f) La Entidad al integrarse al SNIT se compromete a emplear la información cartográfica básica, normativas, etc., para que todos los productos derivados que se generen a partir de la firma de este Convenio, estén homologados y compatibilizados posicionalmente, con las bases fundamentales publicadas en el Geoportal del SNIT. [...]”.

Por otro lado, en la búsqueda de fomentar un análisis integrado de la pobreza, se incluirán al SIG IMAS los mapas sociales para georreferenciación de información del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Lo anterior de acuerdo con el Decreto N°39648 MDHIS-MIDEPLAN (2016), el cual en su artículo 1, define el uso de los Mapas Sociales como:

“...herramienta para la incorporación sistemática de criterios de carácter geográfico y territorial de cara a la identificación, priorización y caracterización de la población; la difusión de datos georreferenciados, así como para la planificación y articulación institucional e interinstitucional; empresarial y social”.

Es en este sentido que, considerando la normativa nacional existente que rodea al beneficio de Titulación de Tierras del IMAS, se plantea la implementación del SIG IMAS como una herramienta geo-informática para la mejora del Proceso de Titulación, con el fin de coejecutar y dar seguimiento a los procesos de formalización de los Proyectos de Titulación, tal y como se especifica en el Decreto Ejecutivo N°29531 MTSS (2001).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de Información Geográfica

2.1.1. Principios conceptuales de los SIG

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son considerados por las tecnologías de la información como una tecnología básica, imprescindible y poderosa, que combina hardware (elementos físicos) y software (elementos no físicos o programas). Las funciones de los SIG (Ver Figura 1) permiten al profesional capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos espacialmente referenciados (Fallas, 1996).

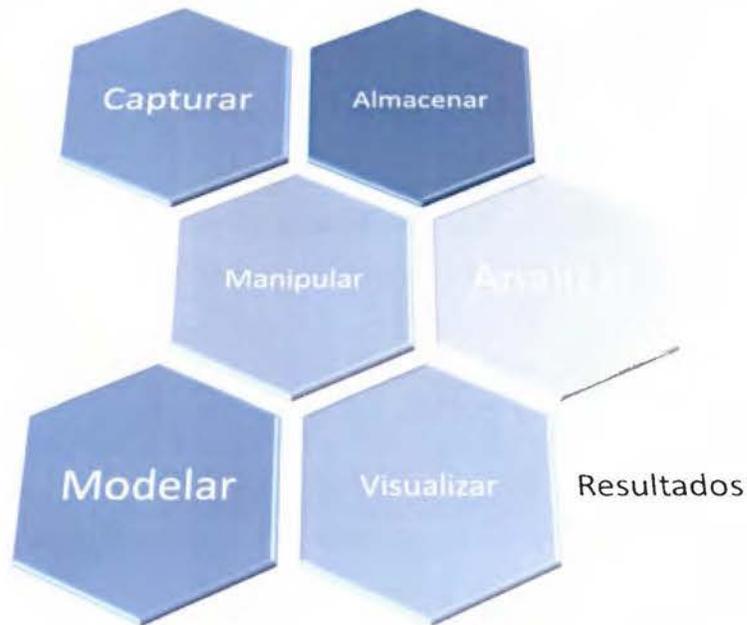


Figura 1. Funciones de los Sistemas de Información Geográfica. Fuente: Elaboración propia (2018), basado en Fallas, J. (1996). Sistemas de Información Geográfica: Una visión integral.

De acuerdo con su función, los sistemas de información se pueden dividir en dos enfoques (Maguire, 1991 citado por Fallas, 1996):

- i. *Sistemas para procesar Transacciones*: cuyo objetivo es el de mantener la información actualizada sobre las interacciones o transacciones, que se realizan entre los objetos o sujetos en una organización, empresa o proyecto.
- ii. *Sistemas de apoyo para la toma de decisiones*: su énfasis es el de manipular, analizar y modelar o simular posibles escenarios con el objeto de apoyar la toma de decisiones por parte grupos como empresas, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, entre otros.

Los SIG comprenden una categoría dentro de los sistemas de información cuya especialidad radica en manejar datos espaciales, donde destacan sus capacidades para manejar grandes masas de información georreferenciada y su respectivo análisis. Sus características los convierten en herramientas idóneas para la planificación y gestión territorial, por tanto, son facilitadores de toma de decisiones (Moreno, 2008).

Los SIG como sistema de información poseen características fundamentales que los distinguen (Huxhold, 1995 citado por Ciampagna, 2000):

- i. *Georreferenciación*: es el proceso de ubicar hechos y objetos geográficos dentro de un modelo de la superficie de la tierra (sistema de coordenadas).
- ii. *Geocodificación*: es el proceso de vincular a una referencia geográfica datos no geográficos.
- iii. *Topología*: es la rama de la matemática y geometría aplicada que define relaciones entre datos geográficos.

Las características anteriores permiten obtener un modelo de la realidad gracias a funcionalidades específicas de los SIG, como: superposición de capas, análisis de redes, clasificación, análisis estadístico, entre otras (Ciampagna, 2000). Esto permite que la información contenida en la implementación de los SIG sea de utilidad para la toma de decisiones. Para implementar de forma exitosa un SIG desde la perspectiva de un sistema de información efectivo, el acceso a los datos debe ser regulado, es necesario que exista un programa de mantenimiento permanente tanto de la tecnología como de la información y

por supuesto un conocimiento adecuado y actualización de este por parte de los usuarios del sistema (Fallas, 1996).

Según Fallas (1996), los SIG pueden clasificarse en tres énfasis operativos:

- i. *Cartográfico*: enfatizado en los mapas, los SIG se presentan como un medio para el proceso de creación y visualización de mapas.
- ii. *Bases de Datos*: enfatiza la importancia de una base de datos bien diseñada y eficiente, donde la visión predominante recae en las ciencias informáticas y la construcción de consultas para resolver incógnitas de índole espacial.
- iii. *Análisis Espacial*: enfatiza la capacidad de los SIG para resolver problemáticas de índole espacial, bajo el modelado y análisis de la información georreferenciada dentro del SIG.

No obstante, las tendencias modernas de los SIG han integrado estos enfoques operativos (cartográfico, bases de datos, análisis espacial), así como los enfoques funcionales (transacciones y toma de decisiones), en sistemas integrales que brinden todas estas funcionalidades en una única plataforma. La evolución de los sistemas informáticos ha permitido unificar las funciones de los SIG descritas en la Figura 1, de tal forma que es posible realizar búsquedas, comparar, analizar y medir los datos espaciales que se integren a dichos sistemas. Todo lo anterior, en aras de crear *Productos Informativos* que conduzcan a una mejor toma de decisiones (Tomlinson, 2007).

Los productos informativos son todos aquellos resultados, por ejemplo: mapas nuevos, listas y tablas nuevas, gráficos de datos, representaciones esquemáticas, visualizaciones tridimensionales, respuestas a consultas interactivas (desplegadas en pantalla o mediante informes impresos), o cartografía e información digital. Estos productos informativos, tienen como objetivo principal mejorar los rendimientos del trabajo intervenido, en donde la identificación de dichos productos es el punto central para el proceso de planificación del SIG (Tomlinson, 2007).

2.1.2. Estructura de los Sistemas de Información Geográficos

Un Sistema de Información Geográfica, normalmente es confundido con un software en específico que da tratamiento a capas de información geográficos de forma digital. No obstante, los SIG están compuestos por una serie de componentes los cuales se clasifican en (Ciampagna, 2000):

- i. El *hardware* está comprendido por las computadoras y sus componentes internos (memoria RAM, procesadores, aceleradores gráficos, entre otros), así como dispositivos periféricos auxiliares como plotters, impresoras, entre otros.
- ii. El *software* abarca el software SIG, el sistema de gestión de bases de datos (SGBD), aplicaciones, entre otras. Son los programas informáticos que llevarán a cabo diversas labores dentro del modelo geo-informático implementado.
- iii. Los *datos* además de los tradicionales alfanuméricos, se deben agregar características espaciales de los objetos geográficos. Usualmente estos se componen de capas de datos geográficos en formato impreso o digital y las bases de datos o atributos asociados a éstas, así como documentos adjuntos a estos elementos.
- iv. Los *procedimientos* son aquellas reglas formales y no formales existentes en la organización para llevar a cabo sus fines, estos pueden verse modificados por la introducción de la nueva tecnología.
- v. El *personal* se refiere a los usuarios del sistema, se debe tener presente la jerarquía de responsabilidad con respecto al funcionamiento del SIG. Comprende también la clasificación y preparación de los usuarios del sistema, para efectos de que la implementación sea realmente eficiente.
- vi. *La organización* es la unidad organizativa que puede ser una empresa o Institución Estatal, donde el SIG será visto como un recurso para llevar a cabo los fines de la organización.

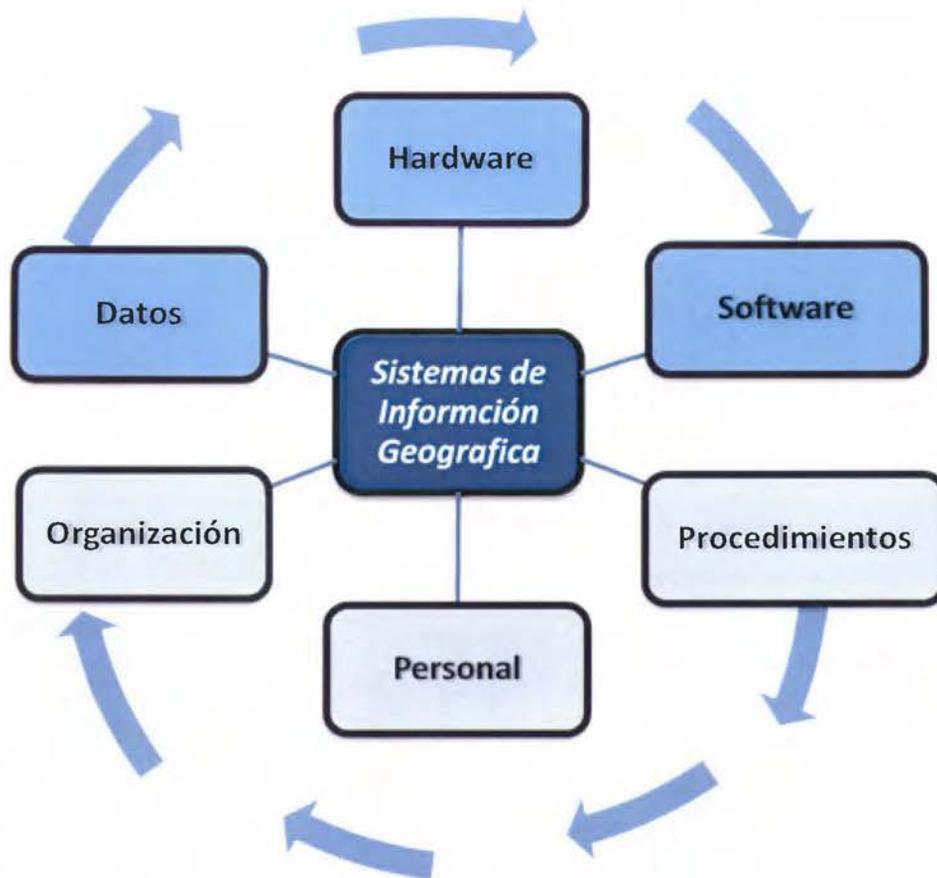


Figura 2. Componentes Duros y Blandos, de un Sistema de Información Geográfica. Fuente: Elaboración propia (2018), basado en Ciampagna, J. M. (2000). Administración de proyectos de Sistemas de Información Geográfica.

Los SIG son sistemas complejos, cuyos componentes se interconectan y clasifican en dos grupos: componentes *Duros o Tecnológicos* (*Datos, Hardware y Software*) y los componentes *Blandos* o de *Dimensión Humana* (*Procedimientos, Personal y Organización*) (Ciampagna, 2000), graficados en la Figura 2. El diseño e implementación de los componentes de los SIG deberá de responder a los fines concretos de la organización, a partir de las necesidades específicas de ésta. En este sentido, los SIG representan una herramienta trascendental para alcanzar objetivos y metas; siendo entonces la planificación del sistema un proceso fundamental y continuo para cosechar su potencial (Tomlinson, 2007).

El insumo principal de los SIG son los *Datos Geográficos*, que son los datos sin procesar que se distinguen por contener un vínculo geográfico (Tomlinson, 2007). Éstos pueden representarse como capas temáticas cartográficas identificables en mapas y además como información no espacial sobre esas capas cartográficas, usualmente almacenadas en formato de tabla. La combinación de estos tipos de información da lugar a los Datos Geográficos o Espaciales, cada uno de ellos presenta diferentes características en sus almacenamientos, o en la forma de representación.

Existen dos formatos principales de representación datos geográficos: uno es Ráster y el otro es Vectorial (ver Figura 3). Siendo el segundo tipo de dato, el que predominará en la implementación del sistema desarrollado como objetivo en este informe.

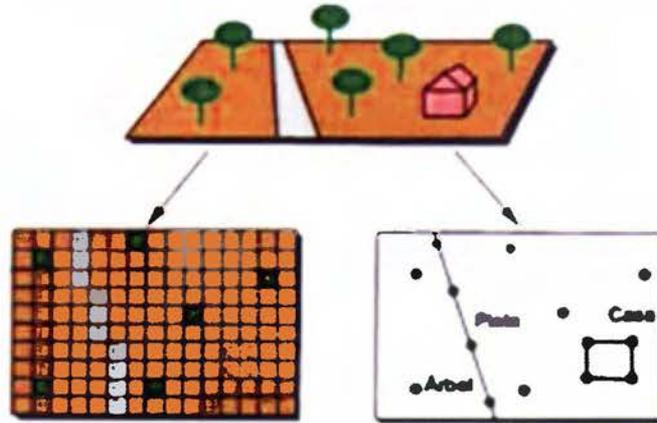


Figura 3. Representaciones de la realidad por medio de los formatos de representación de datos geográficos Ráster y Vectorial. Fuente: Modificado de Zeiler, M. (1999). *Modeling our World: The ESRI guide to Geodatabase Design*.

El formato Ráster consiste en una representación continua del mundo real por medio de una malla o rejilla. En cada unidad de la rejilla se registra el valor que el mapa analógico adopta, éste representa el valor de un determinado aspecto del mundo real en el interior de dicha celda (Moreno, 2008).

Por otro lado, en el formato vectorial se considera que la realidad está dividida en una serie de objetos discretos (puntos, líneas, polígonos) a los que se puede asignar diversas

propiedades cualitativas o cuantitativas (ver Figura 4). Estos objetos se codifican por su posición en el espacio (puntos y líneas) o por la posición de sus límites (polígonos). Los cambios de escala van a suponer en muchos casos que los objetos cambien de un tipo a otro (Zeiler, 1999).



Figura 4. Representaciones de las fisonomías geográficas vectoriales. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Conceptos básicos de clases de entidad.

En un SIG, a través del formato Vectorial, las fisonomías geográficas se representan a través de (Tomlinson, 2007):

- i. *Puntos:* identidades geográficas, que se representan por una coordenada (X, Y). Donde en un mapa temático es un punto o un símbolo relacionado a una entidad geográfica. El punto también puede contar con una altura altimétrica (X, Y, Z).
- ii. *Líneas:* una línea estará definida por un mínimo de dos puntos coordenados. Cuando una línea es identificada con altura (Z), se llamará *isolínea*, donde todos los puntos que la componen tendrán un mismo Z.
- iii. *Polígonos:* son principalmente un conjunto de líneas segmentadas, que deben cerrar en su punto de inicio, creando una entidad con un área determinada.

Adicionalmente a las fisionomías geográficas de los datos vectoriales, otros tipos de información se puede integrar como es el caso de las bases de datos alfanuméricas (ver Figura 5). Éstas son integradas a los elementos espaciales siguiendo una serie de conceptos sobre datos relacionales simples (ESRI, 2018):

- i. Las tablas contienen filas.
- ii. Todas las filas de una tabla tienen las mismas columnas.
- iii. Cada columna tiene un tipo de datos, tal como número entero, número decimal, carácter y fecha.
- iv. Hay una serie de funciones relacionales y de operadores (tales como SQL) disponibles para operar sobre estas tablas y sus elementos de datos.

OBJECTID *	SHAPE *	PROPERTY_1 *	Res	Zoning_simple	SHAPE_Length	SHAPE_Area
1	Polygon	5001	Non-Residential	<Null>	3597.780813	112552.418591
2	Polygon	5002	Non-Residential	<Null>	814.855837	16488.417709
3	Polygon	1003	Residential	Residential	489.655523	12815.591379
4	Polygon	1004	Residential	Residential	521.761248	14036.135346
5	Polygon	1005	Residential	Residential	453.479649	9816.352665

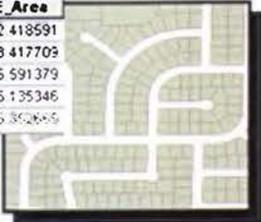


Figura 5. Tablas de atributos de los datos vectoriales. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Conceptos básicos de clases de entidad.

2.2. Modelado de Sistemas de Bases de Datos Espaciales

2.2.1. Modelado de Datos Espaciales

El propósito de los SIG es el de proveer un marco espacial para dar soporte a la toma de decisiones mediante un uso inteligente de los recursos y la administración inteligente de los ambientes operativos creados por el ser humano (Zeiler, 1999). En este sentido, el *Modelado de Datos Espaciales* resulta ser una abstracción del mundo real, que emplea un conjunto de datos específicos que permiten su visualización mediante mapas y que habilita la consulta, edición y el análisis de los mismos mediante productos informativos (García & Otalvaro, 2009).

El modelado de bases de datos geográficos o espaciales es la colección de conceptos, lenguaje y gráficos que son utilizados para describir la estructura y las operaciones de procesamiento de la base de datos (Yeung & Hall, 2007). El modelo comprende tanto los elementos cartográficos, como la información no espacial almacenada en las tablas que los componen y sus relaciones. Asimismo, especifica cómo se van a representar geoméricamente cada una de las entidades y cómo se van a agrupar en distintas capas (García & Otalvaro, 2009), tal como se describe en la Figura 6.

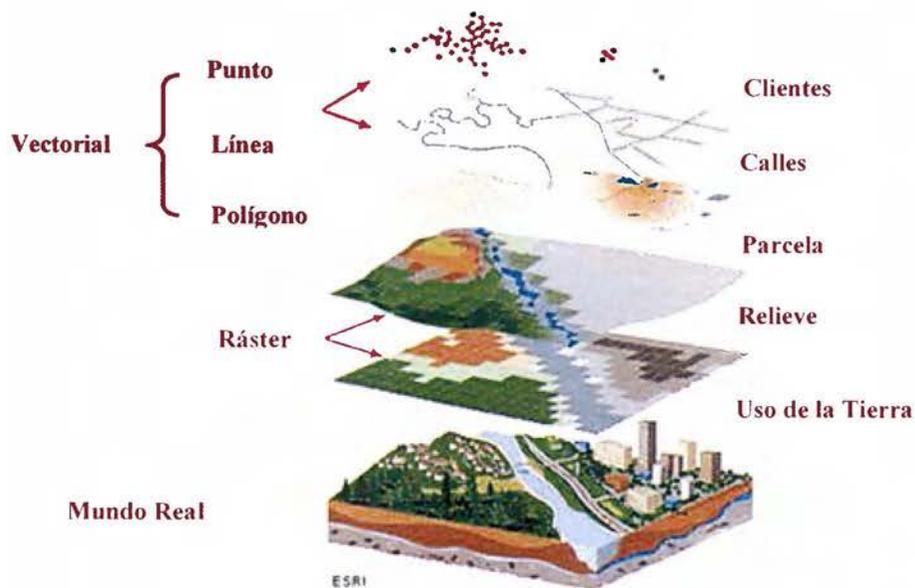


Figura 6. Modelado de la realidad dentro de un SIG. Fuente: Modificado de Fu & Sun (2010). Web GIS: Principles and Applications.

En total, se conocen tres generaciones de modelos geográficos (Negrete y Rodríguez, 2004 mencionado por García & Otalvaro, 2009): la primera generación es el *modelo CAD*: “en los años sesenta y setentas los mapas eran creados con el software CAD (Computer Aid Design). El modelo CAD almacenaba los datos geográficos en archivos de formato binario con representaciones para puntos, líneas y áreas. La información de los atributos era guardada en estos archivos. En las capas de los mapas, las etiquetas de las anotaciones era la forma primaria de representación de los atributos.

A partir de 1981, la empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI), introduce el primer software comercial de SIG “*ArcInfo* ®”, y una segunda generación de modelado de datos geográficos bajo un *modelo de Cobertura (Coverage)*. También conocido como *modelo geo-relacional*, éste presenta dos aspectos claves: los datos espaciales son combinados con atributos y las relaciones topológicas entre componentes vectoriales pueden ser almacenadas (Zeiler, 1999)⁵.

ESRI para la versión *ArcInfo 8* ®, presenta una nueva generación de modelado de datos espaciales orientado a objetos, llamado el *modelo Geodatabase*, manteniendo los principios técnicos desarrollados en la generación anterior. Este provee una estructura de los datos geográficos más cercanos a un modelado lógico-relacional, que permite implementar la mayoría de los comportamientos normales de los componentes, sin tener que escribir código informático. La mayoría de estos comportamientos, están implementados a través de dominios, reglas de validación y otro tipo de funciones provistas por *ArcInfo* ®” (Zeiler, 1999).

La *Geodatabase*, bajo un concepto orientado a objetos, permite caracterizar los datos geográficos de una forma más natural, habilitando la definición personalizada de los tipos de objetos por medio de relaciones espaciales y topológicas; mediante la simulación de cómo estos objetos interactúan con otros objetos (Zeiler, 1999). Este modelo de datos contiene 4 representaciones de datos geográficos según Zeiler (1999):

- i. *Datos Vectoriales*, para representación de elementos.
- ii. *Datos Ráster*, para representación de imágenes, datos temáticos en grilla y superficies.
- iii. *Redes Triangulares Irregulares (TIN)*, para representar superficies.
- iv. *Geocodificaciones* (direcciones y localizadores), para búsqueda de posiciones geográficas.

⁵ El desarrollo del modelo Coverage, contribuye al establecimiento del formato universal Shapefile para los datos geográficos vectoriales, ampliamente utilizado por diversos softwares de SIG.

La *Geodatabase* almacena todas estas representaciones de los datos espaciales en una única base de datos relacional. Esto implica que, los datos geográficos pueden ser administrados de forma centralizada, por profesionales SIG que estén capacitados para aprovechar al máximo las avances en las tecnologías de gestión de bases de datos (Zeiler, 1999). La estructura interna de una *Geodatabase* se puede ver a detalle en la Figura 7.

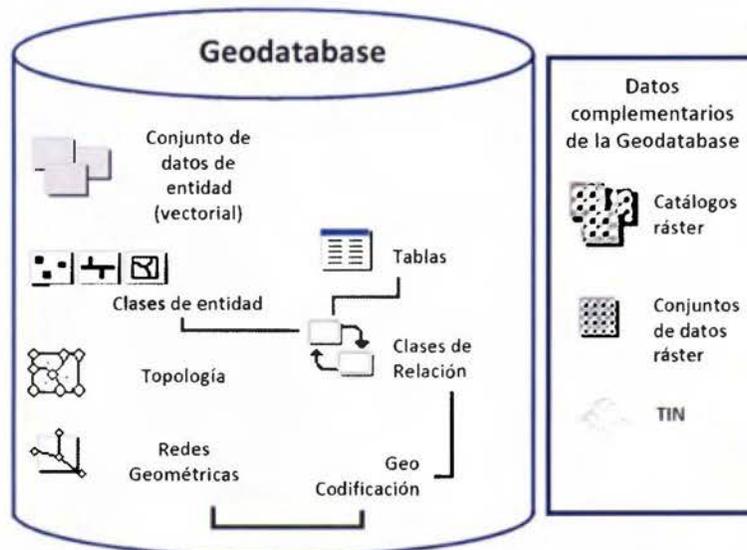


Figura 7. Estructura objetos relacionales y de datos complementarios de la Geodatabase. Fuente: Modificado de ESRI (2018). ArcGIS Help. Conceptos básicos de Geodatabase.

Existen 3 tipos de Geodatabase con diferentes características operativas dentro de la plataforma de ArcGIS (ESRI, 2018) de acuerdo con las necesidades del sistema a implementar:

- i. *Geodatabases personales*: todos los conjuntos de datos se almacenan dentro de un archivo de datos de Microsoft Access con un límite de tamaño de 2 GB.
- ii. *Geodatabases de archivos*: almacenados como carpetas en un sistema de archivos. Cada conjunto de datos se aloja como un archivo que puede escalar hasta 1 TB de tamaño. Las Geodatabases de archivos se recomiendan por sobre las Geodatabases personales.

- iii. *Geodatabases corporativas*: también conocidas como Geodatabases multiusuario, pueden no tener límite de tamaño y cantidad de usuarios. Se almacenan en una base de datos relacional con Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, IBM Informix o PostgreSQL.

2.2.2. Sistemas de Bases de Datos Espaciales

Como consecuencia de la evolución de las Tecnologías de Comunicación e Información (TIC) y los métodos aplicados al desarrollo de Sistemas de Información Geográfica, diversos elementos han sido integrados que potencializan el proceso de modelado e implementación de esquemas de almacenamiento de datos espaciales. Uno de los principales elementos que catapultan los SIG, son los *Sistemas de Gestión de Bases de Datos* (SGBD).

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos, consisten en una colección de datos interrelacionados, así como el conjunto de componentes informáticos asociados (motor de base de datos, interfaces de usuario, programas y traductores) que permiten acceder los mismos (Yeung & Hall, 2007). Los SGBD resultan ser, sistemas de bases de datos corporativas que integran los elementos establecidos en las metas organizacionales, y los traducen en entidades y relaciones, así como sus características de almacenamiento (Pajarito & González, 2010).

Los *Sistemas de Bases de Datos Espaciales (SDBE)*, se definen como un tipo de SGDB que posee las siguientes características (Güting, 1994):

- i. Un sistema de base de datos espacial es un sistema de gestión de bases de datos.
- ii. Ofrece Tipos de Datos Espaciales (SDT por sus siglas en inglés, *spatial data type*) en su modelo de datos y lenguaje de consulta.
- iii. Da soporte a los SDT en su implementación, proveyendo un indexado espacial y algoritmos eficientes para relaciones espaciales.

La primera característica implica que los Sistemas de Base de Datos Espaciales (SBDE) permiten ejecutar todas las tareas de consulta de los datos y modelado de las SGBD convencionales, pero con tareas específicas para datos de tipo espacial o geográfico y de forma integrada con (Yeung & Hall, 2007). La segunda característica se refiere a que los datos espaciales (vectoriales, Ráster) pueden ser utilizados para representar los objetos de la realidad que se pretenden modelar; así como sus relaciones, propiedades y operaciones (Yeung & Hall, 2007). La tercer característica supra citada, se refiere a que mediante las tecnologías de las SGBD, es posible manejar cantidades de información bastante altas, siendo así que éstos sistemas pueden acceder a los datos eficientemente mediante técnicas de indexado, lo cual habilita la interoperabilidad de los datos (geográficos y no espaciales) desde una perspectiva espacial (Yeung & Hall, 2007). Cuando la *Geodatabase* se almacena dentro de un SGBD, las representaciones espaciales son normalmente representadas por vectores o ráster, las cuales generalmente se almacenan utilizando un tipo espacial extendido y geo codificado para su asociación con datos no espaciales (ESRI, 2018).

En el centro de la *Geodatabase* se encuentra un esquema de base de datos objeto relacional estándar (una serie de tablas de base de datos, tipos de columna, índices y otros objetos estándar de base de datos). El esquema se almacena en una colección de tablas del sistema de *Geodatabase* en el SGBD que define la integridad y comportamiento de la información geográfica (Zeiler, 1999). Sin embargo, agregar tipos espaciales y soporte SQL (por sus siglas en inglés, *Standard Query Language*) para atributos espaciales a un SGBD no es suficiente para la compatibilidad completa con un SIG.

Para operar el modelo de almacenamiento de la *Geodatabase* y el motor de la base de datos se emplea una estructura integrada de aplicaciones de varios niveles descritos en la Figura 8. Esta integración es posible implementando lógica y comportamiento avanzados mediante herramientas API (por sus siglas en inglés, *Application Programming Interface*), las cuales permiten establecer una comunicación entre las diversas aplicaciones del sistema (ESRI, 2018).

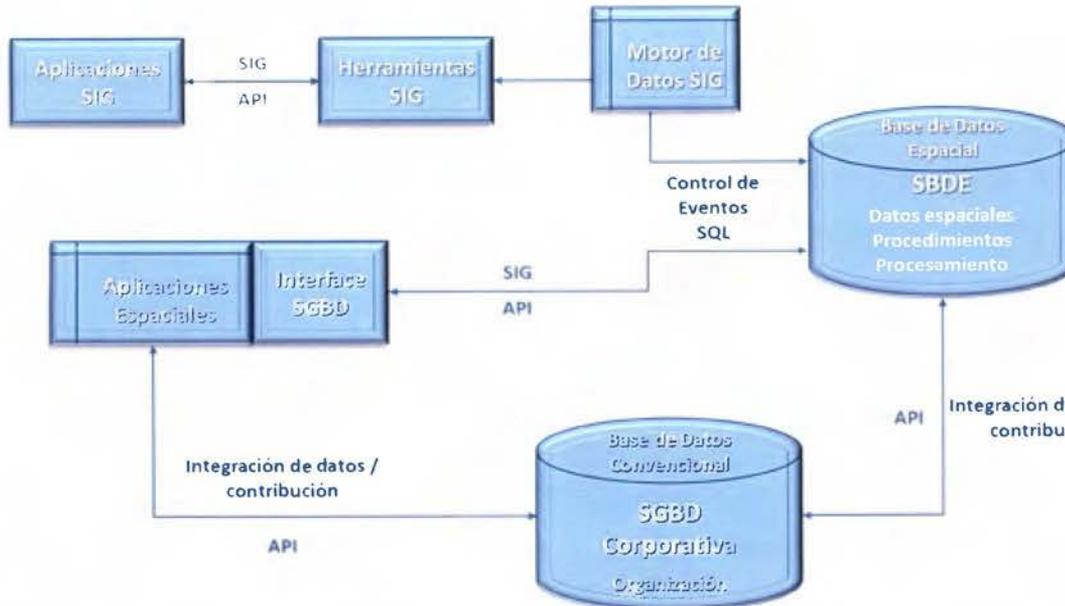


Figura 8. Ambiente estructural de Sistemas de Bases de Datos Espaciales modernas. Fuente: Modificado de Yeung A. K., & Hall, G. B. (2007). Spatial Database Systems: Design, Implementation and Project Management.

Para un SGBD Conventional, de acuerdo con el ambiente estructural de los SBDE descrito en la Figura 8 y con Stefanakis & Sellis (2018), los datos espaciales y no espaciales son representados in forma tabular definidos mediante un modelo relacional⁶, en donde los operadores necesarios para definir y manipular las entidades espaciales son administrados en una aplicación externa al SGBD. Por otro lado, el Sistema de Base de Datos Espacial (SBDE) es un SGBD Conventional Extendido (Stefanakis & Sellis, 2018), el cual además de la composición definida por el modelo relacional, incluye dominios de aplicaciones SIG y los operadores necesarios para definir y manipular las entidades espaciales. Los SBDE tienen además la capacidad de integrarse con otros SGBD Conventionales, a efectos de interoperabilidad con la información geográfica almacenada en las bases de datos.

⁶ Modelo Relacional. Este concepto será definido y descrito en la sección 2.2.3. Modelado de Sistemas de Bases de Datos Espaciales, del capítulo 2. Marco Teórico.

2.2.3. Modelado de Sistemas de Bases de Datos Espaciales

El objetivo del modelado de Sistemas de Bases de Datos Espaciales (SBDE), en el entorno informático empresarial, es identificar las necesidades de los datos y las relaciones, como punto de partida para la creación del modelo de datos espaciales y el diseño de plantillas que simplifican la integración de los conjuntos de datos; así como el mantenimiento de las bases de datos corporativas.

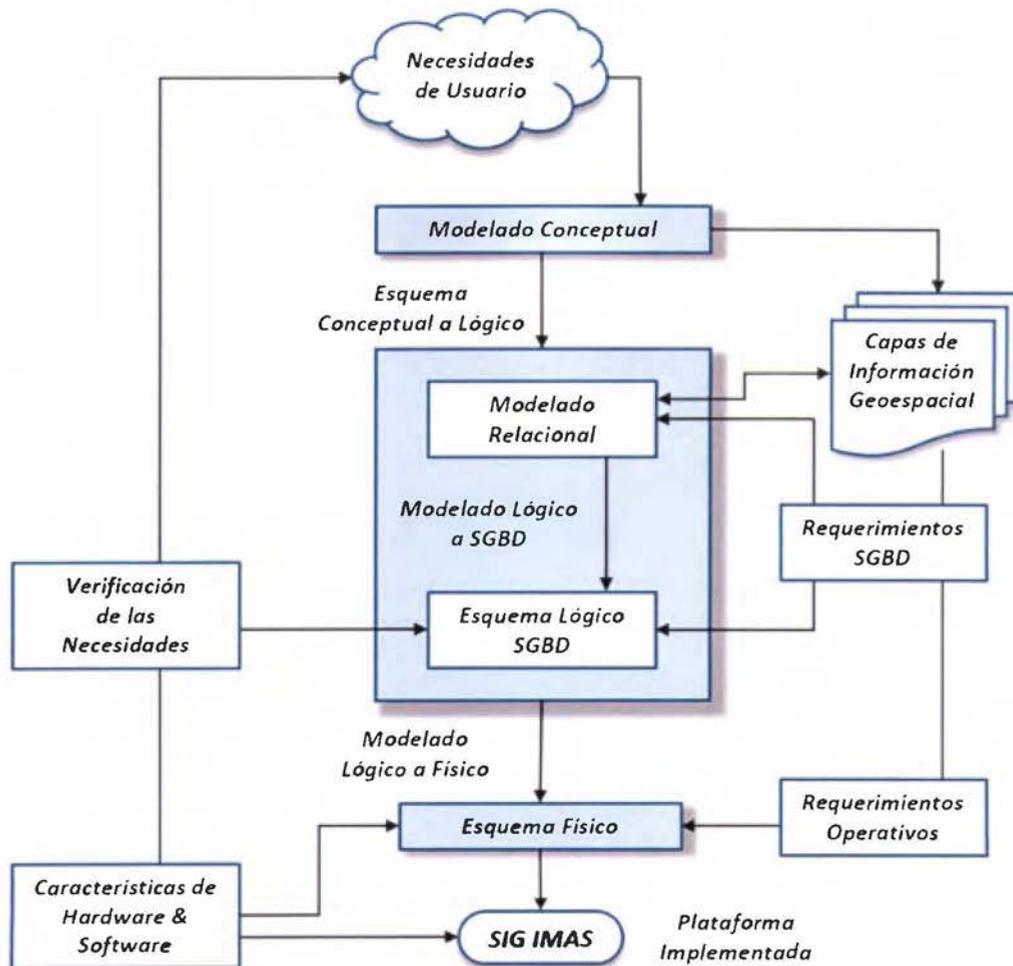


Figura 9. Modelado Conceptual, Lógico y Físico en el contexto de diseño de Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD). Fuente: Modificado de Yeung, A. K., & Hall, G. B. (2007). Spatial Database Systems: Design, Implementation and Project Management.

De acuerdo con la metodología para el modelado de Sistemas Bases de Datos Espaciales establecida por Yeung & Hall (2007), descrita en la Figura 9, el modelado conceptual de los datos inicia siempre después de haber identificado cuales son los problemas que el sistema de base de datos pretende resolver. Esto es una formalización de la identificación de las necesidades de usuario que permite describir en el esquema conceptual de los datos espaciales a integrar.

El primer paso en el diseño de bases de datos es mapear el esquema conceptual a un esquema lógico de mayor nivel de complejidad. Este esquema es redefinido incluyendo detalles adicionales tales como la identificación de llaves, particionamiento de entidades, determinación de valores permitidos en los atributos, relaciones entre los datos, entre otros. El resultado del esquema lógico es un modelo relacional del SGBD que contiene suficiente detalle para el modelado físico de las bases de datos (Yeung & Hall, 2007).

El objetivo del modelado físico, también denominado esquema físico de la base de datos es determinar las características del almacenamiento y acceso de las bases de datos. Esto incluye la localización física y las particiones de los archivos de datos integrados al sistema, los dispositivos de hardware que dan soporte al almacenamiento y acceso de los datos, así como la estructura de operación de las bases de datos. El resultado del modelado físico es un conjunto de especificaciones para la implementación del sistema (Yeung & Hall, 2007).

2.3. Sistemas de Información Geográficos Web

Los Sistemas de Información Geográficos Web (*SIG Web*), son la última generación de los SIG, *integrando los Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD) y las tecnologías Web*; como un sistema distribuido de información espacial. La estructura más sencilla de un SIG Web debería de contar al menos con un servidor y un cliente, donde el servidor es un servidor SIG y el cliente es un navegador web, aplicación de escritorio o aplicación móvil. En su forma más simple SIG web se puede definir como cualquier SIG que utiliza tecnología web (*HTTP*, por sus siglas en inglés *Hypertext Transfer Protocol*) para la comunicación entre un servidor y un cliente (Fu & Sun, 2010).



Figura 10. Arquitectura Servidor – Cliente de un SIG Web, donde el servidor se comunica con el cliente mediante tecnología HTTP. Fuente: Fu, P., & Sun, J. (2010). Web GIS: Principles and Applications.

Como se puede observar en la Figura 10 la arquitectura *Cliente – Servidor* es una tecnología mediante la cual se corren diversos procesos para compartir los recursos, en donde la computadora que solicita un *Servicio* de otra computadora es llamada *Cliente*, y la computadora que provee el *Servicio* es denominada *Servidor* (Yeung & Hall, 2007). Los datos e información geográfica que se captura y preserva como Geodatabases, documentos de mapas, cajas de herramientas de geoprocetamiento, archivos de imágenes, entre otros, que formen parte de un Sistema de Base de Datos Espacial Web, se pueden publicar y compartir como *Servicios Web* de un SIG (ESRI, 2018).

Los SIG Web ofrecen la posibilidad de acceder a un conjunto de funcionalidades, denominadas servicios, desde cualquier ordenador con acceso a Internet y al sistema de servidores central (ESRI, 2018):

- i. *Un alcance global:* Como usuario de ArcGIS, usted puede presentar aplicaciones SIG web al mundo y el mundo puede obtener acceso a ellas desde sus equipos o dispositivos móviles. La naturaleza global de SIG web se hereda desde HTTP, el cual es ampliamente compatible. Casi todas las organizaciones abren sus cortafuegos en ciertos puertos de red para permitir que las solicitudes y respuestas de HTTP pasen a través de su red local, aumentando así la accesibilidad.
- ii. *Una gran cantidad de usuarios:* En general, un SIG de escritorio tradicional se utiliza solamente por parte de un usuario a la vez, mientras que un SIG web puede ser utilizado por docenas o cientos de usuarios simultáneamente. De esa manera, SIG web requiere un rendimiento y escalabilidad mucho más altos que SIG de escritorio.
- iii. *Mejor capacidad a través de la plataforma:* La mayoría de los clientes de SIG web son navegadores web: Internet Explorer, Mozilla Firefox, Apple Safari, Google Chrome, y así sucesivamente. Debido a que estos navegadores web cumplen en gran medida con los estándares de HTML y JavaScript, SIG web que se basa en los clientes de HTML normalmente admitirán diferentes sistemas operativos como Microsoft Windows, Linux y Apple Mac OS.
- iv. *Bajo coste según el promedio por el número de usuarios:* La gran mayoría de contenido de Internet es gratuito para los usuarios finales y esto se aplica para SIG web. Generalmente, no necesita comprar software o pagar para usar SIG web. Las organizaciones que necesitan proporcionar capacidades SIG a muchos usuarios también pueden minimizar sus costos a través de SIG web. En lugar de comprar y configurar SIG de escritorio para cada usuario, una organización puede configurar solamente un SIG web y este sistema único puede ser compartido por muchos usuarios: desde casa, en el trabajo o en el campo.
- v. *Fácil de usar:* SIG de escritorio está diseñado para usuarios profesionales con meses de capacitación y experiencia en SIG. SIG web está diseñado para una gran audiencia, incluso usuarios públicos que posiblemente no saben nada de SIG. Ellos esperan que SIG web sea tan fácil como usar un sitio web normal. SIG web está diseñado comúnmente para brindar simplicidad, intuición y conveniencia, facilitando mucho más el uso que con SIG de escritorio.

- vi. *Actualizaciones unificadas:* Para que SIG de escritorio se actualice a una nueva versión, la actualización se debe instalar en cada equipo. Para SIG web, una actualización funciona para todos los clientes. Esta facilidad de mantenimiento hace que SIG web se adapte para la entrega de información en tiempo real.
- vii. *Diversas aplicaciones:* A diferencia de SIG de escritorio, el cual está limitado a cierta cantidad de profesionales de SIG, todos pueden utilizar SIG web en una empresa, así como el público en general. Esta gran audiencia tiene diferentes demandas. Aplicaciones como la representación cartográfica de casas de celebridades, etiquetado de fotografías personales, localizar amigos y mostrar puntos importantes de Wi-Fi son algunos de los ejemplos más actuales de SIG web.

Uno de los componentes principales de las SIG Web son los *Geoportales*, éstos son la puerta de entrada y la cara visible del sistema distribuido y es donde se define la interfaz de usuario. Como se puede apreciar en la Figura 11, el SIG Web es un tipo de portal web utilizado para buscar, acceder, administrar y utilizar información geográfica a través de servicios remotos (Rocha, 2007).



Figura 11. Estructura conceptual de un SIG Web. Fuente: Fu, P., & Sun, J. (2010). Web GIS: Principles and Applications.

3. MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de los objetivos específicos del presente Proyecto se empleó la metodología recomendada por Yeung & Hall (2007), descrita en la Figura 9. Modelado Conceptual, Lógico y Físico en el contexto de diseño de Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD), de acuerdo con las siguientes actividades orientadas a resultados:

Tabla 2. Descripción de las actividades como marco metodológico para el desarrollo del proyecto. Fuente: Elaboración Propia (2018).

<i>Objetivo General: Implementar la plataforma geo-informática denominada: Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social (SIG IMAS), como herramienta para la administración de la información institucional de carácter espacial asociada al Área de Titulación de Tierras, en la provincia de Limón y bajo los principios de Sistemas de Información Geográficos Web.</i>		
OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS
Objetivo Específico 1: <i>Establecer las necesidades de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.</i>	1.1. Definición de las funciones institucionales del Área de Titulación de Tierras y su evaluación situacional.	Necesidades de los usuarios establecidas
	1.2. Descripción del flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras y sus productos informativos.	
	1.3. Construcción de los requerimientos tecnológicos-operativos y de los datos del SIG IMAS, a partir de las funciones y productos informativos del Área de Titulación de Tierras.	
Objetivo Específico 2: <i>Diseñar la estructura geo-informática del SIG IMAS bajo los principios de sistemas de bases de datos espaciales web.</i>	2.1. Diseño de los esquemas conceptual y lógico de las bases de datos del SIG IMAS.	Sistema de Base de Datos Espacial Web Diseñada
	2.2. Diseño del esquema físico: estructura de arquitectura de red y software.	
	2.3. Configuración e implementación de los sistemas de bases de datos.	
Objetivo Específico 3: <i>Construir la información geoespacial digital para su integración a las bases de datos del SIG IMAS.</i>	3.1. Conformación de Mapa de Fincas y Mosaico de Planos, relacionados a proyectos urbanos del IMAS.	Fincas Georreferenciadas y cartografía complementaria integradas al SIG IMAS
	3.2. Configuración cartográfica de información complementaria Institucional.	
	3.3. Integración de las capas de información geoespacial a las bases de datos del SIG IMAS.	
Objetivo Específico 4: <i>Implementar las aplicaciones web para oficina y campo del SIG IMAS para el Área de Titulación de Tierras, utilizando la plataforma geo-informática de ArcGIS.</i>	4.1. Desarrollo de un Geoportal de visores de mapas vía web del SIG IMAS.	SIG IMAS implementado
	4.2. Desarrollo de visor de mapas web para el Área de Titulación de Tierras.	
	4.3. Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.	

3.1. Establecimiento de las necesidades técnicas de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS, de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación

3.1.1. Definición de las funciones institucionales del Área de Titulación de Tierras y su evaluación situacional.

Para definir las funciones institucionales del Área de Titulación se analizó lo establecido en el Decreto Ejecutivo N°29531-MTSS, específicamente en el artículo 18. “*Funciones del Área de Titulación de Tierras*”. Sobre dichas funciones se describió la situación actual de su ejecución, haciendo énfasis en los procesos requeridos para su cumplimiento. Lo anterior, analizado desde una perspectiva de Planificación y Gestión espacial, con el objetivo de contextualizar y personalizar las especificaciones técnicas requeridas del SIG IMAS.



Figura 12. Captura de pantalla del sitio web “Sistema Costarricense de Información Jurídica – SCIJ” en el cual se accede a la última versión del documento Decreto Ejecutivo N°29531-MTSS. Fuente: Sistema Costarricense de Información Jurídica – SCIJ (2018).

Dicho Decreto Ejecutivo es publicado por primera vez en el Diario Oficial La Gaceta del 31 de julio del año 2001, no obstante, ha sufrido diversas reformas parciales; por este motivo se requiere contar con la última versión de la norma. Para ello se utilizó el sitio web: “*Sistema Costarricense de Información Jurídica – SCIJ*” (<http://www.pgrweb.go.cr/scij/main.aspx>), a efectos de consultar y descargar el texto respectivo a la norma (ver Figura 12).

3.1.2. Descripción del flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras y sus productos informativos.

El proceso de titulación de bienes inmuebles del IMAS integrado dentro de la implementación del sistema planteado, posee un flujo de trabajo establecido, de acuerdo a las funciones del Área de Titulación de Tierras y con el “*Manual para la prestación de servicios y el otorgamiento de beneficios*”⁷. Este último documento corresponde a la constitución de un texto que facilite la labor de los agentes internos y externos del IMAS, al tratarse de un documento dirigido a simplificar y facilitar la labor de los profesionales de la Institución, en el otorgamiento de servicios y beneficios parte de la oferta programática.

El flujo del Área de Titulación de Tierras se presenta en la Figura 13 de forma simplificada al flujograma original del beneficio Titulación. De la intervención técnica del flujo del Área de Titulación de Tierras se extraen las necesidades técnicas-operativas necesarias para el diseño geo-informáticos del sistema.

Adicionalmente, se genera como resultado el establecimiento de *productos informativos* requeridos del SIG IMAS en forma de mapas, informes, gráficos, listas o cualquier combinación de estos elementos. Los mismos son elementos que se pueden obtener dentro de la plataforma implementada, para que en todo momento estos *productos informativos* estén integrados con las bases de datos del sistema.

⁷ Ver Anexo 1. Flujograma 18. Procedimiento para el otorgamiento del beneficio de Titulación.

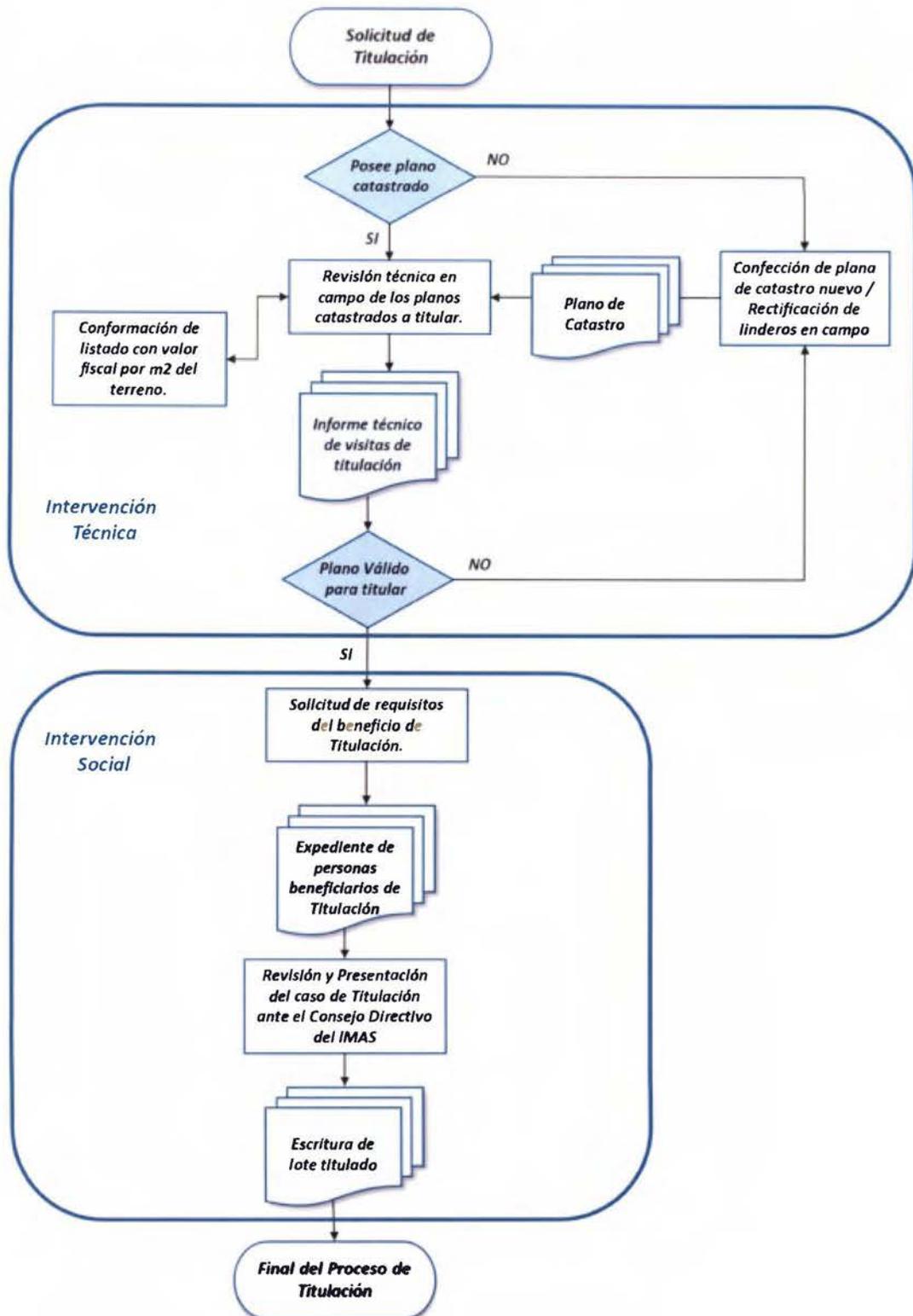


Figura 13. Diagrama del flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras (simplificado) para la ejecución del beneficio de Titulación. Fuente: Modificado de IMAS. (2009). Manual Único para el Otorgamiento de Beneficios Institucionales.

Para la Descripción de los Productos Informativos (DPI) se especifican sus características de acuerdo con los siguientes componentes individuales (Tomlinson, 2007):

- i. *Título*: debe ser preciso e indicar para qué se usa la información.
- ii. *Nombre del Departamento*: se indica el departamento que requiere consultar y que asume la responsabilidad de desarrollar y procesar la información.
- iii. *Sinopsis*: resumen narrativo que ofrece una descripción general del producto informativo.
- iv. *Requisitos de mapas*: describe las especificaciones cartográficas de cada mapa que se requiere en el resultado final, tanto en los términos visuales como de sus características (leyenda).
- v. *Frecuencia de uso*: indicación de con qué frecuencia se creará, consultará y actualizará el producto.
- vi. *Vinculaciones lógicas*: detalles de las vinculaciones que se deban establecer entre los elementos de la base de datos del SIG IMAS.

3.1.3. Construcción de los requerimientos tecnológicos-operativos y de los datos del SIG IMAS, a partir de las funciones y productos informativos del Área de Titulación de Tierras.

A partir de la definición de las funciones y del flujo de trabajo del Área de Titulación, se definen las características de los datos que componen el sistema. De igual forma, se plantean los requerimientos tecnológicos básicos y las necesidades de mantenimiento de la información para la implementación del SIG IMAS, de acuerdo con los productos informativos.

Para ello se establecen las necesidades estratégicas del sistema desde una perspectiva de arquitectura e interoperabilidad de red, así como de las bases de datos, a partir de las funciones del Área de Titulación de Tierras. Posteriormente, se plantean las necesidades geo-informáticas de los datos y los productos informativos del sistema, de acuerdo con el flujo de trabajo del Proceso de Titulación. Asimismo, el flujo de trabajo y las funciones del

Área permitirán configurar aplicaciones web y para dispositivos móviles que permitan integrar la ejecución y monitoreo de las actividades necesarias para la ejecución del beneficio de Titulación.

3.2. Diseñar la estructura geo-informática del SIG IMAS bajo los principios de Sistemas de Bases de Datos Espaciales Web

3.2.1. Diseño de los esquemas conceptual y lógico de las bases de datos del SIG IMAS.

Se establecieron las capas de información (sean éstas de carácter espacial o geográfico, o de carácter alfanumérico) que llegarán a integrar las bases de datos del sistema. De igual forma, se definieron las relaciones que presentan en dichas capas de información; de modo tal que se contara con orientación en las estrategias de ingreso de información y actualización de las bases de datos asociados a los procesos de Titulación de Bienes Inmuebles.

Mediante el desarrollo del esquema conceptual se definió, en términos amplios y genéricos, el ámbito y los requerimientos de la base de datos identificando entidades relevantes en las funciones del Proceso de Titulación, atributos que caracterizan las entidades, relaciones entre entidades y realizando el diagrama que representa los conceptos básicos del modelo. El esquema conceptual es independiente del hardware y software que serán usados para implementar la base de datos. Representa el nivel más alto en el modelado de datos, debido a que describe el contenido más que la estructura de almacenamiento de la Geodatabase.

Se utilizó un Modelo Entidad-Relación (E-R), el cual, en un nivel abstracto describe la naturaleza de la organización de los datos y como será interpretada la relación entre ellos (Yeung & Hall, 2007). Para la construcción del modelo conceptual se utiliza la estructura y notación descritas por el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos E.T.S. Ingeniería Informática (2005), en el informe “*Modelo de Entidad / Interrelación*”, cuya simbología se describe en la Figura 14.

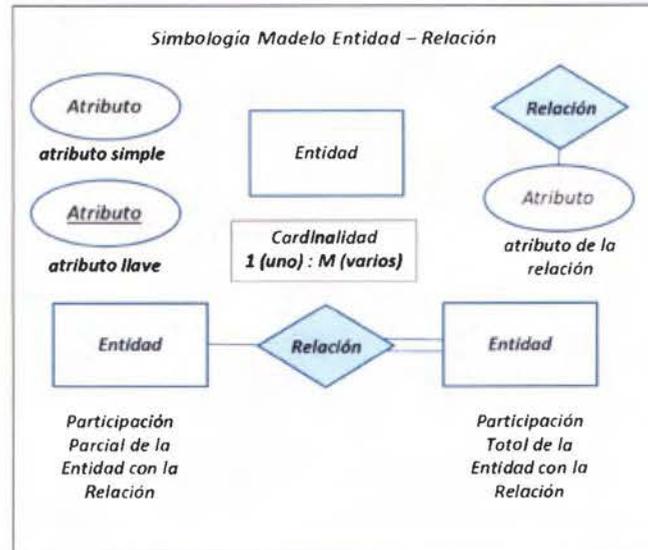


Figura 14. Simbología para la representación de modelos Entidad-Relación. Fuente: Modificado de Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos E.T.S. Ingeniería Informática (2005). Modelo de Entidad / Interrelación.

Una Entidad, de acuerdo con Yeung & Hall (2007), puede considerarse a cualquier objeto (real o abstracto) o bien una persona, lugar, cosa, concepto o suceso. Para definir las entidades del sistema se utilizan los elementos cartográficos resultado de los productos informativos, los cuales son descritas por un conjunto de propiedades o atributos (ver Figura 14). La relación es una vinculación o correspondencia entre entidades, en donde su representación en el modelo conceptual es mediante un rombo y el nombre (verbo en singular) de la misma; ésta también puede tener atributos que la definan.

Otro elemento por establecer en el modelo E-R es la Cardinalidad, la cual define el tipo de correspondencia o número de ocurrencias de una entidad que se interrelacionan con otra entidad (Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos E.T.S. Ingeniería Informática., 2005). Puede ser: 1:1 (uno a uno), 1: N (uno a varios), N: M (varios a varios), 0:M (cero a varios), 0:1 (cero a uno), entre otros.

El diseño del esquema lógico respondió modelo E-R asociado al flujo de trabajo asociado al Proceso de Titulación de Bienes Inmuebles, de forma que las bases de datos de las capas de información que integran el SIG IMAS, se ajustaran a las diversas etapas de dicho proceso. De forma tal que, sea posible programar, ejecutar y dar seguimiento a los Proyectos de

Titulación en coordinación con las demás áreas involucradas; así como fundamentar la elaboración de capas de información geográficas para aspectos específicos del proceso de Titulación de Bienes Inmuebles.

El esquema lógico consolida, refina y convierte al esquema conceptual, en un sistema específico de modelado definido como Modelo Relacional el cual representa la colección de las relaciones que se presentan entre las entidades de las bases de datos (Elmasri & Navathe, 2011), a través de tres pasos definidos por García & Ojalvaro (2009):

- i. Proyectar el esquema conceptual al esquema lógico: para lo cual se traslada la descripción del sistema descrito por el modelo E-R hacia una representación descriptiva de la base de datos, en donde cada Entidad será una tabla alfanumérica compuesta por los Atributos como campos o columnas dentro de la base de datos.
- ii. Identificar la clave principal: en cada tabla de atributos se define cual será el campo (Atributo) exclusivo para cada Entidad, la cual identifica esa instancia o registros de forma independiente a otras instancias en esa tabla.
- iii. Normalizar las tablas de atributos y sus relaciones: a cada base de datos se le establecen los títulos de las columnas (Atributos) de las tablas. Además, se trasladan las relaciones descritas en el esquema conceptual a las tablas de atributos de cada Entidad que forman parte de las bases de datos, en términos dependientes del sistema de gestión de base de datos implementado.

3.2.2. Diseño del esquema físico: estructura de la arquitectura de red y software.

El esquema físico representa el nivel final en el modelado de datos. Se definió la estructura específica de almacenamiento, especificando cómo los datos serán almacenados y cómo fluirán dentro del sistema. Por lo tanto, este esquema es dependiente del software y hardware utilizados; además, puede tener muchas alternativas de diseño. El resultado es un esquema que contiene las características de las instancias y las especificaciones de la base de datos física, tales como las propiedades de tipo de campo y su longitud. Para tipo de

campo se define si la instancia es texto o número. Para la longitud, si es texto se define la cantidad de caracteres máximos que se admite para la instancia; por otro lado, en caso de ser numérico, se debe indicar si es un número entero (int), decimal (float), entero largo (long) o decimal largo (double).

En esta actividad se estableció la estructura de arquitectura de red y de software que darán funcionalidad y operabilización al Sistema de Información Geoespacial de IMAS, vía Intranet e Internet, tomando en cuenta los productos disponibles de la plataforma informática de ArcGIS de ESRI: ArcGIS for Desktop, ArcGIS Server Workgroup Standard, Portal for ArcGIS y ArcGIS Online. Para ello se dispone de diferentes patrones de implementaciones SIG Web (ESRI, 2018), los cuales son descritos en la Figura 15.

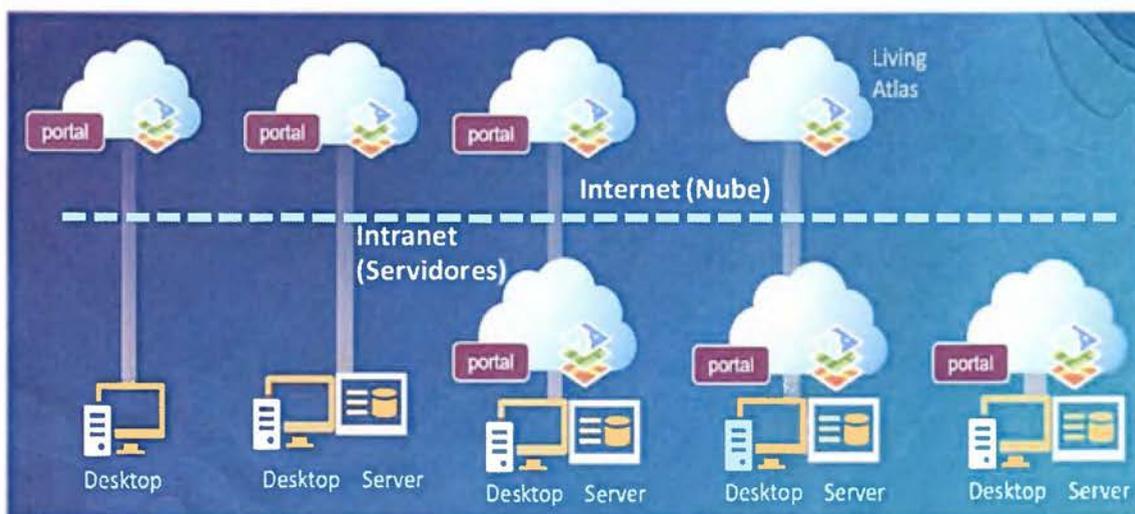


Figura 15. Patrones de implementación SIG Web, utilizando la plataforma de ArcGIS de ESRI®, para ambientes en web de uso en redes de internet públicas tanto como para sistemas de red privadas o internas, e inclusive sistemas mixtos (Internet e Intranet). Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web GIS.

La selección del patrón de implementación se llevó a cabo de acuerdo con las necesidades del sistema establecidos en los resultados de la Actividad 3.1.3. *Construcción de los requerimientos tecnológicos-operativos y de los datos del SIG IMAS, a partir de las funciones y productos informativos del Área de Titulación de Tierras.* (Ver Tabla 2. *Descripción de las actividades como marco metodológico para el desarrollo del proyecto*); así como cumplir con las obligaciones adquiridas con el Convenio para la publicación de información del Geoportal del SNIT.

3.2.3. Configuración e implementación de los sistemas de bases de datos.

Se coordina con el Área de Tecnologías de Información de la Institución para configurar e implementar los sistemas informáticos internos necesarios para el correcto funcionamiento del Sistema de Información Geoespacial del IMAS. Esto incluye las, ensamblaje de los servidores informáticos y configuraciones de software requerido para que el SIG IMAS opere a nivel de Intranet e Internet. Asimismo, se definen las rutas de acceso a las bases de datos y su estrategia de mantenimiento.

Las configuraciones y estructuras resultantes se llevaron a cabo en función de facilitar al Área de Titulación de Tierras registrar, administrar y dirigir las actividades relacionadas al Proceso de Titulación. Para ello, se consideró la Geodatabase de tipo *Corporativa* o *Multiusuario* dentro de la plataforma de ArcGIS, como el tipo de modelo de datos espacial a utilizar en el SIG IMAS. A partir de la Descripción de los Productos Informativos (*DIP* resultado de la actividad 3.1.2., en Tabla 2. *Descripción de las actividades como marco metodológico para el desarrollo del proyecto*), se definieron las características de las tablas y entidades a incluir dentro de la Geodatabase.

3.3. Construcción de la información geoespacial digital para su integración a las bases de datos del SIG IMAS

Una vez establecida la estructura geo-informática del Sistema, se elaboraron las capas de información que van a formar parte del SIG IMAS. Dado el carácter predominantemente espacial del proceso de Titulación de Bienes Inmuebles del IMAS, la confección de material cartográfico es esencial para el máximo provecho del desarrollo a implementarse. A partir de los modelos conceptual y lógico-relacional, se construyeron las capas de información geográficas necesarias para integrarse a la Geodatabase y al flujo de trabajo la Unidad de Titulación.

Un elemento base para la construcción de la información geoespacial es el sistema de coordenadas a utilizar para el SIG IMAS. Para ello, se implementa lo indicado en el

Decreto Ejecutivo 33797-MJ-MOPT del 30 de marzo del 2007, Oficialización de la Red Geodésica Nacional de Referencia Horizontal *CR05* y de la Proyección Transversal de Mercator para Costa Rica *CRTM05*, donde se establece que dicha red y proyección cartográfica, constituirán el único sistema oficial de coordenadas para la República de Costa Rica (Arce & Monge, 2013).

A partir de dicho sistema se deben referenciar todos los levantamientos y actividades cartográficas y geodésicas que desarrollen en el territorio nacional toda dependencia pública. El mismo posee los siguientes parámetros de configuración de ajuste espacial: con el meridiano central de 84° Oeste, paralelo central 0°, coordenada norte de origen 0 metros, coordenada este del origen 500000 metros, proyectada con un factor de escala de 0,9999 válida para todo el país (Arce & Monge, 2013).

En este sentido se deben de gestionar las siguientes acciones para alimentar con información el SIG IMAS:

3.3.1. Conformación de Mapa de Fincas y Mosaico de Planos relacionados a proyectos urbanos del IMAS.

Conformación de Mapa de Fincas y Mosaico de Planos de fincas y lotes relacionados a proyectos urbanos del IMAS, de la provincia Limón. Lo cual proveerá a la Institución de un mapeo georreferenciado en formato de datos geográficos; que contendrá la delimitación de todas las fincas inscritas ante el Registro Nacional, georreferenciación de los planos catastrados relacionados a dichas fincas y la delimitación general de los Proyectos de Titulación.

La información en formato digital necesaria para la conformación del Mapa de fincas y Mosaico de Planos es brindada por parte del Registro Nacional mediante el establecimiento del *CONVENIO PARA LA PUBLICACIÓN DE INFORMACIÓN EN EL GEOPORTAL DEL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN TERRITORIAL (SNIT)*, suscrito entre la

Junta Administrativa del Registro Nacional y el Instituto Mixto de Ayuda Social, en el mes de octubre del año 2016.

Para ello se desarrollan las siguientes actividades:

3.3.1.1 Recopilación y organización de información

La recopilación de la información catastral y registral es la compilación de las fuentes de información básicas las cuales serán la base primordial para el proceso de compatibilización de la información catastral registral y la consecuente conformación de los productos esperados, los cuales son enlistados a continuación.

- i. *Cartografía digital*: se considera la cartografía disponible en línea del Sistema Nacional de Información Territorial la cual es importante la información sobre distintos elementos cartográficos que dan soporte a la correcta georreferenciación y conformación de linderos de las propiedades.
- ii. *Ortofotos Digitales*: La Ortofotos digitales son otro insumo cartográfico disponible en línea del Sistema Nacional de Información Territorial, a escala 1:5.000 de mayor parte del territorio nacional y a escala 1:1.000 para las áreas urbanas.
- iii. *Plano catastrado*: imágenes digitales de los planos catastrados (adverso y reverso) asociadas a las fincas propiedad del IMAS en la provincia Limón y el dato alfanumérico del número de plano con el que se inscribió cada uno de ellos. Junto con estas imágenes, se entrega un archivo en formato “.xls” donde se especifica la información literal de cada plano.
- iv. *Informes registrales*: contenido del Sistema de Bienes Inmuebles (SBI) del Registro Nacional de los terrenos propiedad del IMAS inscritos en la provincia Limón, en formato alfanumérico (“.txt”) y es delimitado, separado por coma. Esta información se entrega en 3 archivos diferentes: Tabla Fincas y Derechos, Tabla Segregaciones y Tabla Linderos.
- v. *Diseños de Sitio*: diseños de sitio con los que cuenta el IMAS de sus proyectos habitacionales en la provincia Limón. Estos son utilizados como referencia para la organización de los planos catastrados y configuración de dichos proyectos.

3.3.1.2 Establecimiento de la relación plano – finca

La finalidad de este proceso es determinar cuántos y cuáles planos catastrados hacen referencia a cada una de las fincas inscritas en el distrito de trabajo y con ello establecer la relación que existe entre la información catastral y la registral para un mismo inmueble. Este análisis se realiza con el fin de encontrar la relación biunívoca entre un plano catastrado y una finca, de modo que pueda asegurarse la congruencia entre la descripción jurídica y la descripción física de cada propiedad. Esta relación se establece de conformidad con las condiciones descritas en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los tipos de relaciones plano-finca establecidos para la conformación del Mapa y Mosaico de Planos del IMAS. Fuente: Modificado de Aguilar, A., Aguilar, M., Gutiérrez, E., Gutiérrez, V., Quirós, J., Valverde, F., & Zamora, F. (2013). Manual de Procesos para la compatibilización de la información catastral y registral.

RELACIÓN	DESCRIPCIÓN
0. No tiene Plano Catastrado	<ul style="list-style-type: none"> - La finca NO indica un plano catastrado en su asiento registral y no se le logra relacionar alguno. - Indica un plano catastrado que presenta errores o que no existe en el Sistema de Información de Planos (SIP). - El plano catastrado que indica en su asiento registral o el relacionado no describe correctamente la finca.
1. Relación Uno a Uno	<ul style="list-style-type: none"> - La finca indica en el Sistema de Bienes Inmuebles (SBI) el número de plano catastrado. - El área inscrita es coincidente con la indicada en el plano. - Los colindantes del SBI y el plano no tienen contradicciones en cuanto a vías, accesos y ríos.
2. Segregaciones con Plano	<ul style="list-style-type: none"> - La finca indica en el SBI el número de plano catastrado. - El área inscrita es menor que la indicada en el plano. - Hay una o varias fincas segregadas, TODAS en relación (1, 2 o 4). - Los planos de las fincas segregadas y el de la finca madre son congruentes.
3. Rectificación de Área	<ul style="list-style-type: none"> - El número de plano catastrado no se indica para una finca en el SBI. - La diferencia entre el área indicada por el plano catastrado y el área inscrita de la finca no supera el 10% del área inscrita. - Los colindantes del SBI y el plano no tienen contradicciones en cuanto a vías, accesos y ríos.
4. Incluir Plano	<ul style="list-style-type: none"> - Si la finca y el plano concuerdan en área y no presentan contradicciones en los colindantes, es decir, no cumple con la relación 1 únicamente porque el plano catastrado NO se indica en el asiento registral. - Si la finca presenta menor área que la indicada en el plano y los planos de las segregaciones son congruentes con el plano encontrado para la finca madre, es decir que el predio no cumple con la relación 2 únicamente porque el plano catastrado de la finca madre NO se indica en el asiento registral. - Si el plano catastrado indica el número de finca por resello.
5. Otros Casos	Por la investigación del plano se le relaciona por alguno de los tipos anteriores, sin embargo, alguna de las condiciones requeridas y listadas no se cumple o no se puede comprobar.

3.3.1.3 Conformación del Mosaico de Planos IMAS de la provincia Limón

La conformación del Mosaico de Planos IMAS consiste en la vectorización de las parcelas descritas por los planos catastrados de forma que se obtenga una descripción gráfica digital de cada plano; por medio de la imagen del plano utilizando los datos del derrotero y linderos de la parcela. Se tomarán en cuenta las metodologías y parámetros establecidos en el “Manual de Procesos para la Compatibilización de Información Catastral y Registral” del Proyecto de Regularización de Registro y Catastro (Aguilar, y otros, 2013), tanto para la vectorización del plano, su debida Georreferenciación y comparación con la cartografía de Referencia.

Para obtener esa descripción vectorial de la parcela incluida en el plano catastrado, es necesario utilizar la imagen del plano, para extraer de ahí los datos del derrotero y los linderos de la parcela. Dicha vectorización se lleva a cabo empleando el software ArcGIS Desktop, y se ejecuta de dos maneras (Aguilar, y otros, 2013): mediante vectorización del derrotero y vectorización de los linderos de la parcela.

- i. *Vectorización del derrotero*: Se traza el polígono por medio del cálculo de los datos poligonales especificados en el derrotero del plano catastrado (ver Figura 16). Lo anterior valorando el error de cierre lineal del polígono resultante, considerando una precisión del cálculo de los lados de ± 0.01 m (Aguilar, y otros, 2013).

D E R R O T E R O		
LINEA	ACIMUT	DIST.
1 - 2	90°00.0'	7.50
2 - 3	45°00.0'	3.54
3 - 4	00°00.0'	15.00
4 - 5	270°00.0'	10.00
5 - 1	180°00.0'	17.50

Figura 16. Datos típicos del derrotero de un plano catastrado. Mediante la orientación y longitudes de los vectores descritos, se traza el polígono resultante dentro del Mosaico de Planos. Fuente: Elaboración propia (2018)

La tolerancia para el error de cierre lineal se establecerá por la expresión (Aguilar, y otros, 2013):

$$Tl = \pm 0.03 m \times \sqrt{nl} \quad (1)$$

En donde,

Tl , es la Tolerancia para el error lineal.

nl , es el número de lados del polígono.

Si al vectorizar el derrotero este cumple con las tolerancias establecidas, el plano es aceptable para la conformación del Mosaico de Planos. Por el contrario, si al realizarse la vectorización por derrotero, el error de cierre lineal es superior a la tolerancia permitida (Tl) entonces, se procede a realizar la vectorización de los linderos.

- ii. *Vectorización de los linderos de la parcela:* Este proceso se efectúa llevando la imagen del plano catastrado al software ArcGIS Desktop en la que se delinea el perímetro de la parcela a mano alzada (ver Figura 17) y, posteriormente, se le da escala de acuerdo a los datos correspondientes indicados en el plano.

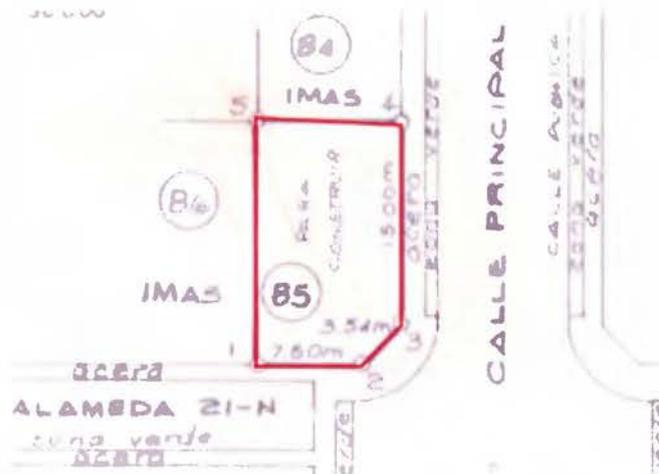


Figura 17. Vectorización de los linderos de la parcela descrita en el plano catastrado, mediante trazado a mano alzada para un ajuste espacial posterior. Fuente: Elaboración propia (2018).

Considerando que los vértices de la parcela en el plano original se representan con un círculo de 1mm de diámetro, se puede establecer la tolerancia para la diferencia entre el área dibujada y la indicada por el plano según la expresión (Aguilar, y otros, 2013):

$$Ta = \pm 0.0015 m \times s \times \sqrt{\sum li} \quad (2)$$

En donde,

Ta , es la tolerancia en la máxima diferencia permisible del área.

$\sum li$, es la sumatoria de longitudes de los lados del polígono (perímetro del plano).

S , es el módulo de la escala del plano.

Si al realizar la vectorización de los linderos de la parcela, la diferencia entre el área calculada para el polígono resultante y la indicada en el plano catastrado supera la máxima diferencia permisible (Ta), el plano no es aceptable y no se tomará en cuenta para la conformación del Mosaico de Planos.

Caso contrario, si la diferencia entre el área calculada para el polígono resultante de la vectorización de linderos de la parcela y la indicada en el plano catastrado no excede la máxima diferencia permisible (Ta), se procede a realizar el siguiente análisis para determinar el método de vectorización.

- a) Si la diferencia entre el área calculada para el polígono resultante de la vectorización de linderos de la parcela y la indicada en el plano catastrado es mayor que la diferencia entre el área calculada para el polígono resultante de la vectorización del derrotero y la indicada en el plano catastrado, entonces se utilizará la vectorización por derrotero.
- b) En el caso contrario, la diferencia entre el área calculada para el polígono resultante de la vectorización de linderos de la parcela y la indicada en el plano catastrado es menor que la diferencia entre el área calculada para el polígono resultante de la vectorización del derrotero, entonces se utilizará la vectorización de los linderos de la parcela.

Una vez digitalizado el plano, sea mediante vectorización del derrotero o vectorización de los linderos de la parcela, la georreferenciación de la parcela se hará por la interpretación y comparación de los datos del plano relativos a la ubicación, la localización y el acceso (ver Figura 18). Para ello, en la misma plataforma de dibujo digital donde se vectorizan los planos catastrados a incluir en el Mosaico de Planos, se cargará la información de la cartografía básica y las Ortofotos digitales, de manera que la forma vectorizada de la parcela, descrita por el plano catastrado, se pueda ajustar en su correcta georreferenciación.

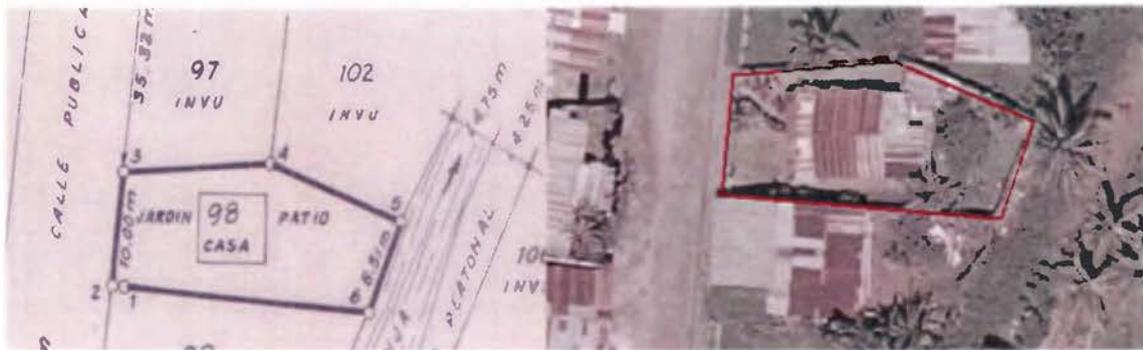


Figura 18. Georreferenciación del polígono vectorizado del plano catastrado, por interpretación de la ubicación geográfica y señas de localización indicadas en el cuerpo del plano. Fuente: Elaboración propia (2018).

Al no utilizarse equipo de medición topográfico de precisión para dar soporte al proceso de georreferenciación de los planos catastrados, como se especifica en Aguilar y otros (2013), no es posible definir criterios específicos y cuantificables para establecer si la georreferenciación es aceptable. Esto quiere decir que el resultado de este proceso depende de la interpretación de planos catastrados, criterio técnico y experticia en utilización de software ArcGIS Desktop; en donde se validan únicamente los casos en que el plano no tenga contradicción en cuando a ubicación y orientación (Aguilar, y otros, 2013).

Una vez realizada la vectorización, la georreferenciación y comparación de la geometría de los planos catastrados con la cartografía de referencia, se obtuvo el Mosaico de Planos de la provincia Limón. Este producto se compone por todos los planos que se han considerado para la conciliación catastral y registral, es decir, que han sido relacionados a una finca o no relacionados con fincas pero que por su contenido permiten describir predios que completan un proyecto de Titulación.

3.3.1.4 Conformación del Mapa de Fincas IMAS de la provincia Limón:

De acuerdo con la configuración del Mosaico de Planos se confecciona una capa de información que corresponderá a la descripción gráfica de los predios, en la que cada uno se representa como un polígono y corresponde con la descripción física de una propiedad inscrita (finca) relacionada a los proyectos habitacionales IMAS. La representación física de cada predio debe estar contenida en el Mapa de Fincas.

Esta representación de los predios se lleva a cabo utilizando los insumos facilitados y la información conformada en los procesos anteriores. Se respetan los criterios de conformación del Mapa Catastral establecidos en el “*Manual de Procesos para la Compatibilización de Información Catastral y Registral*” del Proyecto de Regularización de Registro y Catastro (Aguilar, y otros, 2013). Para la representación de los predios puede utilizarse en forma conjunta información de distintas fuentes, como se lista a continuación.

- i. Mosaico de Planos: producto generado en el apartado 3.3.1.3. *Conformación del Mosaico de Planos IMAS de la provincia Limón.*
- ii. Cartografía digital: se accede a la plataforma del SNIT mediante los servicios OGC (por sus siglas en ingles Open Geoespatial Consortium) a servicios capas cartográficas web (WMS, por sus siglas en ingles Web Map Service) de vías, mapas catastrales, zonas de valor homogéneas del Ministerio de Hacienda, entre otros.
- iii. Ortofotos Digitales: se accede a la plataforma del SNIT mediante los servicios OGC a servicios capas cartográficas web correspondientes a las imágenes orto rectificadas del Proyecto de Regularización de Catastro y Registro, vuelos 1:1000 y 1:5000. Asimismo, se utiliza el servicio de mapa base de ESRI® de imágenes satelitales.
- iv. Levantamiento de campo: en aquellos proyectos en donde se tengan levantamientos topográficos previos donde se represente la realidad física del sitio.

Como se observa en la Figura 19 y en la Figura 20, la conformación gráfica de la capa de Mapa de Fincas se realiza a partir de los planos catastrados que forman parte del Mosaico de Planos que son asociados de forma exclusiva a una finca inscrita ante el Registro Inmobiliario del Registro Nacional, los cuales corresponden al insumo principal para la delimitación de los polígonos que conforman cada predio en el Mapa de Fincas. Aquellos planos catastrados incluidos en el Mosaico de Planos que no puedan ser asociados a una finca inscrita, no serán utilizados para la conformación del Mapa de Fincas.

En aquellos casos donde no se posean planos catastrados para delimitar las fincas inscritas a nombre del IMAS ante el Registro Inmobiliario, se sigue el esquema de abordaje de Aguilar, y otros (2013), descrito en la Figura 21. De acuerdo con la información disponible para cada finca a incluir en la capa vectorial, y se conforman los predios del Mapa de Fincas con cartografía, Ortofoto, levantamientos de campo y linderos definidos por predios colindantes.



Figura 19. En la imagen izquierda se delimita el conjunto habitacional por medio de los planos catastrados que lo conforman (Mosaico de Planos), en la imagen izquierda se presenta la conformación del Mapa de Fincas de acuerdo únicamente a los planos que poseen una finca inscrita asociada. Fuente: Elaboración propia (2018).



Figura 20. En la imagen izquierda se aprecia el Mosaico de Planos que delimita el asentamiento, en este no existe un plano catastrado que delimite la finca IMAS de forma completa, únicamente se cuenta con planos que son parte de dicha finca. En estos casos de acuerdo con el esquema de atención descrito en la Figura 18, se utilizan los planos de predios colindantes, así como la cartografía (planos del Mosaico de Planos) y la Ortofoto para delimitar el predio de la finca IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

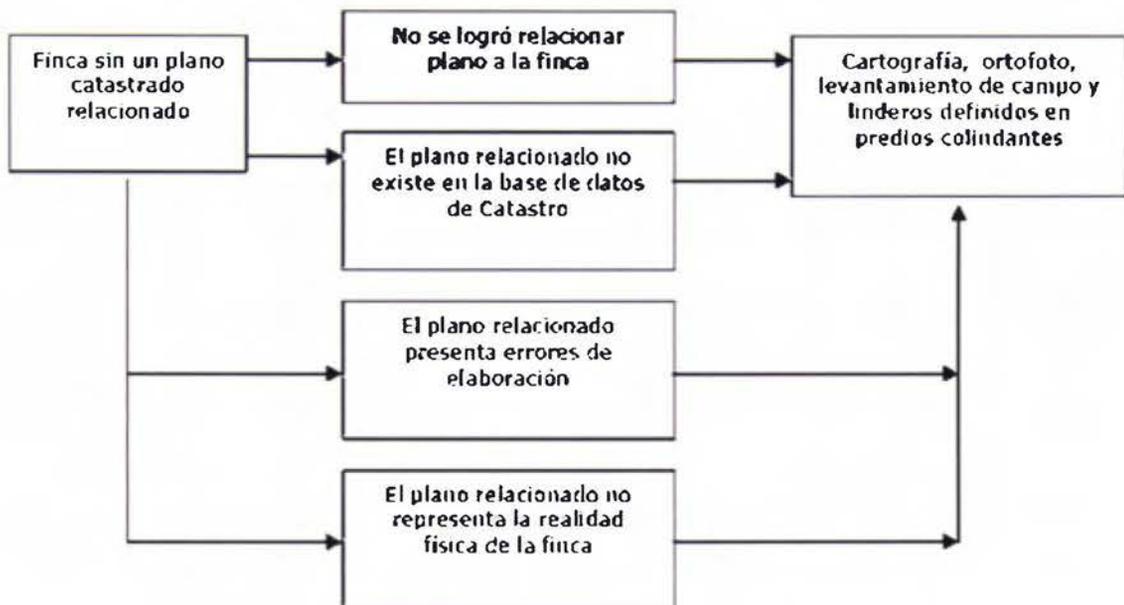


Figura 21. Esquema de atención a la conformación del Mapa de Fincas para fincas que no poseen un plano catastrado para delimitarlas. Fuente: Modificado de Aguilar, A., Aguilar, M., Gutiérrez, E., Gutiérrez, V., Quirós, J., Valverde, F., & Zamora, F. (2013). Manual de Procesos para la compatibilización de la información catastral y registral.

3.3.2. Configuración cartográfica de información complementaria Institucional.

Se prepara la información cartográfica georreferenciada complementaria necesaria para la eficaz administración y programación del proceso de Titulación de Bienes Inmuebles. La misma corresponde a datos complementarios necesarios para la toma de decisiones, dentro del marco de acción y funciones del Área de Titulación. En este sentido, se incorporan capas de información cartográfica preexistente a la Geodatabase del SIG IMAS, correspondientes a oficinas del IMAS, delimitación de regionalización administrativa de atención del IMAS, entre otros.

3.3.3. Integración de las capas de información geoespacial a las bases de datos del SIG IMAS.

Desde la estructura de las Geodatabases, se integran todas las capas de información (geográfica y alfanumérica), resultado de las dos actividades anteriores (3.3.1. *Conformación de Mapa de Fincas y Mosaico de Planos de fincas y lotes relacionados a proyectos urbanos del IMAS* y 3.3.2. *Configuración cartográfica de información complementaria Institucional*), concentrados en los servidores específicos de acuerdo con la estructura geo-informática del sistema.

Asimismo, la integración de las capas de información geoespacial a las bases de datos espaciales considera los resultados de las actividades 3.1.3. *Construcción de los requerimientos tecnológicos-operativos y de los datos del SIG IMAS, a partir de las funciones y productos informativos del Área de Titulación de Tierras* y 3.2. *Diseño del modelo físico: estructura de la arquitectura de red y software.*

3.4. Implementar las aplicaciones de oficina y campo del SIG IMAS para el Área de Titulación, utilizando la plataforma geo-informática de ArcGIS

3.4.1. Desarrollo de un Geoportal de visores de mapas vía web del SIG IMAS.

Un Geoportal es una puerta de enlace a recursos geoespaciales basados en la Web, que permite a los usuarios del SIG IMAS descubrir, ver y acceder a información y servicios geoespaciales que se ponen a disposición para los miembros de la organización (ESRI, 2018). De igual manera, se pretende implementar el Geoportal para hacer que los recursos geoespaciales se puedan descubrir, visualizar y que sean accesibles para personas externas de la Institución. Dentro del Geoportal del SIG IMAS, se configuran las aplicaciones de visor de mapas web necesario para la Institución (página web del IMAS) y se publicarán los servicios de mapas web necesarios para la operación de la plataforma y cumplir con lo estipulado en el Convenio para la publicación de información del Geoportal del SNIT.

Mediante la plataforma de ArcGIS de ESRI®, se desarrolla el Geoportal del SIG IMAS cuyo acceso se establece desde dos vías: desde una dirección web propia vía Internet y mediante un enlace desde la página web oficial del IMAS, donde será posible acceder a los aplicativos geo-informáticos que se desarrollen, según corresponda. Para ello se establece una organización dentro de la plataforma de ArcGIS Online, denominada *Instituto Mixto de Ayuda Social*, en la cual se incluyen y configuran las cuentas de los miembros del Área de Titulación de Tierras del IMAS.

La organización *Instituto Mixto de Ayuda Social* dentro de la plataforma de ArcGIS, utiliza niveles para asignar cuentas basadas en los privilegios que necesitan los miembros. El nivel determina los privilegios que están disponibles para cada miembro. La pertenencia de *nivel 1* es para miembros que solo necesitan privilegios para ver contenido como, por ejemplo, mapas y aplicaciones que se han compartido con ellos a través de la organización, así como para unirse a grupos dentro de la organización. La pertenencia de *nivel 2* es para aquellos miembros que necesitan ver, crear y compartir contenido y grupos propios, además de otras tareas (ESRI, 2018).

3.4.2. Desarrollo de visor de mapas web para el Área de Titulación de Tierras.

Dentro del Geoportal del SIG IMAS, se configuran diversas aplicaciones para visores de mapas web. No obstante, para el desarrollo del presente proyecto se prioriza el desarrollo de un visor de mapas web para el Área de Titulación de Tierras; el cual se diseña de acuerdo con los resultados de las actividades descritas en el apartado 3.1. *Establecer las necesidades de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.*

Para ello se utilizará un módulo para el desarrollo de aplicativos web denominada *Web AppBuilder for ArcGIS*, la cual es una aplicación intuitiva de tipo *WYSIWYG* (por sus siglas en inglés, lo que ve es lo que obtiene) que le permite crear aplicaciones web 2D y 3D, con herramientas potentes para configurar aplicaciones HTML con todas las funciones: a medida que agrega un mapa y herramientas, puede verlos en la aplicación y usarlos inmediatamente (ESRI, 2018). El proceso de creación de una aplicación de mapa web mediante el módulo *Web AppBuilder for ArcGIS* es descrito en la Figura 22.



Figura 22. Esquema conceptual del procedimiento para la creación de un visor de mapas web mediante la plataforma de ArcGIS, mediante la utilización del módulo Web AppBuilder for ArcGIS. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web App Builder for ArcGIS.

Con *Web AppBuilder for ArcGIS* pueden realizarse diversas tareas, enlistadas a continuación (ESRI, 2018).

- i. Crear aplicaciones HTML/JavaScript que se ejecuten en cualquier dispositivo.
- ii. Crear las aplicaciones que necesite utilizando widgets listos para usar, (Figura 23).
- iii. Personalizar el aspecto de sus aplicaciones con temas configurables.
- iv. Alojarse sus aplicaciones en línea o ejecútelas en su propio servidor.
- v. Crear plantillas de aplicación personalizadas.

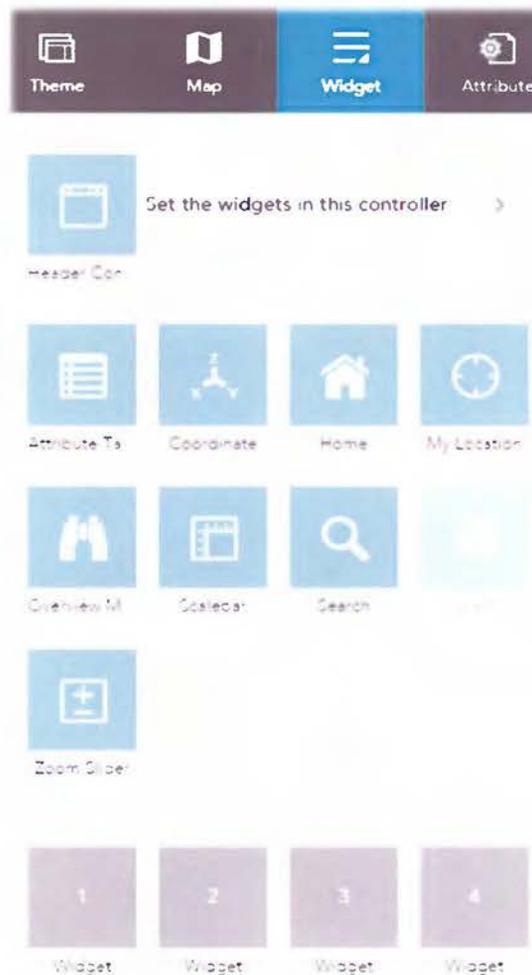


Figura 23. La configuración de los *Widget* permite establecer la funcionalidad de la aplicación, específicamente para trabajar con los datos y su contenido. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web App Builder for ArcGIS.

3.4.3. Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.

De forma que la implementación del SIG IMAS sea efectivo en cuanto la integración al flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras, es necesario el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles para realizar trabajo de campo. Utilizando la plataforma de ArcGIS, es posible desarrollar un aplicativo de trabajo con capacidades web para la integración con el SIG IMAS.

Para ello se utilizan los módulos *Workforce for ArcGIS* y *Survey123 for ArcGIS*, de acuerdo con los resultados de las actividades descritas en el apartado 3.1. *Establecer las necesidades de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.*

Workforce for ArcGIS permite planificar, administrar y completar flujos de trabajo para todo tipo de actividades de campo (ver Figura 24). Se integra en la organización de ArcGIS Online con una aplicación web que permite crear y asignar trabajo y una aplicación web para que los trabajadores móviles puedan administrar sus asignaciones (ESRI, 2018).

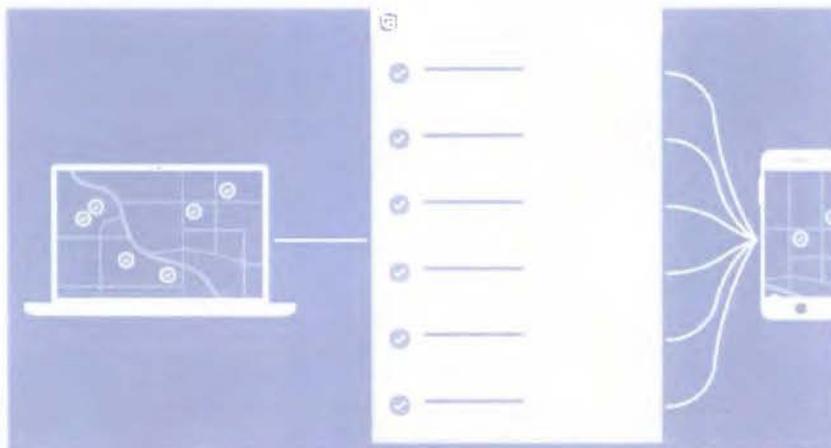


Figura 24. Workforce for ArcGIS permite configurar desde un entorno web, un aplicativo que permite programar y planificar labores de campo, las cuales pueden ser accedidas por los trabajadores móviles en el campo mediante dispositivos móviles. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Workforce for ArcGIS.

Para su implementación, se deben incluir los miembros de la organización de ArcGIS Online, el rol de trabajador móvil es para los usuarios que están trabajando y completando asignaciones en el campo. El rol de controlador es para los usuarios que son responsables de crear y asignar el trabajo. Una vez que se crea y configura un proyecto de Workforce, los controladores utilizan la aplicación web de Workforce para crear y asignar trabajo y los trabajadores móviles consultan y completan el trabajo que se les ha asignado utilizando Workforce y otras aplicaciones de ArcGIS en sus dispositivos móviles. Todo el flujo de trabajo se rige por el proyecto de Workforce, un conjunto de capas y mapas de entidades (ESRI, 2018).

De forma complementaria al uso de Workforce, se utiliza la aplicación *Survey123 for ArcGIS*. Mediante Survey123 se puede administrar encuestas, controlar quién puede colaborar e incluso ver e interpretar los datos enviados a sus encuestas. Su implementación tiene como objetivo sustituir la captura de datos basada en papel y poco fiable, con una solución digital fiable que se adapta a las necesidades del personal de campo en diversos entornos (ESRI, 2018).

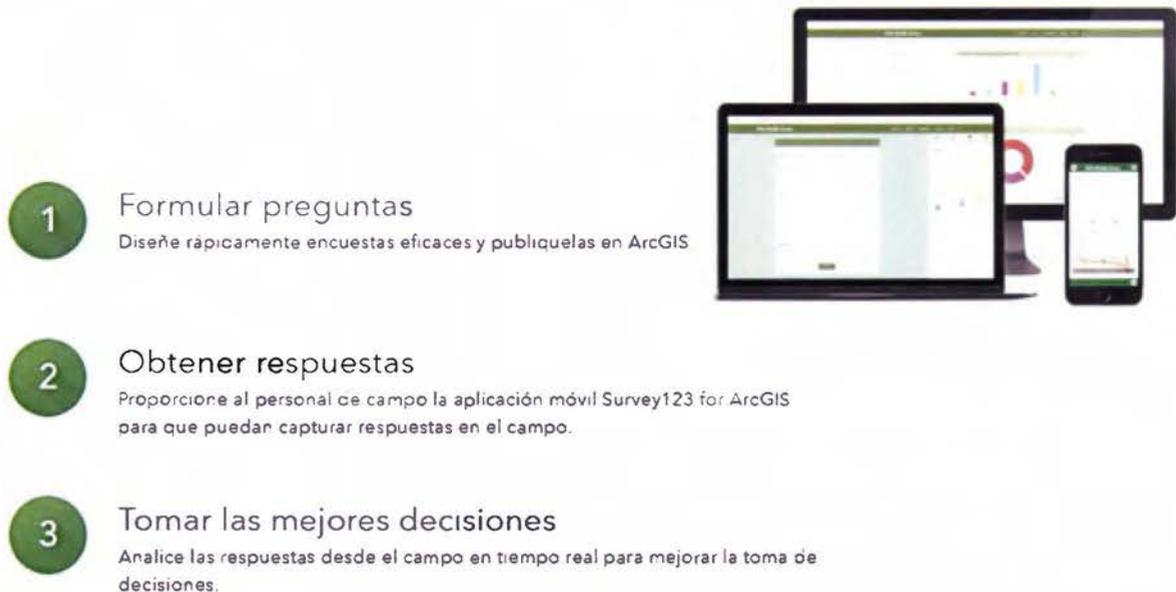


Figura 25. Survey123 for ArcGIS es una sencilla e intuitiva solución de captura de datos basada en formularios que permite crear, compartir y analizar encuestas en tres sencillos pasos: Formular Preguntas, Obtener Respuestas y Analizar datos. Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Survey123 for ArcGIS.

4. RESULTADOS

4.1. Necesidades técnicas de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación

El SIG IMAS debe de solucionar las principales problemáticas asociadas a la administración de la información institucional de carácter espacial asociada al Área de Titulación de Tierras. Por lo tanto, resulta de gran importancia entender la operativización de las funciones de dicha unidad, su flujo de trabajo y definir los requerimientos de datos y de tecnología. Lo anterior, a efectos de que el diseño de una herramienta tecnológica que tenga un impacto positivo y de fácil integración a las actividades cotidianas de la organización.

Las necesidades técnicas de los usuarios del SIG IMAS se componen de las funciones del Área de Titulación, Productos Informativos y requerimientos de los datos y tecnología; los cuales son descritos a continuación.

4.1.1. Funciones institucionales del Área de Titulación de Tierras y su evaluación situacional.

En un primer nivel de análisis, se enmarca el pensamiento espacial como enfoque de operativo para una problemática de índole de Planificación y Gestión Territorial. Para ello, se puede establecer un enfoque operativo a las funciones supra citadas en función de su carácter de *Planificación* o *Gestión*, reflejado en la Tabla 4; de acuerdo con lo establecido en el artículo 18 *Funciones del Área de Titulación de Tierras* del Decreto Ejecutivo N° 29531-MTSS.

Tabla 4. Enfoque operativo de las funciones del Área de Titulación de Tierras. Fuente: Elaboración propia (2018)

FUNCIONES DEL ÁREA DE TITULACIÓN (ART. 18 DECRETO EJECUTIVO 29531 MTSS)	ENFOQUE OPERATIVO
a) Recomendar, en coordinación con la Presidencia Ejecutiva y la Gerencia de Desarrollo Social, las directrices que regirán la priorización y programación de los proyectos que entran al proceso de titulación, según instancia ejecutora, plazos y posibilidades de ejecución.	Planificación
d) Establecer parámetros de eficiencia para llevar el control de calidad del Programa.	Planificación
e) Establecer los proyectos que están en posibilidad de entrar al proceso de titulación y recomendar al Consejo Directivo las acciones necesarias para inscribir a nombre del I.M.A.S. aquellos inmuebles no inscritos a su nombre, en que se hubiere desarrollado un proyecto de vivienda de interés social.	Planificación
b) Priorizar, programar y coejecutar los proyectos de titulación y de compra de lotes con servicios y darles seguimiento.	Planificación / Gestión
h) Examinar los expedientes de los proyectos de levantamiento de limitaciones para efectos de venta, enajenación, traspaso e hipoteca, emitiendo la correspondiente recomendación al Consejo Directivo, para su correspondiente aprobación, previa verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en el artículo 3º de este Reglamento.	Gestión
f) Gestionar ante la unidad de Gestión de Cobro y Recaudación y ante la Contabilidad las certificaciones de deuda ejecutadas en cada proyecto por el I.M.A.S. en forma gratuita para su titulación o postulación al sistema financiero nacional para la vivienda.	Gestión
g) Elaborar y mantener un Registro de Inmuebles, oferentes de lotes con servicios y Proyectos de Titulación del IMAS.	Gestión
c) Requerir y/o conocer los informes que requiera de las unidades desconcentradas y los informes sobre control y seguimiento de los acuerdos de la Comisión.	Gestión
i) Controlar y dar seguimiento a los procesos de formalización de los proyectos titulados a través de las distintas instancias de ejecución dispuestas, emitiendo mensualmente un informe ante la Subgerencia de Desarrollo Social.	Gestión

De acuerdo con la tabla anterior, para la implementación del SIG IMAS, las funciones de *Planificación* se requerirán de productos informativos que den soporte a los procesos de toma de decisiones, y para las funciones de *Gestión* se requerirán tanto productos informativos como aplicativos geo-informáticos para la ejecución del flujo de trabajo del área.

Previo a la implementación del SIG IMAS, todo el proceso del beneficio de Titulación y operación del Área de Titulación se basa en información contenida en hojas de cálculo de Microsoft Excel®. El inventario de fincas del IMAS, así como el inventario de planos catastrados eran controlados mediante estos archivos digitales, los cuales carecían de las características visuales suficientes que permitieran una interpretación más eficiente de la información contenida en ellos (ver Figura 26). Para visualizar la imagen digital del plano, se debía localizar dentro de una carpeta digital en el disco duro de la computadora personal la carpeta específica con el plano escaneado.

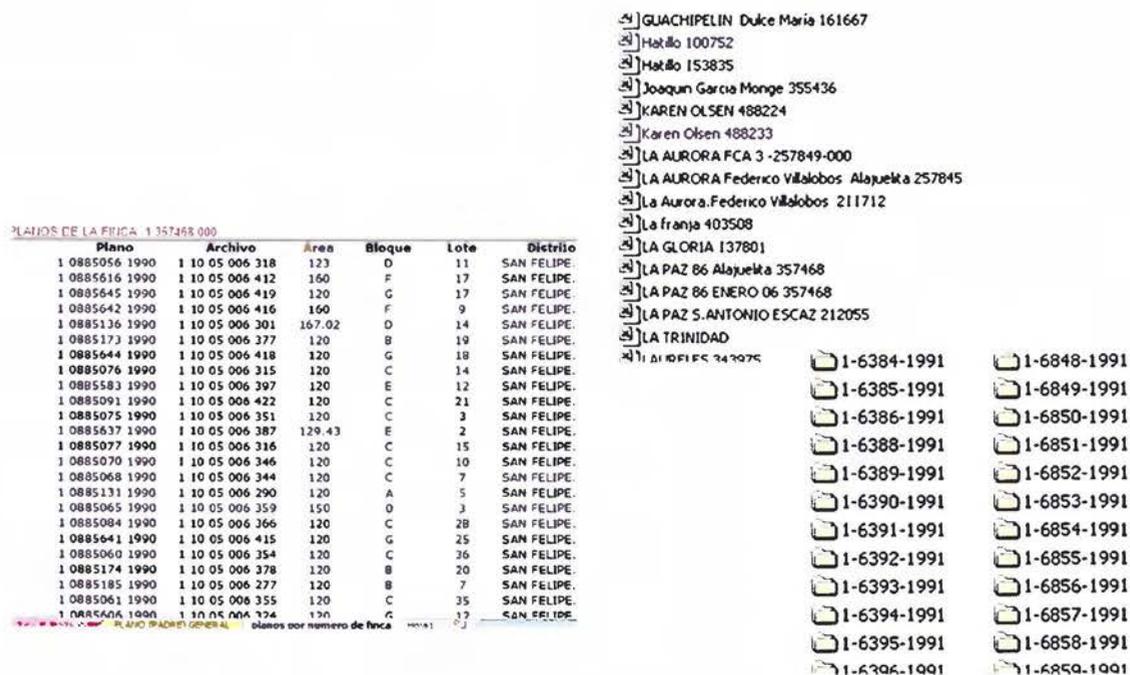


Figura 26. Capturas de pantalla de las hojas de cálculo de Microsoft Excel ® utilizadas para llevar el inventario y seguimiento del proceso de Titulación y la administración de los bienes inmuebles propiedad de la Institución. Fuente: Elaboración propia (2018).

Como se observa en la figura anterior, cada hoja de cálculo contenía un inventario de planos catastrados por varios proyectos de titulación, en donde, no se contaba con un inventario total debido a que muchos planos catastrados existentes fueron elaborados por terceros ajenos al IMAS. Esta situación se da debido a que las personas ocupantes de dichos terrenos, por sus propios medios contratan a ingenieros topógrafos para confeccionar planos de catastro para iniciar un proceso de titulación ante la institución, mediante una solicitud del beneficio.

La implementación del SIG IMAS debía responder a las funciones descritas en la Tabla 4, permitiendo contar con las herramientas necesarias para la planificación las actividades de gestión desde una perspectiva estratégica en el Área de Titulación de Tierras. Estas herramientas se alinean, a su vez, con el flujo de trabajo del Área, mediante los Productos Informativos.

4.1.2. Descripción de los Productos Informativos asociados al flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras.

El flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras se centra en la ejecución de las actividades necesarias para cumplir con las funciones establecidas en el apartado anterior, desde perspectivas de Planificación y Gestión indicadas en la Tabla 5. *Enfoque operativo de las funciones del Área de Titulación de Tierras*. Estas actividades son también definidas a nivel operativo por el *Manual Único para el Otorgamiento de Beneficios Institucionales*”, específicamente en el proceso de ejecución del beneficio de Titulación (IMAS, 2009):

En este sentido, el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras (Figura 13) requiere integrar las funciones (Tabla 4) propias del Decreto Ejecutivo N° 29531 MTSS y con el proceso de ejecución del beneficio de Titulación, para la generación de *Productos Informativos* que permitan mejorar los rendimientos del flujo de trabajo del Área. De esta forma se establecen los siguientes productos informativos:

- i. *Mapas de Proyectos de Titulación*: Para efectos de cumplir con las funciones asociadas a la planificación de los procesos de Titulación y dar soporte a las actividades de gestión del Área de Titulación de Tierras, se requiere contar con un registro de proyectos de titulación, fincas propiedad del IMAS y los planos catastrados asociados a estas fincas y proyectos. Lo anterior con las siguientes características:

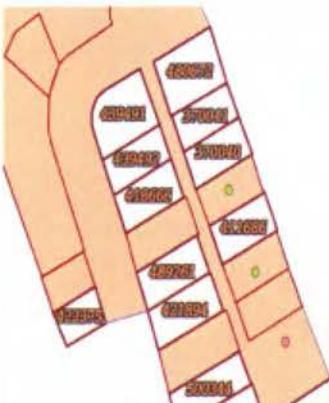
TITULO	PRODUCTO INFORMATIVO MAPA DE PROYECTOS DE TITULACION	
DEPARTAMENTO	ÁREA DE TITULACIÓN DE TIERRAS	REQUISITOS DE MAPA
ACCESO	SITIO WEB	
SINOPSIS	EN EL MAPA DE PROYECTO DE TITULACIÓN SE DEBERÁ DE VISUALIZAR LA DELIMITACIÓN DE LOS PROYECTOS DE TITULACIÓN (URBANIZACIONES, ASENTAMIENTOS FORMALES E INFORMALES), LAS FINCAS INSCRITAS PROPIEDAD DEL IMAS Y LAS TITULADAS A LAS FAMILIAS BENEFICIARIAS, LOS PLANOS CATASTRADOS ASOCIADOS A TODAS ESTAS FINCAS Y POR ÚLTIMO EL REGISTRO DE LAS VISTAS DE TITULACIÓN PARA EFECTOS DE DAR SEGUIMIENTO AL PROCESO DE EJECUCIÓN DEL BENEFICIO DE TITULACIÓN.	 <p>Visitas de Titulación</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inválido para titular ● Válido para titular ● Pendiente <p>Mosaico de Planos IMAS</p>  <p>Mapa de Fincas IMAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ IMAS ■ Titulado <p>Proyectos de Titulación</p> 
FRECUENCIA DE USO	USO DIARIO, PARA LABORES COTIDIANOS	
VINCULACIONES LÓGICAS	DENTRO DE LA DELIMITACIÓN DE CADA PROYECTO DE TITULACIÓN, PUEDEN EXISTIR VARIAS FINCAS INSCRITAS ASÍ COMO EXISTIRÁN DIVERSOS PLANOS CATASTRADOS. CADA FINCA INSCRITA DEBERÁ CONTAR CON UN PLANO DE CATASTRO QUE LA REPRESENTA A NIVEL CATASTRAL-REGISTRAL, SALVO QUE CAREZCA DEL MISMO.	

Figura 27. Descripción de Producto Informativo *Mapa de Proyectos de Titulación*. Fuente: Elaboración propia (2018).

- ii. *Mapas de cartografía complementaria*: Para efectos de cumplir con las funciones asociadas a la planificación de los procesos de Titulación y dar soporte a las actividades de gestión del Área de Titulación de Tierras, se requiere contar con cartografía que complemente el inventario de proyectos de titulación:

TITULO	PRODUCTO INFORMATIVO MAPA DE CARTOGRAFÍA COMPLEMENTARIA	
DEPARTAMENTO	IMAS	REQUISITOS DE MAPA
ACCESO	SITIO WEB	Oficinas IMAS
SINOPSIS	<p>EN EL MAPA DE CARTOGRAFÍA COMPLEMENTARIA SE DEBERÁ DE VISUALIZAR LA DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS REGIONALES DE DESARROLLO SOCIAL ASÍ COMO LA UBICACIÓN DE LAS DIVERSAS OFICINAS REGIONALES DEL IMAS. ADEMÁS, SE REQUIERE CONTAR CON LA DELIMITACIÓN DE LOS DISTRITOS PRIORITARIOS (CATEGORIZADOS) Y LOS MAPAS DE VALOR POR ZONAS HOMOGÉNEAS DEL MINISTERIO DE HACIENDA. ESTE MAPA SERVIRÁ DE APOYO PARA LAS DIVERSAS ACTIVIDADES DEL IMAS.</p>	 <p>Distritos Prioritarios-INEC</p>  <p>Zonas de Valor Homogéneas-MH</p>  <p>ARDS-IMAS</p>  
FRECUENCIA DE USO	USO DIARIO, PARA LABORES COTIDIANOS	
VINCULACIONES LÓGICAS	<p>LAS ÁREAS REGIONALES DE DESARROLLO SOCIAL CORRESPONDE A LA REGIONALIZACIÓN ADMINISTRATIVA Y OPERATIVA DEL IMAS, EN CADA UNA DE ellas SE CUENTA CON DIVERSAS OFICINAS REGIONALES Y CON DIVERSOS PROYECTOS DE TITULACIÓN. LOS DISTRITOS PRIORITARIOS Y LOS MAPAS DE VALOR, SERÁN DE CARACTER DE CONSULTA A NIVEL NACIONAL.</p>	

Figura 28. Descripción de Producto Informativo *Mapa de Cartografía Complementaria*. Fuente: Elaboración propia (2018).

- iii. *Panel de seguimiento de Proyectos de Titulación:* Se requiere contar con un panel de seguimiento estadístico de los casos de titulación que se realicen en el Área de Titulación, el cual debe ser una herramienta para monitoreo y rendición de cuentas desde una perspectiva de transparencia en la función pública y gestión de proyectos efectiva y eficaz, para soporte en la toma de decisiones:

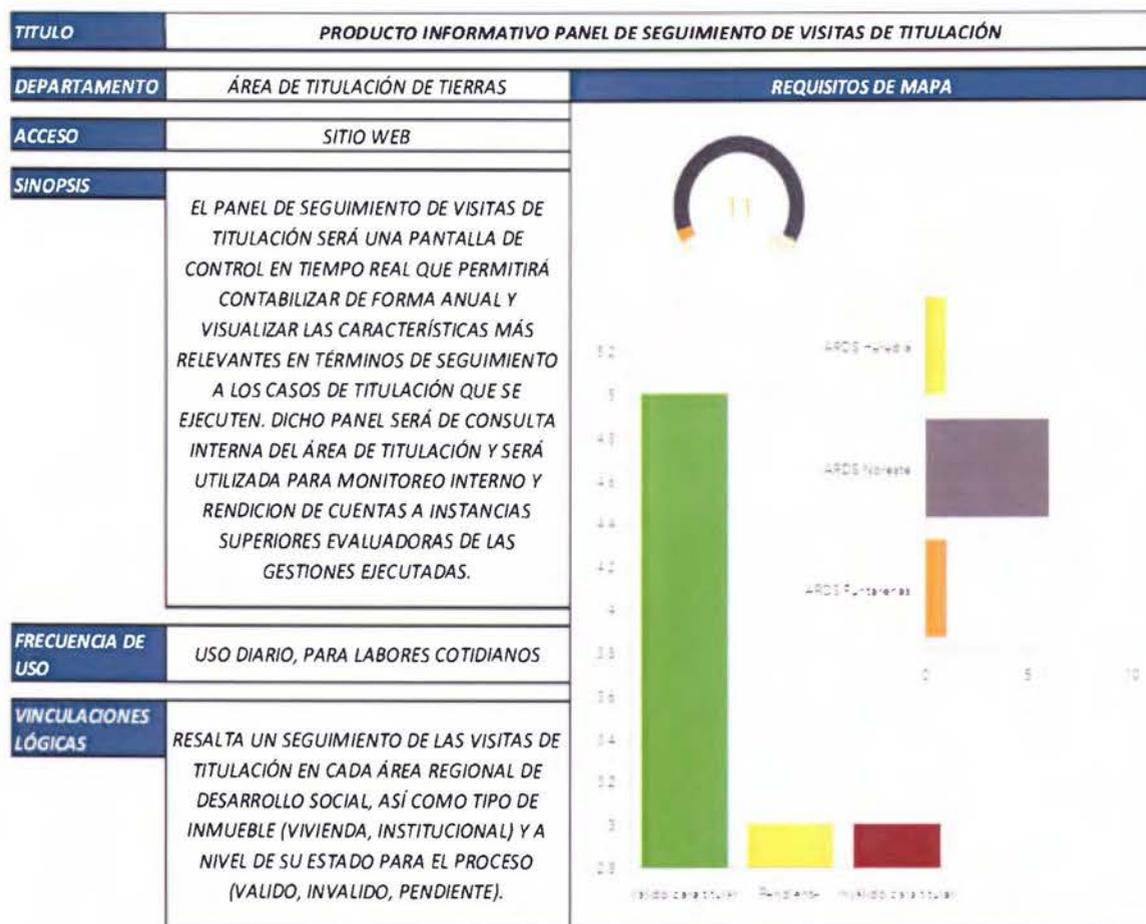


Figura 29. Descripción de Producto Informativo *Panel de Seguimiento de Visitas de Titulación*. Fuente: Elaboración propia (2018).

4.1.3. Requerimientos de los Datos y Tecnológicos-Operativos del SIG IMAS, a partir de las funciones y productos informativos del Área de Titulación de Tierras.

A nivel general, el SIG IMAS, debe de constituir una herramienta para la toma de decisiones, en términos de planificación de las acciones estratégicas del Área de Titulación de Tierras. Dicha unidad debe ser capaz de coordinar con las instancias institucionales superiores (Presidencia Ejecutiva y con la Subgerencia de Desarrollo Social) y descentralizadas (Áreas Regionales de Desarrollo Social y Unidades Locales de Desarrollo Social) la priorización y programación de los proyectos que entran al Proceso de Titulación.

Asimismo, a nivel de gestión operativa el SIG IMAS debe de introducirse en el flujo de trabajo del Proceso de Titulación, ya que dentro de las funciones del Área de Titulación de Tierras se debe coejecutar en conjunto con la Unidad Local de Desarrollo Social, cada caso del beneficio de Titulación. En el contexto de coejecución de los casos de titulación, el SIG IMAS se integra a las actividades correspondientes a la Intervención Técnica descrita en la Figura 13. *Diagrama del flujo de trabajo del Área de Titulación (simplificado) para la ejecución del beneficio de Titulación:*

- i. Revisión técnica en campo de los planos catastrados a titular.
- ii. Conformación de listado con valor fiscal por metro cuadrado de terrenos.
- iii. Confección de plano de catastro nuevo / Rectificación de linderos en campo.

Otro de los aspectos operativos que debe gestionarse mediante el SIG IMAS es la actualización constante de la información asociada a los proyectos de titulación, en términos de mantenimiento de la cartografía y las bases de datos de las diversas capas de información. Lo anterior debido a que los avances en los casos de titulación ejecutados implican actualizaciones en las diversas capas de información respectivas a planos y fincas, siendo algunas de estas actividades: la inclusión de nuevos planos catastrados, actualización de movimientos registrales efectuados (traspasos, segregaciones, inclusión de nuevas fincas).

El SIG IMAS requiere ser una plataforma multiusuario, la cual incluye a las personas profesionales del Área de Titulación de Tierras; las cuales se listan a continuación.

- i. Daniel Rojas Delgado
- ii. Jorge Tencio Blanco
- iii. María Elena Privatt Toscano
- iv. Randall Benavides Solís
- v. Rodolfo Mora McAdam
- vi. Titulación IMAS (Genérica)

Para ello, se requiere de la integración de una arquitectura de red que permite consultar y actualizar la información almacenada en las bases de datos en dos ambientes simultáneos:

- i. *Servidores Informáticos Institucionales (Intranet)*: Esto será para las labores a realizar en oficinas centrales (Área de Titulación de Tierras) que impliquen el mantenimiento de la información cartográfica y de las bases de datos. El Sistema de Base de Datos Espacial debe tener la capacidad de integrarse a la plataforma Web del SIG IMAS.
- ii. *Servidores Institucionales Web (Internet)*: el acceso a la información contenida en el SIG IMAS se llevará a cabo vía Internet, tanto para los funcionarios del IMAS como para el público en general; esto en función de transparencia en la gestión pública y para contar con capacidades de interoperabilidad óptimas. Sumado a lo anterior, las aplicaciones que se desarrollen para trabajo de campo se gestionan desde un entorno de Internet para integración y sincronización en tiempo real con el sistema desarrollado.

4.2. Diseño la estructura geo-informática del SIG IMAS bajo los principios de sistemas de bases de datos espaciales web

4.2.1. Esquemas Conceptual y Lógico del sistema de gestión de bases de datos

A partir de los productos informativos requeridos para dar soporte a las funciones y el flujo de trabajo del Área de Titulación, se deriva el esquema conceptual del sistema. El mismo es representado mediante el Modelo Entidad-Relación del SIG IMAS (ver Figura 30).

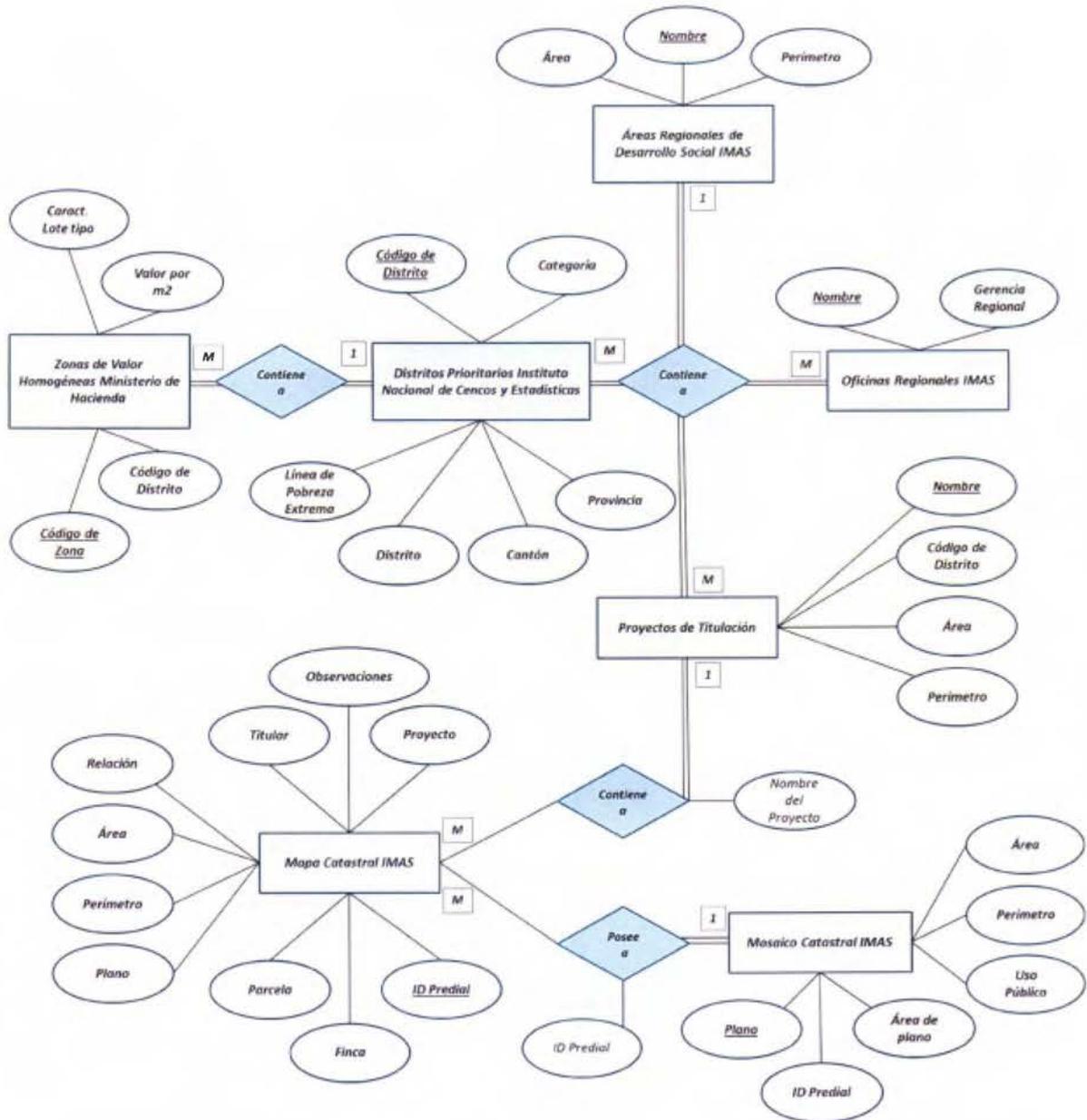


Figura 30. Modelo Entidad-Relación de los elementos a incluir en las bases de datos del SIG IMAS. De acuerdo con la composición de los elementos cartográficos descritos en el apartado 3.3. Construcción de la información geoespacial base para su integración a las bases de datos del SIG IMAS. Fuente: Elaboración Propia (2018).

Se traslada la estructura de datos definida en el esquema conceptual hacia el esquema lógico mediante la presentación del Modelo Relacional, en términos dependientes del sistema de gestión de base de datos implementado. En la Figura 31, se aprecia el Modelo Relacional del SIG IMAS en cuanto a normalización de los campos de las tablas de atributos y sus relaciones, así como la identificación de la clave principal de las tablas de cada entidad.

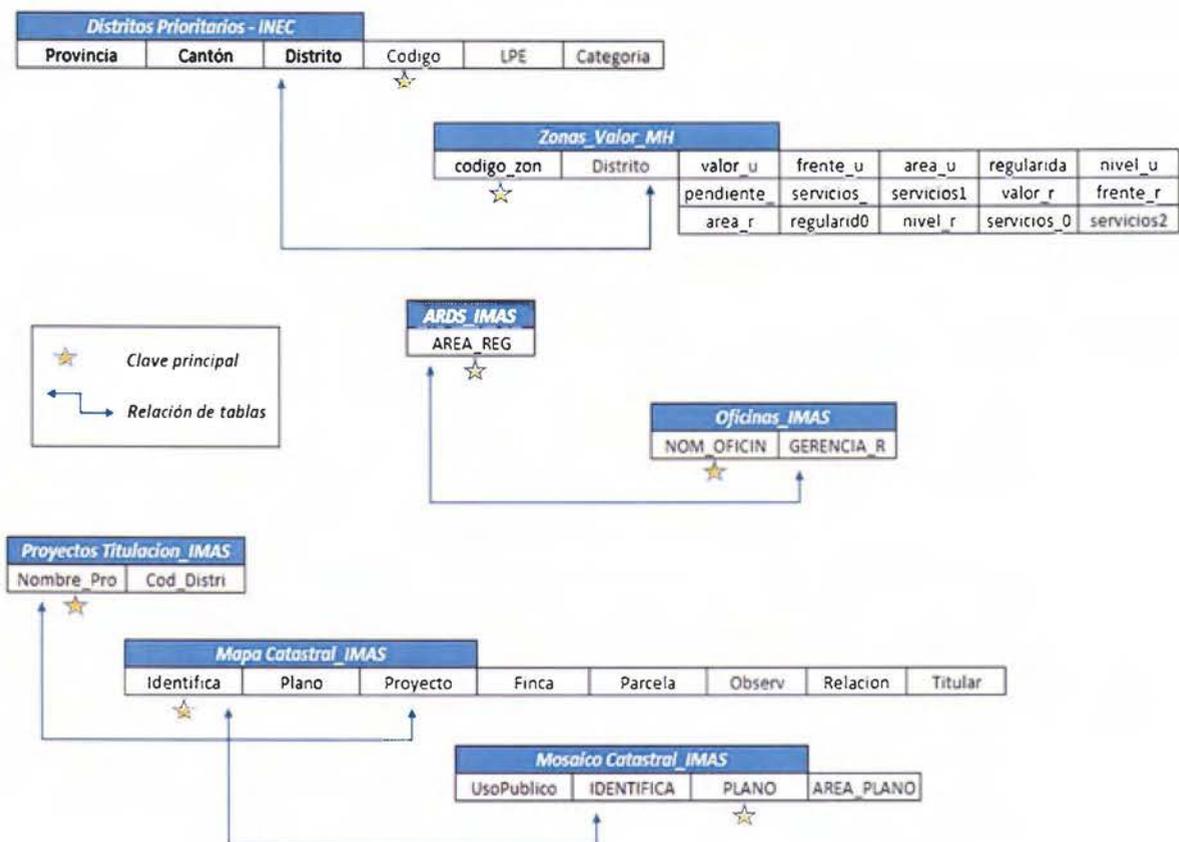


Figura 31. Modelo Relacional de las bases de datos del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

4.2.2. Diseño del Esquema Físico: estructura de red y software

Para esta etapa de diseño se considera la selección de un patrón de implementación SIG Web, de acuerdo con las opciones descritas en la, descrito a continuación en la Figura 32.

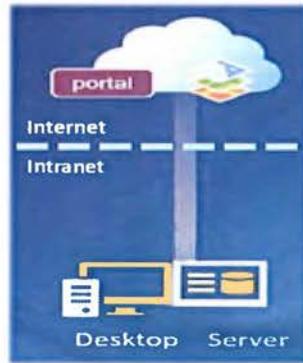


Figura 32. Patrón de implementación SIG Web seleccionado para la implementación del SIG IMAS. Fuente: Modificado de Fuente: ESRI (2018). ArcGIS Help. Web GIS.

Para efectos del diseño de las bases de datos del SIG IMAS se considera necesario establecer dos (2) conjuntos de datos de diferentes para organizar las entidades que forman parte de las bases de datos del SIG IMAS. Uno de estos conjuntos de datos conserva los datos que son únicamente de consulta cartográfica “*Cartografía IMAS*”, y otro en el cual se llevarán a cabo procesos de actualización y mantenimiento de información catastral y registral de los Proyectos de Titulación del IMAS “*Catastro IMAS*”.

Las bases de datos de la implementación se almacenan mediante la última generación de modelo de datos geográficos: *Geodatabase*, en un entorno de tipo corporativo. Dentro de la misma, se configuran los conjuntos de datos incluyendo las Entidades descritos en el Modelo Relacional del sistema (Figura 31). En la Figura 33, se presenta el Diagrama de Clases que representa la estructura de almacenamiento dentro de la Geodatabase corporativa y en la Figura 34, se muestra el Modelo Físico de las Clases de entidad.

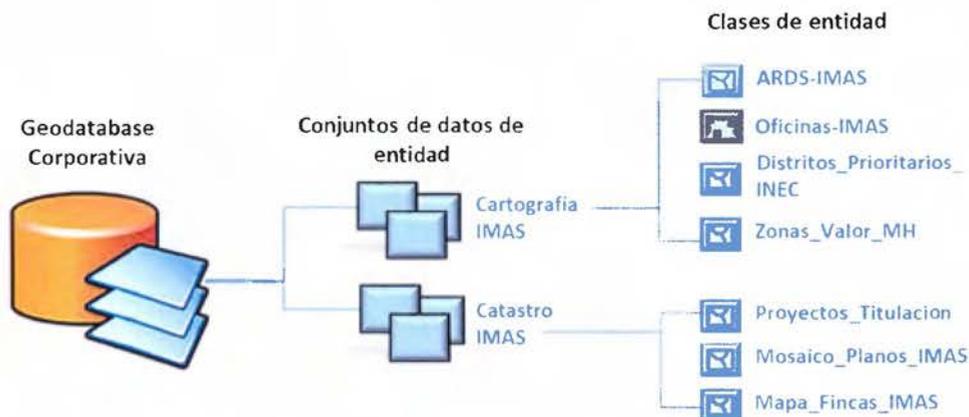


Figura 33. Diagrama de clases de la Geodatabase. Configuración general de la Geodatabase Corporativa a utilizar para administrar la información geográfica del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

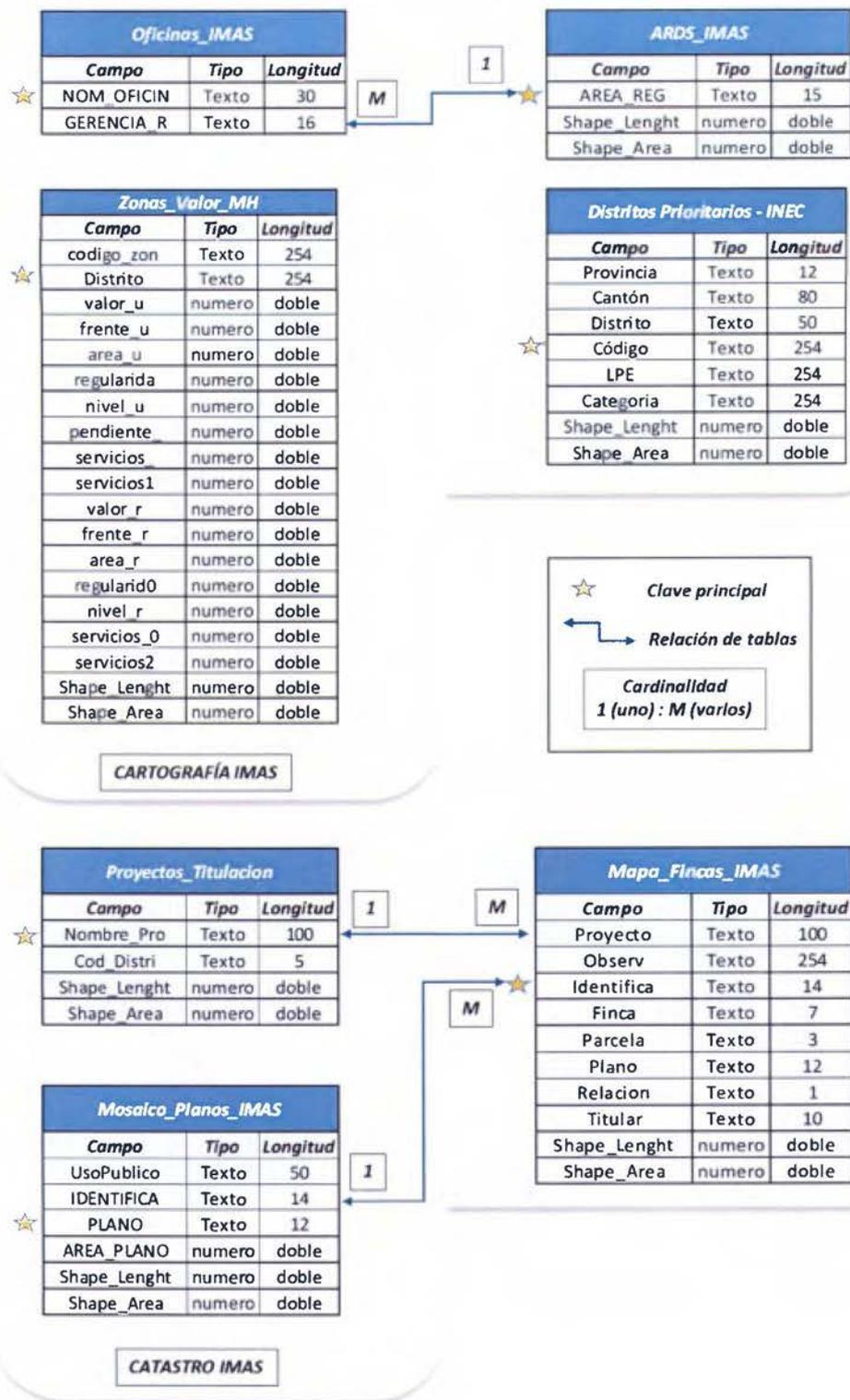


Figura 34. Modelo Físico de las Clases de entidad en los Conjuntos de datos de entidad del SIG IMAS, de acuerdo con el Diagrama de Clases de la Geodatabase. Fuente: Elaboración propia (2018).

A partir del patrón de implementación seleccionado para el SIG IMAS (Figura 32), se define la arquitectura de red y software mediante el establecimiento de servidores de bases de datos en donde se almacena y gestionan Geodatabase corporativa, con las características operativas del sistema definidos en el Modelo Físico (Figura 31). Estos serán gestionados mediante el software ArcGIS Server® y Microsoft SQL Server Express®, instalados en los Servidores de Bases de Datos Espaciales, para su publicación como servicios de mapas web, tal como se describe en el Diagrama de arquitectura de red y software (Figura 35).

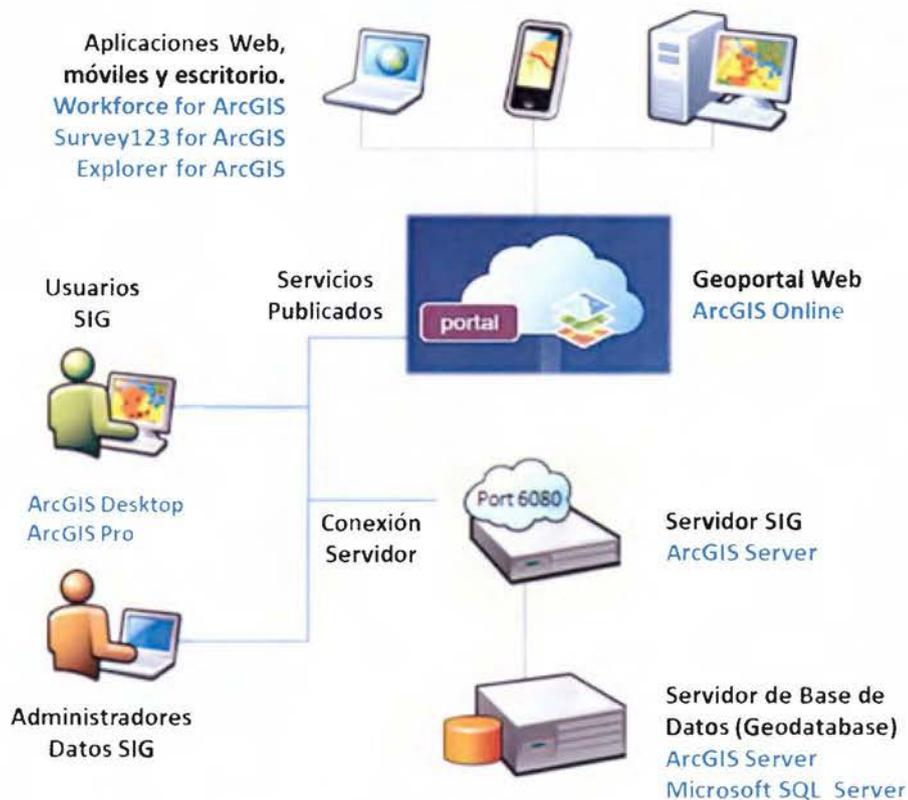


Figura 35. Diagrama de arquitectura de red y software del SIG IMAS. Fuente: Modificado de Fu, P., & Sun, J. (2010). Web GIS: Principles and Applications (2018).

Desde una infraestructura de red institucional, se accede a los datos mediante el uso de los paquetes de software ArcGIS for Desktop® (ArcMap, ArcCatalog y ArcGIS Pro). El acceso a estos datos vía web, se lleva a cabo para acciones de mantenimiento y actualización de la información. Asimismo, desde dichos paquetes de software se configura la conexión con la plataforma en Internet, ArcGIS Online; en la cual se administra y accede a las aplicaciones web (Workforce, Survey123 y Explorer for ArcGIS).

4.2.3. Configuración e implementación de los sistemas de bases de datos

De acuerdo con el esquema físico del sistema descrito en la Figura 35. *Diagrama de arquitectura de red y software del SIG IMAS*, se configura la Geodatabase corporativa diseñada integrando el esquema lógico descrito en el Modelo Relacional. La Geodatabase Corporativa implementada se denomina “TITULACION” (ver Figura 36), la cual incluye los elementos que se describen a continuación.

- i. Conjuntos de Datos de Entidad: Cartografía IMAS y Catastro IMAS (Figura 33).
- ii. Clases de Entidad: capas de información geográfica vectorial, descritas en el Modelo Físico (Figura 34).
- iii. Clases de Relación: definidas por medio de las relaciones y Cardinalidad descritas en el Modelo Físico (Figura 34).

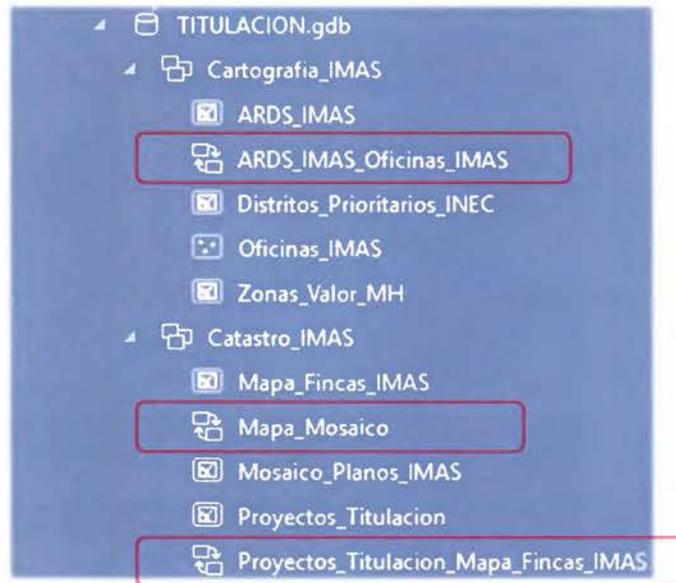


Figura 36. Geodatabase “TITULACION” implementada. Captura de pantalla desde el software ArcGIS Pro, del acceso a la Geodatabase corporativa implementada, se enmarcan en color rojo en la figura las entidades de relación definidas en el modelo lógico-relacional. Fuente: Elaboración propia (2018).

Asimismo, de acuerdo con el esquema físico del SIG IMAS descrito mediante la Figura 35. *Diagrama de arquitectura de red y software*, se configuran los servidores de bases de datos:

- i. *Servidor Base de Datos (Geodatabase)*: denominado *SRV-ARCGIS-GEO*, en el cual se establece la Geodatabase *TITULACION*. En cuanto al hardware se configura un procesador de 6 núcleos y un espacio en disco duro de 150 GB. La ruta de acceso es establecida mediante dirección IP institucional, ver en Tabla 5.

Tabla 5. Características de hardware y el dominio de red de la máquina virtual del servidor SRV-ARCGIS-GEO, bajo un sistema operativo Windows Server 2012 R2. Fuente: Elaboración propia (2018).

SITEMA OPERATIVO DEL SERVIDOR	
Windows Server 2012 R2	SRV-ARCGIS-GEO
SISTEMA	
Fabricante	Hewlett-Packard Company
Procesador	Intel® Xeon® CPU E5-2620 v3 @ 2.40GHz 2.4 GHz
Memoria instalada (RAM)	5,86 GB
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
CONFIGURACIÓN DE NOMBRE, DOMINIO Y GRUPO DE TRABAJO DEL EQUIPO	
Nombre del equipo	srv-arcgis-geo
Nombre completo del equipo	srv-arcgis-geo.imas.go.cr
Dominio	imas.go.cr

- ii. *Servidor SIG*: denominado *SRV-ARCGIS-SERVER*, en el cual se configura como mecanismo de acceso a los servicios de entidades generados para Intranet. En cuanto al hardware se configura un procesador de 6 núcleos y un espacio en disco duro de 300 GB. La ruta de acceso es establecida mediante dirección IP institucional, ver en Tabla 6.

Tabla 6. Características de hardware y el dominio de red de la máquina virtual del servidor SRV-ARCGIS-SERVER, bajo un sistema operativo Windows Server 2012 R2. Fuente: Elaboración propia (2018).

SITEMA OPERATIVO DEL SERVIDOR	
Windows Server 2012 R2	SRV-ARCGIS-GEO
SISTEMA	
Fabricante	Hewlett-Packard Company
Procesador	Intel® Xeon® CPU E5-2620 v3 @ 2.40GHz 2.4 GHz
Memoria instalada (RAM)	5,86 GB
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
CONFIGURACIÓN DE NOMBRE, DOMINIO Y GRUPO DE TRABAJO DEL EQUIPO	
Nombre del equipo	srv-arcgis-server
Nombre completo del equipo	srv-arcgis-server.imas.go.cr
Dominio	imas.go.cr

4.3. Construcción de la información geoespacial digital para su integración a las bases de datos del SIG IMAS

4.3.1. Conformación de Mapa de Fincas y Mosaico de Planos, relacionados a proyectos urbanos del IMAS

Para la conformación del Mosaico de Planos y del Mapa de Fincas del IMAS, se lleva a cabo la conciliación catastral y registral estableciendo el tipo de relación existente entre las fincas y los planos catastrados que forman parte de las entidades del sistema (Ver Tabla 7):

Tabla 7. Establecimiento de la relación finca-plano, de los terrenos de la provincia Limón y que son propiedad del IMAS que formaran parte del mapa de fincas y el plano de catastro que la representa, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3. Fuente: Elaboración propia (2018).

FINCA	RELACION	PLANO	FINCA	RELACION	PLANO
7 934	5	700100761991	7 40272	0	NO TIENE
7 1570	1	700003161966	7 45591	1	708558771989
7 5858	5	710781882006	7 53071	1	707936621988
7 6003	1	700091331973	7 56971	1	700101881991
7 6004	1	700091341973	7 58933	1	709801051991
7 7681	0	NO TIENE	7 59203	1	700789651992
7 7686	0	NO TIENE	7 59225	1	700623361992
7 13343	0	NO TIENE	7 59241	1	700610341992
7 16898	1	700200441974	7 59267	1	700410181992
7 17505	0	NO TIENE	7 59545	1	700795321992
7 21287	0	NO TIENE	7 59559	5	700779601992
7 24164	0	NO TIENE	7 59563	1	700849571992
7 24754	1	703077341978	7 59599	1	700857471992
7 24756	0	NO TIENE	7 59611	1	700783621992
7 24758	0	NO TIENE	7 59620	1	700779621992
7 24760	0	NO TIENE	7 60232	1	704176151988
7 24762	1	703077311978	7 61367	1	708298931989
7 24966	1	704906581982	7 61586	1	701330041993
7 26232	5	705435471984	7 72386	1	702791701996
7 31803	0	NO TIENE	7 72396	1	700428211992
7 37554	1	707012881987	7 72400	1	700402501992
7 39792	1	707012871988	7 72419	1	701432231993
7 96207	1	706800792001	7 72432	1	700789631992
7 96325	1	706966812001	7 72449	1	700623361992
7 109519	1	708053651989	7 72450	1	702781451995
7 160889	1	718668692015	7 77721	1	705224411983
7 24496	0	NO TIENE	7 93427	1	700140581991

La representación cartográfica del Mosaico de Planos y del Mapa de Fincas responde a los requerimientos de mapa establecidos en la Figura 27. *Descripción de Producto Informativo Mapa de Proyectos de Titulación.*

Ahora bien, incluidos en el Mosaico de Planos se contabilizan un total de 2569 planos de catastro, en la provincia Limón. La georreferenciación de éstos es acorde con la composición urbanística del proyecto y de sus lotes individuales, según los planos catastrados debidamente georreferenciados a partir de sus referencias y con la Ortofoto del SNIT, como se aprecia en la Figura 37.



Figura 37. Conformación del Mosaico de Planos en el proyecto San Rafael de Siquirres. Fuente: Elaboración propia (2018).

Como se puede observar en la Figura 38, cada uno de los planos catastrados que se vectoriza, también posee la tabla de atributos descrita en el Modelo Físico de las Clases de entidad del SIG IMAS.



Figura 38. Tabla de atributos asociada a cada uno de los planos catastrados incluidos en el Mosaico de Planos. Captura de pantalla donde se aprecian los atributos asociados al plano seleccionado (resaltado en magenta). Fuente: Elaboración propia (2018).

El Mapa de Fincas es generado a partir del Mosaico de Planos y de la conciliación de Relaciones plano - finca, incluye tanto las fincas propiedad del IMAS como sus segregaciones. Lo anterior a fin de dar seguimiento al estado de avance del proceso de titulación de cada proyecto, como se aprecia en la Figura 39.



Figura 39. Mapa de Fincas del IMAS. Captura de pantalla donde se aprecia la delimitación de la finca 7-24164 propiedad del IMAS, dividida en varias parcelas la cual representan los restos de dicha finca (color naranja) y cada una de sus segregaciones (color blanco). Fuente: Elaboración propia (2018).



Figura 40. Tabla de atributos asociada a cada uno de los predios incluidos en el Mapa de Fincas. Captura de pantalla donde se aprecian los atributos asociados al lote seleccionado (resaltado en magenta). Fuente: Elaboración propia (2018).

Como se puede observar en la Figura 40, cada uno de los predios que se genera corresponde a una finca inscrita ante el Registro Nacional, y a su vez, también posee la tabla de atributos descrita en el Modelo Físico de las Clases de entidad del SIG IMAS.

4.3.2. Configuración cartográfica de información complementaria Institucional

De acuerdo con las capas de información espacial son definidas en la Tabla 8. *Descripción de las capas de información espacial (Cartografía Digital) complementaria que se incluye dentro de las bases de datos de información espacial del SIG IMAS*, a partir de la representación cartográfica establecida en los requerimientos de mapa establecidos en la Figura 28. *Descripción de Producto Informativo Mapa de Cartografía Complementaria*. Estas capas de información cartográficas se conforman para dar soporte al proceso descrito en la Intervención Técnica descrita en la Figura 13. *Diagrama del flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras (simplificado) para la ejecución del beneficio de Titulación*.

Tabla 8. Descripción de las capas de información espacial (Cartografía Digital) complementaria que se incluye dentro de las bases de datos de información espacial del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

CAPA DE INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Oficinas IMAS	Capa formato Shapefile (puntos) con la ubicación de diversas oficinas de atención regional de IMAS.	Área de Titulación (IMAS)
Proyectos de Titulación	Capa formato Shapefile (polígonos) con la delimitación de diversos proyectos de titulación del IMAS.	Área de Titulación (IMAS)
ARDS-IMAS	Capa formato Shapefile (polígonos) con la delimitación espacial de las 10 Áreas Regionales de Desarrollo Social del IMAS.	Área de Titulación (IMAS)
Zonas de Valor Homogéneas	Capa formato Shapefile (polígonos) con la cartografía digital de los mapas de valor de zonas homogéneas del Órgano de Normalización Técnica del Ministerio de Hacienda.	Servicios OGC SNIT
Distritos Prioritarios	Capa formato Shapefile (polígonos) con la categorización de los distritos prioritarios de atención resultado de la creación de los Mapas Sociales del INEC.	Sistema Nacional de Registro Único de Beneficiarios (SINERUBE)

Las capas de información espacial complementarias se describen a continuación de la siguiente forma:

- i. Oficinas IMAS y ARDS-IMAS, son descritas en la Figura 41.
- ii. Proyectos de Titulación, descrito en la Figura 42.
- iii. Zonas de Valor Homogéneas, se describen en la Figura 44.
- iv. Distritos Prioritarios, se pueden visualizar en la Figura 43.

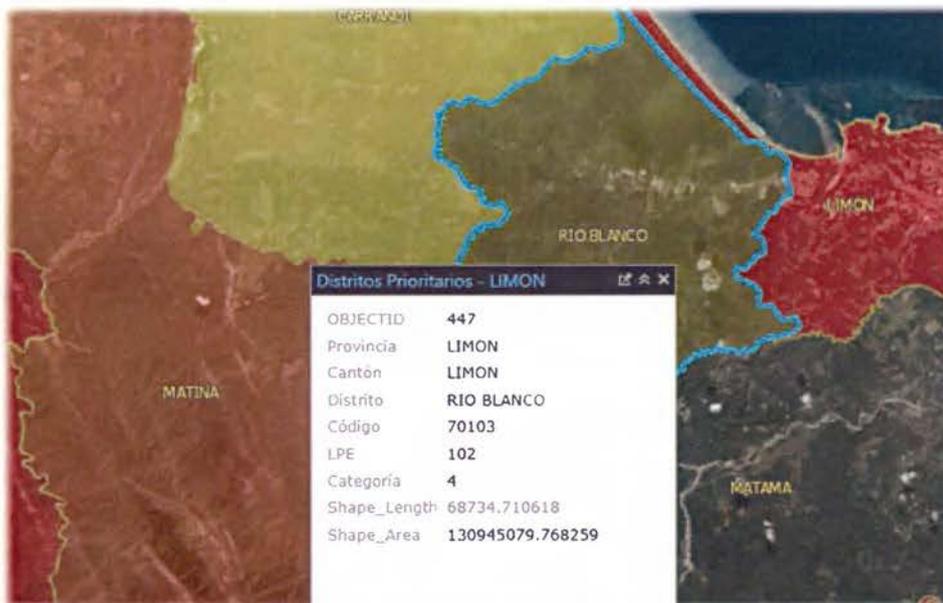


Figura 43. Mapa de Distritos Prioritarios del INEC, con los cuales se debe de priorizar la atención de la pobreza de acuerdo con lo establecido en el Decreto N° 34918-H *Mapas Sociales para georreferenciación de la información*. Además, se despliega la información correspondiente a la tabla de atributos del distrito Río Blanco. Fuente: Elaboración propia (2018).

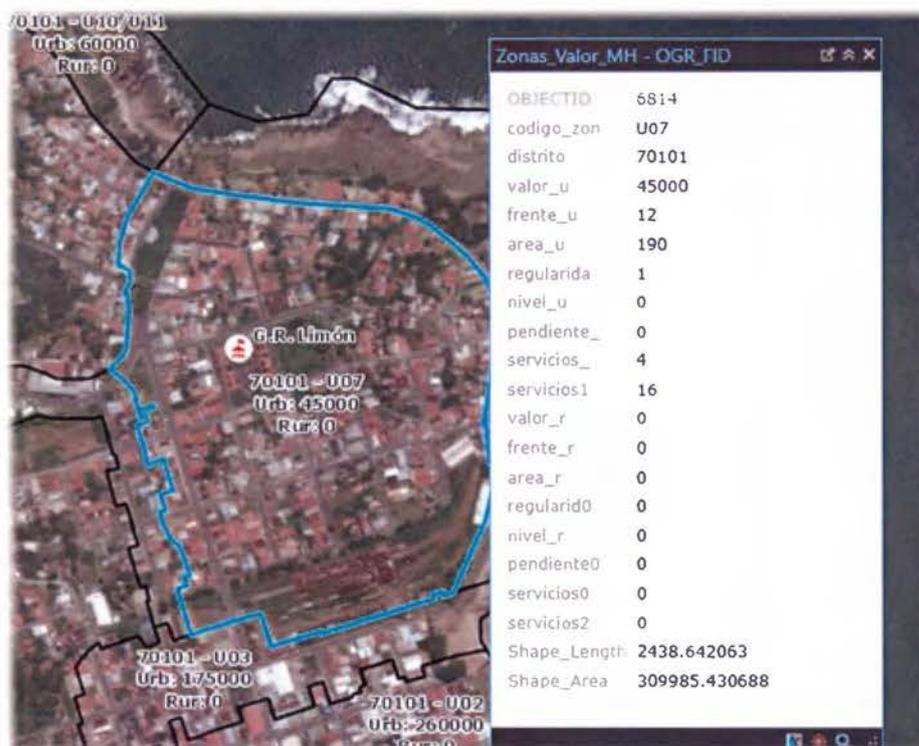


Figura 44. Mapa de Zonas de Valor Homogéneas del Ministerio de Hacienda, se despliega la información correspondiente a la tabla de atributos de la zona 70101-U07. Fuente: Elaboración propia (2018).

4.3.3. Integración de las capas de información geoespacial a las bases de datos del SIG IMAS

A partir de la configuración descrita en la Figura 34. Modelo Físico de las Clases de entidad en los Conjuntos de datos de entidad del SIG IMAS, de acuerdo con el *Diagrama de Clases de la Geodatabase*, se presentan las bases de datos de las tablas de atributos correspondientes al conjunto de datos de entidad “Catastro IMAS”:

- i. Mosaico de Planos (Figura 45).
- ii. Mapa de Fincas (Figura 46).
- iii. Proyectos de Titulación (Figura 47).

OBJECTID_1	Shape	PLANO	IDENTIFICA	AREA_PLANO	UsoPublico	Shape_Length	Shape_Area
19237	Polygon	719309962016		43718		1067.859845	43696.700398
20883	Polygon	719138552016		305		72.330385	305.266689
20882	Polygon	719038832016		350		82.747761	349.519477
20881	Polygon	719038822016		231		69.575929	231.491086
20266	Polygon	719015452016	70301002588200	123		44.429847	123.083207
20880	Polygon	719000382016		175		58.72566	175.001529
20545	Polygon	718954472016		505		92.489917	504.913769
20693	Polygon	718908132016		3039		240.969948	3038.90757
20694	Polygon	718892202016		220		62.020059	220.016107
20695	Polygon	718865482016		324		71.999881	323.99893
20696	Polygon	718832392016		197		66.020026	202.423065
20697	Polygon	718797922016		805		113.809842	805.215242
20698	Polygon	718797912016		1668		189.539485	1667.002654
20699	Polygon	718797902016		308		77.419935	307.554239
20544	Polygon	718766962016		197		59.999863	196.628801
20546	Polygon	718766942016		197		59.999986	196.629717
18823	Polygon	718764722016		120		45.679599	119.596065

Figura 45. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de los 2569 planos catastrados en el Mosaico de Planos IMAS de la provincia Limón. Fuente: Elaboración propia (2018).

OBJECTID_1	Shape	Identifica	Parcela	Plano	Rela	Observ	Titular	Proyecto	Finca	Shape_Length	Shape_Area
15566	Polygon	70504009632500	000	706966812001	1		IMAS		096325	58.469951	180.618142
16119	Polygon	70502016644700	000	718533032015	1		BATAN	BATAN	166447	58.108609	210.020595
16118	Polygon	70502016545600	000	713948202010	1		BATAN	BATAN	165456	63.887732	251.604647
15840	Polygon	70502015433500	000	713998942010	1		BATAN	BATAN	154335	75.732554	163.593159
15823	Polygon	70502015433400	000	713998932010	1		BATAN	BATAN	154334	53.322717	169.974978
15845	Polygon	70502013939500	000	702107951989	1		BATAN	BATAN	139395	69.173132	246.123749
15841	Polygon	70502011402600	000	703237211996	1		BATAN	BATAN	114026	57.659802	207.18955
15354	Polygon	70502010863100	000	708110871989	1		BATAN	BATAN	108631	74.713701	306.075241
15813	Polygon	70502007224200	000	708107581989	1		BATAN	BATAN	072242	73.065819	275.08539
15356	Polygon	70502007224100	000	708187241989	1		BATAN	BATAN	072241	53.420058	128.581614
15360	Polygon	70502007224000	000	701482301993	1		BATAN	BATAN	072240	73.420629	275.585384
15357	Polygon	70502007223900	000	703237241996	1		BATAN	BATAN	072239	59.100056	151.717961
15358	Polygon	70502007223800	000	703237261996	1		BATAN	BATAN	072238	60.643915	227.64695
15850	Polygon	70502007223700	000	703237051996	1		BATAN	BATAN	072237	54.309953	179.05374
15849	Polygon	70502007223600	000	703325931996	1		BATAN	BATAN	072236	60.800032	229.475401
15848	Polygon	70502007223500	000	703325911996	1		BATAN	BATAN	072235	57.700027	206.100905
15847	Polygon	70502007223400	000	703325891996	1		BATAN	BATAN	072234	54.170066	176.394936

Figura 46. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 1871 entidades de polígonos correspondientes a los predios (Fincas IMAS y sus segregaciones) incluidas en el Mapa de Fincas IMAS de la provincia Limón. Fuente: Elaboración propia (2018).

OBJECTID	Shape	Nombre_Pro	Cod_Distri	Shape_Length	Shape_Area
167	Polygon	BATAN	70502	894.703472	31427.807198
168	Polygon	LA ESPERANZA	70501	1200.348523	85216.744724
166	Polygon	TOBIAS VAGLIO Y SIQUIARES	70302	1711.345657	111021.725094
164	Polygon	SAN RAFAEL	70301	1695.561588	118336.29754
165	Polygon	LOS MANGOS	70301	1121.518329	36649.703552
161	Polygon	CARIARI. LAS BRISAS	70205	1107.674932	53188.534395
162	Polygon	CASA HOGAR DEL MENOR INFRACTOR	70204	1234.629055	76307.484314
174	Polygon	ROTULO	70203	1951.843173	136422.953861
163	Polygon	LAS BRISAS	70201	1187.899467	53196.52221
160	Polygon	LIMON 2000	70103	7731.026613	1388691.322309
169	Polygon	LOS CANGREJOS Y OJO DE AGUA	70101	6554.047614	725768.733726
170	Polygon	BROOKLIN	70101	504.45458	15002.731035
171	Polygon	70101-A	70101	178.273669	1604.365242
172	Polygon	SAN JUAN	70101	349.658298	5437.174657
173	Polygon	LA LAGUNA	70101	758.52057	14481.707218

Figura 47. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 1871 entidades de polígonos correspondientes a los Proyectos de Titulación IMAS de la provincia Limón. Fuente: Elaboración propia (2018).

Asimismo, según la configuración descrita en la Figura 34. *Modelo Físico de las Clases de entidad en los Conjuntos de datos de entidad del SIG IMAS, de acuerdo con el Diagrama de Clases de la Geodatabase*, se presentan las bases de datos de las tablas de atributos correspondientes al conjunto de datos de entidad “*Cartografía IMAS*”:

- i. ARDS IMAS (Figura 51).
- ii. Oficinas IMAS (Figura 52).
- iii. Distritos Prioritarios INEC (Figura 53).
- iv. Zonas de Valor MH (Figura 54)

OBJECTID	Shape	Shape_Length	Shape_Area	AREA_REG
1	Polygon	403402.883732	2468099988.059703	Alajuela
2	Polygon	1305713.998282	9492199780.552511	Brunca
3	Polygon	380911.199317	3951083746.208458	Cartago
4	Polygon	903261.883052	10197705187.044989	Guanacaste
5	Polygon	310578.454691	2664119027.287403	Heredia
6	Polygon	1071403.602143	9178080103.027826	Huetar Caribe
7	Polygon	521785.620868	7032564862.959783	Huetar Norte
8	Polygon	265783.217949	932817729.761443	Noreste
9	Polygon	1071591.212205	3924562006.299389	Puntarenas
10	Polygon	239888.700796	1277913144.575716	Suroeste

Figura 48. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 10 entidades de polígonos correspondientes a la división administrativa del IMAS, Áreas Regionales de Desarrollo Social. Fuente: Elaboración propia (2018).

OBJECTID	Shape	NOM_OFICIN	GERENCIA_R
13	Point	Oficina Guadalupe	Noreste
14	Point	Oficina San Ignacio	Noreste
7	Point	G.R. Huetar Norte	Huetar Norte
8	Point	Oficina Upala	Huetar Norte
9	Point	Oficina Guatuso	Huetar Norte
10	Point	Oficina Los Chiles	Huetar Norte
39	Point	Oficina Guapiles	Huetar Caribe
41	Point	Oficina Namasol	Huetar Caribe

37 of 37 selected

Figura 49. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de las 37 oficinas de las Unidades Locales de Desarrollo Social. Fuente: Elaboración propia (2018).

OBJE	Shape	Provincia	Cantón	Distrito	Código	LPE	Categoría	Shape_Length	Shape_Area
461	Polygon	LIMON	TALAMANCA	BRATSI	70401	284	1	120481.320958	190119053.904597
462	Polygon	LIMON	TALAMANCA	SIXAOLA	70402	217	2	92074.036072	169015584.289045
463	Polygon	LIMON	TALAMANCA	CAHUITA	70403	150	3	116662.92269	242895667.217622
464	Polygon	LIMON	TALAMANCA	TELIRE	70404	467	1	275303.447451	2219945527.592431
465	Polygon	LIMON	MATINA	MATINA	70501	182	2	169797.530637	359312101.822075
466	Polygon	LIMON	MATINA	BATAN	70502	200	2	132375.875741	221561717.157188
467	Polygon	LIMON	MATINA	CARRANDI	70503	125	3	111392.682839	204575462.60744
468	Polygon	LIMON	GUACIMO	GUACIMO	70601	171	3	108481.060756	221630763.395407
469	Polygon	LIMON	GUACIMO	MERCEDES	70602			68507.384286	90086672.235234
470	Polygon	LIMON	GUACIMO	POCORA	70603			83079.927999	72998839.696257
471	Polygon	LIMON	GUACIMO	RIO JIMENEZ	70604	90	4	104830.023678	116479854.572356
472	Polygon	LIMON	GUACIMO	DUACARI	70605			63012.894224	80630756.684587

472 of 472 selected

Figura 50. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos completa de los 472 distritos con detalle de los 75 Distritos Prioritarios para la atención de lo establecido en el Decreto N° 39648 MDHIS-MIDEPLAN. Fuente: Elaboración propia (2018).

OBJI	Shape	dist	codigo_	valor_	fren	area_u	regu	nivel	pend	serv	servi	valor_r	fr	area_r	reg	niv	pen	ser	se
7385	Polygon	70605	U01	3700	15	380	1	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7386	Polygon	70605	U05	2400	16	580	1	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7387	Polygon	70605	R06/U06	3600	12	470	1	0	0	1	16	1600	20	23000	0.75	0	0	0	16
7388	Polygon	70605	R04/U04	1500	11	300	1	0	0	1	16	500	80	27000	0.85	0	5	0	4
7389	Polygon	70605	U03	2500	16	490	1	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7390	Polygon	70605	R02/U02	3000	9	300	1	0	0	1	16	1300	90	14000	0.85	0	0	0	16
7375	Polygon	70604	R03/U03	3600	12	470	1	0	0	1	16	1600	20	23000	0.75	0	0	0	16
7376	Polygon	70604	R10/U10	5000	13	270	1	0	0	1	16	1400	60	19000	0.85	0	5	0	16
7377	Polygon	70604	U05	9500	14	420	1	0	0	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7378	Polygon	70604	U01	24000	16	430	1	0	0	3	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7379	Polygon	70604	R04/U04	3000	9	300	1	0	0	1	16	1300	90	14000	0.85	0	0	0	16
7380	Polygon	70604	R06/U06	1300	15	660	1	0	0	1	16	200	60	65000	0.85	0	5	0	4
7381	Polygon	70604	U02	11000	15	300	1	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7382	Polygon	70604	U07	2000	16	710	1	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7383	Polygon	70604	U09	2000	14	600	1	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7384	Polygon	70604	U08	2000	16	710	1	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 51. Captura de pantalla del software ArcGIS Pro, de un extracto de la tabla de atributos de los 472 distritos con detalle de los 75 Distritos Prioritarios para la atención de lo establecido en el Decreto N° 39648 MDHIS-MIDEPLAN. Fuente: Elaboración propia (2018).

4.4. Implementación de las aplicaciones de oficina y campo del SIG IMAS para el Área de Titulación, utilizando la plataforma geo-informática de ArcGIS

4.4.1. Geoportal de visores de mapas vía web del SIG IMAS

Para llevar a los productos informativos a un entorno de recursos geoespaciales de acceso vía web, mediante la plataforma de ArcGIS de ESRI®, se desarrolla el Geoportal del SIG IMAS. Este Geoportal se accede mediante la página web oficial del IMAS bajo la dirección de sitio web: <http://www.imas.go.cr>, en la pestaña “Servicios en línea / Sistema de Información Geoespacial IMAS”. Al acceder al Geoportal y autenticarse como miembro de la organización dentro de la plataforma de ArcGIS Online, denominada *Instituto Mixto de Ayuda Social*.

Sistema de Información Geoespacial Instituto Mixto de Ayuda Social

SIG IMAS



Figura 52. Captura de pantalla de la página de inicio del Geoportál del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

Mediante el Geoportál representado en la Figura 52, se puede acceder a los diferentes visores de mapas web disponibles para los usuarios internos de la Institución (Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras) y para el público en general (Visor de mapas web del SIG IMAS, Oficinas y Áreas Regionales de Desarrollo Social y Bienes Inmuebles IMAS). En la Figura 53, se presentan los usuarios con credenciales de acceso al Geoportál de visores de mapas vía web del SIG IMAS.



Figura 53. Captura de pantalla de la página de organización del Geoportál del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

4.4.2. Visor de mapas web para el Área de Titulación de Tierras

Utilizando el módulo Web AppBuilder de ArcGIS, se desarrolla el visor de mapa web del Área de Titulación de Tierras, descrito en la Figura 54.

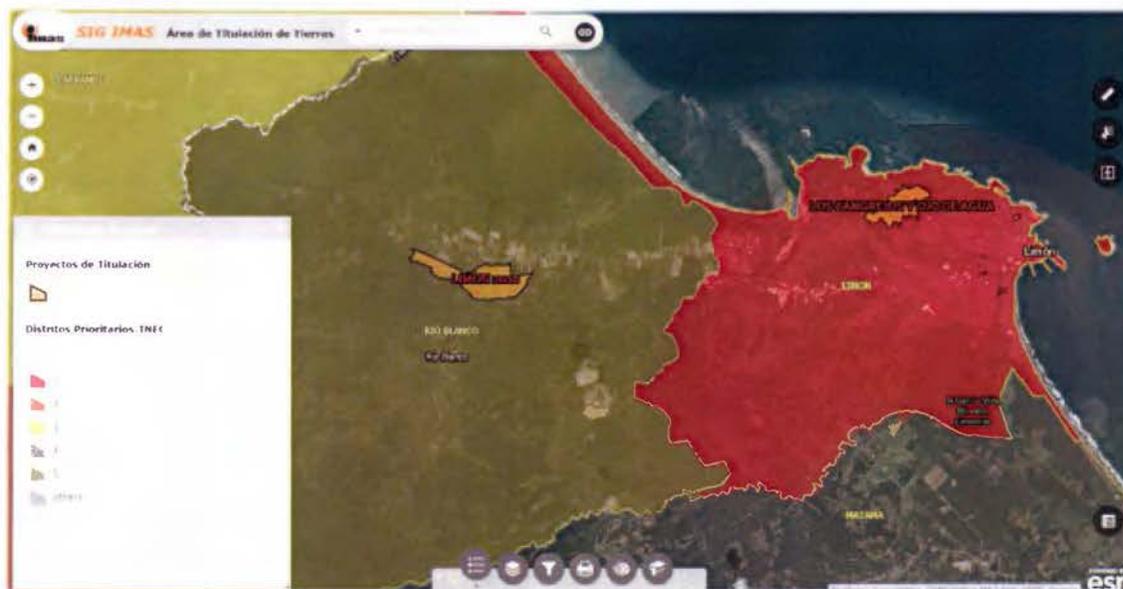


Figura 54. Captura de pantalla de la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Esta aplicación de mapas web se alimenta de las capas de información que se encuentran almacenadas en la Geodatabase implementada del SIG IMAS (Figura 35). Elaboración propia (2018).

El aplicativo de visor de mapas posee diferentes capacidades, dentro de las que destaca la visualización dinámica de los productos informativos de carácter cartográfico que conforman el SIG IMAS (ver Figura 58). Además, permite seleccionar las capas de información que se desea visualizar en pantalla para efectos de realizar los análisis que correspondan con mayor flexibilidad para el usuario (Figura 55). Asimismo, tiene la capacidad de soportar mediciones sobre la pantalla, cuyos resultados permiten interpretar la situación descrita en los mapas para analizar los casos de ejecución del beneficio de Titulación (Figura 56).

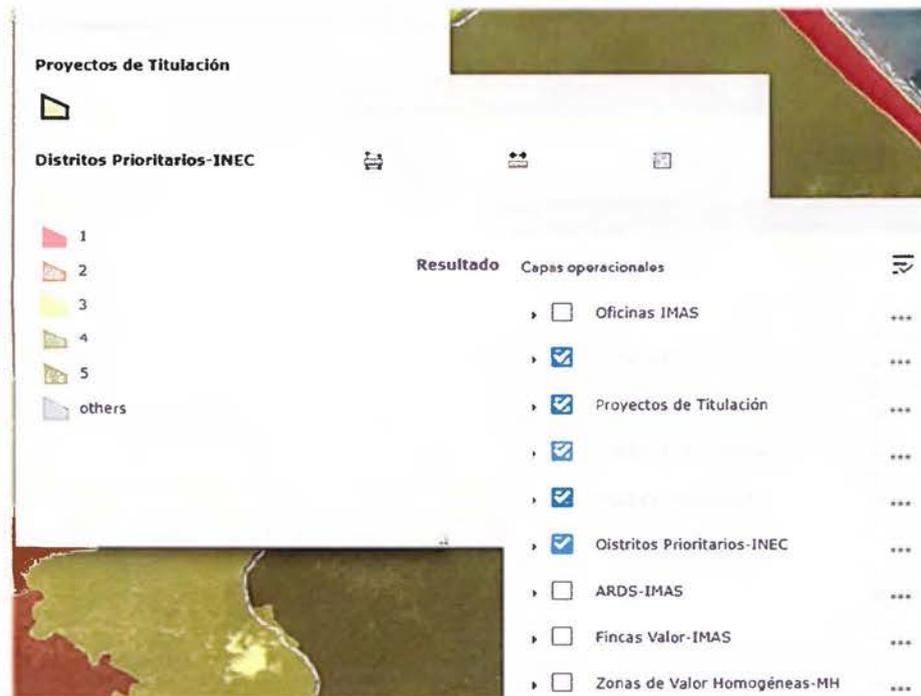


Figura 55. Captura de pantalla de las herramientas de simbología del mapa, medición en el mapa y configuración para visualización de las capas de información espacial disponibles en la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Elaboración propia (2018).



Figura 56. Captura de pantalla de la herramienta de medición en el mapa en la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Elaboración propia (2018).



Figura 57. Captura de pantalla de la herramienta de búsqueda de datos por atributo en el mapa en la aplicación web Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras. Elaboración propia (2018).

Se cuenta, además, con una herramienta para realizar búsqueda en las tablas de atributos de las capas Mosaico de Planos, Mapa de Fincas y Proyectos de Titulación. Se puede consultar por nombre de proyecto, número de finca y número de plano catastrado (Figura 57).

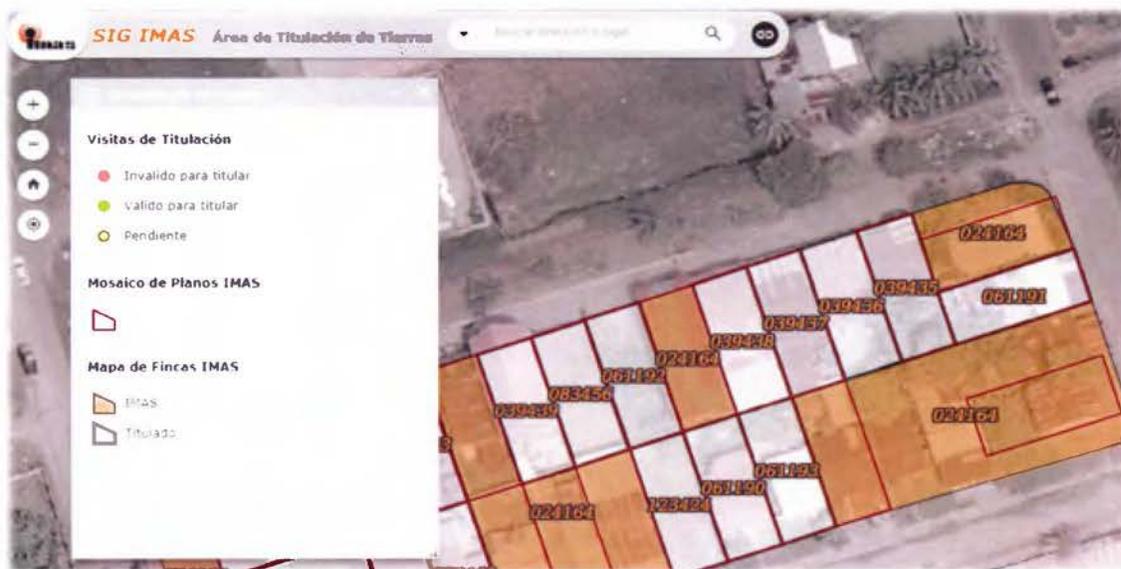


Figura 58. Captura de pantalla del Visor de mapas web del Área de Titulación de Tierras, a nivel local para análisis de estado de avance del proceso de Titulación de un proyecto IMAS. Conforme se amplía la escala de visualización cambian las capas visibles. Elaboración propia (2018).

4.4.3. Aplicaciones para dispositivos móviles de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras

Mediante el módulo web denominado Workforce for ArcGIS, se desarrolla la aplicación “Programación General de Visitas de Titulación”. Mediante este aplicativo web es posible llevar a cabo la planificación de las visitas, a partir de la información contenida en el Mosaico de Planos y el Mapa de Fincas del SIG IMAS.

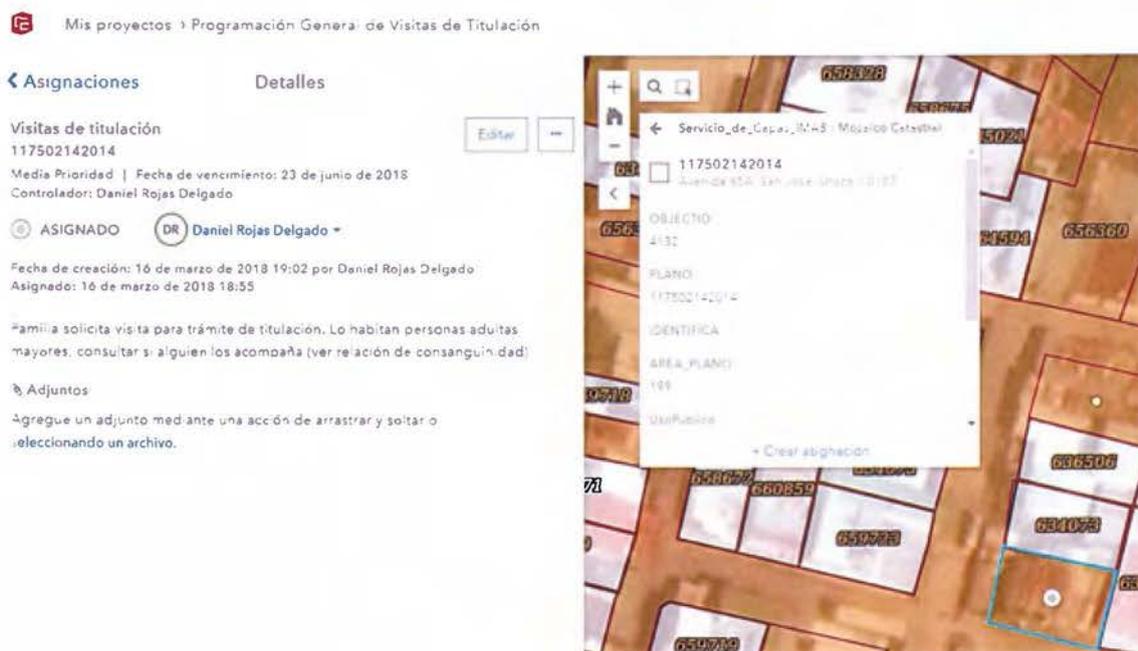


Figura 59. Captura de pantalla del aplicativo Programación General de Visitas de Titulación desde la página web de Workforce for ArcGIS. Elaboración propia (2018).

Cada usuario del SIG IMAS tiene acceso mediante autenticación desde el Geoportal para efectos de realizar la programación y asignación personal, o de otros usuarios, de las visitas a realizar como parte del proceso de Titulación. La asignación de visitas permite establecer el plano de catastro específico que se va a verificar en campo para su posterior referencia al Mosaico de Planos, además permite hacer observaciones resultado del análisis del caso y que se consideren necesarias para efectos de la visita en el sitio (ver Figura 59). Una vez programadas las visitas técnicas a realizar dentro de la aplicación web, estas asignaciones son enviadas al dispositivo móvil de cada usuario, mediante el uso de la aplicación para dispositivo móvil Workforce for ArcGIS, tal como se describe en la Figura 60.

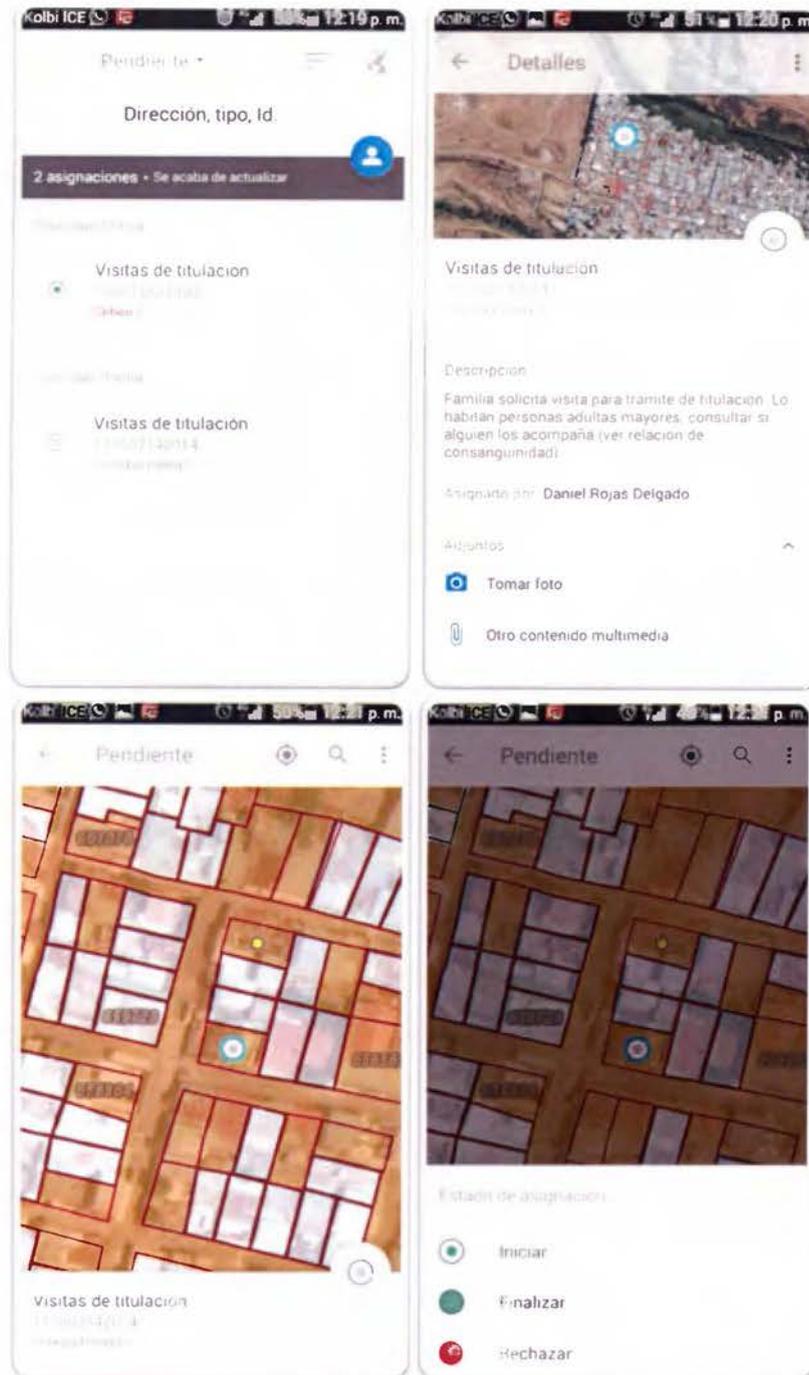


Figura 60. Captura de pantalla del aplicativo Programación General de Visitas de Titulación desde la aplicación para dispositivo móvil de Workforce for ArcGIS, cada usuario del SIG IMAS recibe en su dispositivo móvil las asignaciones programadas la cual puede consultar y completar, desde un entorno geoinformático identificando en el mapa su ubicación y punto específico donde realizar la visita técnica. Una vez en el sitio de trabajo, el usuario puede iniciar con las actividades respectivas a la valoración en sitio del caso de titulación. Elaboración propia (2018).

Posterior a utilizar Workforce for ArcGIS para localizar el sitio de la visita e iniciar con la asignación, se utiliza la aplicación para dispositivo móvil Survey123 for ArcGIS para desarrollar las actividades propias de cada visita, las cuales son registradas mediante el formulario geo-informático web *Visitas para Titulación* (ver Figura 61).

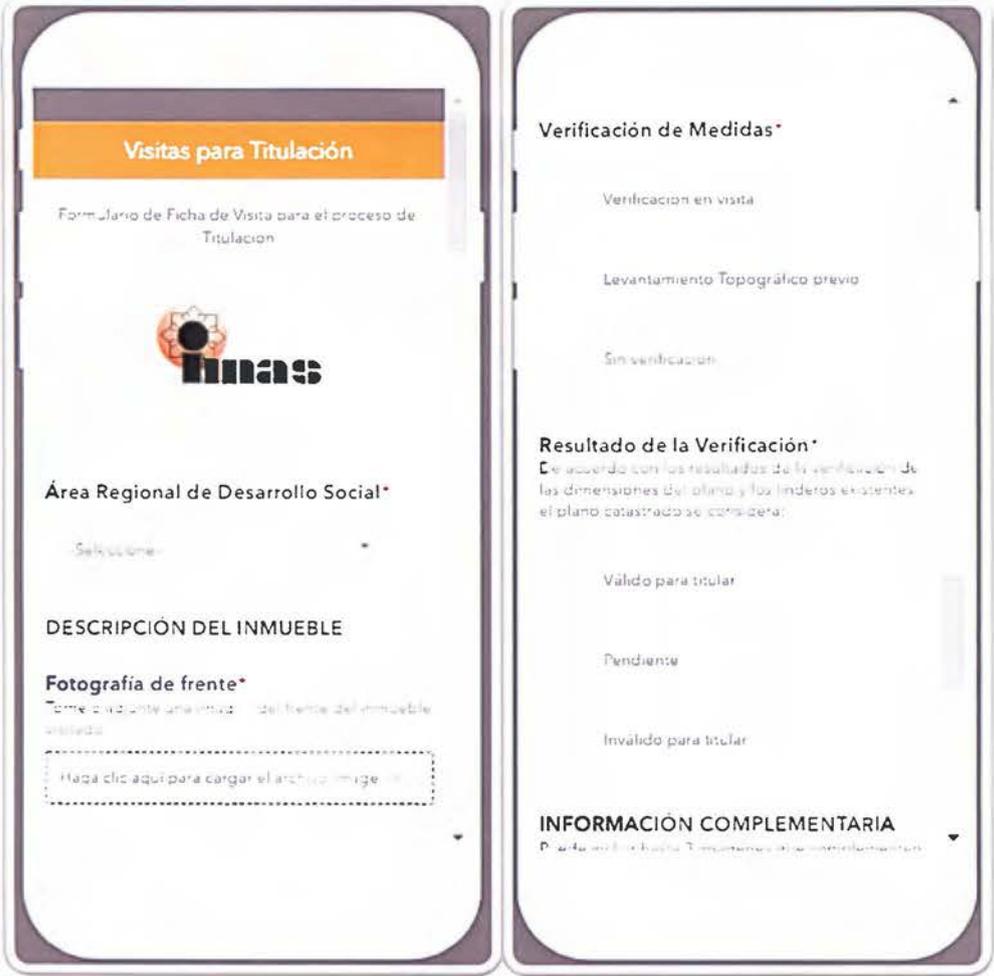


Figura 61. Captura de pantalla del aplicativo para dispositivo móvil Survey123, con el formulario *Visitas para Titulación*, el cual se completa en campo y una vez concluida la actividad se envía al Geoportal para su integración con el SIG IMAS. Elaboración propia (2018).

El resultado de cada una de las visitas es un servicio de entidad web creado dentro del Geoportal del SIG IMAS, en el cual se almacena como una entidad de punto la cual posee una tabla de atributos con los datos ingresados en la aplicación de formulario. Estos datos son integrados al Visor de Mapas Web del Área de Titulación, tal como se describe en la Figura 62.

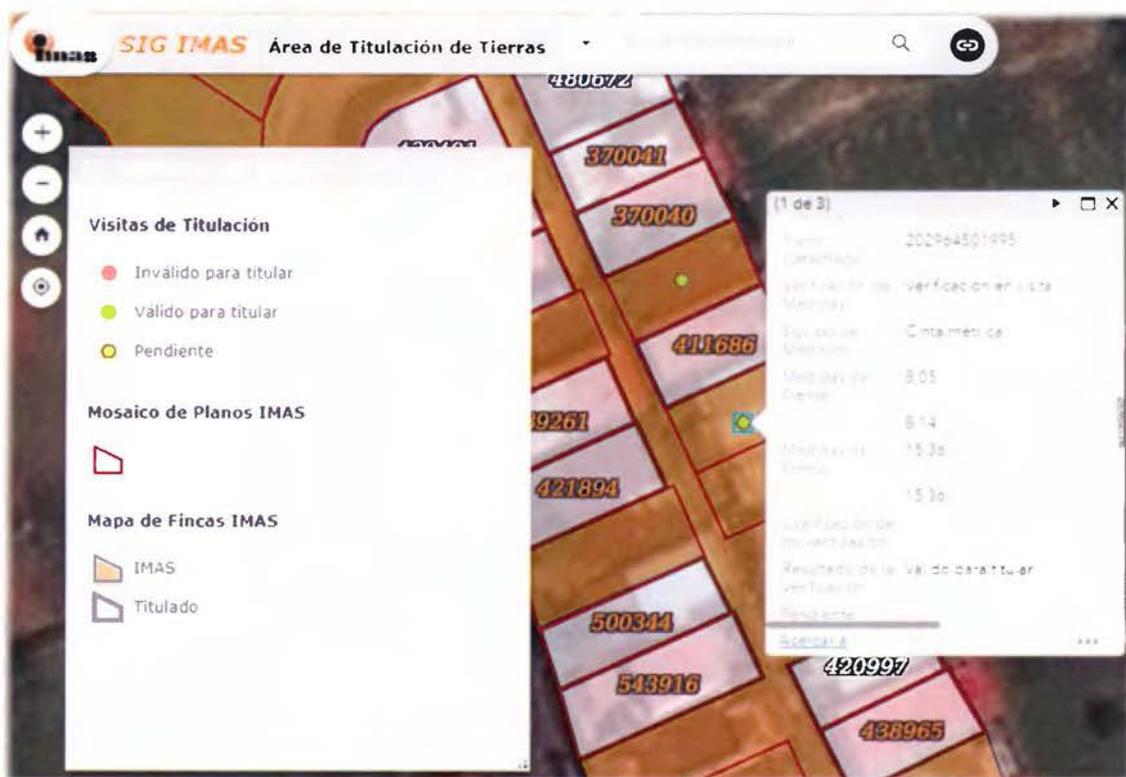


Figura 62. Captura de pantalla del aplicativo para dispositivo móvil Survey123, con el formulario *Visitas para Titulación*, el cual se completa en campo y una vez concluida la actividad se envía al Geoportal para su integración con el SIG IMAS. Elaboración propia (2018).

En cumplimiento a las funciones del Área de Titulación, desde una perspectiva de gestión de los proyectos de Titulación, específicamente en cuanto a: *“Controlar y dar seguimiento a los procesos de formalización de los proyectos titulados a través de las distintas instancias de ejecución dispuestas, emitiendo mensualmente un informe ante la Subgerencia de Desarrollo Social”*; se desarrolla una aplicación web para monitoreo de las visitas de titulación a partir de la descripción del Producto Informativo Panel de Seguimiento de Visitas de Titulación.



Figura 63. Captura de pantalla del aplicativo web *Panel de Seguimiento de Visitas de Titulación*, Elaboración propia (2018).

Como se muestra en la Figura 63, mediante el Panel de Seguimiento de Visitas de Titulación, se monitorea la ejecución y actualiza los datos en tiempo real con los formularios Visitas para Titulación en cuanto a casos visitados por cada Área Regional de Desarrollo Social, tipo de uso del inmueble visitado (Vivienda o Institucional), y resultado de la visita (Válido para titular, Pendiente o Inválido para titular). Además, permite contabilizar y comparar respecto al cumplimiento de las metas establecidas en el Plan Operativo Institucional el IMAS.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante el desarrollo del presente proyecto se implementa la plataforma geo-informática denominada: *Sistema de Información Geoespacial del Instituto Mixto de Ayuda Social (SIG IMAS)*. Esta plataforma es una herramienta diseñada dentro de un entorno web de sistemas de información geográfico de última generación diseñado específicamente para administrar la información institucional de carácter espacial del Área de Titulación de Tierras del IMAS, cuyo alcance se limita a la provincia de Limón y a la utilización del paquete de ArcGIS de ESRI®.

Tabla 9. Necesidades de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

NECESIDADES TÉCNICAS DE LOS USUARIOS	
Funciones y Flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras	Elaborar y mantener un Registro de Inmuebles y Proyectos de Titulación.
	Revisión técnica en campo de los planos catastrados a titular.
	Análisis de casos de confección de plano de catastro nuevo o rectificación de linderos en campo.
Requerimientos de los Datos	Datos de índole espacial, con la capacidad de asociarse bases de datos.
	Se requiere contar con registro de bienes inmuebles en formato vectorial, en 3 (tres) enfoques: mosaico de planos catastrados, mapa de fincas y delimitación de proyectos de titulación. Además de contar con el registro y seguimiento de las visitas ejecutadas para los casos de titulación.
	Se requiere contar con información cartográfica complementaria: distritos prioritarios IMAS, áreas regionales IMAS, oficinas regionales IMAS, Zonas de Valor Homogéneas del Ministerio de Hacienda.
Requerimientos de Tecnología	Sistema de Bases de Datos Espacial (SBDE), a partir de un Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) integrado a un Sistema de Información Geográfico (SIG) Web.
	Plataforma multiusuario (personal Área de Titulación de Tierras) y entorno web (personal Áreas Regionales de Desarrollo Social y público en general).
	Desarrollo de Geoportal y aplicaciones para dispositivos móviles, para integrarse con el Flujo de trabajo del departamento.

En cuanto al objetivo específico inicial del proyecto: *Establecer las necesidades de los usuarios para el desarrollo y ejecución del SIG IMAS de acuerdo con el flujo de trabajo del Área de Titulación de Tierras* (Tabla 9), su ejecución permitió contar con el panorama institucional y operacional base para efectos del diseño de la implementación.

Para ello, el análisis de las funciones del Área de Titulación de Tierras desde una perspectiva de planificación y gestión posibilita orientar el diseño de productos informativos y de aplicativos específicos para la ejecución del flujo de trabajo del área. La evaluación situacional de la ejecución de dichas funciones permite que el diseño de la herramienta se ajuste e integre al flujo de trabajo de forma menos agresiva a un entorno de trabajo con bajos mecanismos de control técnico en su accionar. La fundamentación normativa facilita una visión estratégica en el desarrollo de la plataforma, para lo cual también resulta necesario entender cómo ejecuta estas acciones el departamento.

Al integrarse en la etapa de identificación de necesidades, un análisis del flujo de trabajo del Área de Titulación (Figura 13), se logran identificar las actividades correspondientes a la Intervención Técnica del proceso de ejecución del beneficio de Titulación, sobre el cual se aplica la implementación de la herramienta. Estas actividades se desarrollan mediante la participación de varios funcionarios, los cuales bajo los esquemas de Sistemas de Bases de Datos Espaciales (SBDE) implica que el SIG IMAS sea una plataforma multiusuario, a fin de incluir a las personas profesionales del Área de Titulación de Tierras definidas como usuarios del Geoportal de visores de mapas vías web del SIG IMAS.

En términos de los requerimientos tecnológicos, es necesario garantizar una estructura de interoperabilidad para varios actores a nivel central de la institución, como a nivel regional. Para cumplir con lo anterior, la implementación de una plataforma de Sistema de Información Web presenta condiciones óptimas para evitar la dependencia de la instalación de software especializado en cada computadora de los usuarios del SIG IMAS, así como el nivel de especialización de estos usuarios. Sumado a lo anterior, un elemento clave en las capacidades de la plataforma es la actualización de la información en tiempos mucho más cortos que de forma análoga.

En cuanto al objetivo específico: *Diseño de la estructura geo-informática del SIG IMAS, bajo los principios conceptuales y metodológicos de sistemas de información geográficos web de última generación*, se plantean los lineamientos requeridos para que la implementación sea operativamente funcional y pueda tener un alto nivel de integración con los sistemas informáticos institucionales. El desarrollo de la metodología planteada permite construir el sistema en un contexto técnico e informático de sistemas de gestión de bases de datos (SGBD), mediante el desarrollo de los esquemas conceptual, lógico y físico.

Con el modelado de los esquemas supra citados, descritos mediante el Modelo Entidad-Relación (Figura 30), Modelo Relacional (Figura 31) y Modelo Físico (Figura 34); se logra identificar de forma detallada los elementos geográficos se quieren insertar en el SIG IMAS. Asimismo, se analiza de qué manera se relaciona dicha información entre sí, tanto en el mundo real como a nivel abstracto para su implementación geo-informática. Lo anterior permite contar con una descripción a nivel e bases de datos en un lenguaje universal de diseño informático para SGBD, con el cual se implementa la plataforma planteada en este proyecto.

Con el modelado del SGDB se logra plantear una implementación de SIG Web más eficiente y eficaz, tal como se describe en la Figura 35 *Diagrama de arquitectura de red y software del SIG IMAS*, así como de poder llevar la coherencia y la sinergia entre sistemas similares. Los modelos de datos comunes son la clave para tomar mejores decisiones basadas en información geográfica disponible, ya que están diseñados para proporcionar beneficios inmediatos y a largo plazo a las personas que trabajan en proyectos reales SIG mientras se apoyan en los flujos de trabajo existentes.

El diseño de la estructura geo-informática del SIG IMAS, utilizando los conceptos técnicos para el desarrollo de Sistemas de Bases de Datos Espaciales en entornos Web, permite contar con una descripción sumamente clara de las características de la información geoespacial que será integrada a la plataforma. Mediante la descripción de los Productos Informativos (Figuras 27, 28 y 29), se definen las características cartográficas y generales de la información contenida en el sistema.

Para la *construcción de la información geoespacial digital para su integración con las bases de datos del SIG IMAS*, se considera indispensable seguir los lineamientos cartográficos oficiales para Costa Rica, debido al carácter Institucional de la plataforma. La inclusión de los parámetros de georreferenciación establecidos en el Decreto Ejecutivo 33797-MJ-MOPT y los aspectos metodológicos establecidos en el Manual de Procesos para la Compatibilización de Información Catastral y Registral del Proyecto de Regularización de Registro y Catastro.

Lo anterior es garantía de que los datos incluidos en el SIG IMAS son compatibles con las plataformas del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). Además, para los efectos de índole catastral y registral de las funciones del Área de Titulación de Tierras, seguir con las metodologías y estructuras cartográficas establecidas en el Manual de Procesos para la Compatibilización de Información Catastral y Registral del Proyecto de Regularización de Registro y Catastro, permite contar con un inventario de los terrenos propiedad del IMAS y que la ejecución y seguimiento del beneficio de Titulación, sea llevado a cabo de forma confiable y efectiva.

Tal como se plantea en la descripción de los Productos Informativos establecidos en las Figuras 27 y 28, se construye de forma efectiva toda la información planteada en el diseño geo-informático del SIG IMAS, descrita en la Tabla 10 y con la estructura de tabla de atributos definida en el Modelo Físico (Figura 34).

Tabla 10. Capas de información geoespacial construidas para integración al SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

INFORMACIÓN GEOESPACIAL DIGITAL CONSTRUIDA		
Conjunto de Datos de Entidad	Clases de Entidad	Formato
Catastro IMAS	Proyectos de Titulación	Vectorial - Polígono
	Mosaico de Planos IMAS	Vectorial - Polígono
	Mapa de Fincas IMAS	Vectorial - Polígono
Cartografía IMAS	Áreas Regionales de Desarrollo Social IMAS	Vectorial - Polígono
	Oficinas IMAS	Vectorial - Punto
	Distritos Prioritarios INEC-IMAS	Vectorial - Polígono
	Zonas de Valor Homogéneas MH-ONT	Vectorial - Polígono

La implementación de las aplicaciones de oficina y campo del SIG IMAS para el Área de Titulación de Tierras, utilizando la plataforma geo-informática de ArcGIS, es el objetivo específico que le aporta una interfaz vía web a los usuarios del SIG IMAS. Mediante la integración de las tecnologías web en los sistemas de información geográficos modernos, se le brinda a la herramienta implementada capacidades muy amplias en términos de accesibilidad e interoperabilidad.

La selección del paquete geo-informático ArcGIS brinda una amplia gama de módulos tecnológicos que permiten desarrollar entornos de trabajo basados en información espacial y que responden a flujos de trabajo establecidos. Lo anterior, bajo ambientes de desarrollo de aplicaciones web y para dispositivos móviles, con lo cual es posible integrar estas aplicaciones geo-informáticas a las actividades que desarrolla el Área de Titulación de Tierras; cuyas funciones se centran en la administración y gestión del beneficio de Titulación basados en los terrenos propiedad del IMAS.

La implementación del SIG IMAS, lleva a la Institución a la era digital de la administración pública, en donde mediante las tecnologías web se habilita un entorno operativo de trabajo, así como también, un medio para informar y monitorear de forma transparente las gestiones y actividades que desarrolla el Área de Titulación. Asimismo, permite al IMAS mejorar considerablemente el manejo de su patrimonio institucional, en donde para el caso de los bienes inmuebles se puede destacar la capacidad de realizar actualizaciones de cualquiera de las clases de entidad que conforman el sistema, mediante las capacidades de edición en tiempo real de los datos publicados en línea desde la estructura de red y software descrita en la Figura 35.

Con el desarrollo y operación de dicha plataforma, se fortalece operativamente el Área de Titulación de Tierras con una herramienta robusta de última tecnología desde un enfoque de sistemas geospaciales integrales: de Registro (integración y administración de datos), de Análisis (exploración e interpretación de datos) y de Acción (colaboración, diseminación y publicación de datos).

A partir de la ejecución de las actividades planteadas en los objetivos específicos y considerando las conclusiones previamente descritas acerca de las actividades desarrolladas para cumplir lo planteado, se identifica la necesidad de contar con un procedimiento para garantizar el mantenimiento de las bases de datos del SIG IMAS. Dicho procedimiento de mantenimiento y actualización se presenta en el apartado siguiente 5.2. *Recomendaciones*.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda mantener actualizadas las bases de datos desarrolladas para el SIG IMAS, lo cual permitirá que las actividades que se desarrollen con el uso de la plataforma sean acordes con el estado catastral y registral actualizado de las fincas propiedad del IMAS. Para ello se deberán de capacitar a los funcionarios que realizan estas actividades, en el manejo de datos geográficos mediante tecnologías de sistemas de información geográficos. Esto impactará directamente en la eficiencia y eficacia de la participación de los diferentes usuarios del SIG IMAS.

Por otro lado, de acuerdo a las conclusiones del desarrollo de las actividades ejecutadas para cumplir con los objetivos del presente proyecto, se plantea la necesidad de un procedimiento de mantenimiento y actualización de las bases de datos del SIG IMAS. El detalle del proceso de mantenimiento se detalla a continuación en la Tabla 11:

Tabla 11. Procedimiento de mantenimiento y actualización de las bases de datos del SIG IMAS. Fuente: Elaboración propia (2018).

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	SIG IMAS	DETALLE
1 Caracterización registral y catastral del Proyecto de Titulación.	Administrador SIG	Nivel 2 ArcGIS Pro / ArcMap - Servidores GIS y Geodatabase.	Consulta los datos de las capas Mosaico de Planos y Mapa de Fincas, analiza su integridad con respecto a los datos de Registro Nacional y corrige posibles errores en la cartografía, completa información catastral faltante y actualiza situación registral de ser necesario. Previo a la intervención de un Proyecto de Titulación. Publica los servicios web que actualicen la información cartográfica disponible en el Geoportal del SIG IMAS.

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	SIG IMAS	DETALLE
2 Levantamientos topográficos preliminares	Usuario SIG	Nivel 1 ArcGIS Pro / ArcMap / Geoportal	Realiza levantamientos topográficos necesarios para completar los procedimientos de la Caracterización registral y catastral del Proyecto de Titulación, así como para llevar a cabo las vistas técnicas para la revisión de campo de los planos a titular. Puede verificar la información levantada al consultar los datos desde la Geodatabase y notificar al Administrador SIG los posibles cambios en la cartografía del SIG IMAS.
3 Revisión técnica en campo de planos a titular	Usuario SIG	Nivel 1 Geoportal / Workforce / Survey123	Consulta las aplicaciones web del SIG IMAS: el Visor de Mapas del Área de Titulación de Tierras, Asignación de visitas para titulación y Formulario de visitas para titulación. Con lo cual, se crearán nuevas entidades espaciales correspondientes a las visitas de titulación; cuya información se actualizará en tiempo real en el Panel de Seguimiento de Visitas de Titulación.
4 Actualización de estado de avance del Proyecto de Titulación	Administrador SIG	Nivel 2 ArcGIS Pro / ArcMap - Servidores GIS y Geodatabase.	Una vez completada la visita de titulación, el ARDS le corresponde completar el expediente de titulación para su presentación ante el Consejo Directivo del IMAS y la confección de la escritura respectiva (Intervención Social en Figura 26). Completado el proceso de titulación, se deberá de actualizar el movimiento registral y catastral respectivo en las bases de datos espaciales del SIG IMAS; de forma tal que el Mosaico de Planos y el Mapa de Fincas se encuentren debidamente actualizados. Para ello incluirá los planos catastrados nuevos que se vayan confeccionando durante el proceso y actualizará el estado registral de las fincas IMAS e incluirá las nuevas fincas tituladas.

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	SIG IMAS	DETALLE
5 Respaldo de las bases de datos del SIG IMAS	Administrador de Servidores - Área de Tecnologías de Información	Nivel 2 Servidores GIS y Geodatabase / Microsoft SQL Server	De forma mensual se deberá de coordinar con el Área de Tecnologías de Información del IMAS para llevar a cabo una copia de respaldo de los datos contenidos en la Geodatabase. De forma que se mantenga un respaldo de la información asociada al SIG IMAS, en caso de imprevistos y situaciones especiales.

Por último, el desarrollo de Sistemas de Información Geográficos Web no depende necesariamente de un paquete informático en particular; como se indicó en el capítulo Marco Teórico, el software es tan solo uno de sus componentes. Es en este sentido que, se recomienda explorar la capacidad de la plataforma para ser migrada a otro tipo de ambiente, en donde se pueda implementar utilizando software libre o de código abierto. Hoy en día existen diversas opciones de paquetes informáticos para la gestión y administración de un SIG.

Para ello, es recomendable desarrollar un estudio costo-beneficio de una migración de la plataforma, en donde sean analizadas las posibles retaliaciones operativas y tecnológicas en cada uno de los componentes de un SIG, más allá del software. Respecto a los componentes duros (Software, Hardware y Datos) cambiar los paquetes de programas informáticos puede implicar cambios en las capacidades de los equipos, debido a las características de operatividad y optimización de recursos de la plataforma ArcGIS. Asimismo, la captura, formatos y características de los datos puede variar al llevar a cabo la migración o implementación de una plataforma con las capacidades del SIG IMAS.

Respecto a los componentes blandos (Organización, Personal y Procedimientos), el uso de paquetes de software libre o código abierto puede implicar la necesidad de cambios organizacionales y de personal para el ensamblaje de los equipos y arquitecturas de red, hardware y software. Esto puede requerir de personal especializado en tecnologías diversas, así como en los procedimientos, que para instituciones estatales suele ser un proceso complejo y burocrático debido a la normativa rígida en el sector público.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A., Aguilar, M., Guitiérrez, E., Gutierrez , V., Quirós, J., Valverde , F., & Zamora, F. (2013). *Manual de Procesos para la compatibilización de la información catastral y registral*. San José, Costa Rica: Programa de Regularización de Catastro y Registro.
- Alesheikh, A., Helali, H., & Behroz, H. (2002). *Web GIS: Technologies and its Applications*. Ottawa: Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications.
- Arce, A., & Monge, R. (2013). *Guía Técnica para georreferenciar planos de agrimensura*. San José, Costa Rica: Registro Inmobiliario.
- Arias, L. P., Gómez, I. D., Morera, C., & Rincón, S. P. (2010). El papel de los Sistemas de Información Geográfica. *Análisis Geográficos: SIG: Sistemas de Información Geográfica / El Instituto*, 13-23.
- Buzai, G. D. (2009). *Geografía y sistemas de información geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Buenos Aires, Argentina.: GESIG Universidad Nacional de Luján.
- Cañas, A. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018*. San José, Costa Rica: Gobierno de Costa Rica.
- Ciampagna, J. M. (2000). *Administración de proyectos de Sistemas de Información Geográfica*. Córdoba, Argentina: Ciampagna & Asociados - GDSIC.
- Decreto Ejecutivo N° 37773-JP-H-MINAE-MICITT. (12 de julio de 2013). *Creación del Sistema Nacional de Información Territorial*.
- Decreto Ejecutivo N°29531-MTSS. (31 de julio de 2001). *Reglamento a las Leyes N° 4760 y sus Reformas y Leyes N° 7083, 7151 y 7154 para el Otorgamiento de Escrituras de Propiedad a los Adjudicatarios de Proyectos de Vivienda IMAS*.
- Decreto Ejecutivo N°34918-H. (18 de abril de 2006). *Adopción e Implementación de las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP), en el Ámbito Costarricense* .
- Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos E.T.S. Ingeniería Informática. (2005). *Modelo Entidad/Interrelación*. Sevilla: Universidad de Sevilla .

- Elmasri, R., & Navathe, S. (2011). *Fundamentals of Database Systems*. Boston, Massachusetts: Pearson Education, Inc.
- ESRI. (04 de abril de 2018). Obtenido de ArcGIS Help: <http://desktop.arcgis.com>
- Fallas, J. (1996). Sistemas de Información Geográfica: Una visión integral. *Revista Geográfica de América Central*, 27-39.
- Fu, P., & Sun, J. (2010). *Web GIS: Principles and Applications*. Redlands, California: Esri Press.
- García, L., & Otalvaro, D. (2009). *Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales*. Medellín: Universidad de Antioquía, Facultad de Ingeniería.
- Güting, R. H. (Octubre de 1994). An Introduction to Spatial Database Systems. *VLDB Journal*, 3(4).
- Harder, C., & Brown, C. (2017). *The ArcGIS Book, Segunda Edición: 10 big ideas about applying the science of where*. Redlands, California: ESRI Press.
- IMAS. (2009). *Manual Unico para el Otorgamiento de Beneficios Institucionales*. San José, Costa Rica: Subgerencia de Desarrollo Social.
- INEC. (2015). *Índice de pobreza multidimensional: metodología*. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Ley 4760. (04 de mayo de 1971). *Ley de creación del Instituto Mixto de Ayuda Social*.
- Ley 4760. (04 de mayo de 1971). *Ley de creación del Instituto Mixto de Ayuda Social*. Costa Rica.
- Ley 7083. (25 de agosto de 1987). *Ley de Presupuesto Extraordinario*. Costa Rica.
- Ley 7151. (04 de mayo de 1990). *Ley de Autorización al IMAS para traspasar terrenos de su propiedad*. Costa Rica.
- Ley 7154. (31 de mayo de 1990). *Ley Otorgamiento Escrituras Propiedad Adjudicatarios Viviendas IMAS*. Costa Rica.
- Moreno, A. (2008). *Sistemas y Análisis de Información Geográfica*. Madrid, España: Grupo Editor Alfaomega.
- Pajarito, D. F., & González, D. N. (2010). Perspectivas de las bases de datos espaciales. *Análisis Geográficos: SIG: Sistemas de Información Geográfica / El Instituto*, 25-35.

- Rocha, L. (2007). El rol de la Academia en una Infraestructura de Datos Espaciales a nivel local. *Coastal Areas and Land Administration – Building the Capacity - 6th FIG Regional Conference 2007* .
- Stefanakis, E., & Sellis, T. (2018). Enhancing Operations with Spatial Access Methods in a DBMS for GIS. *Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 25*(No. 1), 16-32.
- Tomlinson, R. (2007). *Pensando en el SIG: Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes*. Redlands, California: ESRI Press.
- Yeung, A. K., & Hall, G. B. (2007). *Spatial Database Systems: Design, Implementation and Project Management*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Zeiler, M. (1999). *Modeling our World: The ESRI guide to Geodatabase Design*. Redlands, California: ESRI Inc.

7. ANEXOS

Anexo 1. Flujograma original del proceso de ejecución del beneficio de Titulación. Fuente: (IMAS, 2009).

