

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Colaboración de Software Tableau y QGIS. Método de  
trabajo unificado para el desarrollo de proyectos inmobiliarios.**

Trabajo de graduación presentado por Luis Pablo Capuano Aguirre  
para optar al grado académico Ingeniero Civil

Guatemala,

2023



**Colaboración de Software Tableau y QGIS. Método de trabajo unificado para el desarrollo de proyectos inmobiliarios.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Colaboración de Software Tableau y QGIS. Método de  
trabajo unificado para el desarrollo de proyectos inmobiliarios.**

Trabajo de graduación presentado por Luis Pablo Capuano Aguirre  
para optar al grado académico de Ingeniero Civil

Guatemala,

2023

Vo. Bo.

(f) \_\_\_\_\_

Lic. Michael R. Morales Marroquín

Tribunal Examinador:

(f) \_\_\_\_\_

Lic. Michael R. Morales Marroquín

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Danilo Antonio Rodríguez Ceron

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Robert Godo Levensen

Fecha de aprobación: Guatemala, 06 de diciembre del 2023.





## Índice

Resumen.....	xii
Abstract.....	xiv
I. Introducción .....	1
II. Justificación .....	2
III. Objetivos .....	4
A. Objetivo general .....	4
B. Objetivos específicos .....	4
IV. Marco teórico .....	5
A. Ciudades inteligentes .....	5
B. Transformación digital.....	5
C. SIG .....	6
1. Campos de aplicación de los SIG.....	6
2. Herramientas de SIG .....	7
D. Integración de los SIG y BIM.....	9
E. Tableau.....	10
1. Tableau Prep Builder.....	11
F. Relación de Tableau y GIS .....	12
G. Factores de ordenamiento territorial .....	12
1. Plan de Ordenamiento Territorial POT .....	12
2. Índice de edificabilidad .....	13
H. Proyecto inmobiliario .....	15
1. Tipos de proyectos inmobiliarios .....	15
2. Etapas de un proyecto inmobiliario .....	15
3. Riesgos en proyectos de construcción.....	17
I. Bienes raíces.....	17
1. Análisis de precios .....	18
2. Avalúo .....	18
J. Instituciones guatemaltecas que poseen datos cartográficos.....	19
1. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN-	19
2. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres -CONRED- .....	19
3. Ministerio de Comunicación Infraestructura y Vivienda -CIV- .....	19
4. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-.....	20

5. Municipalidades .....	20
6. Aeronáutica Civil .....	21
7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN.....	23
K. Impacto de la implementación de la metodología SIG/QIS en proyectos de construcción en Guatemala .....	23
1. Plan K´atún 2032.....	23
2. Zonas de riesgo .....	24
3. Tipos de riesgos en zonas vulnerables .....	24
L. Aplicaciones de SIG en el Mercado Inmobiliario.....	26
1. Valores de tierra .....	29
2. Precios de vivienda .....	29
3. Indicadores del POT .....	30
V. Metodología .....	31
A. Descripción .....	31
B. Trabajo en QGIS .....	31
1. Base de Datos AGIES .....	33
2. Procedimiento POT Guatemala.....	33
3. Base de datos AGIES .....	35
4. Mapa de amenaza sísmica.....	38
C. Excel Zonas de riesgo CONRED.....	39
1. Mapa de riesgos por deslizamiento .....	39
D. Aeronáutica Civil .....	43
E. Integración de Mapas a Tableau .....	44
1. Cruces de bases de datos para los mapas .....	46
VI. Resultados .....	48
A. Plan de Ordenamiento Territorial .....	49
B. Amenaza sísmica.....	49
C. Zonas de riesgo por deslizamiento.....	50
D. Cotas de altura máxima de la administración DGAC .....	50
VII. Discusión de resultados .....	51
VIII. Conclusiones.....	53
IX. Recomendaciones.....	54
X. Bibliografía .....	55
XI. Anexos .....	60

## Índice de figuras

Figura 1 Las capas temáticas en SIG .....	9
Figura 2: Dentro del software ArcGIS.....	10
Figura 3: Ejemplo de preparación de base de datos en Tableau Prep Builder.....	11
Figura 4: Colores del POT .....	12
Figura 5: Mapa amenaza por deslizamiento e inundaciones en el municipio de San José Pinula. ....	25
Figura 6: Tabla de índices de sismicidad en Guatemala.....	25
Figura 7: Listado de municipios con amenaza sísmica y velocidad básica del viento en Guatemala .....	26
Figura 8: Ejemplo de georreferenciación de precios de vivienda según metro cuadrado..	27
Figura 9: Ejemplo de georreferenciación valor de tierra y tipo de inmueble. ....	28
Figura 10: Ejemplo de georreferenciación vulnerabilidad territorial en Guatemala .....	28
Figura 11: Ejemplo de georreferenciación de diferentes precios de renta en España.....	29
Figura 12: Mapa de Departamentos de Guatemala.....	32
Figura 13: Mapa de municipios de Guatemala. ....	32
Figura 14: Delimitación del POT y las zonas de la ciudad de Guatemala como archivo Ráster .....	33
Figura 15: Delimitación del POT con el uso de polígonos en Google Earth.....	34
Figura 16: Mapa POT en archivo Map Box.....	34
Figura 17: Mapa zonas en archivo Map Box .....	35
Figura 18: Exportar base de datos de la capa como archivo XML .....	35
Figura 19: Base de datos creada con Power Query en Excel.....	36
Figura 20: Columnas concatenadas .....	36
Figura 21: Columnas relevantes.....	36
Figura 22: Base de datos limpia unificada.....	37
Figura 23: Parámetros de unión .....	37
Figura 24: Tabla de atributos unificada .....	38
Figura 25: Mapa de clasificación sísmica.....	38
Figura 26: Mapa de amenaza por deslizamientos e inundaciones en Guatemala. ....	43
Figura 27: Mapa de cotas máximas permisibles en la zona 13 y 14 de Guatemala.....	44
Figura 28: Importación de Spatial files.....	45
Figura 29: Creación de link para archivos Mapbox.....	45
Figura 30: Integración del link de Mapbox a Tableau.....	46
Figura 31: Conexiones en Tableau. ....	46
Figura 32: Agregar capa Mapbox. ....	47
Figura 33: Asignación de roles .....	47
Figura 34: Mapa del POT en la ciudad de Guatemala .....	49
Figura 35: Mapa de amenaza sísmica por municipio.....	49
Figura 36: Mapa de riesgo por deslizamiento.....	50
Figura 37: Mapa de cotas máximas de altura de edificaciones.....	50

## Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de riesgo de deslizamientos.....	39
Tabla 2: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Fraijanes.....	40
Tabla 3: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en San José Pinula .....	40
Tabla 4: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Santa Catarina Pinula.....	41
Tabla 5: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Villa Canales.....	42
Tabla 6: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Villa Nueva.....	42
Tabla 7: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en ciudad de Guatemala.....	42

## Resumen

El presente informe se enfoca en demostrar las ventajas del análisis de datos para el desarrollo de un proyecto inmobiliario. La propuesta de trabajo colaborativo de los *softwares*: QGIS y Tableau, con lo cual se describen las ventajas del trabajo referencial en relación al desarrollo inmobiliario, con el fin de mejorar la información disponible de proyectos de construcción en Guatemala. Con la aplicación del método descrito, es posible obtener información georreferencial, características del terreno, oportunidades de desarrollo, ubicación y otros factores relacionados que permitan al desarrollador inmobiliario conocer con anticipación las oportunidades de desarrollo del proyecto. Con la herramienta digital QGIS, se crean bases de datos, polígonos y archivos .kmz con la característica de la factibilidad de exportarse a la web u otras plataformas de análisis de datos para representar el trabajo de forma amigable con el usuario por medio del uso de Tableau. El archivo kmz brinda la fácil visualización de la data geográfica. Con la plataforma Tableau se acceden a mapas creados con el sistema de información georreferencial Google Earth o QGIS de forma gratuita para el usuario, o en cliente que desee visualizar la información.

En Guatemala, la industria de la construcción y desarrollo inmobiliario son dos de los sectores con mayor crecimiento y desarrollo económico en el país. Por tal motivo, es fundamental la implementación de infraestructura a nivel referencial. Además, es esencial que los desarrolladores y profesionales en la rama de la construcción, posean un conocimiento profundo del terreno destinado para un proyecto de desarrollo inmobiliario. La propuesta de trabajo que se plantea en este estudio propone utilizar la metodología de flujo de trabajo que integra los SIG con una plataforma de análisis de datos del *software* Tableau, en interacción con las aplicaciones: Google Earth, Google Maps, QGIS y Tableau Desktop

Algunos de los puntos de interés para cualquier desarrollador o empresa inmobiliaria son: el mapa de fallas de la ciudad, las restricciones de Aeronáutica Civil, zonas de riesgo en el área, el tipo de suelo, valor de la tierra del sector, el índice de edificabilidad según el sector que se encuentra dentro del Plan de Ordenamiento Territorial en el cual se ubica el terreno, índice de sismicidad, entre otros factores.

Por lo cual es importante recopilar y trasladar los datos georreferenciados a un área de trabajo en la nube para visualizar el impacto de los proyectos sobre la zona de construcción, al momento de diseñar la estructura y proceso de construcción.

La metodología de trabajo se caracteriza por facilitar la comunicación efectiva para los equipos de trabajo en un proyecto inmobiliario. De este modo, la combinación Tableau con SIG facilita procesos de comunicación efectiva al brindar información específica relacionada a las características del terreno y riesgos de desastres naturales.

Por lo que en el presente estudio se describe información específica acerca de algunos aspectos importantes para la industria del desarrollo inmobiliario con el objetivo de identificar los factores potenciales de un terreno. Al conocer el Plan de Ordenamiento Territorial se logró determinar la edificabilidad de un proyecto de construcción en base al tipo terreno y otros aspectos relacionados al POT. Con el índice de amenaza sísmica del territorio se prevé el riesgo de desastres naturales para los sectores de estudio. Con el mapeo de puntos vulnerables de amenaza por deslizamiento se determina el riesgo de emisión de licencias de construcción que dañan la salud y vida de la población guatemalteca. Finalmente, al conocer el límite de altura autorizada por la Dirección de Aeronáutica Civil, los desarrolladores inmobiliarios considerarán dichos parámetros para la construcción de edificios, información esencial para los usuarios al momento de buscar un inmueble para uso comercial o de vivienda en los sectores de interés cercanos al Aeropuerto Internacional La Aurora.

## Abstract

This report focuses on demonstrating the advantages of data analysis for the development of a real estate project. The proposal is the collaborative work of the *software*: QGIS and Tableau, which describes the advantages of referential work in relation to real estate development, in order to improve the information available on construction projects in Guatemala. By using this method, it will be possible to show the georeferential information of a real estate project before its construction by knowing in advance the characteristics of the land and development opportunities, according to its location. With the QGIS digital tool, databases, polygons and files are created .kmz with the characteristic of the feasibility of being exported to the web or other data analysis platforms to represent the work in a user-friendly way through the use of Tableau. The kmz file provides easy visualization of geographic data. With the Tableau platform, maps created with the Google Earth or QGIS georeferential information system are accessed free of charge for the user, or in the client who wants to view the information.

In Guatemala, the construction industry and real estate development are two of the sectors with the highest growth and economic development in the country. For this reason, the use of infrastructure at the referential level is essential. In addition, it is essential that developers and professionals in the field of construction, possess a deep knowledge of the land destined for a real estate development project. The work proposal proposed in this study proposes to use the workflow methodology that integrates GIS with a data analysis platform of Tableau *software*, in interaction with applications: Google Earth, Google Maps, QGIS and Tableau Desktop

Some of the points of interest for any developer or real estate company are: the map of faults of the city, the restrictions of Civil Aeronautics, risk zones in the area, the type of soil, value of the land of the sector, the index of buildability according to the sector that is within the Land Use Plan in which the land is located, Seismicity index, among other factors.

Therefore, it is important to collect and transfer georeferenced data to a workspace in the cloud to visualize the impact of projects on the construction zone, when designing the structure and construction process.

The work methodology is characterized by facilitating effective communication for work teams in a real estate project. In this way, the combination of Tableau with GIS facilitates effective communication processes by providing specific information related to the characteristics of the terrain and risks of natural disasters.

Therefore, this study describes specific information about some important aspects for the real estate development industry to identify the potential factors of a land. By knowing the Land Use Plan, it was possible to determine the buildability of a construction project based on the type of land and other aspects related to the POT. With the seismic hazard index of the territory, the risk of natural disasters is foreseen for the study sectors. With the mapping of landslide threat vulnerabilities, the risk of issuing construction licenses that damage the health and life of the Guatemalan population is determined. Finally, knowing the height limit authorized by the Directorate of Civil Aeronautics, real estate developers will consider these parameters for the construction of buildings, essential information for users when looking for a property for commercial or housing use in the sectors of interest near La Aurora International Airport.

## I. Introducción

Anteriormente el diseño de proyectos arquitectónicos se realizaba de forma manual por parte de los profesionales en arquitectura e ingeniería; posteriormente, se incluyó el uso del *software* AutoCAD, para la creación de planos, que permite modificar y replicar de forma rápida y eficaz, por lo que actualmente dicha herramienta tecnológica es vital en el proceso de diseños arquitectónicos e ingeniería civil. En el presente trabajo se desarrolla la propuesta de la interacción de las plataformas y herramientas de Tableau junto a las plataformas de SIG para el proceso de obtención de información de un terreno o área, así como del potencial de un proyecto inmobiliario a nivel georreferencial de forma segura y eficaz sin depender de solicitudes institucionales que demoren el proceso de recopilación de información.

La colaboración entre los *softwares* Tableau y QGIS implementa una nueva propuesta de trabajo que amplía el concepto de uso referencial, al unificar ambos métodos de trabajo mejora el desarrollo de proyectos de infraestructura en Guatemala a nivel informático y digital. Esta metodología de trabajo colaborativo entre ambos *softwares* brinda información preventiva acerca de las propiedades topográficas de terrenos que puedan causar accidentes por deslizamiento en áreas de tránsito o de un sector residencial, además aporta datos puntuales sobre factores particulares de proyectos de construcción, que sirvan de estudio al desarrollador a fin de analizar el potencial de un proyecto inmobiliario.

Por lo que en el presente documento se describen las ventajas del uso de la tecnología en la metodología de trabajo en proyecto de construcción y el impacto del sistema georreferencial que proporciona datos del proyecto y del entorno del proyecto. Con los resultados de estudio se describen las ventajas y propiedades a nivel georreferencial de manera sencilla para cualquier usuario que requiera información específica sobre algún proyecto inmobiliario de compra, renta o construcción.

## II. Justificación

Actualmente la industria de la construcción se encuentra en la era de la transformación digital, lo que significa que las nuevas y anteriores generaciones deben aprender a utilizar las herramientas tecnológicas emergentes con el fin de promover el desarrollo profesional y empresarial para adaptarse a los cambios de la globalización. En lo que se refiere a temas de tecnología, el sector de la industria de la construcción es una de las más atrasadas respecto a otros sectores industriales en Guatemala, a pesar de ser un área que promueve e impulsa el desarrollo económico en el país a través de la generación de empleo.

Dentro de las herramientas de tecnología avanzada aplicables en el sector de la construcción, se encuentra el *software* desarrollado por QGIS y Tableau, utilizado para analizar e interpretar data geolocalizada con el cual se crea una base de datos digital que almacenará información relevante para proyectos de infraestructura a nivel nacional.

El método de trabajo con la colaboración de las herramientas Tableau-QGIS sirve de apoyo para proyectos inmobiliarios, a fin de optimizar procesos, evitar pérdidas, conocer detalles específicos de información referente al impacto del mismo y la eficacia en la solicitud y obtención de permisos municipales. La presente propuesta de trabajo aporta información sobre la integración de datos en plataformas por medio de la visibilidad de elementos de infraestructura propia y externa, así como de los entornos naturales de la misma. La propuesta de la implementación de Tableau en las empresas de construcción provee una representación gráfica del impacto que tendrá la obra civil, según la ubicación. Dicha herramienta permite a los desarrolladores visualizar factores fundamentales del proyecto, como la relación respecto a la ubicación, de manera ambiental, administrativa, social, económica, etc. Es una herramienta útil también para estudios de mercado y de terreno. Con el uso de Tableau es factible conectar datos de diseño, análisis y administración de la información de un mapa específico dentro de un mapa a nivel geográfico regional, o incluso global. También es posible crear gráficas acerca de las condiciones existentes que representan el entorno natural construido, integrar fácilmente las distintas bases de datos con datos georreferenciados, en este caso SIG y explorar visualmente las opciones que distintas áreas de estudio ofrecen. Utilizar herramientas de análisis y simulación de datos para explorar nuevas oportunidades de desarrollo, permite conocer aspectos relevantes del proyecto y vender experiencias visuales de fácil comprensión para el usuario.

En el caso de QGIS para el sector de la construcción, el *software* cuenta con los siguientes beneficios: importar archivos de forma (.shp) ya existentes de manera sencilla, almacenar toda la información georreferencial de los proyectos, entre ellos el impacto ambiental del entorno de construcción y exportar los mapas creados a otras plataformas para la integración de data en línea o en plataformas como Tableau. Además de análisis ambiental en términos de viabilidad de construcción con un soporte directo en la toma de decisiones de un desarrollador al momento de ejecutar un proyecto. Esta metodología Tableau-QGIS también permite referenciar el proyecto en tiempo real. La propuesta de valor de este trabajo consiste en aportar información acerca de una herramienta tecnológica con la integración de datos y plataformas para comprender la infraestructura de proyectos de construcción en un contexto amplio de entornos construidos y naturales.

### **III. Objetivos**

#### **A. Objetivo general**

Desarrollar un método de análisis de datos con metodología combinada de trabajo de Tableau y QGIS en el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

#### **B. Objetivos específicos**

- Describir el proceso de diseño y creación de mapas por medio del uso de información geográfica e inclusión de factores georreferenciales como: Plan de Ordenamiento Territorial, cota máxima de altura, índice de sismicidad y zonas de riesgo por deslizamiento.
- Determinar el impacto de la metodología de trabajo en interoperabilidad de Tableau y QGIS en análisis territorial y planificación urbana.
- Describir el aporte de la información georreferencial en el desarrollo de proyectos inmobiliarios.
- Demostrar las ventajas de la metodología de trabajo Tableau y QGIS y cómo este puede usarse para intervenir en procesos de planificación urbana como el POT así como en el análisis de datos.

## IV. Marco teórico

### A. Ciudades inteligentes

Dicho término se refiere a los cambios constantes del mundo en el avance tecnológico, es por ello que se considera un modelo innovador de gestión y administración de proyectos y el impacto territorial. Muchos países de primer mundo cuentan con sistemas de avanzada tecnología, incluso países en vías de desarrollo se adhieren a la implementación de dicha modalidad. Una ciudad inteligente o *Smart city* es la que tiene control de sus condiciones, infraestructuras, carreteras, puentes y túneles, trenes, aeropuertos, puertos, comunicaciones, agua, energía, edificios aledaños, por lo que pueden optimizar los recursos, al poseer un plan de mantenimiento propio, entre otros (Hall y otros, 2000).

Dentro de los elementos característicos de una *Smart city* en lo que a la industria de la construcción se refiere están: el uso de las tecnologías de la información y comunicación TIC, eficiente planificación urbana, concienciación por el entorno social, el uso de datos compartidos *Open Data*, sistemas de automatización y control de edificios, así como procesos que apoyen al mejoramiento de la sostenibilidad con el medio ambiente (Fisotec, 2022).

### B. Transformación digital

La transformación digital se refiere al uso integral de tecnología digital en todos los procesos empresariales, al implementar cambios en el sistema operacional y enfocar procedimientos para brindar valor a sus clientes, por lo que también se refiere al cambio cultural al desafiar el *status quo*, e incluir sistemas de mejora tecnológica para asegurar la permanencia en el mercado y evitar el conformismo, por lo que implica la reinención en el proceso de estrategias con el uso de la tecnología digital (Power Data, 2023).

De acuerdo con Ungoti (2023) dentro de los objetivos de la transformación digital están:

- Mejoramiento del servicio, factor que genera beneficios económicos para cumplir con los objetivos empresariales.
- Optimización de procesos, de manera que, al utilizar herramientas tecnológicas, la información se comparte en las áreas de la empresa para compartir y editar datos de forma inmediata, lo cual a su vez aumenta la eficiencia y agilidad en análisis de datos. A través de dicho beneficio es posible aumentar la ventaja competitiva empresarial.

- Reducción de costes, factor primordial para la supervivencia de una empresa, es por ello que actualmente es indispensable tomar en cuenta el uso de mecanismos tecnológicos que mejoren las utilidades empresariales.
- Seguridad de los datos: para tal fin, se debe transformar los procesos manuales a digitales y eliminar el riesgo de que los datos se extravíen.

## **C. SIG**

El Sistema de Información Geográfica SIG, es una herramienta digital que recopila, gestiona y analiza datos, se caracteriza por su fácil adaptación para trabajos geográficos por su eficacia en el almacenamiento de información de diferente categoría y por la capacidad de análisis de ubicación espacial y organización de capas gráficas y escenas 3D, dicha característica es única del SIG porque aporta conocimientos específicos sobre datos, patrones, vínculos y circunstancias, que benefician a los usuarios y desarrolladores de proyecto a decidir de forma adecuada (Esri, s.f.).

El funcionamiento de un SIG conecta datos geográficos relacionados a los elementos asociados en un mapa digital con el fin de responder a las consultas virtuales interactivas de los usuarios, por medio del análisis y relación de diferentes tipos de datos con una sola localización geográfica (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

### **1. Campos de aplicación de los SIG**

#### **a. Infraestructura**

En este campo optimiza sistemas de mantenimiento de servicios básicos o como apoyo en planificación de redes relacionadas.

#### **b. Información de rutas**

Se adquiere modelos de tráfico y redes viales, así como en la intervención en la planificación de sistemas de transporte.

#### **c. Geomarketing**

Identifica áreas específicas para clientes potenciales, análisis de mercados y otros aspectos.

#### **d. Recursos minerales**

A través del análisis de elementos naturales interpreta formaciones y fallas geológicas para determinar zonas de riesgo.

#### **e. Medio Ambiente**

Evalúa el impacto ambiental en proyectos de ecosistemas, de reforestación, entre otros.

## **2. Herramientas de SIG**

### **a. QGIS**

QGIS (Quantum Geographic Information System) es un *software* gratuito de código abierto que permite a los usuarios crear, editar, visualizar, analizar y publicar información geoespacial, que se utiliza también para fines comerciales, que funciona en diversos sistemas operativos, además se instala con el uso de una USB (Ceupe, s.f.).

### **b. Google Earth**

De acuerdo con Nova (2022) es un *software* de SIG que se integra por la superposición de imágenes procedentes de otras imágenes satelitales, entre ellas fotografías aéreas, así como información “de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora” (párr.1) esta herramienta permite crear puntos de líneas, polígonos y mapas.

### **c. ARCGIS**

ArcGIS Resources (s.f.) menciona que es una herramienta “que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica” (párr. 1). Es una plataforma líder en todo el mundo, con la cual se crea y utiliza los SIG, por lo cual es utilizado por todas las personas a nivel mundial a fin de facilitar el conocimiento demográfico en los sectores gubernamentales y entidades privadas de diversos sectores de la industria.

### **d. GRASS GIS**

GRASS GIS, conocido también como GRASS, es un *software* SIG gratuito y libre que se integra por más de 350 módulos que realizan labores simples y concretas, dentro de las cuales está la producción de gráficos, manejo de información vectorial como los mapas, capacidad para analizar imágenes satelitales y la vinculación entre bases de datos e información estadística (UM, s.f.).

### **e. CARTO**

CARTO es una herramienta para la creación y publicación de mapas en la nube. Las funcionalidades son amplias, y están diseñadas para distintos perfiles de usuarios. Entre ellos, que no cuenten con ninguna experiencia que únicamente deseen visualizar y analizar un conjunto de datos geográficos, así como para quienes necesiten crear aplicaciones y visualizaciones complejas, o realizar análisis profundos de datos específicos (North Alpha, 2020).

### **f. Mapbox**

Mapbox es una plataforma *online* de reciente creación, en el año 2010, que permite la

creación de bases cartográficas de referencia, así como el desarrollo de aplicaciones *web map* y móviles para la consulta de información georreferenciada, que contiene siete aplicaciones: *Maps, Atlas, Navigation, Vision, Search, Data, Studio*, todos los productos aportan soluciones de acuerdo a las necesidades del usuario porque *Mapbox* dispone de APIs y SDK. (Vallejo, 2019).

#### **g. Base de datos**

Una base de datos es una compilación organizada de datos ordenados, que se almacena en un sistema informático de manera electrónica. Esta es controlada por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS). Cabe mencionar que los datos y el DBMS, en conjunto con las aplicaciones que a cada uno les corresponde se denomina sistema de bases de datos, conocido también bajo el término base de datos, de forma abreviada. El lenguaje de consulta estructurada (SQL) se utiliza para consulta de datos y escribir (Oracle, 2023).

#### **h. Shapefiles**

Un *shapefile* es conocido también como archivo de forma .shp, es un formato ESRI sencillo y no topológico, su uso consiste en almacenar la ubicación geométrica y la información específica de entidades geográficas, representadas con elementos gráficos como puntos, líneas o polígonos (áreas). En cuanto al espacio de trabajo las *shapefiles* incluyen tablas del dBASE, que sirven para almacenar cualidades adicionales capaces de vincularse a las formas de un *shapefile*. También existen los archivos de forma .kmz que, de manera similar, muestran polígonos a nivel satelital (ArcMap, 2021).

#### **i. Datos Raster**

Son utilizados en la aplicación GIS, para mostrar información secuencial y continua en un área de trabajo que no se divide en características vectoriales. La funcionalidad de los datos ráster consiste en la representación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de superficies del mundo real. Otra de la característica de los ráster, es que se utilizan para representar ideas abstractas, tendencias de lluvia, riesgos de incendio en áreas verdes (QGIS project, 2002).

#### **j. Global Mapper**

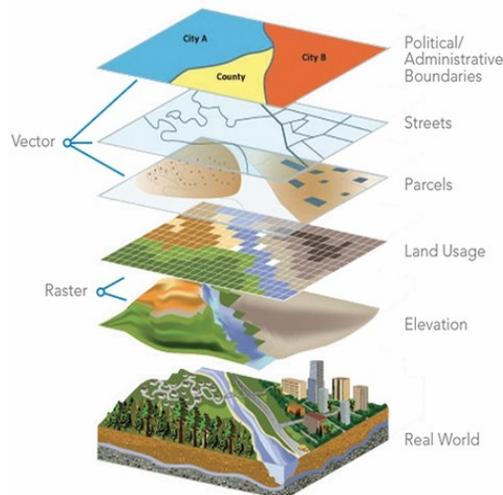
Se utiliza para crear mapas porque incluye información cartográfica de todo tipo y de mapas, es un *software* versátil puede ser utilizado como gestor de datos de forma independiente o como complemento a una estructura SIG existente, porque abarca la interoperabilidad de datos, además es de fácil instalación y configuración, es de bajo costo y el soporte técnico es sin costo e ilimitado, además permite acceder de forma rápida a diferentes fuentes de información virtual de mapas topográficos, datos e imágenes de color de alta resolución, con mapas detallados de calles y avenidas, así como datos vectoriales en 3D que a la vez tengan superpuesto otro dato más específico (Danysoft, s.f.).

## D. Integración de los SIG y BIM

BIM proporciona bases de datos bien estructurados con la capacidad de integración con aplicaciones SIG existentes para mejorar la gestión de activos, respuesta a emergencias, gestión de la propiedad, y proyectos de gestión de instalaciones (Berrocal, 2017). Por un lado, los SIG aportan información de distintas áreas, urbana, local y nacional sobre datos geográficos, geológicos, zonas de riesgo y ecológicos, y el BIM por su parte es la herramienta para diseñar los proyectos de construcción con base en la información cartográfica.

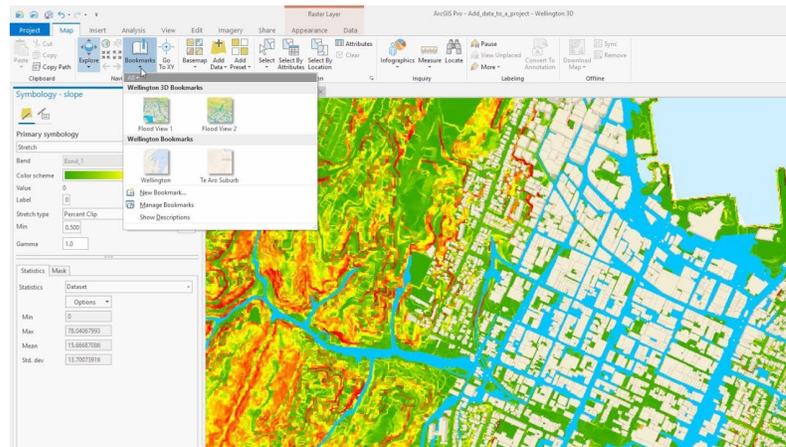
Por lo que la unión de ambos *softwares* es clave en el diseño y construcción para impulsar ciudades inteligentes, porque la interrelación de ambas aplicaciones da como resultado una capa de contexto geoespacial con datos específicos sobre zonas de riesgo y factores del área y a la vez aporta datos a los diseñadores de proyectos para decidir sobre los materiales de construcción a utilizar, orientación y ubicación del proyecto (Mangon, 2023).

Figura 1 Las capas temáticas en SIG



Fuente: Muñoz y Ocaña (2019)

Figura 2: Dentro del software ArcGIS



Fuente: Cuanto Pesa (2023)

## E. Tableau

Es un *software* de alto impacto e inteligencia de negocios facilita la carga, diseño y representación de datos a través de gráficos, presentaciones dinámicas (*storytelling*) o cuadros de mando (Udemy, 2023). Esta herramienta permite al usuario la interacción con los datos, de diferente forma, entre ellas: comparar, interconectar variables, filtrar, crear informes visuales y *dashboards* (Neteris, 2023).

Funciones:

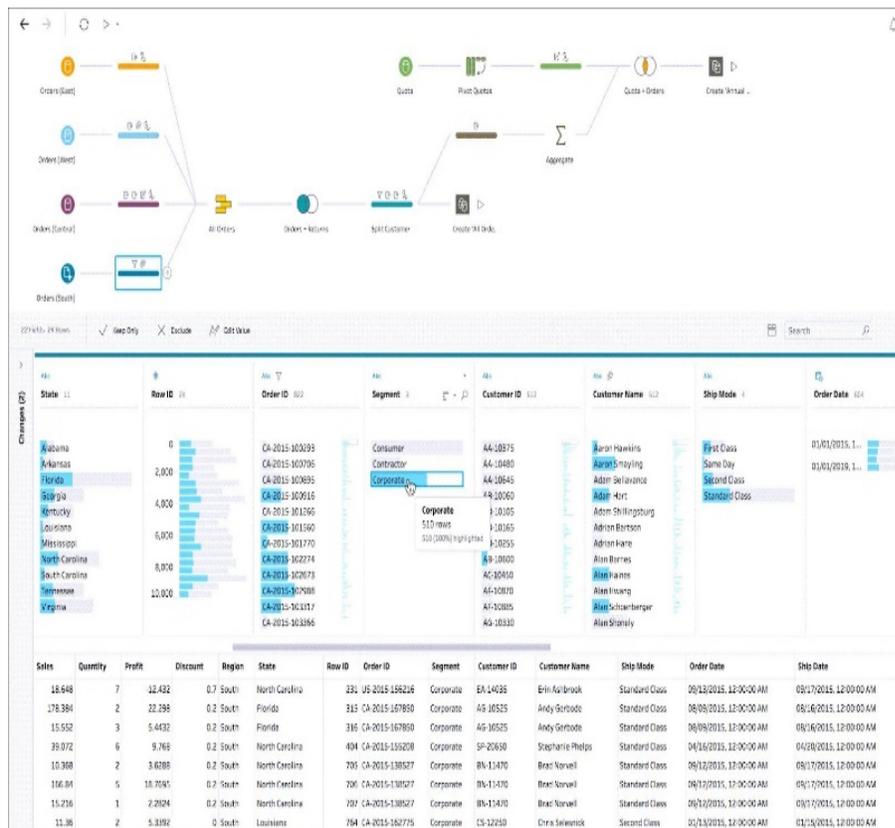
- Interconexión de datos para trabajo en equipo
- Acceso inmediato a fuentes de información.
- Unifica la información de diferentes fuentes.
- Identificar el estado del problema por medio de uso de datos.
- Elaboración de predicciones.
- Carga de ficheros en Tableau y aplicar formato a los campos.
- Publicación de trabajos en la nube (Tableau Public) o almacenamiento en un ordenador (Tableau Desktop).
- Crear formas de interrelación y unión entre distintas tablas.
- Personalización de gráficos por medio de aplicación del uso de filtros, marcas, parámetros, conjuntos, entre otros.

- Resumen y agrupación de datos a través de jerarquías.
- Crea campos automatizados para diseño de KPIs.
- Elaboración de mapas profesionales con datos globales recientes.
- Producción de métricas estadísticas y de *machine learning*: tendencias, clústeres, pronósticos, intervalos, entre otros.
- Diseño de cuadros de mando o *dashboards* con composición estética.
- Narración de historias por medio de presentaciones (*storytelling*)

## 1. Tableau Prep Builder

Tableau Prep Builder es una herramienta digital diseñada para la preparación factible de datos, se utiliza también en la combinación, diseño y categorización de datos para el análisis en Tableau, se caracteriza por armar y combinar bases de datos de forma eficiente y rápida en formatos compatibles (Tableau, 2003).

Figura 3: Ejemplo de preparación de base de datos en Tableau Prep Builder



Fuente: Smart Solutions International (2023)

## F. Relación de Tableau y GIS

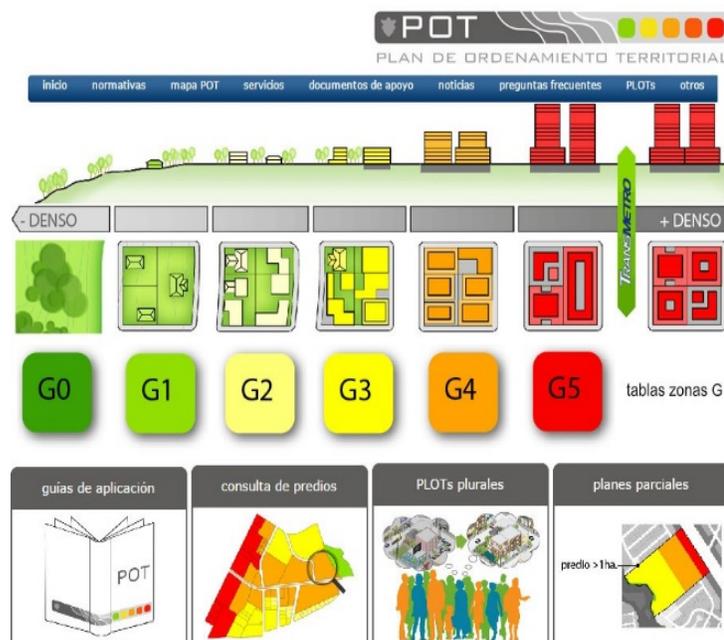
“Las relaciones son las líneas de conexión flexibles que se crean entre las tablas lógicas de la fuente de datos” (Tableau, 2023, párr. 3). La relación se crea por medio de uniones automáticas en función de los campos que se requieren visualizar, es decir, se incluyen diferentes tablas con niveles variados de detalles en una única base de datos, por lo que crea modelos de datos con más tablas sin duplicar los datos, además los valores de medición que no coinciden no se pierden porque no existe pérdida de datos accidental. Otra de las características es que se seleccionan únicamente los campos que definen la relación, cada tabla relacionada se mantiene separada y con sus propios datos, por lo que no se fusionan en una sola tabla.

## G. Factores de ordenamiento territorial

### 1. Plan de Ordenamiento Territorial POT

El POT es una herramienta de planificación reglamentada por normativas propias de una región geográfica, con el cual se definen los objetivos, lineamientos, estrategias, metas, con el fin de orientar y administrar el espacio físico de un territorio así como la utilización del suelo, entre ellas los proyectos urbanísticos y el cuidado de los recursos con los que cuenta una comunidad, a fin de utilizarlos adecuadamente y de forma sostenible que garantice el desarrollo de la misma (Fenalco, 2013).

Figura 4: Colores del POT



Fuente: Municipalidad de Guatemala (2009)

### **a. Funciones del POT**

- Ayuda a definir el territorio y el uso de recursos naturales de forma sostenible.
- Identifica la dinámica del territorio, entre ellas las potencialidades y limitaciones.
- Ayuda a priorizar las inversiones en beneficio de la mayoría de la población.
- Aporta certeza a inversionistas del territorio, al implementar la normativa de construcción, uso de suelos y recursos.
- Favorece el uso razonable y equilibrado de los recursos naturales, al proteger y conservar las áreas forestales.

Las funciones descritas en la *Guía de aplicación del Plan de Ordenamiento Territorial de Escuintla* (Grupo Innovaterra, S.A., 2022), responden a las políticas e instrumentos orientados a mejorar la calidad de vida de la población y armonizar el territorio.

### **b. Autoridades que aplican el POT**

Las autoridades responsables de aplicar el POT son:

- Dirección de Control Territorial DCT: conocida anteriormente como Departamento de Control de la Construcción Urbana.
- Junta Directiva de Ordenamiento Territorial JOT: integrada por el Alcalde, Concejal responsable de temas urbanos, Director de Planificación Urbana, Director de la DCT y un profesional en el área jurídica.
- Concejo Municipal

De acuerdo con el tipo de proyecto así será la autoridad que realizará el procedimiento, en algunos casos se solicita la participación de los vecinos, de manera que se debe conocer la viabilidad del proyecto para emitir la licencia municipal correspondiente (Servegua, 2018).

## **2. Índice de edificabilidad**

De acuerdo con la *Guía de aplicación del Plan de Ordenamiento Territorial de Escuintla* realizada por Grupo Innovaterra (2022), es un “indicador de la intensidad de la construcción o de la edificabilidad de un predio calculado como una relación del número de veces su superficie de predio” (p. 6)

### **a. Zonas generales y sus índices de edificabilidad**

El POT determina que existen seis zonas generales o zonas G con el fin de clasificar el territorio desde lo menos denso y rural (G0) hasta lo más denso y urbano (G5). Cada una de estas zonas G se rigen a una serie de lineamientos y reglas de fraccionamiento, obra

y uso del suelo respecto a cada predio del municipio según la zona G en la cual se encuentra ubicada, cabe mencionar que la asignación de dichas zonas se realizó de acuerdo a parámetros de cada una de ellas, los cuales se ingresaron a una computadora, por lo cual el procedimiento de ordenamiento fue equitativo y transparente (Servegua, 2018).

- G0: 0.8
- G1: 1.2 a 1.8 (ampliado)
- G2: 1.8 a 2.7 (ampliado)
- G3: 2.7 a 4 (ampliado)
- G4: 4 a 6 (ampliado)
- G5: 6 a 9 (ampliado) (Municipalidad de Guatemala, 2009)

“El mapa único del POT contiene la asignación de zona G para cada uno de los más de 250,000 predios existentes en el municipio de Guatemala” (Servegua, 2018, párr. 13). Para implementar dicha asignación se consideraron dos aspectos primordiales: pendientes del terreno, las zonas G0 y G1, que corresponden al Cinturón Ecológico Metropolitano. Posteriormente, se asignaron el resto de zonas G; la primera de ellas fue la zona G5 ubicada sobre el trayecto principal del Transmetro, posteriormente se continúa con las zonas G4, G3 y G2 de acuerdo a la distancia que se alejan de la arteria principal.

El ordenamiento territorial pretende orientar el desarrollo urbano de más alta intensidad hacia las áreas de mayor oferta de movilidad, con el fin de proteger también las áreas verdes y evitar construcciones en áreas de alto riesgo -entre ellas los barrancos- debido al crecimiento urbano excesivo, entre las características principales de las zonas G-3 a G5, se enfoca en crear una imagen urbana, por lo cual se favorece el uso mixto de las edificaciones, con fines comerciales, de vivienda y oficinas, de manera que dichas áreas generan plusvalía a los proyectos de construcción por mejorar la infraestructura urbana (Plan de Desarrollo Metropolitano, 2020).

#### **b. Parámetros normativos**

Se refiere a los estándares y regulaciones que se aplican a cada uno de las zona o categorías de suelo, con el fin de definir el tipo de aprovechamiento, normas de construcción e imagen que se pretenda dar a las zonas de cada territorio (Grupo Innovaterra, S.A., 2022). Dichos parámetros se componen de:

- Tablas de Parámetros Normativos: son las herramientas específicas para identificar las acciones permisibles en proyectos de construcción establecidas del marco del POT.
- Procedimientos: son los pasos a seguir para solicitar una Licencia de municipal de construcción.
- Ciclo de transformación: se refiere al proceso y fases por las que pasa un territorio: “el fraccionamiento de un predio, construcción de edificios y el cambio de usos de suelo”. (Grupo Innovaterra, S.A., 2022, p. 30)

Dentro de las restricciones de las normativas que se aplican a predios específicos, están:

- Limitaciones de uso y altura procedentes de zonas residenciales y régimen especial ya existente.
- Limitaciones de altura por ubicación y cercanía con el aeropuerto.
- Restricciones de zonas especiales destinadas a un solo uso, entre ellas: áreas universitarias, cementerios, zonas industriales, parques, entre otros.
- Limitaciones propias de planes de ordenamiento que los vecinos hayan implementado en el barrio o colonia (Servegua, 2018).

## **H. Proyecto inmobiliario**

Un proyecto inmobiliario es el resultado de llevar a cabo una obra de construcción orientada a fines habitacionales y/o de equipamiento. Dentro de los factores que conforman un proyecto inmobiliario están: terreno, factibilidad económica, ubicación, diseño, estudio de mercado, tiempo de ejecución, además de tomar en cuenta la interacción del individuo con el medio ambiente que le rodea, es decir, la incidencia del proyecto en relación a las áreas adyacentes, sobre todo si se encuentran cerca de parques, o áreas de ríos o lagos, entre otros (Maximilianos, 2021).

### **1. Tipos de proyectos inmobiliarios**

Los tipos de proyectos inmobiliarios son viviendas, oficinas, centros comerciales, hoteles y habilitaciones urbanas.

### **2. Etapas de un proyecto inmobiliario**

Los factores mencionados anteriormente son fundamentales en la gestión de desarrollo de un proyecto inmobiliario porque intervienen de manera directa en el proceso del mismo, para lo cual se debe iniciar con contar con un terreno, ubicación, recursos económicos, estudio de mercado, diseño arquitectónico, tiempo de ejecución del proyecto. Dentro de las etapas de un proyecto inmobiliario es indispensable el control ordenado y metódico que integre cada uno de los elementos descritos de acuerdo con el objetivo del desarrollador inmobiliario. Los proyectos inmobiliarios en términos de construcción se subdividen en etapas y subetapas (Maximilianos, 2021).

#### **a. Factibilidad del proyecto**

Se refiere al análisis de factibilidad del proyecto en relación a las ventajas de la inversión, para lo cual se debe considerar cuatro puntos específicos:

- Estudio del mercado: dicho análisis es el indicador principal para decidir qué tipo de

proyecto de construcción es el más adecuado, según los parámetros de estudio del área.

- Informes legales: en esta fase se determina la legalidad de la propiedad a fin de que no cause problemas judiciales posteriormente.
- Estudio de suelos y de la topografía: se refiere al estudio topográfico del terreno con el cual se establece la seguridad de no ser afectado por sismos vinculados a placas tectónicas.
- Evaluaciones económicas: este análisis depende del asesor inmobiliario, quien conoce las posibilidades económicas de adquisición y plusvalía del terreno.

#### **b. Diseño del proyecto**

Los factores que implican en el diseño del proyecto son:

- Construcción y estructura: en esta fase se realizan los planos y diseños arquitectónicos del proyecto que se realizará.
- Ubicación: se refiere al aspecto estético del proyecto, así como de ingeniería civil, por lo que es la base del diseño.
- Impacto vial/social: en este caso, se refiere a la ubicación del proyecto relacionado al flujo vehicular, para lo cual se debe analizar si afecta o beneficia el paso del mismo.

#### **c. Ingeniería**

La ingeniería del proyecto se refiere a los detalles de construcción, por lo mismo en esta fase se elaboran los planos relacionados a los diseños:

- Mecánica de suelos: se refiere al estudio del comportamiento de las capas terrestres, para lo cual se aplican leyes propias de la física
- Estudio topográfico: se orienta a encontrar los puntos estables en el terreno.
- Equipos y material necesario: se refiere al análisis de materiales de construcción que intervengan en el proyecto.
- Aprobación para construir: es la gestión de permisos y licencias de construcción.

#### **d. Proceso de construcción**

En lo que se refiere al proceso de construcción, se debe mencionar que esta etapa abarca el 60 % del total de los gastos del proyecto, toda construcción conlleva la elaboración

de un contrato en el cual se establece el precio de la obra o la administración de la misma, en dicho documento se agregará un monto sobre el porcentaje total de los gastos realizados.

#### **e. Comercialización de proyecto de construcción**

Al estar culminada la obra de construcción, la etapa final consiste en la comercialización de la misma que puede ser venta o arriendo. Para lo cual se requiere asesoría profesional de un corredor inmobiliario quien es la persona encargada de gestionar el proceso de venta o arrendamiento, de manera que es el intermediario adecuado entre la empresa constructora y los clientes correspondientes (Maximilianos, 2021).

### **3. Riesgos en proyectos de construcción**

En lo referente a proyectos de construcción, se refiere a cualquier peligro que provoca pérdidas de los recursos, ya sea técnico, humano o financiero. De acuerdo con Escobar (2022) los riesgos mencionados se caracterizan de la siguiente manera:

- **Riesgo técnico**

- Variación en los resultados de estudios de terreno respecto a excavaciones o desastres naturales, entre otros;
- Error en los planos de diseño, por lo cual provocan fallas en el proceso de construcción.
- Mala calidad de materiales de construcción utilizados.

- **Riesgo humano:**

En el contexto de la construcción, el riesgo humano se refiere a los accidentes causados por uso de maquinaria pesada e incluso la muerte por deslizamientos, socavaciones o derrumbes, procedimientos específicos, trabajo en alturas, uso de materiales peligrosos y cualquier situación derivada de las actividades de trabajo en el horario laboral.

- **Riesgo financiero:**

Se refiere a la posibilidad de pérdidas económicas por diferentes causas, entre ellas: por no utilizar matrices de riesgo o implementar estudios previos del suelo con el fin de asegurar la permanencia del proyecto de construcción en un área segura para la edificación de bienes inmobiliarios.

## **I. Bienes raíces**

Se denomina bien raíz por referirse a los bienes inmuebles entre ellos: edificios, terrenos y cualquier otro bien relacionado a la tierra, son inamovibles, no se pueden trasladar, además se caracterizan porque no pueden ser inseparables en su forma física o jurídica (Pedrosa, 2020).

## 1. Análisis de precios

- Precio por metro cuadrado: dicho parámetro se utiliza para determinar el precio de venta de una edificación Ferreño (2022) indica que es indispensable la valoración “del metro cuadrado de suelo urbano” (párr. 1). Dicho valor se determina al dividir el área del inmueble dentro del total del precio. Los factores que influyen en el valor del bien inmueble son: ubicación, estado físico del mismo, establecimientos comerciales y de servicio cercanos al inmueble.
- Precio por metro cuadrado limpio: este equivale al precio total del inmueble sin impuestos y sin parqueos. Se determina únicamente con los metros cuadrados habitables dentro de la construcción (Inntus, 2020).

## 2. Avalúo

Un avalúo “es la estimación del valor de un bien o cosa en la moneda del país, basada en la investigación de mercado de bienes iguales o equivalentes” (DICABI, 2005, p. 3). El procedimiento para el análisis de datos sobre precios de venta para realizar el cálculo del valor de un bien inmueble en el mercado, se enfoca en comparar el valor de otras las propiedades impuestas sobre la base de ventas efectuadas con otras similares que carecen de datos de información.

### a. Valor de un inmueble

De acuerdo con la Dirección de Catastro y Avalúo de Bienes Inmuebles (DICABI, 2005) para calcular el valor de inmueble se debe sumar el valor del terreno más el valor de la construcción.

- Valor del terreno: Valor obtenido según las características del suelo en el que se encuentra el terreno.

Al respecto, el Plan de Desarrollo Metropolitano (2020) menciona que el valor del terreno también se relaciona a “la expectativa de calidad de vida que potencialmente puede alcanzar, independientemente de la edificabilidad y altura que se permita construir” (p. 80).

- Valor de la construcción: Valor obtenido según las características constructivas del inmueble.

El proceso de valuación consiste en una serie de actividades técnicas por las cuales se determina el valor a los bienes inmuebles, proceso por el cual se actualiza constantemente el registro fiscal con fines tributarios de los bienes inmuebles de un territorio en particular. Es por ello que es necesario que dicho proceso debe apegarse al registro de información municipal establecido, si no fuere el caso, las valuaciones se ejecutan con base en la recopilación de datos necesarios para el estudio valuatorio correspondiente.

Dicho proceso deberá contar con información fiscal en relación a los bienes inmuebles. Los cuales proceden de un proceso de estudio económico y de fórmulas matemáticas que definen y establecen los valores de la tierra que posee cada Zona Homogénea Física y económica, así como el valor según la tipología de las construcciones, de acuerdo a la normativa legal de cada Municipalidad. A dichos valores base definidos se suman los factores de modificación para incremento o disminución del valor, según sus características particulares de plusvalía o minusvalía, establecidos durante la visita al inmueble (DICABI, 2005).

## **J. Instituciones guatemaltecas que poseen datos cartográficos**

### **1. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN-**

Dicha institución asesora y apoya “técnicamente a las instituciones públicas y al Sistema de Consejos de Desarrollo, para vincular los procesos de políticas públicas, planificación y programación con el Plan y la Política Nacional de Desarrollo, así como para su debido seguimiento y evaluación” (Gobierno de Guatemala, s.f., párr. 1). Tiene a su cargo la planificación general del Estado de Guatemala por medio de un mandato constitucional, dentro de sus atribuciones está la gestión pública para el desarrollo.

### **2. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres -CONRED-**

Por la posición geográfica, tectónica y geológica de Guatemala, es clasificada como una región de alto potencial para diversos fenómenos naturales, aunado a otros factores sociales que vulneran a la población del país, en 1969, surge la institución el Comité Nacional de Emergencias CONE con el objetivo de atender emergencias y asistir a la población guatemalteca en caso de desastres naturales.

En 1996 se creó la CONRED en 1996 como la “entidad encargada de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de la presencia de los desastres. Por el Decreto 109-96 del Congreso de la República” (CONRED, s.f., párr. 1). Dicha institución impulsó la creación de la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres SE-CONRED como entidad Nacional legalmente responsable de la Coordinación para la Reducción de Riesgos a Desastres, con compromisos y responsabilidades a nivel nacional, regional y mundial, por lo cual implemente estrategias concretas con el fin de reducir el impacto de los desastres naturales que tienen consecuencias negativas para el desarrollo sostenible y aumento de la pobreza.

### **3. Ministerio de Comunicación Infraestructura y Vivienda -CIV-**

Es la institución encargada de desarrollar proyectos de infraestructura vial y de edificios públicos y educativos del país, la misión institucional se enfoca en ejecutar políticas y estrategias que integren al país por medio de servicios orientados al desarrollo social y económico del país. La visión institucional se enfoca en promover y facilitar el acceso total a la tecnología de la información, comunicaciones y vivienda. Dentro de sus

competencias está el desarrollo de sistemas de aprovechamiento de obras públicas y otros “servicios de información meteorología, sismología e hidrología y a la política de vivienda y asentamientos humanos”. (CIV, 2021, párr. 3)

**a. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-**

El INSIVUMEH surge en 1976 a raíz del terremoto ocurrido en febrero del mismo año, por medio del acuerdo gubernativo del 26 de marzo de 1976, sin embargo, inició operaciones formales a partir del 1 de enero del año 1997. Dicha institución coordina servicios con el sector privado en el sector productivo del país con asesoría técnica institucional en casos de desastres naturales, además contribuye con la aportación en bases de datos, así como en sistemas de información geográfica de Guatemala con el fin de contribuir y mejorar el área educativa. La misión institucional se enfoca en el área técnico-científica para generar y difundir información geo científica por medio de la recopilación y procesamiento de datos (INSIVUMEH, s.f.).

**b. Dirección General de Caminos -DGC-**

En lo que se refiere a proyectos de construcción, tiene como responsabilidad el estudio, análisis y evaluación de las solicitudes de proyectos de construcción relacionados a la rehabilitación y mejoramientos viales y obras similares que puedan incluirse en programas de inversión social. Otra de sus atribuciones consiste en el mantenimiento de la red vial del país.

**4. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-**

Dentro de las funciones del MAGA está la conservación y protección del medio ambiente, a través por el cumplimiento de la normativa legal en actividades relacionadas al ordenamiento territorial y utilización de tierras del estado, así como impulsar el desarrollo productivo y competitivo de Guatemala (MAGA, 2023).

**5. Municipalidades**

Las municipalidades son entidades autónomas que tienen como objetivo promover el desarrollo de su territorio a través del ordenamiento y planificación de áreas públicas y privadas que beneficien el progreso municipal (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2023). Dentro de las funciones de la Municipalidad de Guatemala está el ordenamiento territorial y el control urbanístico del área municipal. En el artículo 68 del Decreto No. 12-2002, titulado: Competencias propias del municipio, se menciona en el inciso “e) Autorización de las licencias de construcción de obras, públicas o privadas, en la circunscripción del municipio” (Congreso de la República, 2002, p. 20).

En el caso de proyectos urbanísticos, la licencia de obra o de construcción tiene como función facultar la ejecución de una obra en un bien inmueble, las cuales pueden ser:

demolición, urbanización, edificación, ampliación o actividades derivadas, vinculadas o complementarias a las descritas que incluyan “cualquier tipo de intervención física en un inmueble que altere las características estructurales y topográficas del inmueble” (Grupo Innovaterra, S.A., 2022, p. 32)

Los tipos de licencias municipales son tres (Servegua, 2018) y se solicita de acuerdo con el tipo de proyecto que corresponda, sin embargo, se puede solicitar más de una, estas son:

- Licencia de fraccionamiento
- Licencia de obra
- Licencia de uso de suelo

#### **a. Requisitos para trámite de licencia de construcción en Guatemala**

En la ciudad capital, la Municipalidad de Guatemala creó la ventanilla única, con el fin de agilizar el proceso de solicitud de permiso de construcción, con una duración máxima de dos meses, además con la evaluación en el mismo lugar del proyecto, para iniciar dicho trámite, la inmobiliaria debe contar con la documentación requerida por la municipalidad, en la que se debe incluir: el formulario de solicitud, documentos de identificación del propietario del terreno, documentos legales del terreno, información de los desarrolladores del proyecto de construcción, arquitectos e ingenieros, datos del tramitador, recibo de agua y la papelería legal respectiva, así como planos generales y específicos de la construcción. A dichos requisitos se incluye dos resoluciones: 1) Resolución Ambiental o Licencia Ambiental de acuerdo con el tipo de proyecto y Resolución del Ministerio de Salud (Pire, 2021).

## **6. Aeronáutica Civil**

La misión de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) es ser “responsable de normar, administrar, fortalecer, facilitar y vigilar la prestación de los servicios aeroportuarios, de navegación y transporte aéreo, conforme a la legislación vigente y acuerdos internacionales ratificados por el Estado de Guatemala” (DGAC, 2023, párr. 1). El Estudio Aeronáutico titulado *Superficies limitadoras de obstáculos en el Aeropuerto Internacional La Aurora* (DGAC, 2016), describe las normas que restringen la construcción de edificios según su ubicación con referencia al aeropuerto y las pistas de aterrizaje.

Ante los posibles peligros y consecuencias de colisión de aeronave y objetos, la DGAC describe 12 defensas, dentro de las cuales menciona: procedimiento de autorización, coordinaciones con municipalidades, Plan de ordenamiento territorial, señalización según la altura de edificios, entre otras.

La altura máxima depende de las zonas de la ciudad de Guatemala, por ejemplo, en las zonas 9, 10, 14 y 15, la altura permitida para los edificios es de 1,582 metros sobre el nivel del mar (SNM), mientras que en las zonas 7, 8 y 11 la altura permitida es de 1,551 metros SNM y en la zona 13, la altura máxima es de 96 metros.

A continuación, se describe la evaluación de edificios actuales que inciden en el plano de obstáculos, según el *Estudio Aeronáutico. Superficies Limitadoras de obstáculos en el Aeropuerto Internacional La Aurora- MGGT-*, por la inexistencia de una norma clara y específica que regule los mismos (DGAC, 2016):

- De Avenida Las Américas a Pista lado Este del Aeropuerto Internacional La Aurora, la cota máxima a autorizar será de 1551 msnm, en función de la distancia al Centro de la Pista.
- De la 20 Avenida de zona 14 hasta la Avenida Las Américas zona 14 lado Este, se establece un plano inclinado que inicia en la 20 Avenida con cota máxima de 1585 msnm y finaliza en Avenida Las Américas con cota máxima de 1570 msnm, colindando al norte con 20 calle zona 10 y con lindero de dicha zona al sur.
- Desde la 20 calle de la zona 10, hasta la Calle Mariscal Cruz (límite de zona 10 con zona 5) y al Oeste, con límite en la Avenida Las Américas y Avenida Reforma y al Este con límite con la 20 Avenida, la cota máxima será de 1582 msnm, en un plano horizontal.
- Del Complejo de Edificios denominado Zona Pradera, con cota máxima de 1621 msnm, hasta el Edificio Las Pilas zona 15 con cota máxima de 1659.15 msnm, se forma un plano inclinado ascendente que limita al norte y este con la zona 15, al sur con lindero final de la zona 14 y al oeste con los planos indicados en las literales b y c de la presente.
- Las zonas restantes no identificadas en la presente, que se encuentran dentro de la Superficie Horizontal Interna, permanecerán con una cota máxima de 1551 mm; salvo las contempladas en la resolución identificada con el número RES-DS-458-2016 que complementa la presente.
- Se incrementará en un 5 % en una distancia adicional de hasta 2 kilómetros posterior de la Superficie Horizontal Interna, es decir en la Superficie Cónica, según la distancia horizontal en la que se ubique la obra, hasta un máximo de 100 metros de altura, alcanzando una elevación con cota máxima de 1651 msnm.
- Las áreas de transición y aproximación no sufren variaciones, permanecen con las cotas máximas con las que se autoriza actualmente.
- Los proyectos que soliciten autorización de elevación a ubicarse dentro de los límites de los planos indicados anteriormente, se conocerán de forma individual en esta Dirección y se resolverá según los planos presentados.

De acuerdo con la Ley de Aviación Civil, Decreto No. 93-2000, del Reglamento de Aviación Civil, según Acuerdo Gubernativo No. 384-2001 y Decreto Ley No. 106, se emite un listado de documentación para solicitar la aprobación favorable en relación a la altura

máxima permisible para el desarrollo de proyectos inmobiliarios y publicitarios, en los cuales se debe incluir diseños y planos de elevación y sección, que refieran la cota 0+00 y la elevación SNM, debidamente sellados, firmados y timbrados por el profesional encargado del proyecto, Ingeniero Civil o Arquitecto, quien debe poseer su colegiado activo, entre otros requisitos, para lo cual, la entidad adjunta las guías para los interesados a fin de utilizar a nivel general un mismo formato de solicitud (DGAC, 2022).

## **7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN**

Es la institución gubernamental responsable en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del Sector Público, dicha entidad protege los sistemas naturales, fomenta la cultura de respeto y armonía del ser humano con la naturaleza, protege, preserva y utiliza de forma racional los recursos naturales a través del desarrollo transgeneracional, por medio de la integración institucional, social, económico y ambiental con el fin de forjar un país competitivo, solidario, igualitaria, participativo e inclusivo (MARN, 2022).

Dicha institución otorga licencias ambientales a empresas privadas o entidades del estado para desarrollar proyectos de construcción, actividades e industrias con el fin de identificar y evaluar ordenadamente los impactos o riesgos ambientales de un proyecto, dentro de los instrumentos ambientales que otorga están: predictivos, correctivos y complementarios (Congreso de la República, 2016).

## **K. Impacto de la implementación de la metodología SIG/QIS en proyectos de construcción en Guatemala**

### **1. Plan K'atún 2032**

Denominado así, bajo un vocablo maya que se refiere al tiempo (20 años) en el cual se lleva a cabo un proceso de elaboración de un objetivo, el Plan nacional K'atun 2032, con el fin de sentar las bases en las que se fundamentará la transformación estructural para el desarrollo del país con el apoyo interinstitucional de las entidades respectivas, enfocados en el mismo objetivo. Uno de los planes descritos en dicho documento, se enfoca en el desarrollo territorial del país, para mejorar el nivel de competitividad de uso del suelo, así como mejorar la accesibilidad que actualmente se encuentra “limitada por escasa vialidad y el acceso irregular al servicio de transporte colectivo: la vulnerabilidad ante fenómenos naturales” (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural, 2014, p. 107) a causa de la combinación deficiente de infraestructura y localización en zonas de riesgo, entre otros factores.

Dentro de los ejes del Plan nacional K'atun 2032, está «Guatemala urbana y rural», como la plataforma para desarrollar las otras prioridades de las metas establecidas, con el establecimiento de un sistema de ciudades que medien según sus características y funciones entre las áreas urbano y rural a través de un modelo de gestión territorial que articule de forma equilibrada y ordenada los factores socioculturales en beneficio del país. La prioridad de Desarrollo territorial local, tiene como meta para el año 2032, un modelo de regionalización para apoyar la gestión departamental y municipal, que dentro de sus

lineamientos menciona tomar en cuenta es sistema vial, nodos urbanos, zonificación de áreas de riesgo, principales disparidades territoriales, áreas protegidas, áreas de producción agrícola.

Dentro de la prioridad Desarrollo territorial resiliente y sostenible, menciona promover el concepto de transferencia de riesgo por medio del aseguramiento de las inversiones, principalmente en la infraestructura y servicios vitales; así como realizar estudios de evaluaciones de riesgo en territorios y ciudades de todo el país, con la asesoría respectiva de las instituciones públicas competentes, entre otros.

## **2. Zonas de riesgo**

De acuerdo con López (2021) se denomina zona de riesgo a los lugares con mayor amenaza ante cualquier fenómeno natural, como terremotos, inundaciones, sismos, entre otros. Es imprescindible la identificación de dichas áreas para contrarrestar las consecuencias y proteger a la población. Las zonas de riesgo son conocidas también como zonas vulnerables, estas existen en todo el planeta (Méndez, 2018).

## **3. Tipos de riesgos en zonas vulnerables**

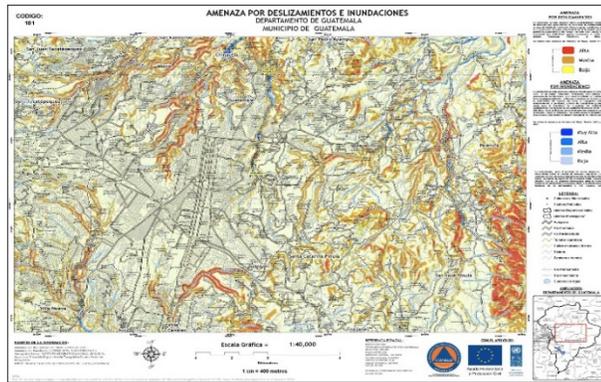
Según Álvarez (2021) dentro de los tipos de riesgos en zonas vulnerables están:

- Inundaciones
- Riesgo sísmico
- Incendios forestales
- Riesgo de estabilidad del sustrato
- Riesgo derivado de las actividades humanas
- Riesgo vulcanológico
- Riesgos por deslizamiento o derrumbes

Es necesario identificar el tipo de riesgo relacionado a la particularidad del lugar o territorio que se habita o pretende habitar, así como a los fenómenos naturales ocurridos anteriormente (Méndez, 2018).

En Guatemala, existe un alto índice de vulnerabilidad a nivel nacional, debido a la falta de drenaje pluvial urbano y rural, así como la necesidad de mejoría en el tema de planificación territorial (Coronado, 2020). En el departamento de Guatemala, las zonas vulnerables identificadas por Conred son: Río las Vacas Chinautla, Cerro Alux, San Miguel Petapa y sectores de Villa Hermosa (González, 2015).

Figura 5: Mapa amenaza por deslizamiento e inundaciones en el municipio de San José Pinula.

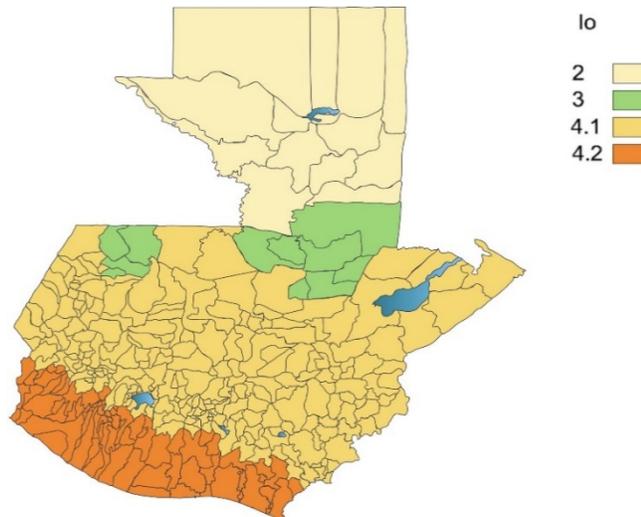


Fuente: CONRED (s.f.)

### a. Índice de sismicidad

Según las *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala Demandas estructurales y condiciones de sitio*, elaborado por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES (2018) el índice de sismicidad ( $I_o$ ) es un factor determinante vinculado con el nivel de protección sísmica necesario para diseñar una edificación: “incide en la selección del espectro sísmico de diseño” (p. 41). Para la implementación de dicha norma, el territorio de Guatemala se divide en macro-zonas de riesgo sísmico clasificadas por el índice de sismicidad, los cuales varían desde  $I_o = 2$  a 4.

Figura 6: Tabla de índices de sismicidad en Guatemala



Fuente: AGIES (2018)

Actualmente se realizó una variación a la extensión territorial de algunas sub-zonas; como se observa en la Zona 4.2 que, al aumentar, redujo la Zona 4.1; existen indicios que el proyecto RESIS II de 2009, fue la guía para establecer la zonificación, en base al valor de ciertos parámetros en el sur de Guatemala; dichas reducciones son del 10 %. Diversos municipios en Zona 3.2 son actualmente de la Zona 4.1 y existe una Zona 4.2 en Izabal; en

base a los resultados probabilísticos del proyecto mencionado, así como las consideraciones de posibles aceleraciones a consecuencia de sismos superficiales; de manera que el incremento determinístico se realizó anteriormente en la primera edición en Izabal y Huehuetenango; que incluye actualmente el incremento a Chiquimula y al noreste de Izabal (AGIES, 2018).

“Los parámetros  $S_{cr}$  y  $S_{tr}$  son respectivamente la ordenada espectral de período corto (0.2 segundos) y la ordenada espectral con período de 1 segundo del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés” (AGIES, 2018, p. 44); por lo que teóricamente, ambos parámetros no se ven afectados por el suelo que cubre el basamento. De manera que dicho espectro se configura en base a dos parámetros que podrían utilizar dos mapas diferentes; sin embargo, la información de la posible amenaza permitió la integración de dichos parámetros en una sola imagen.

En caso que  $S_{cr} > 1.5g$  y si los parámetros se necesitan para una obra Categoría I o II de 5 niveles máximo, se puede verificar si el  $S_{cr}$  se reduce a 1.5 a considerar en zona sísmica 4.3. Para lo cual, se realiza un ajuste por clase de sitio, el cual se determinará en base a la a la clasificación del sitio, de acuerdo al perfil del suelo que cubre al basamento en el sitio (AGIES, 2018).

Figura 7: Listado de municipios con amenaza sísmica y velocidad básica del viento en Guatemala

**ANEXO A — LISTADO DE AMENAZA SÍSMICA Y VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO POR MUNICIPIOS**

**Tabla A-1 — Listado de amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipio para la República de Guatemala**

No.	Municipio	Departamento	Amenaza sísmica			Velocidad básica del viento (kph)
			$I_0$	$S_{cr}$	$S_{tr}$	
1	Acatenango	Chimaltenango	4.2	1.50 g	0.55 g	100
2	Agua Blanca	Jutiapa	4.1	1.30 g	0.50 g	100
3	Aguacatán	Huehuetenango	4.1	1.30 g	0.50 g	100
4	Almolonga	Quetzaltenango	4.2	1.50 g	0.55 g	100
5	Alotenango	Sacatepéquez	4.2	1.50 g	0.55 g	100
6	Amatitlán	Guatemala	4.2	1.50 g	0.55 g	100
7	Antigua Guatemala	Sacatepéquez	4.2	1.50 g	0.55 g	100
8	Asunción Mita	Jutiapa	4.1	1.30 g	0.50 g	100
9	Atescatempa	Jutiapa	4.2	1.50 g	0.55 g	100
10	Ayutla	San Marcos	4.3	1.65 g	0.60 g	110
11	Barberena	Santa Rosa	4.2	1.50 g	0.55 g	100
12	Cabañas	Zacapa	4.1	1.30 g	0.50 g	100
13	Cabricán	Quetzaltenango	4.2	1.50 g	0.55 g	100
14	Cajola	Quetzaltenango	4.2	1.50 g	0.55 g	100
15	Camotán	Chiquimula	4.1	1.30 g	0.50 g	100
16	Canillá	Quiché	4.1	1.30 g	0.50 g	100
17	Cantel	Quetzaltenango	4.2	1.50 g	0.55 g	100
18	Casillas	Santa Rosa	4.2	1.50 g	0.55 g	100
19	Catarina	San Marcos	4.3	1.65 g	0.60 g	100
20	Chahal	Alta Verapaz	3.2	1.10 g	0.43 g	110
21	Chajul	Quiché	3.2	1.10 g	0.43 g	100
22	Champerico	Retalhuleu	4.3	1.65 g	0.60 g	110
23	Chiantla	Huehuetenango	4.1	1.30 g	0.50 g	100
24	Chicacao	Suchitepéquez	4.3	1.65 g	0.60 g	100

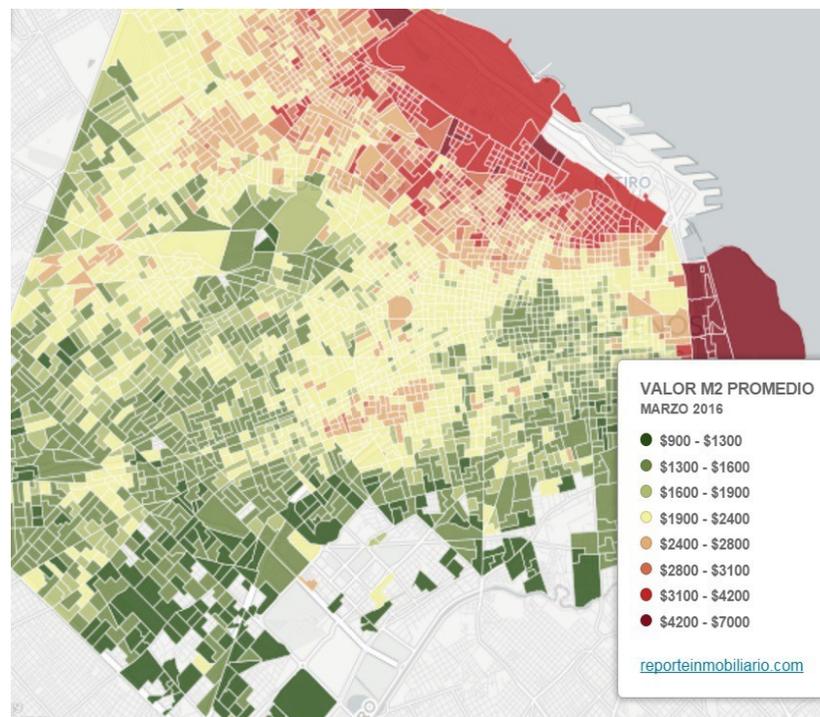
Fuente AGIES (2018)

## L. Aplicaciones de SIG en el Mercado Inmobiliario

De acuerdo con Baviera, mencionado por Idarraga (2015) diferentes teóricos afirman que el éxito empresarial se basa en tres factores esenciales “Localización, localización y localización” (p. 21), es por ello que la ubicación es un punto clave para el impacto negativo de la imagen de una empresa, por lo que actualmente, se utilizan sistemas de geolocalización como herramienta para decidir el beneficio relacionado a la inversión y optimización de campañas publicitarias, además interviene en el precio de renta o venta de inmuebles para vivienda u oficinas, porque existen variables que inciden en el comportamiento, entre ellos: estrato social, tipo de zona, índice de seguridad, sistema vial, entre otros. Por lo que los SIG son indispensables para el desarrollo del sector inmobiliario al facilitar a los usuarios los parámetros de elección de un proyecto de construcción que responda a sus necesidades operacionales o de vida.

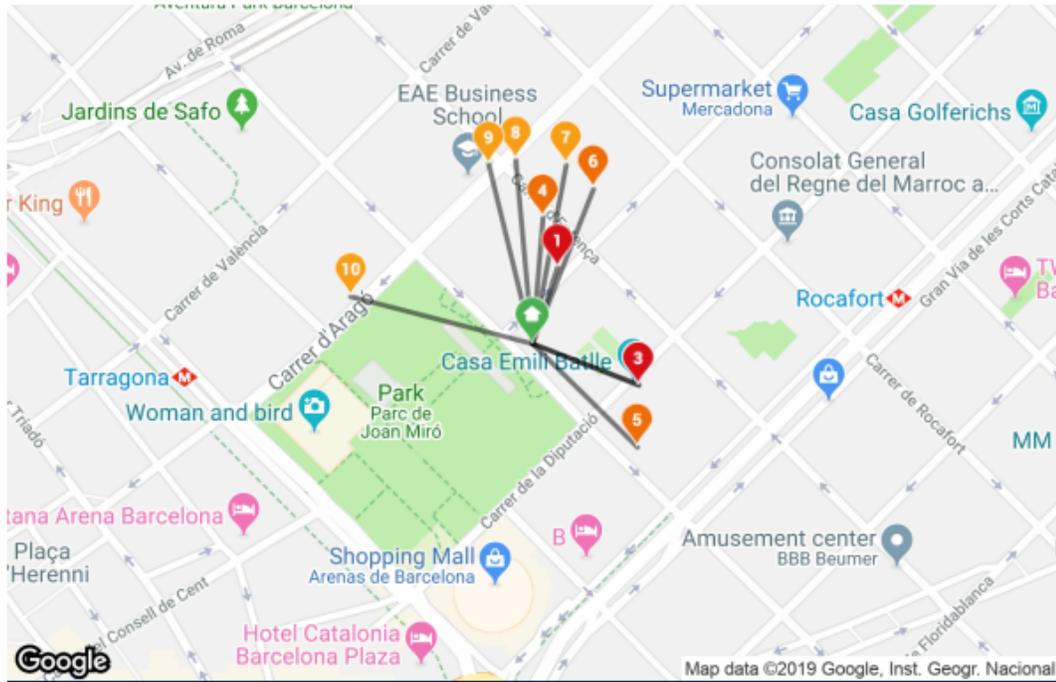
Para obtener la información respectiva para la creación de un SIG, existen dos maneras: recopilación por medio de trabajo de campo o adquisición de datos en el mercado (Gutiérrez, 2000).

Figura 8: Ejemplo de georreferenciación de precios de vivienda según metro cuadrado.



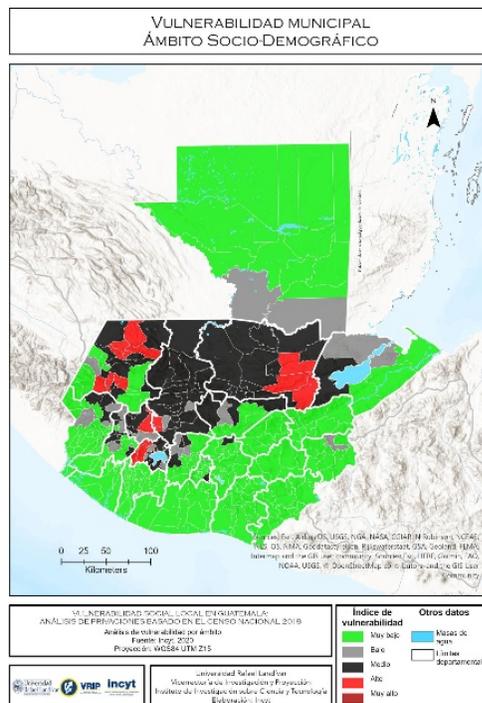
Fuente: Metrópolis (2016)

Figura 9: Ejemplo de georreferenciación valor de tierra y tipo de inmueble.



Fuente: Google (2021)

Figura 10: Ejemplo de georreferenciación vulnerabilidad territorial en Guatemala



Fuente: Incyt (2020)

Figura 11: Ejemplo de georreferenciación de diferentes precios de renta en España.



Fuente: (Idealista, 2022)

## 1. Valores de tierra

El mercado inmobiliario es el ámbito en el cual se desarrolla “la oferta, demanda e intercambio de vivienda como mercancía” (López L. , 2003) por lo cual, es indispensable categorizar el mercado inmobiliario habitacional en submercados a través del uso de funciones de filtro espacial por medio del uso de SIG, en los cuales se describen características de localización, precio, calidad, nivel socioeconómico de la población, entre otras.

Dichas variables inciden en la decisión de los interesados de manera particular según el objetivo que pretendan darle al inmueble, ya sea de tipo comercial o de vivienda, por lo que las características descritas y desarrolladas a través de aplicaciones SIG son determinantes para el desarrollador de proyectos de construcción (López L. , 2003).

## 2. Precios de vivienda

Las herramientas digitales son esenciales para estimar el costo de un inmueble con fines de alquiler o venta, con información de ofertas y contraofertas, datos de ubicación, datos socioeconómicos del área, servicios, comercios, listado de inmuebles cercanos al área, entre otros, dicha aplicación es gratuita y se puede alojar en sitios web de la empresa creadora de la misma (Monge, 2017).

Aplicaciones digitales: Habitaclia, Fotocasa, Pisos.com, Badi, Vibbo, Trovit, todas ellas son de fácil uso para los usuarios y desarrolladores y se pueden utilizar en sistemas

iOs y Android (García, 2018).

### **3. Indicadores del POT**

Es indispensable implementar mecanismos eficientes para asegurar el flujo de información por medio de procesos de almacenamiento y consulta que garanticen la integración, veracidad y oportunidad de acceso de información a todos los interesados y entidades involucradas, para lo cual, se requiere un proceso de conformación de tablas de datos, uso de georreferenciación para la complementación y depuración de datos, entre otros elementos (Alcaldía de Medellín, 2006).

## V. Metodología

### A. Descripción

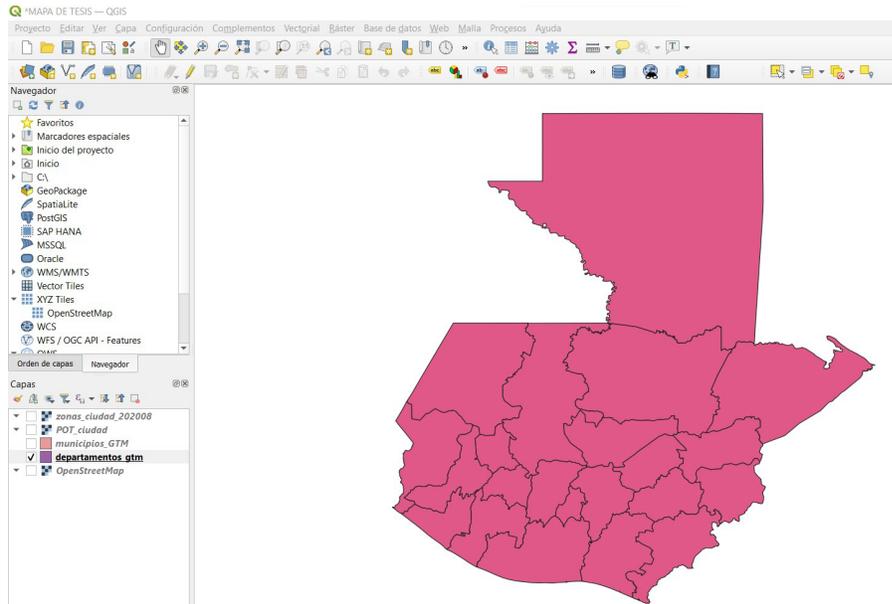
El objetivo de este proyecto consiste en impulsar el desarrollo de una ciudad inteligente por medio del uso de *softwares* QGIS y Tableau como herramientas de trabajo a través de la interacción de los mismos para crear una base de datos con información específica de un proyecto a nivel georreferencial y descriptivo. El proyecto consiste en analizar la interrelación de ambos *softwares* para describir los beneficios que aporta al mercado inmobiliario. La información recopilada se obtuvo en la fase de trabajo de campo de investigación, la cual sirvió para desarrollar los mapas que representarán las zonas de riesgo, índices de sismicidad y POT dentro del departamento de Guatemala, así como para crear los polígonos de distintas formas y colores con las herramientas tecnológicas: QGIS y Google Earth con el fin de representar los diferentes campos de estudio mencionadas.

Posterior al diseño del mapa, se exportó a la plataforma de Tableau, con el objetivo de analizar las ventajas de la herramienta en relación a la comprensión e interacción para el usuario, en esta fase, se interrelacionó el BIM y el SIG a través de la importación de datos y diseño de mapas, los cuales en cada capa almacenan información propia de acuerdo a los datos que poseen, entre ellos nivel de sismicidad, zonas de riesgo de deslizamiento, plan de Ordenamiento Territorial y límite de altura para edificaciones.

### B. Trabajo en QGIS

Se inició a diseñar y armar el mapa principal. Para lo cual se cargaron primero las capas iniciales en QGIS, que son: la capa de municipios y departamentos, ambas descargables en la página de archivos *shape* de SEGEPLAN. Además, se cargó un *raster* creado a partir de las imágenes del POT en el departamento de Guatemala junto con las zonas que dividen el territorio. Una vez las capas principales están en QGIS, se inicia la preparación de las bases de datos con las variables a analizar. La primera variable es el índice de sismicidad.

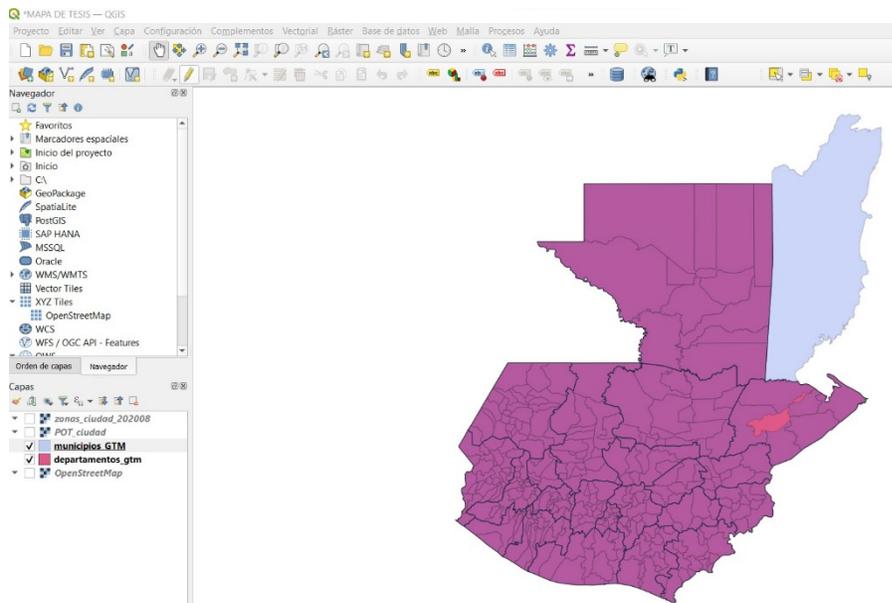
Figura 12: Mapa de Departamentos de Guatemala.



Fuente: IDE Guatemala: (s.f.)

Luego de insertar la capa de índice de sismicidad, se colocó el mapa de municipios de Guatemala, se aplicaron propiedades de transparencia para analizar más fácilmente la información georreferencial.

Figura 13: Mapa de municipios de Guatemala.

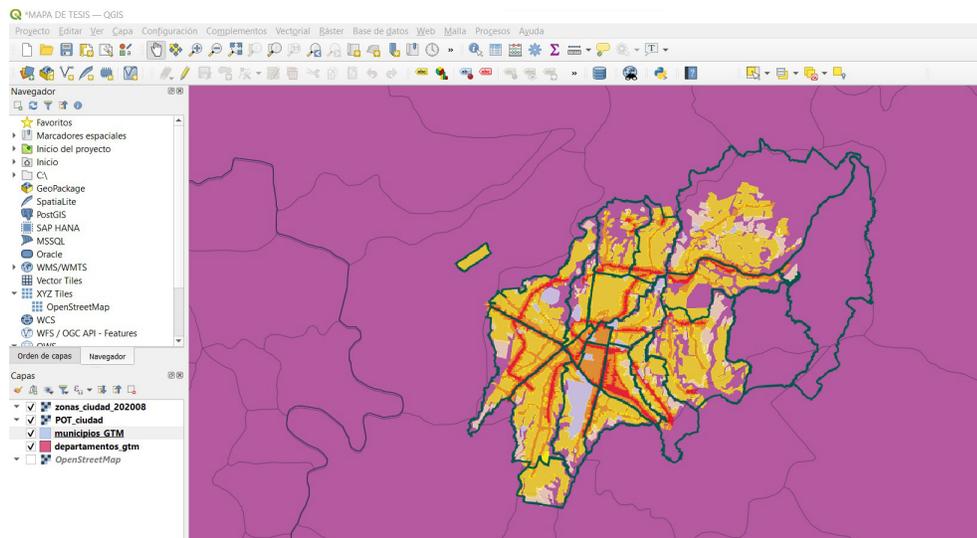


Fuente: IDE Guatemala: (s.f.)

Posteriormente se realizó el procedimiento para generar las capas *ráster* para la delimitación del POT general del municipio de Guatemala y la delimitación de las zonas. Para fines de este trabajo de graduación, se incluyó únicamente el POT de la Municipalidad de Guatemala, por ser la más completa en cuanto a normativas y mapas.

## 1. Base de Datos AGIES

Figura 14: Delimitación del POT y las zonas de la ciudad de Guatemala como archivo Ráster



Fuente: elaboración propia

## 2. Procedimiento POT Guatemala

El mapa del POT no está disponible para compartir y ser utilizado en distintas aplicaciones, únicamente de manera interactiva vía Ventanilla Única a través del link <http://vu.muniguate.com/index.php> o en imágenes para su descarga en el link <http://pot.muniguate.com/mapas/down/z1.php>. En base a lo anterior, en Intus, se desarrolló una versión del mapa POT considerando las clasificaciones G2, G3, G4, G5 para las zonas 1 a 21.

Para ello se replicaron en Google Earth por medio de polígonos con base en la guía del mapa que brinda ventanilla única.

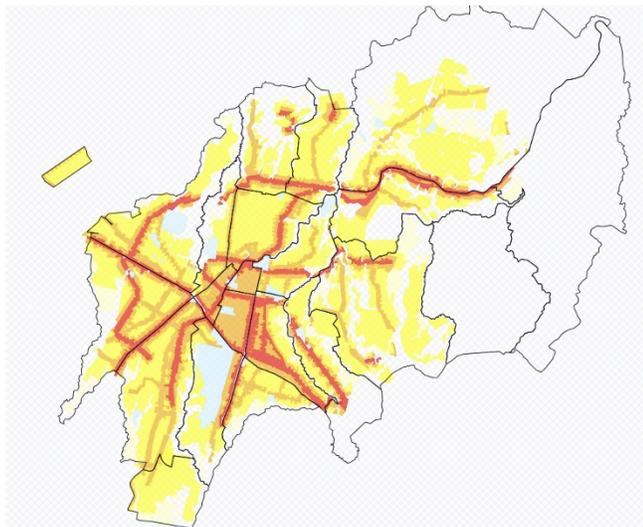
Figura 15: Delimitación del POT con el uso de polígonos en Google Earth



Fuente: elaboración propia

Este mapa fue exportado a *mapbox* desde el link <https://www.mapbox.com/> por tener diferentes opciones para crear estilos y compartir su visualización en otras aplicaciones como QGIS, R, Python, o Tableau, entre otros.

Figura 16: Mapa POT en archivo Map Box

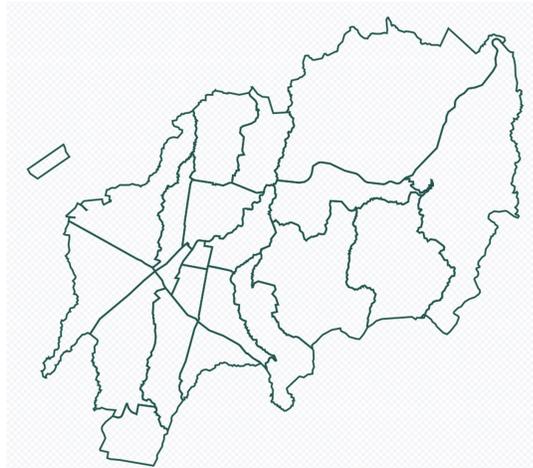


Fuente: elaboración propia

#### **a. Procedimiento Zonas de Guatemala**

Para la delimitación de las zonas de Guatemala se contaba previamente con una capa (formato KML) de las zonas de la ciudad. De la misma manera, este archivo fue exportado a *mapbox* para la posterior utilización en las aplicaciones de interés.

Figura 17: Mapa zonas en archivo Map Box



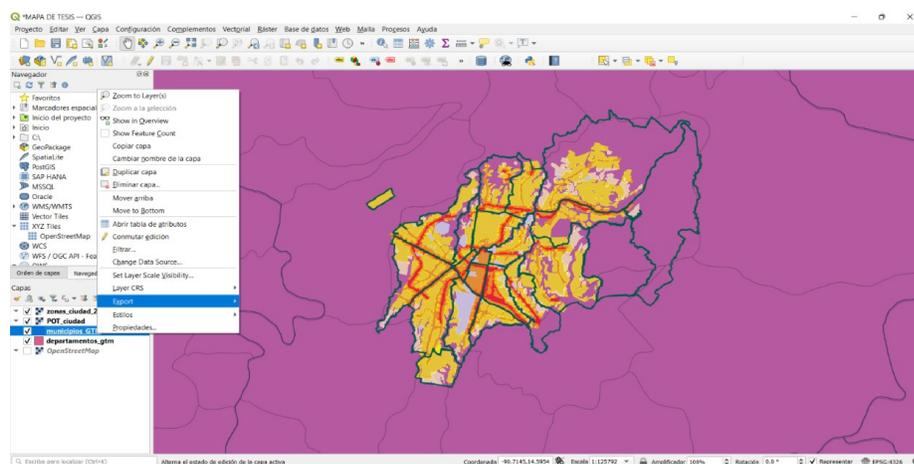
Fuente: elaboración propia

### b. Amenaza sísmica

El territorio de la República de Guatemala se divide en macrozonas de amenaza sísmica caracterizadas por su índice de sismicidad que varía desde  $I_0 = 2$  a  $I_0 = 4$ . Los parámetros  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$  son respectivamente la ordenada espectral de período corto (0.2 segundos) y la ordenada espectral con período de 1 segundo del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés; en teoría, ambos parámetros están exentos de la influencia del suelo que cubre el basamento. Nótese que el espectro se configura a partir de dos parámetros que requieren dos mapas diferentes; sin embargo, la información de amenaza sísmica disponible en la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) indicó que se podían colocar ambos parámetros en un solo mapa.

### 3. Base de datos AGIES

Figura 18: Exportar base de datos de la capa como archivo XML

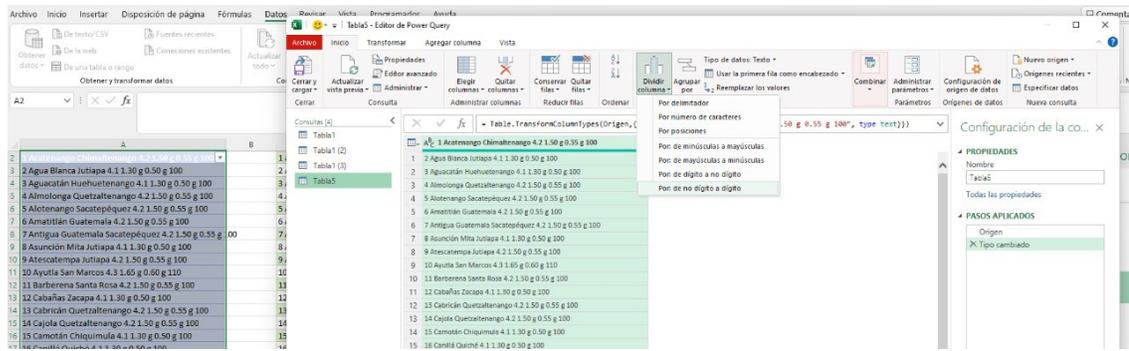


Fuente: elaboración propia

Se inició con exportar la base de datos anexada a la capa de municipios de Segeplan para unir a la tabla de municipios encontrados en tabla A-1 del Anexo A: "Listado de Amenaza Sísmica y Velocidad Básica del Viento por Municipios" del AGIES en las normas de seguridad estructural: NSE 2.

Debido a que la información se encuentra únicamente en PDF, se convirtió a un archivo Excel, lo cual fue necesario modificar para que la información quedara limpia y ordenada. En esta fase se utilizó un *Power Query* para obtener la base de datos de amenaza sísmica, según los municipios y número de identificación. En las Figuras 19 hasta la 21, se describe el procedimiento utilizado para unificar la base de datos de los municipios extraída de SEGEPLAN con la base de datos creada en base a amenaza sísmica

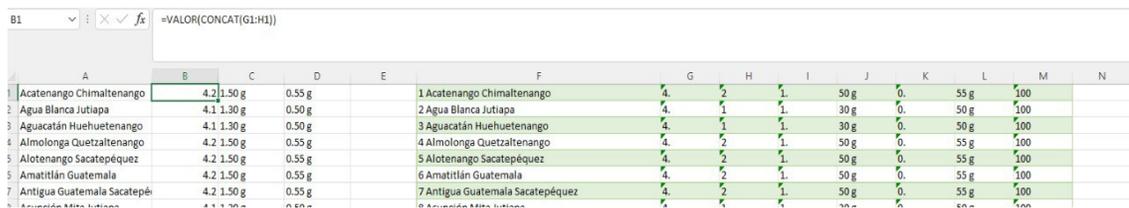
Figura 19: Base de datos creada con Power Query en Excel



Fuente: elaboración propia

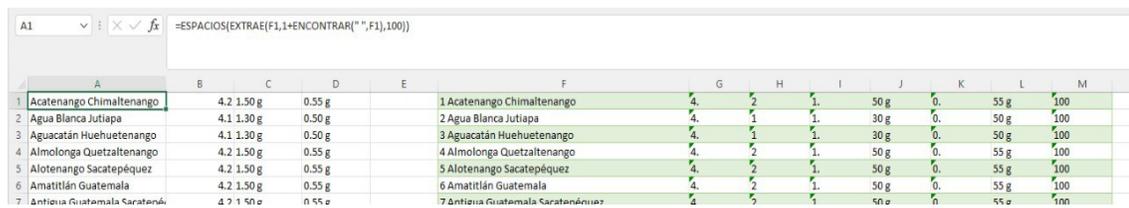
En este paso, se usó la herramienta de separación de columnas del Power Query como delimitador cada espacio.

Figura 20: Columnas concatenadas



Fuente: elaboración propia

Figura 21: Columnas relevantes



Fuente: elaboración propia

Figura 22: Base de datos limpia unificada

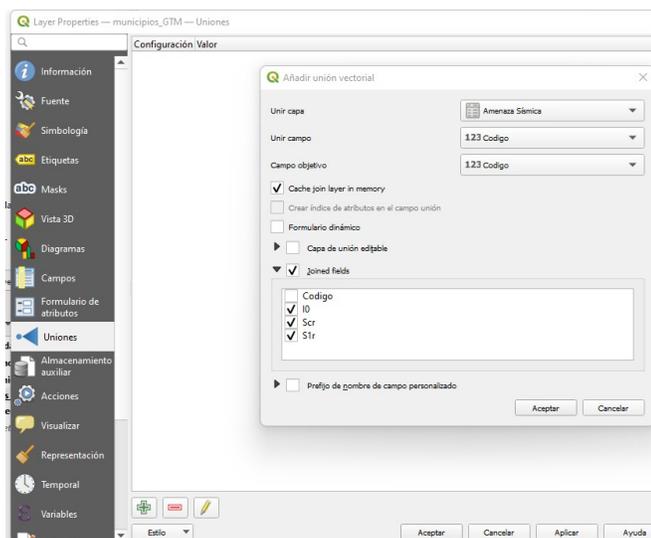
Codigo	Municipio	Departamen	Municipio Departamen	Io	Scr	S1r
411	Acatenango	Chimaltenango	Acatenango Chimaltenango	4.2	1.5	0.55
2204	Agua Blanca	Jutiapa	Agua Blanca Jutiapa	4.1	1.3	0.5
1327	Aguacatán	Huehuetenango	Aguacatán Huehuetenango	4.1	1.3	0.5
913	Almolongá	Quetzaltenango	Almolongá Quetzaltenango	4.2	1.5	0.55
314	Alotenango	Sacatepéquez	Alotenango Sacatepéquez	4.2	1.5	0.55
114	Amatitlán	Guatemala	Amatitlán Guatemala	4.2	1.5	0.55
301	Antigua Guatemala	Sacatepéquez	Antigua Guatemala Sacatepéquez	4.2	1.5	0.55
2205	Asunción Mita	Jutiapa	Asunción Mita Jutiapa	4.1	1.3	0.5
2207	Atescatempa	Jutiapa	Atescatempa Jutiapa	4.2	1.5	0.55

Fuente: elaboración propia

Una vez lista la base de datos unificada y relacionada una con la otra, se procedió a crear una nueva hoja con los datos que se desean añadir a la tabla de atributos de la capa de Municipios en QGIS. De este modo, la base de datos usada en el programa podrá mostrar la información y las variables de amenaza sísmica correspondientes a cada municipio. Para cargar el archivo a QGIS y unificarlo con la tabla de atributos actual de la capa de municipios, se guardó la nueva hoja como un archivo CSV. Dicha hoja posee los coeficientes de amenaza sísmica: Io, Scr y S1r. El siguiente procedimiento consistió en la unión de datos en la tabla de atributos de los municipios y en la tabla generada con la información referente a la amenaza sísmica.

En la tabla de propiedades de la capa de municipios está la opción de «uniones», en la cual está la opción de agregar la tabla importada de amenaza sísmica y seleccionar los parámetros considerados para realizar la unión. En este caso las variables unidas fueron: Io, Scr y S1r. Que son los parámetros considerados para determinar los coeficientes que dicta el AGIES para la amenaza sísmica de cada municipio en Guatemala. En este caso la unión fue exitosa debido a la relación que se hizo de los códigos anteriormente en Excel. En las siguientes figuras se observa el procedimiento.

Figura 23: Parámetros de unión



Fuente: elaboración propia

Figura 24: Tabla de atributos unificada

OBJECTID	Codigo	Municipio	OID_1	OID_12	Color	Ced_Dep	Departamen	SHAPE_Leng	SHAPE_Area	AreaKm2	MOTAs	Importar a eqgi_0	Importar a eqgi_Sc	Importar a eqgi_Sr
101	202	Morazan	102	102	0	2	El Progreso	0	0	347.18591005000	0.00000	4.1	1.3	0.5
102	1401	Santa Cruz del Quiché	103	103	0	14	Quiché	0	0	112.20246674100	0.00000	4.2	1.5	0.55
103	1412	Joyabaj	104	104	0	14	Quiché	0	0	472.39568273000	0.00000	4.2	1.5	0.55
104	204	San Cristóbal Ecatepeque	105	105	1	2	El Progreso	0	0	164.46687386000	0.00000	4.1	1.3	0.5
105	1403	Chinique	106	106	0	14	Quiché	0	0	61.17427325900	0.00000	4.1	1.3	0.5
106	1901	Zacapa	107	107	0	19	Zacapa	0	0	504.66849469000	0.00000	4.1	1.3	0.5
107	1228	Rio Blanco	108	108	0	12	San Marcos	0	0	31.20295978500	0.00000	4.2	1.5	0.55
108	1906	Usumattán	109	109	0	19	Zacapa	0	0	108.19076278600	0.00000	4.1	1.3	0.5
109	915	Huitán	110	110	0	9	Quetzaltenango	0	0	36.34565682000	0.00000	4.2	1.5	0.55
11	1710	Sayasché	11	11	0	17	Petén	0	0	2402.98737395000	0.00000	2.2	0.7	0.27
110	1201	San Marcos	111	111	1	12	San Marcos	0	0	120.60152014100	0.00000	4.2	1.5	0.55
111	1402	Chiché	112	112	0	14	Quiché	0	0	115.74703950000	0.00000	4.2	1.5	0.55
112	1902	Etenzuecla	113	113	0	19	Zacapa	0	0	91.99391689010	0.00000	4.1	1.3	0.5
113	1229	San Lorenzo	114	114	0	12	San Marcos	0	0	44.84219233150	0.00000	4.2	1.5	0.55
114	1909	La Unión	115	115	0	19	Zacapa	0	0	214.55352881200	0.00000	4.1	1.3	0.5
115	1219	San Pablo	116	116	0	12	San Marcos	0	0	139.32494266400	0.00000	4.2	1.5	0.55
116	1306	El Chol	117	117	0	15	Baja Verapaz	0	0	119.14021782300	0.00000	4.1	1.3	0.5

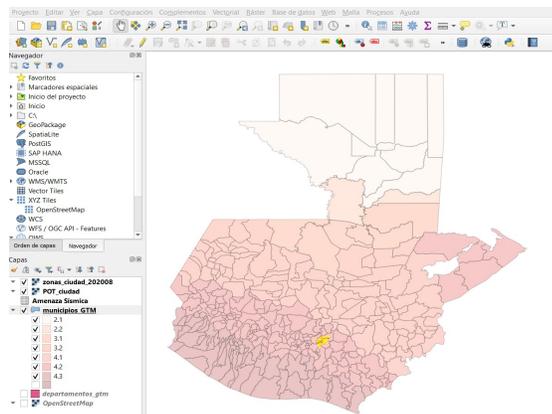
Fuente: elaboración propia

#### 4. Mapa de amenaza sísmica

Una vez terminada la tabla de atributos en la base de datos dentro del *software* QGIS se procedió a modificar propiedades y estilos del mapa para visualizar por un orden de colores los municipios y el índice de sismicidad correspondiente, para la fácil interpretación de la amenaza sísmica a nivel nacional. Con este mapa se obtiene una visualización de los municipios con más riesgo de sismo. Cabe recalcar que en este paso se modificó el mapa, de modo que Belice que aún está dentro de los archivos descargables de SEGEPLAN, se eliminó del listado territorial de este trabajo.

El índice de sismicidad se refiere a la susceptibilidad de una región a sufrir terremotos. Como se observa en este mapa, un color más intenso significa que el municipio tiene un índice de sismicidad ( $I_0$ ) más alto, por lo que está más propenso a sismo. En las regiones expuestas a movimientos sísmicos se debe ser cuidadoso al momento de realizar los cálculos estructurales de cualquier obra civil, especialmente edificios de vivienda vertical. Es primordial para los ingenieros el lograr identificar la amenaza sísmica de cada región, para evitar futuras calamidades. El mismo caso aplica para los riesgos de deslizamiento.

Figura 25: Mapa de clasificación sísmica



Fuente: elaboración propia

## C. Excel Zonas de riesgo CONRED

### 1. Mapa de riesgos por deslizamiento

Actualmente, Guatemala no cuenta con un archivo público interactivo relacionado a mapa de los riesgos y amenazas por deslizamiento. Únicamente posee algunos archivos PDFs de CONRED que indican los riesgos por deslizamiento e inundaciones. Los mapas indican el nivel de amenaza: alto, medio o bajo. En este caso se pretende apoyar al desarrollador a visualizar de manera fácil y eficiente la información respectiva en mapas insertados en archivos como un PDF, por lo que no se puede interactuar con la imagen.

Para esta fase, se recopiló data de los puntos con riesgo de deslizamiento alto y se tabularon los lugares más propicios de potencial de desarrollo inmobiliario. Los puntos de interés fueron: áreas de la ciudad de Guatemala, Santa Catarina Pinula, Fraijanes, Villa Nueva y Villa Canales. La base se realizó en Excel. Se recaudó la información de 54 regiones con alto riesgo de deslizamiento.

Tabla 1: Matriz de riesgo de deslizamientos

Clase	Calificativo de susceptibilidad a deslizamiento	Características
I	Muy baja	Sectores estables que no requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc.
II	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.
III	Moderada	No se recomienda la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, reforestación, entre otros. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendable para usos agropecuario.
IV	Alta	No se recomienda la construcción de infraestructura, para su utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.
V	Muy alta	No se recomienda la construcción de infraestructura, se recomienda como áreas de protección.

Fuente: Barrantes y otros (2011, p. 150)

Tabla 2: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Fraijanes

<b>Zonas de riesgo por deslizamiento Fraijanes</b>				
<b>ID</b>	<b>Lugar de riesgo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Sector</b>
1	Finca la Florecita	14.54993	-90.43197	Fraijanes
2	Granja Coco	14.55100	-90.42007	Fraijanes
3	Finca el Chojin	14.57649	-90.41175	Fraijanes
4	Finca San José Canales	14.42128	-90.47691	Fraijanes
5	Canchón	14.53187	-90.46871	Fraijanes
6	Finca las Manzanillas	14.53008	-90.49519	Fraijanes
7	Labor Santa Elisa	14.50713	-90.49982	Fraijanes
8	Finca Bella Aurora	14.50136	-90.49300	Fraijanes
9	Del Rio Country Club	14.44455	-90.46104	Fraijanes
10	Valle Monte Bello	14.42893	-90.47304	Fraijanes

Fuente: elaboración propia

Tabla 3: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en San José Pinula

<b>Zonas de riesgo por deslizamiento en San José Pinula</b>				
<b>ID</b>	<b>Lugar de riesgo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Sector</b>
11	Puerta Negra	14.57172	-90.39122	San José Pinula
12	Finca los Anhiotes	14.58765	-90.40092	San José Pinula
13	Las Joyas	14.56255	-90.41267	San José Pinula
14	El Manzano	14.53978	-90.43041	San José Pinula
15	Las Nubitas	14.56667	-90.35000	San José Pinula
16	El Zacatal	14.57109	-90.36066	San José Pinula
17	Comun Ojo Tibio	14.55927	-90.35900	San José Pinula
18	Aldea las Anonas	14.53390	-90.41556	San José Pinula

Fuente: elaboración propia

La predicción de esta amenaza utiliza la metodología reconocida de Mora-Vahrson, para estimar las amenazas de deslizamientos a un nivel de detalle de 1 kilómetro. La modelación del Mapa de CONRED utiliza una combinación de datos sobre: litología, humedad del suelo, pendiente y pronósticos de tiempo en este caso, precipitación acumulada que CATH-LAC genera a diario a través del modelo Mesoscale PSU/NCAR, el MM5. Se estima esta amenaza en términos de ‘Baja’, ‘Media’ y ‘Alta’. En este caso los datos tomados en cuenta son algunas de las regiones con Alto Riesgo por fines prácticos de la investigación.

Los datos de latitud y longitud fueron obtenidos de Google *maps* y *mapcarta*, ambos sistemas de información geográfica. Esta parte del procedimiento se enfocó en recolectar la data

referente a los roles geográficos (latitud y longitud) de cada región para luego tabularlos en una base de datos del *software* Tableau Prep de modo que sea posible transferir la información fácilmente a Tableau Desktop y evidenciar las zonas de riesgo como puntos de interés en el mapa.

Tabla 4: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Santa Catarina Pinula

**Zonas de riesgo por deslizamiento en Santa Catarina Pinula**

<b>ID</b>	<b>Lugar de riesgo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Sector</b>
19	Finca Shangri-La	14.55818	-90.52536	Santa Catarina Pinula
20	La Cuchilla del Carmen	14.55987	-90.52239	Santa Catarina Pinula
21	Cerro Guachisote	14.54941	-90.49190	Santa Catarina Pinula
22	Finca San Rafael	14.57195	-90.47913	Santa Catarina Pinula
23	El Mirador	14.58007	-90.47585	Santa Catarina Pinula
24	Agua Bonita	14.58342	-90.47583	Santa Catarina Pinula
25	Finca San José Canales	14.55933	-90.47495	Santa Catarina Pinula
26	Cristo Rey	14.57479	-90.44829	Santa Catarina Pinula
27	Santa Rosalía La Laguna	14.57840	-90.46322	Santa Catarina Pinula
28	Piedra Parada	14.59216	-90.44415	Santa Catarina Pinula
29	Lourdes	14.60189	-90.44368	Santa Catarina Pinula
30	El Cambray	14.57550	-90.48607	Santa Catarina Pinula
31	Finca San Miguel Buena Vista	14.55533	-90.49106	Santa Catarina Pinula

Fuente: elaboración propia

Con respecto a la información de Tabla 4, en referencia a la zona de riesgo ubicada en El Cambray II, las consecuencias del uso de terreno no adecuado provocaron consecuencias nefastas como se menciona a continuación:

En el año 2015, específicamente el 1 de octubre, sucedió un hecho de alto impacto en el municipio de Santa Catarina Pinula, que causó la muerte de 249 personas y 125 viviendas destruidas, 300 personas desaparecidas y 386 ubicadas en albergues temporales. (Razón de Estado, 2015), debido a factores naturales, crecimiento urbano desordenado, no contar con un plan de ordenamiento territorial que impulse la prevención de riesgo en Guatemala, lo cual trajo como consecuencia pérdidas económicas para el país. Cabe mencionar que durante el año 2008 y 2014, la CONRED realizó una evaluación que advirtió que dicha área era inhabitable por considerarse de alto riesgo porque el terreno utilizado para la construcción presentaba erosión y estar ubicado al pie de un cerro y cercano al paso de un río (ReliefWeb, 2015).

Tabla 5: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Villa Canales

<b>Zonas de riesgo por deslizamiento en Villa Canales</b>				
<b>ID</b>	<b>Lugar de riesgo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Sector</b>
32	Finca Villa Luz	14.63913	-90.48551	Villa Canales
33	El Tablón	14.46670	-90.51670	Villa Canales
34	Finca San José	14.43031	-90.59773	Villa Canales
35	Colmenitas	14.47720	-90.49884	Villa Canales

Fuente: elaboración propia

Tabla 6: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en Villa Nueva

<b>Zonas de riesgo por deslizamiento en Villa Nueva</b>				
<b>ID</b>	<b>Lugar de riesgo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Sector</b>
36	Finca la Trinidad	14.46153	-90.64444	Villa Nueva
37	San Cristóbal el Tanque	14.57848	-90.58303	Villa Nueva
38	Valle Dorado	14.57796	-90.58323	Villa Nueva
39	Cementerio los Parques	14.56643	-90.59084	Villa Nueva
40	Finca Rancho Azúl	14.56768	-90.58964	Villa Nueva
41	Terrazas de San Cristóbal	14.57096	-90.59733	Villa Nueva

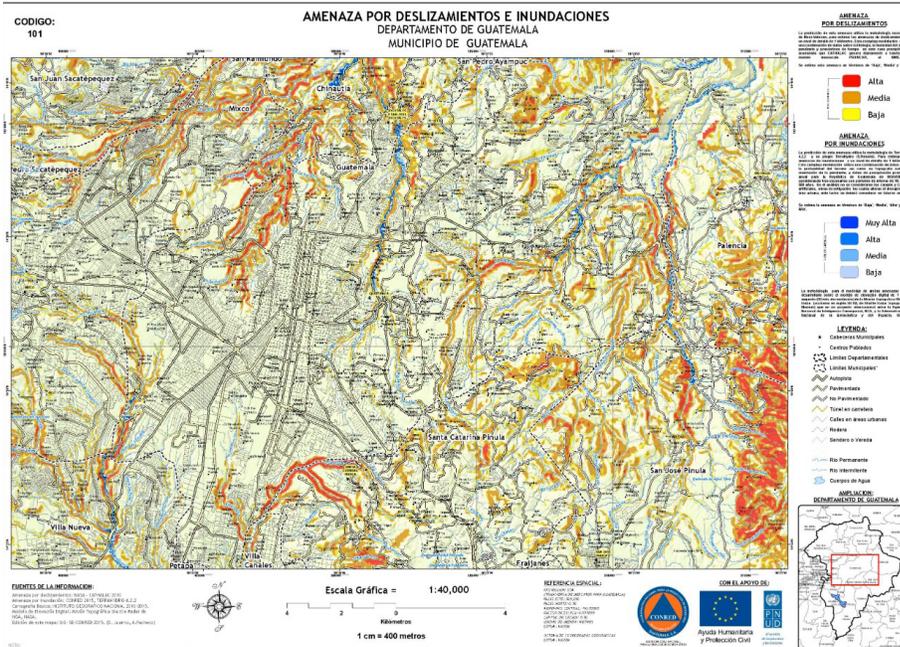
Fuente: elaboración propia

Tabla 7: Zonas con alto riesgo de deslizamiento en ciudad de Guatemala

<b>Zonas de riesgo por deslizamiento en ciudad de Guatemala</b>				
<b>ID</b>	<b>Lugar de riesgo</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Sector</b>
42	Finca Santa Fe	14.56450	-90.53369	Zona 12
43	Finca Eureka	14.56755	-90.54123	Zona 12
44	Finca San Isidro	14.59515	-90.46609	Zona 16
45	Finca Vista Hermosa	14.59193	-90.46531	Zona 16
46	La Hacienda de Vista Hermosa	14.59832	-90.46667	Zona 16
47	Hacienda las Cumbres	14.59039	-90.46434	Zona 16
48	Cerro el Pulte	14.60820	-90.42703	Zona 16
49	Cerro el Socorro	14.61167	-90.39903	Zona 16
50	San Isidro	14.59761	-90.46659	Zona 16
51	EL Zapote	14.65523	-90.51730	Zona 2
52	Finca la Verbena	14.63145	-90.54174	Zona 7
53	EL Granizo	14.67071	-90.52256	Zona 7
54	Bethania	14.63563	-90.54693	Zona 7

Fuente: elaboración propia

Figura 26: Mapa de amenaza por deslizamientos e inundaciones en Guatemala.



Fuente: CONRED (s.f.)

La Figura 26 extraída de la página *web* de Conred, contiene información codificada en colores rojo, naranja y amarillo, que corresponden a amenazas por deslizamientos, así como codificación de color por riesgo de amenaza de inundación, así: azul primario para la muy alta, azul claro para el nivel alto; celeste nivel medio y celeste claro para la amenaza nivel baja; además de símbolos gráficos para identificar elementos de infraestructura vial, ubicación de recursos hídricos y límites territoriales y municipales de una región. El proceso de selección de regiones a la base de datos constó en ubicar primero las zonas de alto riesgo y luego verificar la factibilidad desarrollable de la zona, una vía de tránsito o un sector de uso residencial.

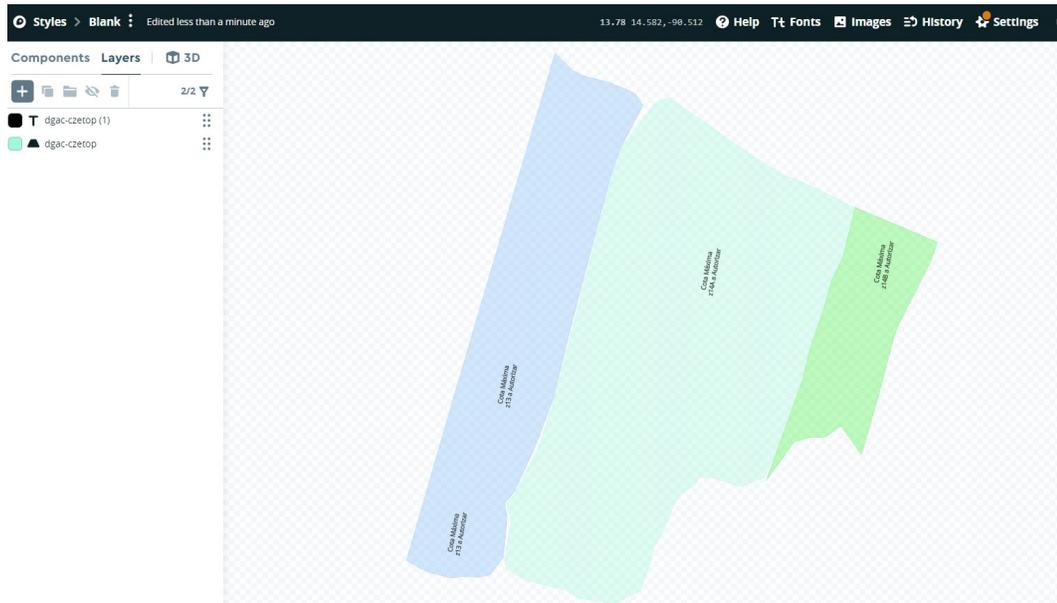
## D. Aeronáutica Civil

Otro factor que se consideró en la georreferenciación de data fue el de la cota máxima permisible por la DGAC. Este es un dato relevante que todo desarrollador de vivienda vertical dentro de la ciudad necesita conocer. debido a que existen límites de altura para las edificaciones, el uso del espacio aéreo es impuesto por la normativa aplicable en materia de aviación, según lo dispuesto en la Ley de Aviación Civil, especialmente en las zonas cercanas al aeropuerto de la ciudad de Guatemala.

Por otro lado, la Municipalidad de Guatemala, como parte del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), también limita la altura de los edificios en la ciudad a 96 metros, entre 28 a 30 niveles, por lo que dentro del perímetro de la ciudad capital no se pueden edificar construcciones de mayor elevación, mientras que en otro municipios o departamentos del país las disposiciones se regulan de forma independiente.

Actualmente no existe un mapa interactivo de las limitantes de altura de las edificaciones en dichas zonas, únicamente en la página de la DGAC se pueden encontrar documentos legales en donde se establecen las restricciones por los sectores, por lo que la recolección de información se extrajo de documentos legales y se trasladó a un mapa por medio de Mapbox y Tableau.

Figura 27: Mapa de cotas máximas permisibles en la zona 13 y 14 de Guatemala



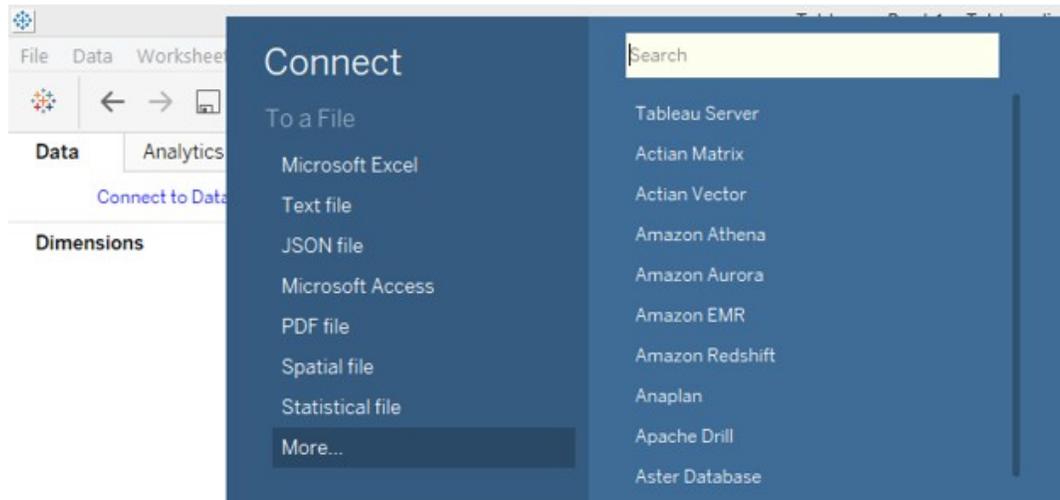
Fuente: elaboración propia, extraído de Mapbox.

Para fines prácticos se realizó un mapa de las zonas 13 y 14 de la ciudad capital. A diferencia de la zona 9, estas no tienen ningún registro ilustrativo de las áreas con restricciones. Se realizó una delimitación de la zona 13, al este de la pista de aterrizaje y una delimitación de 2 sectores en zona 14, según los documentos registrados en la plataforma de la DGAC, dentro de la pestaña de organización en la opción de Resoluciones de Altura Máxima Permisible.

## E. Integración de Mapas a Tableau

Una vez armadas las bases y los mapas principales en QGIS se procedió a exportarlos a Tableau. Según los estudios realizados de las aplicaciones Mapbox, QGIS y Tableau, existe una forma directa para importar las bases de datos. Esto se hace desde la opción de importar archivo geoespacial. Una vez seleccionada esta opción se pueden integrar los mapas dentro del archivo.

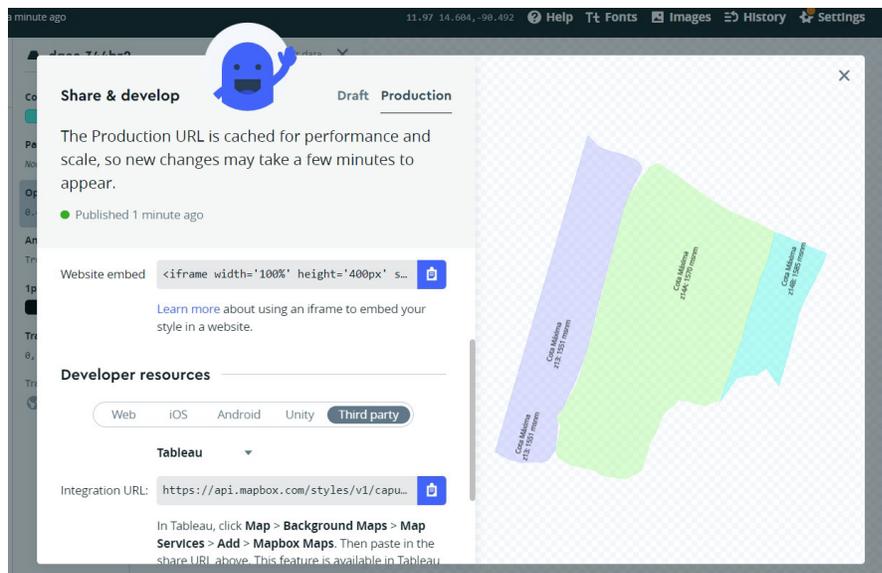
Figura 28: Importación de Spatial files



Fuente: Pedamkar (2023)

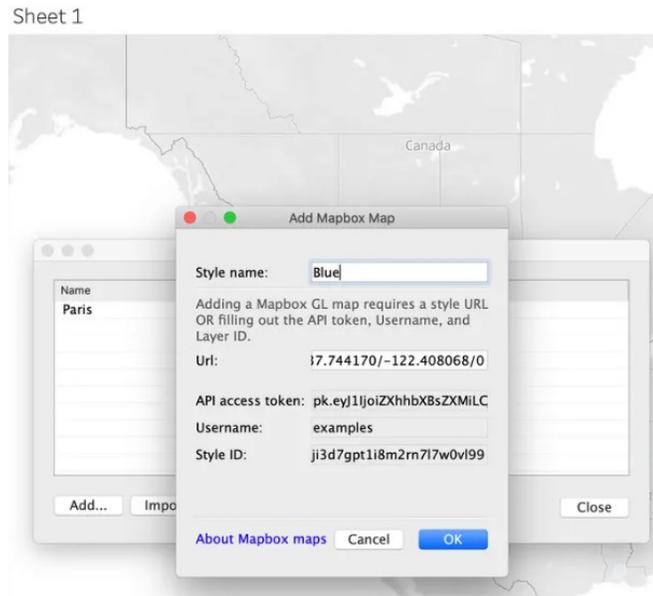
En el caso de los mapas secundarios, o creados en Mapbox, la integración a Tableau se realiza por un método diferente ya que este se conecta directamente desde el archivo de Tableau. Primero se creó un link por medio de *mapbox*, una vez creado el link se conecta al archivo de manera directa. A continuación, un ejemplo:

Figura 29: Creación de link para archivos Mapbox.



Fuente: Tableau (2003)

Figura 30: Integración del link de Mapbox a Tableau.

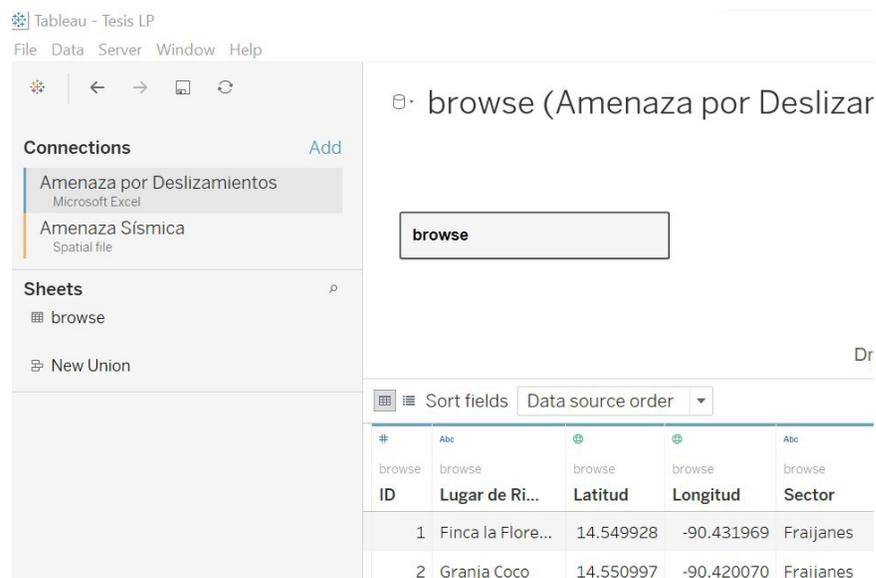


Fuente: Tableau (2003)

## 1. Cruces de bases de datos para los mapas

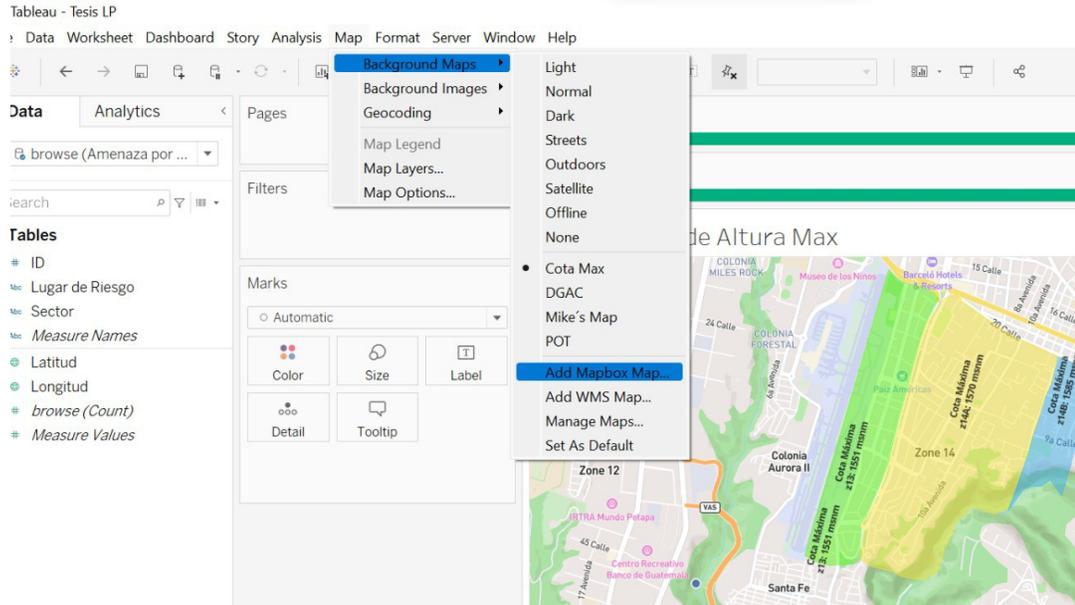
Para optar al cruce de información, primero se crean ciertas uniones y modificaciones dentro de la base de datos, estas incluyen la asignación de roles de data, de modo que sea posible ver mapas, gráficas e importar las conexiones de las bases de datos en Excel. A continuación, se muestra la secuencia de preparación de los mapas finales:

Figura 31: Conexiones en Tableau.



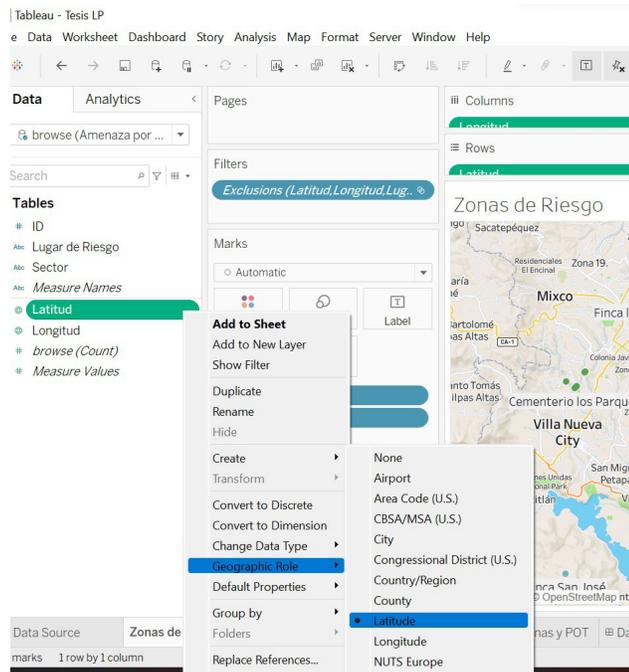
Fuente: Tableau (2003)

Figura 32: Agregar capa Mapbox.



Fuente: Tableau (2003)

Figura 33: Asignación de roles



Fuente: Tableau (2003)

## **VI. Resultados**

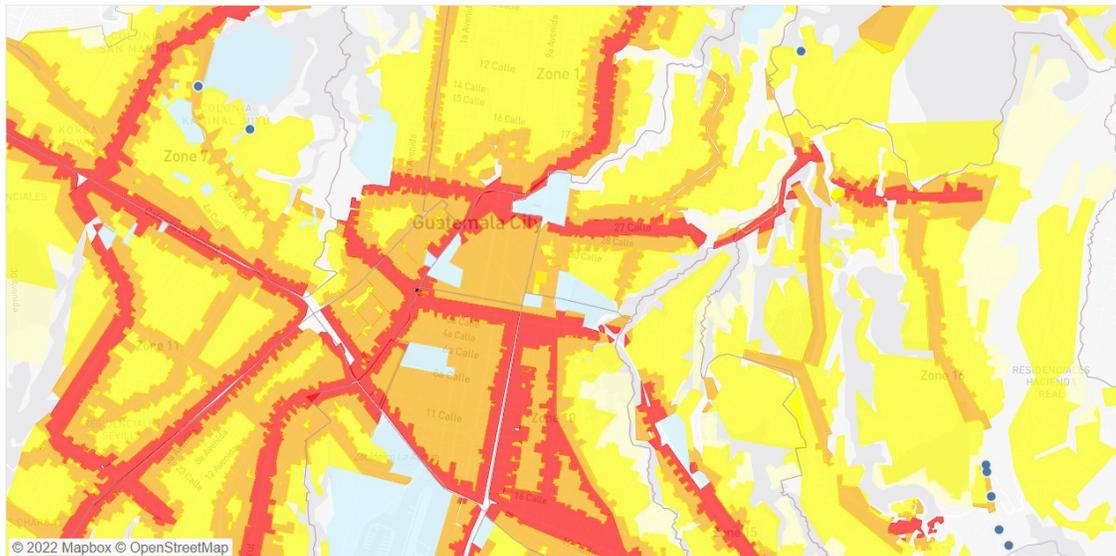
A continuación, se presentan los resultados utilizando el método de trabajo colaborativo entre los programas QGIS y Tableau. Cada sección muestra el mapa de resultado obtenido según el procedimiento de cada tema que se abordó, los cuales son:

- Plan de Ordenamiento Territorial
- Amenaza sísmica
- Zonas de riesgo por deslizamiento
- Altura máxima dictada por la DGAC
- Valor del suelo

## A. Plan de Ordenamiento Territorial

Figura 34: Mapa del POT en la ciudad de Guatemala

Zonas y POT

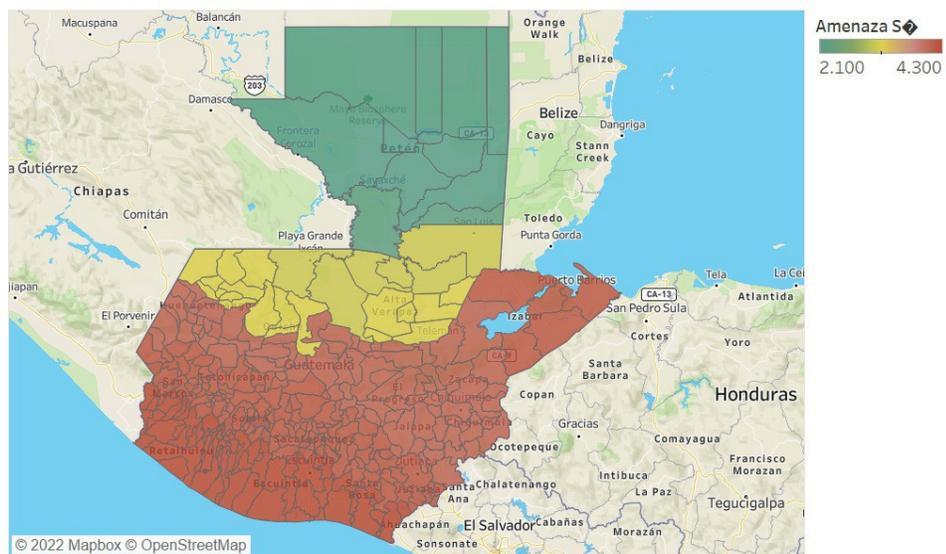


Fuente: elaboración propia

## B. Amenaza sísmica

Figura 35: Mapa de amenaza sísmica por municipio

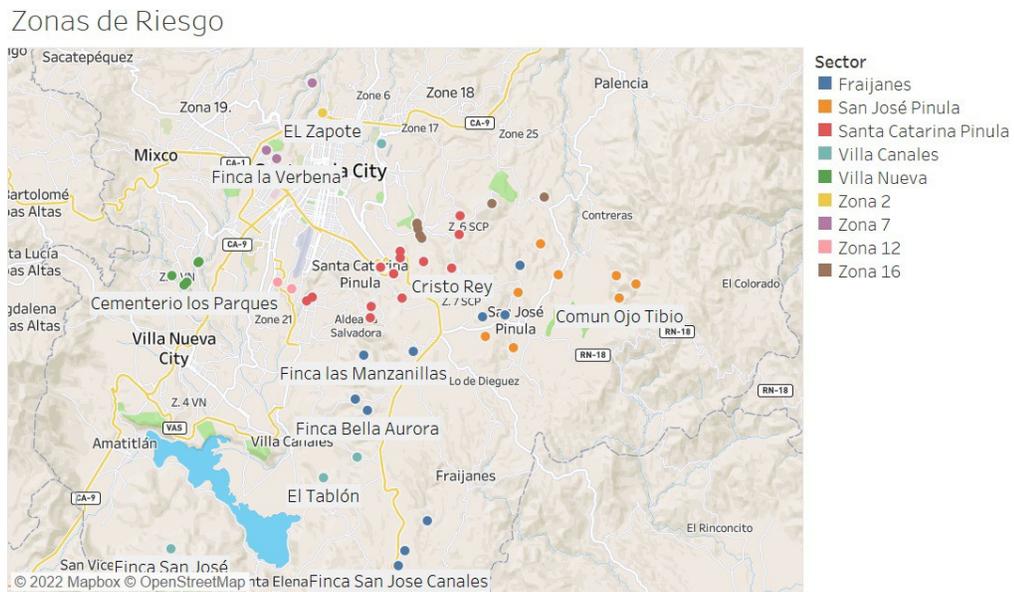
Amenaza Sísmica



Fuente: elaboración propia

## C. Zonas de riesgo por deslizamiento

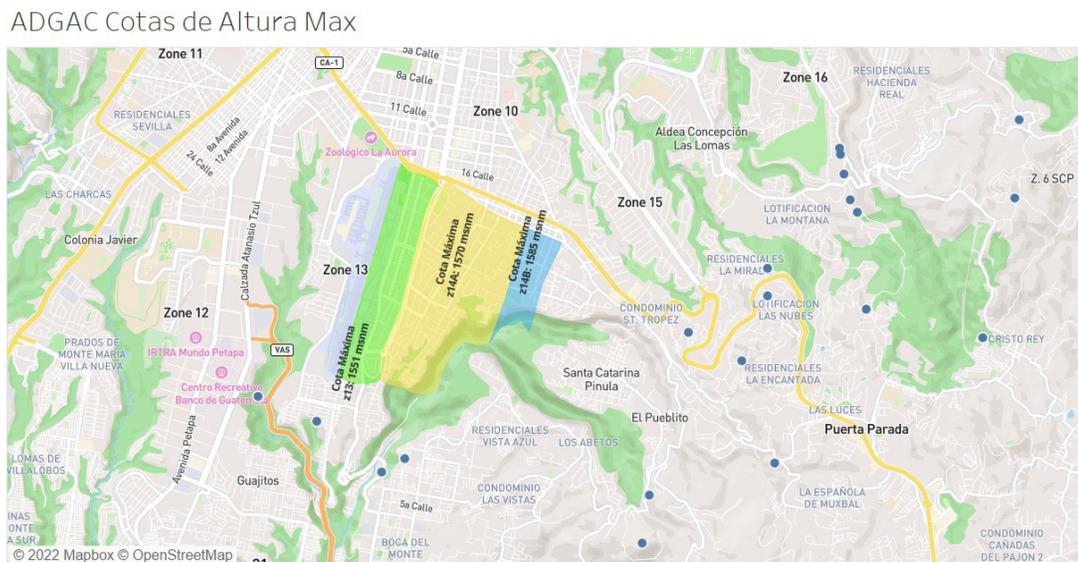
Figura 36: Mapa de riesgo por deslizamiento



Fuente: elaboración propia

## D. Cotas de altura máxima de la administración DGAC

Figura 37: Mapa de cotas máximas de altura de edificaciones



Fuente: elaboración propia

## VII. Discusión de resultados

Según la metodología colaborativa de los softwares SIG y Tableau, se logró realizar cuatro mapas: mapa en base al POT; mapa de índice de sismicidad; mapa de riesgo de deslizamiento; y mapa de límite de altura, con lo cual se demuestra que el uso de herramientas tecnológicas en el área de la construcción impulsa la transformación digital en el sector inmobiliario de Guatemala, porque garantiza la planificación sostenible y la toma de decisiones informadas en proyectos de construcción, que a la vez forma parte del proceso de creación de ciudades inteligentes, esto coincide con lo expuesto por Hall (2000) al mencionar que una ciudad inteligente optimiza recursos por tener el control sobre el planeamiento de su territorio, así como Fisotec (2022) al indicar que una característica particular de las ciudades inteligentes es la utilización de tecnologías de comunicación y uso de datos compartidos por parte de la industria de la construcción. Respecto a la transformación digital, Ugoti (2023) se refiere a que el uso de herramientas tecnológicas se utiliza para compartir y editar datos con rapidez inmediata y transforman los procesos manuales para la supervivencia de una empresa, tal como se demuestra en los mapas realizados en el presente estudio.

En el Mapa no. 1, (Figura 34), se muestra un sector dentro del área metropolitana, en el cual se observan las zonas generales G3, G4 y G5, que de acuerdo a sus características, no representan riesgo financiero por pertenecer al sector urbano, así como no afectar el cinturón ecológico Metropolitano y carecer de pendientes en el terreno, sin embargo, se debe tomar en cuenta que en las zonas G5 y G4 por estar cerca a la arteria principal de tráfico terrestre posee desventajas de ruido o bien es accesible para la construcción de proyectos de centros comerciales o algún otro tipo de proyecto inmobiliario que le resulte beneficioso la cercanía a las vías principales en relación al acceso a servicios, según el enfoque del mismo que aporta plusvalía al terreno. En lo que se refiere a la zona G3, muestra datos para desarrolladores inmobiliarios que requieran áreas con mayor cercanía a entornos que no presenten alta carga de tráfico vehicular, cabe mencionar que, por la distancia de lejanía hacia el área de mayor urbanismo, el costo del terreno es más barato.

Por lo que este mapa es un aporte para el POT porque contiene información puntual sobre las áreas de más carga de tráfico vehicular, con horarios específicos y puntos críticos, así como para determinar el valor de un terreno de acuerdo a factores como el ordenamiento G0-G5, que inciden en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, así como en la disminución de riesgos ambientales y de vida para la población guatemalteca.

En el Mapa no. 2, (Figura 35) se incluyen datos referentes al índice de sismicidad de todo el territorio nacional, con información por municipio, la codificación de color aplicada de norte a sur, contiene los colores del semáforo, verde, amarillo y rojo, en donde el rojo representa el área con mayor probabilidad sísmica, que corresponde al área sur del país.

El aporte del uso de *softwares* Tableau y GIS, en este mapa de todo el territorio de Guatemala, consiste en la facilidad del usuario para identificar las áreas de mayor riesgo de sismicidad, para implementar medidas por medio de estudios de ingeniería en proyectos de construcción reforzados con estructuras antisísmicas para evitar pérdidas humanas y económicas por el uso de materiales de construcción de baja calidad o la implementación de diseños arquitectónicos que por su altura no soporten los movimientos telúricos.

El Mapa no. 3, (Figura 36) contiene información sobre zonas de riesgo por deslizamiento en nueve sectores, de los cuales cuatro pertenecen a la ciudad capital y cinco a municipios aledaños. El elemento gráfico utilizado es un punto. El color de los puntos identifica cada sector. El aporte de este mapa consiste en facilitar a las entidades correspondientes para la planificación de proyectos de estudios ambientales, así como para identificar las áreas con amenazas por desastres naturales de deslizamiento que en periodo lluvioso causen daños a la propiedad inmueble comercial y de vivienda, además de ser un aporte para las autoridades responsables en el mantenimiento de la infraestructura vial del país, en apoyo al eje «Guatemala Urbano y Rural» del Plan Nacional de Desarrollo K'atun 2032.

En el Mapa no.4 (Figura 37) se observan las cotas de altura máximas permisibles en las zonas 13 y 14, cercana a la Avenida Las Américas. Este mapa es un aporte esencial para los desarrolladores de proyectos inmobiliarios enfocados en la construcción de complejos de vivienda o edificios comerciales que requieran cierta cantidad de niveles para obtener mayor rentabilidad.

Por lo que en los mapas realizados se observa la relación del Tableau con el SIG porque cada uno de ellos se diseñó en base a información institucional o recopilada en documentos legales impresos, que se digitalizaron, fase que corresponde al SIG y se integraron con el *software* Tableau que por sus características tecnológicas dieron como resultado el trabajo propuesto.

## VIII. Conclusiones

- Con respecto a la descripción del proceso de mapas con información geográfica y los parámetros propuestos en los objetivos, se lograron realizar cuatro mapas, el primero en base al potencial de terreno en término de edificabilidad, el mapa incluye tres sectores del POT de G5 a G3, que identifica las zonas de mayor índice de tráfico, acceso a servicios y establecimientos comerciales, así como el área de construcción de mayor rentabilidad; el segundo mapa con índice de sismicidad a nivel nacional que incluye una codificación de colores en la que se determina que el área de la costa sur de Guatemala es la más propensa a fenómenos telúricos; el tercer mapa relacionado a las zonas de riesgo por deslizamiento, identifica cinco municipios del departamento de Guatemala y cuatro zonas de la capital del país, dentro de las que se incluye el área donde se encuentra El Cambray II y las consecuencias por estar dentro de dicha zona de riesgo; y el cuarto mapa relacionado a la cota máxima de altura de edificios, se enfocó en dos zonas de la ciudad de Guatemala, más cercanas al aeropuerto Internacional La Aurora. Con la realización de dichos mapas se demuestra que el trabajo colaborativo de los *softwares* GIS y Tableau es funcional para la aplicación en el desarrollo de proyectos inmobiliarios.
- El uso de la metodología de trabajo en interoperabilidad de Tableau y QGIS en análisis de terrenos provee información concreta con datos globales recientes que permiten crear mapas profesionales personalizados por medio del uso de tablas interrelacionadas con datos de diferentes fuentes, tal como se demuestra en los cuatro mapas creados para este estudio, que a la vez son aporte para el país.
- Con respecto a la información georreferencial que un proyecto es capaz de generar se logró determinar que con la información recopilada es posible crear mapas interactivos para complementar el Plan de Ordenamiento Territorial, además, esta metodología es relevante para el desarrollo del eje «Guatemala Urbano y Rural» del Plan Nacional de Desarrollo K´atun 2032, porque incluye datos georreferenciales que sirven de base para implementar medidas de prevención frente a desastres naturales en proyectos de infraestructura vial, áreas residenciales y comerciales que benefician la productividad y desarrollo del país.
- Dentro de los ejemplos actuales del uso de la metodología de trabajo para el análisis de datos del mercado inmobiliario, está la consulta de mapas georreferenciales para analizar el valor de la propiedad de acuerdo a los factores que existan alrededor del área, seleccionada que al usuario le interese para rentar o construir un bien inmueble, entre ellos establecimientos comerciales o servicios cercanos al proyecto.

## IX. Recomendaciones

Se recomienda a los desarrolladores inmobiliarios impulsar la transformación digital en el desarrollo de proyectos inmobiliarios para disminuir costos y optimizar procesos, así como mejorar la atención al cliente a fin de asegurar la permanencia en el mercado y evitar riesgos en proyectos de construcción.

A SEGEPLAN se sugiere implementar el uso de metodología colaborativa de *softwares* GIS y Tableau para la creación de mapas que incluyan información sobre factores de específicos de planificación que sirvan de apoyo para el desarrollo del Plan Nacional de Desarrollo K'atun 2032, específicamente en el eje «Guatemala Urbano y rural».

A la Universidad del Valle de Guatemala se recomienda promover el uso de *softwares* de tecnología georrreferencial y Tableau a los estudiantes de las carreras de Arquitectura e Ingeniería en el desarrollo de proyectos inmobiliarios que realicen como práctica profesional a fin de impulsar la transformación digital en Guatemala.

A los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle de Guatemala, se recomienda continuar con el seguimiento de la investigación sobre las ventajas económicas y sociales del uso de herramientas tecnológicas en los diferentes sectores de la industria de la construcción para apoyar la transformación de Guatemala en una ciudad inteligente.

A las Municipalidades a que todas cumplan con las iniciativas de Katún 2032, así como el requisito de contar con un POT formal. También es importante que trabajen en conjunto con universidades compartiendo información que tengan sobre las normativas, riesgos y planes de desarrollo de modo en que los alumnos puedan profundizar sobre cualquier tema tomando el rol de su participación ciudadana.

A las instituciones públicas como SEGEPLAN, CONRED, DGAC y MARN a que compartan públicamente y promocionen de manera efectiva la información que guardan especialmente de los SIG.

A los estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala, se recomienda seguir con la recopilación de datos sobre el recurso hídrico, temas del registro de propiedad y de la infraestructura vial en Guatemala.

A los ingenieros estructurales se les recomienda seguir innovando en la modelación de edificios en territorios con más riesgo sísmico tanto como deslizamientos.

## X. Bibliografía

- Aeroterra. (s.f.). *Aeroterra*. Bienes Raíces: <https://www.aeroterra.com/es-ar/industrias/bienes-raices/introduccion>
- AGIES. (2018). *AGIES*. Mapa de sismicidad: <https://www.agies.org/mapa-de-sismicidad/>
- AGIES. (2018). *Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala . Demandas estructurales y Condiciones de Sitio*. AGIES. [https://doi.org/https://conred.gob.gt/normas/NRD1/NSE\\_2\\_07112018.pdf](https://doi.org/https://conred.gob.gt/normas/NRD1/NSE_2_07112018.pdf)
- Alcaldía de Medellín. (2006). .Sistema de Indicadores Gestión, Implementación y Seguimiento. En A. d. Medellín, *Documento Técnico de Soporte POT (Acuerdo 46/2006)* (págs. 1347-1390). Departamento Administrativo de Planeación.
- Álvarez, B. (28 de octubre de 2021). *Consumer*. Volcanes, inundaciones... ¿Sabes si vives en una zona de riesgo de catástrofe?: <https://www.consumer.es/medio-ambiente/zonas-de-riesgo-de-catastrofe-cuales-son.html>
- ArcGIS Resources. (s.f.). *ArcGIS Resources*. Introducción a ArcGIS: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- ArcMap. (2021). *ArcGIS Desktop Esri*. ¿Qué es un shapefile?: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>
- Barrantes, G., Barrantes, O., & Núñez, O. (2011). Efectividad de la metodología Mora-Vahrson modificada en el caso de deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*(47), 141-162.
- Berrocal, R. (30 de agosto de 2017). *Geo innova*. La metodología BIM en los SIG: <https://geoinnova.org/blog-territorio/la-metodologia-bim-en-los-sig/>
- Building Smart Spain. (s.f.). *Building Smart Spain*. ¿Qué es BIM?: <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Castellanos, F. (2010). Aplicación de los sistemas de información geográfica en el ordenamiento territorial. *Ventana Informática*(22), 39-53. <https://doi.org/https://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/ventanainformatica/article/view/208>
- Ceupe. (s.f.). *Ceupe Magazine*. QGIS ¿Qué es y qué ventajas tiene?: <https://www.ceupe.com/blog/qgis.html>
- Congreso de la República. (2 de abril de 2002). Decreto No. 12-2002. Guatemala. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6698.pdf>
- Congreso de la República. (2016). *Ecoquimsa*. Instrumentos y Licencias Ambientales en Guatemala. Reglamento de Evaluación, control y seguimiento ambiental. Acuerdo Gubernativo 137-2016 y sus reformas: <https://www.ecoquimsa.com.gt/noticias/instrumentos-y-licencias-ambientales-en-guatemala-reglamento-de-evaluacion-control-y-seguimiento-ambiental#:~:text=Son%20documentos%20t%C3%A9cnicos%20en%20los,%2C>



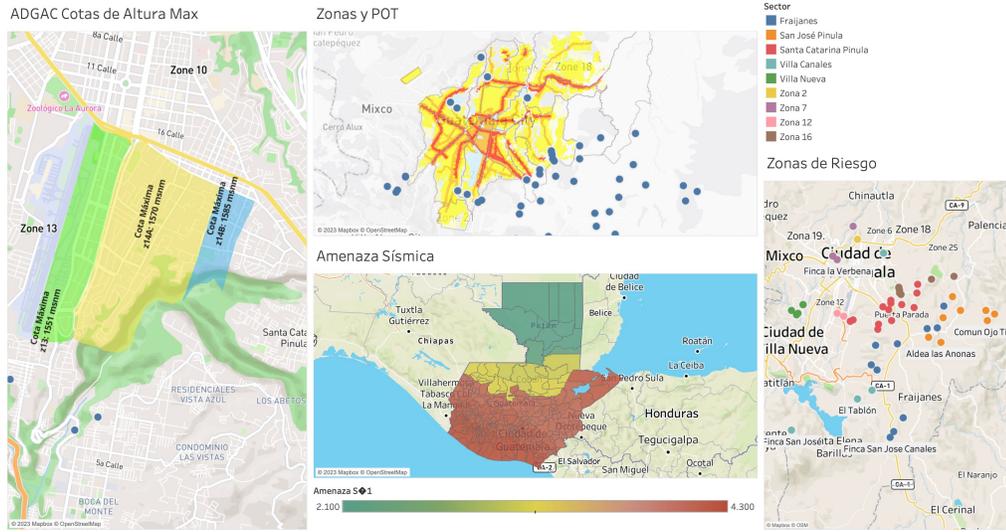
- García, É. (28 de junio de 2018). *Xataka móvil*. Aplicaciones. Siete aplicaciones para encontrar casa en venta o alquiler desde el móvil: <https://www.xatakamovil.com/aplicaciones/siete-aplicaciones-para-encontrar-casa-en-venta-o-alquiler-desde-el-movil>
- Gobierno de Guatemala. (s.f.). *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe*. Secretaría de Planificación y de Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) de Guatemala: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/secretaria-de-planificacion-y-de-programacion-de-la-presidencia-segeplan-de-guatemala>
- González, A. (14 de octubre de 2015). *República*. Unas 50 mil personas viven en 12 zonas de riesgo: <https://republica.gt/guatemala/2015-10-15-1-0-49-unas-50-mil-personas-viven-en-12-zonas-de-riesgo>
- Google. (17 de junio de 2021). *Trovimap.com*. Mapa de ubicación: [https://www.google.com/search?q=Estimaci%C3%B3n+de+Valor+DE+VIVIENDA+CON+MAPA&tbm=isch&ved=2ahUKEwjFqJ3W69yAAxUvZzABHXE5AYIQ2-cCegQIABAA&oq=Estimaci%C3%B3n+de+Valor+DE+VIVIENDA+CON+MAPA&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1DxGVjyMWDDM2gAcAB4AIABrWGI AakMkgEDMy45mAEAoA](https://www.google.com/search?q=Estimaci%C3%B3n+de+Valor+DE+VIVIENDA+CON+MAPA&tbm=isch&ved=2ahUKEwjFqJ3W69yAAxUvZzABHXE5AYIQ2-cCegQIABAA&oq=Estimaci%C3%B3n+de+Valor+DE+VIVIENDA+CON+MAPA&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1DxGVjyMWDDM2gAcAB4AIABrWGI AakMkgEDMy45mAEAoA)
- Grupo Innovaterra, S.A. (2022). *Guía de aplicación del Plan de Ordenamiento Territorial de Escuintla*. Grupo Innovaterra. [https://doi.org/https://www.fundesa.org.gt/content/files/publicaciones/POT\\_-\\_Escuintla\\_VF.pdf](https://doi.org/https://www.fundesa.org.gt/content/files/publicaciones/POT_-_Escuintla_VF.pdf)
- Gutiérrez, J. (2000). Sistemas de información geográfica: funcionalidades, aplicaciones y perspectivas en Mato Grosso de Sul. *Revista Internacional de Desenvolvimento local*, 1, 41-48.
- Hall, R., Bowerman, B., Braverman, J., Taylor, J., Todosow, H., & Von Wimmerberg, U. (2000). *The Vision of a Smart City*. U. S. Department of Energy. [https://www.researchgate.net/publication/241977644\\_The\\_vision\\_of\\_a\\_smart\\_city](https://www.researchgate.net/publication/241977644_The_vision_of_a_smart_city)
- Idarraga, J. (2015). *SIG como herramienta estratégica para el Sector Inmobiliario en la Ciudad de Manizales*. Universidad de Manizales. [https://doi.org/https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2367/Idarraga\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2367/Idarraga_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- IDE Guatemala. (s.f.). *IDE Guatemala*. Búsqueda de mapas digitales: <http://ide.segeplan.gob.gt/geoportal/mapas.html>
- Idealista. (27 de septiembre de 2022). *Statista*. El mapa del alquiler en España: <https://es.statista.com/grafico/24017/precio-medio-de-la-vivienda-en-alquiler-en-espana/>
- Incyt. (2020). *Plaza Pública*. Análisis de vulnerabilidad por ámbito: <https://www.plazapublica.com.gt/file/ambitodemografia4jpg>
- Inntus. (2020). Manual de estimación de valores. Guatemala: Inntus.
- INSIVUMEH. (s.f.). *Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda*. Quiénes somos: <https://insivumeh.gob.gt/?p=130>
- López, B. (28 de noviembre de 2021). *Issuu*. Definición de zonas de riesgo: [https://issuu.com/brenloes55/docs/avance\\_de\\_revista/s/14106919#:~:text=Una%20zona%20de%20riesgo%20es,para%20tomar%20medidas%20de%20prevenci%C](https://issuu.com/brenloes55/docs/avance_de_revista/s/14106919#:~:text=Una%20zona%20de%20riesgo%20es,para%20tomar%20medidas%20de%20prevenci%C)

- 3%B3n.
- López, L. (2003). El uso de Sistemas de Información Geográfica para el análisis del mercado inmobiliario. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, VII(146). [https://doi.org/https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146\(101\).htm](https://doi.org/https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-146(101).htm)
- MAGA. (2023). *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación*. Funciones del MAGA:  
<https://www.maga.gob.gt/historia/#:~:text=FUNCIONES%20DEL%20MAGA&ext=Promover%20y%20velar%20por%20la,y%20protecci%C3%B3n%20del%20medio%20ambiente>.
- Mangon, N. (2023). *Redshift*. La integración de los SIG y BIM transformarán el diseño y la construcción de infraestructuras: <https://redshift.autodesk.es/articles/integracion-sig-bim>
- MARN. (2022). *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Sobre el MARN:  
<https://www.marn.gob.gt/sobre-el-marn/>
- Maximilianos. (19 de mayo de 2021). *Rankia*. <https://www.rankia.cl/blog/mejores-creditos-hipotecarios/5022509-que-proyecto-inmobiliario>:  
<https://www.rankia.cl/blog/mejores-creditos-hipotecarios/5022509-que-proyecto-inmobiliario>
- Méndez, A. (4 de septiembre de 2018). *In*. Zonas de riesgo o zonas vulnerables:  
<https://es.linkedin.com/pulse/zonas-de-riesgo-o-vulnerables-amauri-eleazar-m%C3%A9ndez-castro>
- Metrópolis. (2016). Mapa interactivo: el valor metro cuadrado de venta y alquiler manzana por manzana. *Metrópolis*(3280). <https://metropolis.com.ar/5303-2/>
- Monge, P. (18 de enero de 2017). *Cinco Días*. Estas son las herramientas para saber cuánto vale tu casa:  
[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2017/01/18/mercados/1484737594\\_727878.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2017/01/18/mercados/1484737594_727878.html)
- Municipalidad de Guatemala. (6 de abril de 2009). Reglamento de Incentivos de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Guatemala. 7(2), 20-26. Guatemala.
- Muñoz, E., & Ocaña, D. (2019). *Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión Territorial*.
- Neteris. (2023). *Neteris*. Data Intelligence Tableau: <https://info.neteris.com/tableau-software-visualizacion-datos/>
- North Alpha. (2020). *North Alpha*. Carto:  
<https://www.northalpha.com/productos/software/carto/>
- Nova, E. (21 de abril de 2022). *Nova Tech*. Google Earth muestra un globo terráqueo virtual: <https://novatech.novaexperto.com/google-earth-muestra-un-globo-terraqueo-virtual/>
- Oracle. (2023). *OCI*. ¿Qué es una base de datos?:  
<https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2023). *Fao.org*. Las principales características de los Gobiernos Municipales:  
<https://www.fao.org/in-action/herramienta-administracion-tierras/modulo-3/marco-conceptual/rol-gobiernos-municipales/es/#:~:text=Dentro%20de%20las%20funciones%20de,potable%20vienda%2C%20recreaci%C3%B3n%20y%20deporte>.
- Pedamkar, P. (21 de marzo de 2023). *Educha*. Agregar filtros en Tableau Dashboard:

- <https://www.educba.com/adding-filters-in-tableau-dashboard/>
- Pedrosa, S. (1 de abril de 2020). *economipedia*. Bienes raíces: <https://economipedia.com/definiciones/bienes-raices.html>
- Pire, Y. (24 de junio de 2021). *Inmobilia*. ¿Cómo tramitar la licencia de construcción en Ciudad de Guatemala?: <https://www.inmobilia.com/mundo-inmobiliario/como-tramitar-la-licencia-de-construccion-en-ciudad-de-guatemala/>
- Plan de Desarrollo Metropolitano. (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Guatemala*. Guatemala. [https://transdoc.com/assets/images/users/elmar/file/Leyes/POT/POT--documento%20soporte%20v4\\_3.pdf](https://transdoc.com/assets/images/users/elmar/file/Leyes/POT/POT--documento%20soporte%20v4_3.pdf)
- Power Data. (2023). *Power Data*. Transformación digital. Qué es y su importancia y relación con los datos: <https://www.powerdata.es/transformacion-digital>
- QGIS project. (2002). *QGIS Documentation*. Datos Raster: [https://docs.qgis.org/3.28/es/docs/gentle\\_gis\\_introduction/raster\\_data.html](https://docs.qgis.org/3.28/es/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html)
- Razón de Estado. (9 de octubre de 2015). La tragedia de El Cambray II. Guatemala: <https://www.fundacionlibertad.com/articulo/la-tragedia-de-el-cambray-ii>.
- ReliefWeb. (10 de octubre de 2015). *RW*. Guatemala: Deslizamiento Santa Catarina Pinula, El Cambray II Reporte de Situación No. 01 (al 07-10.2015): <https://reliefweb.int/report/guatemala/guatemala-deslizamiento-santa-catarina-pinula-el-cambray-ii-reporte-de-situacion-no>
- Servegua. (6 de marzo de 2018). *Servegua*. Plan de Ordenamiento Territorial -POT-: <https://servegua.com/blog/plan-de-ordenamiento-territorial-pot/6654>
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). *Gobierno de México*. Sistemas de información geográfica: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html#:~:text=El%20SIG%20funciona%20como%20una,con%20una%20sola%20localizaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica>.
- Smart Solutions International. (2023). *Smart Solutions International*. Tableau de escritorio: <https://smartsolutions.com/soluciones/tableau-es/>
- Tableau. (2003). *Tableau*. Acerca de Tableau Prep: [https://help.tableau.com/current/prep/es-es/prep\\_about.htm](https://help.tableau.com/current/prep/es-es/prep_about.htm)
- Tableau. (2023). *Tableau*. Relacione sus datos: [https://help.tableau.com/current/pro/desktop/es-es/relate\\_tables.htm](https://help.tableau.com/current/pro/desktop/es-es/relate_tables.htm)
- Udemy. (2023). *Udemy, Inc*. Tableau: análisis de datos y visualizaciones: <https://www.udemy.com/course/curso-de-tableau-analisis-de-datos-y-visualizaciones/>
- UM. (s.f.). *um.es*. Grass Gis: <https://www.um.es/geograf/sigmur/yerba/intro.html>
- Ungoti. (2023). *Ungoti. Innovating Ideas*. Retrieved 22 de agosto de 2023, from 11 Objetivos de la Transformación digital: <https://ungoti.com/es/blog/11-objetivos-de-la-transformacion-digital/#:~:text=La%20transformaci%C3%B3n%20digital%20permite%20depurar,cualquier%20sector%20de%20la%20empresa>.
- Vallejo, P. (noviembre de 2019). *MappingGIS*. ¿Qué productos y servicios ofrece Mapbox?: <https://mappinggis.com/2019/11/que-productos-y-servicios-ofrece-mapbox/>

# XI. Anexos

Anexo 1. Dashboard con la integración de todos los mapas



Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Tabla de amenaza sísmica cargada en Tableau

Ver datos: amenaza s<sup>s</sup>mica.shp

Tablas: **amenaza s<sup>s</sup>mica.shp** 1 campo seleccionado

Departamen	Municipio	Amenaza_1	Amenaza_2	Amenaza S	AreaKm2	Cod_Dep
Petén	Melchor de Mencos	0.50000	0.200000	2.10000	2.105.75	17
Petén	Flores	0.50000	0.200000	2.10000	3.865.33	17
Petén	San José	0.50000	0.200000	2.10000	2.086.04	17
Petén	San Andrés	0.50000	0.200000	2.10000	8.051.84	17
Petén	La Libertad	0.50000	0.200000	2.10000	6.752.85	17
Petén	San Benito	0.50000	0.200000	2.10000	544.92	17
Petén	Santa Ana	0.50000	0.200000	2.10000	1.539.74	17
Petén	Dolores	0.50000	0.200000	2.10000	2.495.70	17
Petén	San Francisco	0.50000	0.200000	2.10000	1.902.48	17
Petén	Sayaxché	0.70000	0.270000	2.20000	2.402.99	17
Petén	Poptún	0.70000	0.270000	2.20000	1.090.92	17
Petén	San Luis	0.90000	0.350000	3.10000	3.086.93	17
Quiché	Ixcán	0.90000	0.350000	3.10000	1.583.78	14

Fuente: elaboración propia

### Anexo 3. Tabla de puntos de amenaza cargada en Tableau

Conexión:  En tiempo real  Extraer

Amenaza por Deslizamientos está formado por 1 tabla.

Amenaza por Deslizamientos 5 campos 54 filas 54

ID	Lugar de Riesgo	Latitud	Longitud	Sector
1	Finca la Florecita	14.549928	-90.431969	Fraijanes
2	Granja Coco	14.550997	-90.420070	Fraijanes
3	Finca el Chojin	14.576490	-90.411750	Fraijanes
4	Finca San Jose Canales	14.421280	-90.476910	Fraijanes
5	Canchon	14.531870	-90.468710	Fraijanes
6	Finca las Manzanillas	14.530080	-90.495190	Fraijanes
7	Labor Santa Elisa	14.507130	-90.499820	Fraijanes
8	Finca Bella Aurora	14.501360	-90.493000	Fraijanes
9	Del Rio Country Club	14.444550	-90.461040	Fraijanes
10	Valle Monte Bello	14.428930	-90.473040	Fraijanes
11	Puerta Negra	14.571723	-90.391220	San José Pinula
12	Finca los Anhíotes	14.587650	-90.400920	San José Pinula

Fuente: elaboración propia

### Anexo 4. Análisis de coeficiente sísmico por municipio utilizando filtros. Sector Carretera al Salvador vs Cobán



Fuente: elaboración propia