



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Implementación de los Sistemas de
Información Geográfica en el desarrollo
de una nueva versión del atlas de riesgos
universitario**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Geomático

P R E S E N T A

Emiliano Molina Trujillo

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marcos Mauricio Sandoval Salazar



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado IMPLEMENTACION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA EN EL DESARROLLO DE UNA NUEVA VERSION DEL ATLAS DE RIESGOS UNIVERSITARIO que presenté para obtener el título de INGENIERO GEOMÁTICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

EMILIANO MOLINA TRUJILLO
Número de cuenta: 316183879

Dedicatoria ...

Dedicatoria

Dedico esta tesis a la familia que siempre me apoyó, que siempre que necesité algo estuvieron ahí, y que son parte de que haya llegado aquí.

A las personas que me acompañaron todos los días de estos últimos años y que muchas veces sin saberlo me motivaban a seguir adelante.

A las profesoras y profesores que me han enseñado tanto, en conocimiento como en valores principios y sin los cuales no sería quien soy.

Agradecimientos

Gracias a mi mamá, mi hermano, tías y abuelos por ser un pilar tan importante y en el que siempre me he podido apoyar para seguir adelante.

Gracias a los amigos que preguntan ¿Geomática? ¿Qué es eso? y aún después de explicarlo siguen sin entender.

Gracias a toda la gente que conocí durante esta etapa que quedan como grandes amigos, profesores o simplemente conocidos, pero que todos y cada uno me han permitido aprender y seguir creciendo.

Gracias a la UNAM que me permite a mi, así como a miles de personas, el poder superarse, alcanzar metas y sueños.

Que nos da un vistazo al mundo real e intenta prepararnos lo mejor posible para que entremos a ese mundo como excelentes profesionales y personas.

Gracias a la DGAPSU por abrirme las puertas para el servicio social, prácticas profesionales y eventualmente para la realización de esta tesis, además de brindarme una enorme cantidad de experiencia y conocimientos que considero de gran ayuda en mi desarrollo profesional y como persona.

Resumen

Los atlas de riesgo son un recurso de enorme valor dentro del campo de la gestión integral de riesgo, sus conjuntos de información ayudan a salvaguardar la integridad de los agentes perturbables frente a la ocurrencia de los fenómenos perturbadores, en este trabajo se explora el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en la creación de una versión de un atlas, así como para generar, actualizar y recolectar información que beneficie y nutra los atlas de riesgo y el uso que se les da, en específico el atlas de riesgo de la universidad está enfocado a atender a la comunidad universitaria y entidades y dependencias a lo largo del territorio nacional, hoy en día se emplea este atlas para generar recomendaciones y difundir información de los riesgos a los que están expuestos y como prevenirse ante estos.

The risk atlases are a resource of enormous value within the field of integral risk management, their sets of information help to safeguard the integrity of the perturbable agents in front of the occurrence of the perturbing phenomena, in this work the use of the geographic information systems (GIS) in the creation of a version of an atlas is explored, as well as to generate, update and collect information that benefits and nourishes the risk atlases and the use that is given to them, specifically the risk atlas of the university is focused to attend to the university community and the dependencies along the national territory, today this atlas is employed to generate recommendations and to disseminate information of the risks to which they are exposed and how to prevent oneself before these.

Índice general

Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Resumen	IV
1. Introducción	1
1.1. Geomática	1
1.1.1. SIG	1
1.2. Protección Civil y Gestión integral de riesgos	2
1.3. SIG para la gestión integral de riesgo	5
1.3.1. Elementos de un atlas de riesgo	6
1.3.2. Riesgo, Peligro, Vulnerabilidad y Exposición	7
1.4. El Atlas de riesgo dentro de las etapas de la gestión integral de riesgos	9
1.5. Atlas de riesgos universitario	12
2. Objetivo	13
2.1. Objetivo General	13
3. Material	14
3.1. Software	14
3.1.1. QGIS	14
3.1.2. PHP	14
3.1.3. Javascript	15
3.1.4. Leaflet	15
3.1.5. Visual Studio Code	15
3.1.6. Python	15
3.2. Información Geográfica	16
3.2.1. Servicios de mapas de CENAPRED	16
3.2.2. Servicio Sismológico Nacional	16

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	VI
3.2.3. NOAA	16
3.2.4. LANOT	16
3.2.5. SMN	17
4. Método	18
4.1. Información espacial	18
4.2. Visor	25
5. Resultados y Discusiones	34
6. Conclusiones	42
7. Anexo	45
8. Bibliografía	52

Índice de figuras

4.1. Primer y Segunda versiones del Atlas	18
4.2. Proceso de Digitalización	19
4.3. Ejemplo de los registros de una capa desplegados en el visor .	20
4.4. Capa de últimos sismos detectados	22
4.5. Imágenes de las capas de tope de nubes y nubes RGB	23
4.6. Capa de probabilidad de lluvia	24
4.7. Barra lateral y sus 3 grupos	27
4.8. Barra lateral desplegada	27
4.9. Geometrías creadas con la herramienta	29
4.10Ejemplo de una capa de la Ciudad de México añadida con la herramienta	30
4.11Herramienta de Búsqueda	31
4.12Capturas de la herramienta y el listado de capas y simbología que permite incluir	32
4.13Imagen generada desde la herramienta	32
5.1. Recomendación baja temperatura	35
5.2. Recomendación onda de calor	36
5.3. Recomendación eclipse solar	37
5.4. Hipótesis sismo sur del país	38
5.5. Hipótesis sismo Norte del país	38
5.6. Hipótesis huracán península de Yucatán	39
5.7. Hipótesis huracán pacífico norte del país	39
6.1. Imagen de mapa base de Google, ENES Mérida	43
7.1. Primera parte del código	46
7.2. Segunda parte del código	47
7.3. Tercera parte del código	47
7.4. Primera parte del código	48
7.5. Segunda parte del código	49

7.6. Tercera parte del código	49
7.7. Primera parte del código	50
7.8. Segunda parte del código	51
7.9. Tercera parte del código	51

Capítulo 1

Introducción

Este trabajo describe lo realizado para la creación de la nueva versión del atlas de riesgo universitario, el cual está enfocado en que el producto final se asemeje a un sistema de información geográfica con las herramientas y capacidades básicas que estos proveen. Es por esto que resulta importante definir lo que es la geomática, los sistemas de información geográfica, la gestión integral de riesgos, la protección civil y los atlas de riesgo.

1.1. Geomática

La geomática se puede definir como *“un término científico moderno que sirve para expresar la integración sistémica de técnicas y metodologías de adquisición, almacenamiento, procesamiento, análisis, presentación y distribución de información geográficamente referenciada.”* (Aguirre Gómez, 2009), y aunque es una definición concisa es también bastante general, la geomática realiza los procesos mencionados en la definición con la finalidad de ayudar a resolver problemas para una amplia variedad de campos.

La geomática engloba los campos de la fotogrametría, topografía, geodesia, cartografía, sistemas de información geográfica, entre otras. Esta variedad de campos brindan la posibilidad de resolver una amplia cantidad de problemas, desde diversos y diferentes enfoques.

1.1.1. SIG

Los sistemas de información geográfica (SIG), GIS por sus siglas en inglés, son un conjunto de herramientas y técnicas que permiten representar de manera gráfica la localización geográfica de una gran variedad de información

y sobre esta poder realizar diversos análisis y procesos, además tienen la capacidad de trabajar con información o archivos locales, así como acceder y usar información alojada en la web.

El Servicio Geológico Mexicano define a los SIG como *“un software específico que permite a los usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos.”*(Servicio Geológico Mexicano, 2017).

ESRI (Environmental Systems Research Institute) empresa líder en el mercado de los Sistemas de Información Geográfica, los define como *“un entorno para recopilar, gestionar y analizar datos. Arraigado en la ciencia de la geografía, el GIS integra muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones usando mapas y escenas 3D. Con esta capacidad única, los GIS revelan conocimientos más profundos de los datos, como patrones, relaciones y situaciones, ayudando a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes ”* (¿Qué Es el GIS? | Sistema de Información Geográfica Tecnología de Cartografía, s.f.) por lo que podemos concluir que los SIG no sirven únicamente para representar los datos de forma espacial y analizarla, su principal uso es para conocer la información espacial y para saber que más puede decir la información sobre los fenómenos, su componente geográfica y otros factores involucrados.

1.2. Protección Civil y Gestión integral de riesgos

La protección civil se define por primera vez en los protocolos adicionales a los convenios de Ginebra del 12 de agosto de 1949, los cuales surgen para regular el derecho internacional humanitario, con el propósito de proteger a las víctimas de conflictos armados. En el protocolo se define a la protección civil como *“el cumplimiento de algunas o de todas las tareas humanitarias que se mencionan a continuación, destinadas a proteger a la población civil contra los peligros de las hostilidades y de las catástrofes y a ayudarla a recuperarse de sus efectos inmediatos, así como a facilitar las condiciones necesarias para su supervivencia ”* (Comité Internacional De la Cruz Roja, 1949), y se listan las 15 tareas humanitarias:

1. servicio de alarma

2. evacuación
3. habilitación y organización de refugios
4. aplicación de medidas de oscurecimiento
5. salvamento
6. servicios sanitarios, incluidos los de primeros auxilios, y asistencia religiosa
7. lucha contra incendios
8. detección y señalamiento de zonas peligrosas
9. des-contaminación y medidas similares de protección
10. provisión de alojamiento y abastecimiento de urgencia
11. ayuda en caso de urgencia para el restablecimiento y el mantenimiento del orden en zonas damnificadas
12. medidas de urgencia para el restablecimiento de los servicios públicos indispensables
13. servicios funerarios de urgencia
14. asistencia para la preservación de los bienes esenciales para la supervivencia
15. actividades complementarias necesarias para el desempeño de cualquiera de las tareas mencionadas, incluyendo entre otras cosas la planificación y la organización.

Desde el protocolo mencionado comenzaron a surgir sistemas en Europa y posteriormente el resto del mundo los cuales se dedicaron en la protección civil pero ya no en el enfoque bélico, ahora enfocado a la ocurrencia de calamidades naturales y/o tecnológicas (SCT, 2006).

A partir de los años 60's la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se ha visto involucrada en la gestión de riesgos, desde la recaudación de fondos para reconstrucción de áreas afectadas por desastres, creación de organismos dedicados a la mitigación y respuesta ante desastres, y más recientemente en la creación de marcos globales para la gestión y reducción de riesgos de desastres (DRR And UNDRR's History, 2023).

En 2005 la oficina de las naciones unidas para la reducción del riesgo de desastres (UNISDR) en conjunto con el gobierno de Japón recibieron la conferencia mundial para la reducción de desastres, la cual dio como resultado el Marco de Acción de Hyogo (MAH), el cual fue respaldado por 168 estados miembros, y el cual marcó un antes y un después en los esfuerzos nacionales y locales para la reducción de riesgos de desastres, además de que fortaleció la cooperación internacional al generar estrategias, planes y políticas regionales, así como plataformas para la reducción de riesgos de desastres (La ONU y la Gestión del Riesgo de Desastres | UN-SPIDER Knowledge Portal, s.f.).

Este marco dio paso eventualmente a su sucesor, el Marco Sendai para la reducción del riesgo de desastres, este se aceptó en la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres en marzo de 2015, y dirige los esfuerzos locales, nacionales, regionales e internacionales en el campo de la reducción de riesgos de desastres en el periodo que comprende de 2015 y hasta el 2030.

Dentro del Marco Sendai se menciona el papel que tienen los sistemas de información geográfica para la gestión integral de riesgos de desastres, ya que proporciona acceso a datos en tiempo real, precisos y actualizados, los que facilitan la identificación, evaluación y monitoreo de los riesgos. Gracias a esta información las autoridades pueden tomar decisiones informadas para prevenir y mitigar los desastres. Además los SIG contribuyen a la creación de la cartografía necesaria para comprender los riesgos de desastres, reducir los riesgos de desastres, visualizar áreas vulnerables y apoyar la implementación de medidas de protección en niveles local, nacional regional e internacional(Marco de Sendai Para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, 2015).

En México la gestión integral de riesgos se introduce el 6 de mayo de 1986 como respuesta a los sismos de 19 y 20 de septiembre de 1985 (Alcántara-Ayala, Irasema, Garza Salinas, et al. 2019) esto mediante la creación del Sistema Nacional de Protección Civil(SINAPROC).

La Ley General de Protección Civil define a la protección civil como *“la acción solidaria y participativa, que en consideración tanto de los riesgos de origen natural o antrópico como de los efectos adversos de los agentes perturbadores, prevé la coordinación y concertación de los sectores público, privado y social en el marco del Sistema Nacional, con el fin de crear un conjunto de disposiciones, planes, programas, estrategias, mecanismos y recursos para*

que de manera corresponsable, y privilegiando la Gestión Integral de Riesgos y la Continuidad de Operaciones, se apliquen las medidas y acciones que sean necesarias para salvaguardar la vida, integridad y salud de la población, así como sus bienes; la infraestructura, la planta productiva y el medio ambiente ".

La misma ley define a la gestión integral de riesgos como *"El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción;"*(Ley General de Protección Civil, Última Reforma DOF 21-12-2023).

1.3. SIG para la gestión integral de riesgo

¿Cómo contribuye un sistema de información geográfica a la gestión integral de riesgo?, el ejemplo más claro es el Atlas Nacional de Riesgo (ANR), la Ley General de Protección Civil lo define como, *"Sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables"* (Ley General de Protección Civil, Última Reforma DOF 21-12-2023), esta ley designa en el artículo 19 apéndice XXII al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), como el encargado de supervisar, realizar y mantener actualizado el atlas nacional de riesgos, así como los correspondientes a entidades federativas, municipios y demarcaciones de la Ciudad de México, CENAPRED entonces define al atlas nacional de riesgo como *"sistemas que integran información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno"*(CENAPRED, 2018), dentro de la Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México se define a los atlas de riesgos como *"Sistema integral de información de la Ciudad de México,*

que conjunta los Atlas de Riesgos de las Alcaldías, sobre los daños y pérdidas esperados, resultado de un análisis espacial y temporal, sobre la interacción entre los Peligros, la Vulnerabilidad, la exposición y los Sistemas Expuestos". Estas definiciones no establecen que el atlas nacional de riesgo, y en su defecto los atlas de riesgo, sean sistemas de información geográfica, en ambas se menciona, de manera diferente, la integración de información sobre fenómenos o agentes perturbadores, por lo que se puede concluir que en si, el atlas es principalmente una colección de información, "Los atlas de riesgos integran información sobre:

- *Mapas de peligros por fenómenos perturbadores*
- *Mapas de susceptibilidad*
- *Inventario de bienes expuestos*
- *Inventario de vulnerabilidades*
- *Mapas de riesgos*
- *Escenarios de riesgos"*

(CENAPRED, 2018).

Dentro de los sistemas integrales que se mencionan en las definiciones es donde entran los SIG, primero como herramienta para generar la información, con datos obtenidos de manera directa o indirecta, realizar análisis que expandan y profundicen dicha información, plasmar los resultados de los análisis y hacer posible su consulta mediante un visor de mapas.

1.3.1. Elementos de un atlas de riesgo

Siguiendo lo establecido en la ley, es importante definir los elementos mencionados y necesarios para la integración de un atlas de riesgo:

Los mapas de peligros por fenómenos perturbadores son la representación espacial y temporal de los resultados de análisis o modelaciones de los fenómenos, tomando en cuenta la frecuencia o tasa de ocurrencia de las variables que los caracterizan.

Los mapas de susceptibilidad contienen la información de propensión espacial a que ocurran diferentes fenómenos, tomando en cuenta la inestabilidad y variación de sus factores condicionantes.

Inventario de bienes expuestos, se entiende por exposición a la cantidad de personas, bienes o sistemas que se encuentren en una zona de estudio y que son susceptibles a ser dañados.

Inventario de vulnerabilidades, se entenderá por vulnerabilidad física a la susceptibilidad o propensión de daños de un sistema expuesto y como vulnerabilidad social a la capacidad de la sociedad para evitar los daños de los bienes expuestos y recuperarse ante el impacto de un fenómeno perturbador.

Mapas de riesgos, son la representación gráfica de la distribución espacial y temporal de pérdidas económicas esperadas de los bienes expuestos ante la presencia de un agente perturbador, estos se estiman tomando en cuenta las intensidades del fenómeno perturbados, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos.

Escenarios de riesgos, corresponde a la proyección de un futuro posible simulado y que servirá para el análisis prospectivo de daños y pérdidas, y la implementación de acciones estructurales y no estructurales, con el objetivo de reducir las pérdidas probables.

(ACUERDO Por el Que Se Emite la Guía de Contenido Mínimo Para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. DOF, 2016).

El CENAPRED elabora y publica una gran cantidad de información espacial correspondiente a los puntos antes definidos, por lo que para el presente trabajo únicamente se requirió la integración de esta información, la cual además ya cumple con las condiciones establecidas en la ley, dentro del visor del atlas de riesgo universitario

1.3.2. Riesgo, Peligro, Vulnerabilidad y Exposición

La ley general de protección civil define al riesgo como “ *Daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador*”, de esta definición se puede concluir que el riesgo es la interacción de tres factores, un agente afectable mediante su exposición, vulnerabilidad y un agente perturbador también conocido como un peligro. ¿Que representan estos tres factores?

Agente Afectable o exposición , lo define el CENAPRED como la cantidad de personas, bienes, valores, infraestructura y sistemas susceptibles a ser dañados o perdidos(CENAPRED, s.f.).

La vulnerabilidad se define dentro de la ley general de protección civil como *“Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales”* (Ley General de Protección Civil, 2023, art. 2, sección LVIII).

Peligro, según la ley general de protección civil es *“ Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado”* (Ley General de Protección Civil, 2023, art. 2, sección XXXVII). En la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos se lista de los fenómenos perturbadores, los cuales se agrupan en las siguientes clases, definidas por la Ley general de protección civil.

- *“Fenómeno Geológico: Agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis, la inestabilidad de laderas, los flujos, los caídos o derrumbes, los hundimientos, la subsidencia y los agrietamientos.*
- *Fenómeno Hidrometeorológico: Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados.*
- *Fenómeno Químico-Tecnológico: Agente perturbador que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames.*
- *Fenómeno Sanitario-Ecológico: Agente perturbador que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos.*

- *Fenómeno Socio-Organizativo: Agente perturbador que se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, tales como: demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población, terrorismo, sabotaje, vandalismo, accidentes aéreos, marítimos o terrestres, e interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica.*
- *Fenómeno Astronómico: Eventos, procesos o propiedades a los que están sometidos los objetos del espacio exterior incluidos estrellas, planetas, cometas y meteoros. Algunos de éstos fenómenos interactúan con la tierra, ocasionándole situaciones que generan perturbaciones que pueden ser destructivas tanto en la atmósfera como en la superficie terrestre, entre ellas se cuentan las tormentas magnéticas y el impacto de meteoritos."*

(Ley General de Protección Civil, 2023, art. 2, seccs. XXI y XXIII-XXVII)

1.4. El Atlas de riesgo dentro de las etapas de la gestión integral de riesgos

Para el presente trabajo resulta importante resaltar la utilidad de los atlas de riesgo dentro de las labores de la gestión integral de riesgos, específicamente dentro de las etapas que integran a la gestión de riesgos y las cuales se mencionan en la definición provista por la Ley General de Protección Civil, y son: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción.

La ley, en el artículo segundo, provee las siguientes definiciones para cada una de las etapas de la gestión integral de riesgos.

La identificación de riesgos se define como *"Reconocer y valorar las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica, a través del análisis de los peligros y la vulnerabilidad"*, en la misma definición se menciona una posible aplicación del atlas para esta etapa, plasmando geográficamente e identificando los probables agentes afectables, pero también proveyendo la información geográfica necesaria para los análisis de peligros y vulnerabilidades

Se define la previsión como *“Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción”*, para esta etapa la información que se puede presentar mediante el atlas es de nuevo bastante importante, si se cuenta con información histórica o proyecciones que ayuden a prever fenómenos perturbadores.

Para la ley la prevención es *“Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos”*, el atlas es parte de los mecanismos que se mencionan en la definición, de nuevo al proveer la información espacial necesaria para la toma de decisiones pero también para reducir el impacto de los fenómenos perturbadores sobre los agentes afectables.

Mitigación es *“Toda acción orientada a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable”*, de nuevo se presenta la importancia de la información para la toma de decisiones y la colección de información espacial que puede brindar un atlas será de gran ayuda al analizar los planes de acción para disminuir el impacto de los agentes perturbadores.

Preparación se define como *“Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazo”*, los atlas pueden también servir durante la planeación de un plan de acción previo a la ocurrencia de un agente perturbador, así como brindar a la comunidad la información necesaria para que también puedan prepararse por su cuenta.

Auxilio es *“respuesta de ayuda a las personas en riesgo o las víctimas de un siniestro, emergencia o desastre, por parte de grupos especializados públicos o privados, o por las unidades internas de protección civil, así como las acciones para salvaguardar los demás agentes afectables”*, en el caso de esta etapa, el atlas puede contribuir en el registro y representación geográfica de las áreas afectadas por el agente perturbador, así como identificar mediante la información especial que se encuentre en el atlas, zonas con

gran concentración de posibles agentes afectables, y con esto generar una reacción efectiva de los equipos de respuesta.

Recuperación se define como *“Proceso que inicia durante la emergencia, consistente en acciones encaminadas al retorno a la normalidad de la comunidad afectada”*, durante esta etapa el atlas puede ser de ayuda al representar geográficamente un plan inicial de recuperación, así como ubicar áreas de prioridad u otros factores de importancia en esta etapa.

Y por ultimo la reconstrucción es definida como *“La acción transitoria orientada a alcanzar el entorno de normalidad social y económica que prevalecía entre la población antes de sufrir los efectos producidos por un agente perturbador en un determinado espacio o jurisdicción. Este proceso debe buscar en la medida de lo posible la reducción de los riesgos existentes, asegurando la no generación de nuevos riesgos y mejorando para ello las condiciones preexistentes”*, La aplicación de el atlas para esta etapa es de nuevo la capacidad que brinda de representar información espacial, específicamente para evitar posibles riesgos a futuro, promover una reconstrucción y vuelta a la normalidad con mayor conciencia de los fenómenos perturbadores y como disminuir o evitar su impacto sobre los agentes afectables.

Al ser todas estas etapas de un mismo proceso, y viendo lo que nos dicen las definiciones, podemos concluir que estas ocho están bastante conectadas y entrelazadas y no puede faltar u omitirse una para una correcta y efectiva gestión integral de riesgos.

Como se puede ver en cada definición y en como contribuye un atlas a cada etapa, una de las aportaciones más recurrentes de los atlas es la posibilidad de presentar de manera geográfica casi cualquier tipo de información, y el representar la información de esta manera permite que la toma de decisiones antes, durante y después de una emergencia sea más informada y tomando en cuenta variables que de no estar representadas espacialmente tal vez serían ignoradas y se propiciaría una mala gestión integral de riesgos.

1.5. Atlas de riesgos universitario

Cada día la universidad recibe a más de cuatrocientas mil personas, docentes y alumnos, entre el campo central de Ciudad Universitaria, los más de 12 campus y planteles en el área metropolitana y todas las instalaciones alrededor del país (Portal de Estadísticas Universitarias, Ciclo 2023-2024). Salvaguardar la seguridad y la integridad de la comunidad universitaria, así como la de las instalaciones y bienes, el patrimonio artístico, cultural y científico de la Universidad Nacional Autónoma de México es una de las principales prioridades y preocupaciones de las autoridades universitarias.

Una de las herramientas pensadas en el apoyo a las actividades que realiza la Dirección General de Análisis, Protección y Seguridad Universitaria (DGAPSU) en cuanto a la protección civil es el Atlas de riesgos universitario.

Este Atlas, apoyado en su desarrollo principalmente por el uso de sistemas de información geográfica, permitirá dar conocimiento de los factores de riesgo a los que está expuesta la comunidad universitaria, además de los bienes y patrimonio universitarios. También permitirá generar mapas plasmando la información esencial que debe contener un atlas de riesgo, así como graficar datos de simulación de escenarios de emergencia, emitir recomendaciones basadas en el atlas de riesgos y establecer medidas de prevención y mitigación de riesgos, entre otras cosas.

Los objetivos de esta herramienta son proteger a la comunidad universitaria mediante acciones con las que se puedan reducir o evitar daños a la integridad física de las personas, los bienes materiales y la naturaleza, así como fomentar la cultura de la prevención de riesgos.

Capítulo 2

Objetivo

2.1. Objetivo General

- Apoyarse de los sistemas de información geográfica y la programación para realizar una versión actualizada del atlas de riesgos de la universidad, el cual sea de utilidad tanto para las dependencias, como a la comunidad y brinde la información necesaria para una correcta gestión integral de riesgos, así como para promover una cultura de prevención.

Capítulo 3

Material

3.1. Software

Para este trabajo se empleó software libre y de fácil uso, QGIS fue el SIG elegido para trabajar con la información espacial, para generarla desde cero a revisar o editar aquella de terceros, una vez con esto y para crear el visor web se usaron un editor de texto, en este caso Visual Studio Code y diferentes lenguajes de programación, como Javascript, Php y Python, así como leaflet, que permitieran integrar herramientas y funcionalidades de un SIG dentro del mencionado visor, permitiendo a usuarios no familiarizados con estos poder hacer uso del atlas.

3.1.1. QGIS

También conocido como "*Quantum GIS*" es un sistema de información geográfica de código abierto que se ha vuelto bastante utilizado debido a su amigable interfaz de usuario, facilidad de uso e interoperabilidad. Permite generar geometrías, editarlas, trabajar con archivos vectoriales y raster, integrar servicios web, bases de datos, crear herramientas y usar plugins para procesos específicos.

3.1.2. PHP

En su sitio web se define a PHP como "*un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.*"(PHP: ¿Qué Es PHP? - Manual, s. f.-b) Es una herramienta que resulta de gran utilidad para el desarrollo de paginas web al proveer

una gran capacidad de conectividad, interoperabilidad, compatibilidad y la facilidad de acceso que ofrecen el ser de código abierto.

3.1.3. Javascript

Este lenguaje de programación se define como *“lenguaje de programación diseñado en un principio para añadir interactividad a las páginas webs y crear aplicaciones web. A pesar de la similitud en el nombre, no está relacionado con Java. Se emplea en el desarrollo de páginas web para tareas como cambiar automáticamente la fecha de una página, hacer que una página aparezca en una ventana emergente al hacer clic en un enlace o que un texto o imagen cambien al pasar el ratón por encima. También suele emplearse para hacer encuestas y formularios. Se ejecuta en el ordenador del visitante a la web, por lo que no requiere descargas constantes desde el sitio web.”*(Urrutia, s. f.)

3.1.4. Leaflet

Leaflet se define como *“La biblioteca de JavaScript de código abierto líder para mapas interactivos optimizados para dispositivos móviles.”*(Leaflet — An Open-source JavaScript Library For Interactive Maps, s.f.)

Permite crear mapas dinámicos dentro de páginas web, así como cargar servicios de mapas o archivos de capas locales y mostrar sus propiedades, entre otras muchas cosas.

3.1.5. Visual Studio Code

“Es un editor de código optimizado para construir y debuggear aplicaciones web modernas de manera sencilla”(Documentation For Visual Studio Code, 2021).

Es bastante útil al permitir editar varios archivos en diferentes lenguajes de programación al mismo tiempo.

3.1.6. Python

Python se autodefine en su propio sitio web como *“ lenguaje de programación potente y fácil de aprender. Tiene estructuras de datos de alto nivel eficientes y un simple pero efectivo sistema de programación orientado*

a objetos. La elegante sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto a su naturaleza interpretada lo convierten en un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en muchas áreas, para la mayoría de plataformas"(El Tutorial de Python, s.f.-b).

3.2. Información Geográfica

La ventaja de los SIG de trabajar con datos alojados en la web, permite hacer uso de la información que una gran cantidad de proveedores, tanto en la iniciativa privada como pública, publican y distribuyen mediante diferentes servicios de mapas web, siendo REST el que mas se empleó en este trabajo.

3.2.1. Servicios de mapas de CENAPRED

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) tiene una gran variedad de capas de información de fenómenos naturales, datos geoestadísticos básicos y cartografía que es de gran importancia para los análisis que deben estar presentes en el atlas, la mayoría de estos pueden ser añadidos mediante servicios web

3.2.2. Servicio Sismológico Nacional

El SSN provee la información de los últimos sismos detectados en todo el país, y permite hacer uso de esta información mediante un archivo xml que tiene disponible en su página web.

3.2.3. NOAA

El NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) tiene disponible una enorme cantidad de información de utilidad para monitoreo de fenómenos, principalmente de ciclones tropicales, imágenes satelitales entre otros, en este caso permite utilizar sus datos de monitoreo de fenómenos desde un servicio web.

3.2.4. LANOT

LANOT (Laboratorio Nacional de Observación de la Tierra) cuenta con una gran variedad de imágenes de diferentes satélites, imágenes ya procesadas

y otros recursos que se pueden acceder y descargar desde su página web y los cuales enfocan principalmente el territorio nacional.

3.2.5. SMN

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene grandes cantidades de información, desde datos de sequía, ciclones tropicales, pronósticos del tiempo entre otros muchos, estos pueden ser consultados y descargados desde su página web.

Capítulo 4

Método

Ya existían versiones previas del atlas de riesgo universitario, pero estaban bastante limitadas por las tecnologías que se usaron para construirlos, a pesar de esto, gran parte de las capas de información que se habían generado y que utilizaban estas otras versiones resultaron útiles para la nueva versión, como datos desde los cuales se podía continuar digitalizando o de los cuales partir para actualizar.dr



Figura 4.1: Primer y Segunda versiones del Atlas

4.1. Información espacial

Al ser la información la base en la que se construirá al Atlas, parte fundamental del proyecto es la creación de aquella información que no existía y la actualización de la que si.

Unas de las principales formas de crear esta información es mediante la digitalización por imágenes de satélites, planos o guiándose por capas de in-

formación preexistentes.

Esta digitalización se realiza empleando un sistema de información geográfica, en este caso QGIS, el cual con los mapas base y demás herramientas previamente mencionadas brindan lo necesario para realizar los trazos.

Dependiendo de la capa que se esté trabajando va a variar la forma de hacer la digitalización, si es una capa como la de edificios, se delimitaron por el borde exterior, evitando sobre-posiciones o traslapes con otros edificios de la capa.



Figura 4.2: Proceso de Digitalización

Podría decirse que la digitalización se trata de dibujar lo que es de interés para la capa sea un predio, un camino, un edificio o un punto.

También es posible ayudarse de otras herramientas para la digitalización, como puede ser el levantamiento de datos en sitio, para capas como las de rutas de pumabus se emplearon aplicaciones de navegadores GPS para generar cada una de las rutas existentes, así como las paradas correspondientes y posteriormente se editaron y corrigieron los errores que pudiera presentar el navegador dentro de QGIS.

Con esta digitalización se tiene la primera parte de la capa, la otra parte corresponde a lo que se conoce como atributos, los cuales son registros de información, siguiendo el ejemplo de la capa de edificios, los atributos pueden contener registros como el nombre del edificio, numero de pisos, coordenadas o casi cualquier información que se desee tener sobre este. Para este

trabajo los campos de los registros se enfocan a la protección civil.

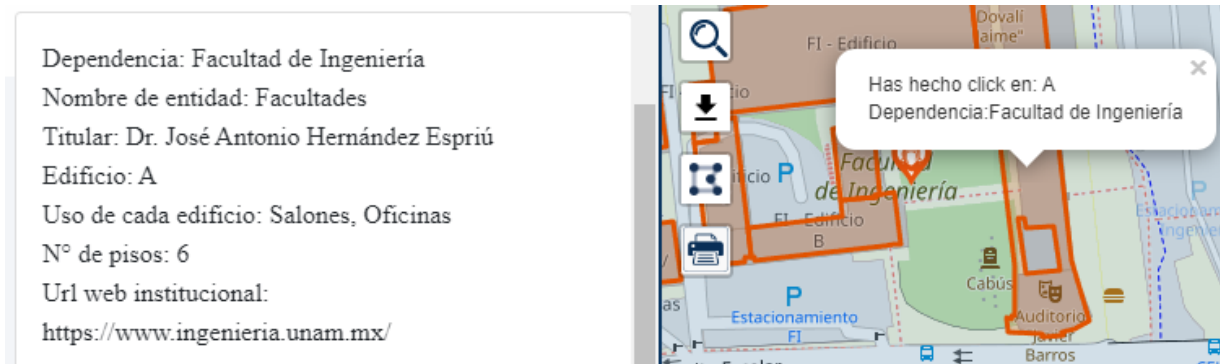


Figura 4.3: Ejemplo de los registros de una capa desplegados en el visor

Para las capas preexistentes se actualizó información de los atributos de las capas, se añadieron y eliminaron campos de atributos y se digitalizaron más geometrías dentro de la capa.

De esta manera se va generando la información espacial necesaria, pero existen varios problemas y retos al digitalizar y es que el resultado dependerá de que la información de mapas base, imágenes de satélite, o capas preexistentes estén actualizadas y completas.

La información se organizó en 3 grandes grupos:

- Información Universitaria
- Monitoreo de Fenómenos
- Información Geoespacial Nacional

En el grupo de Información Universitaria se incluyeron todas las capas que presentan información sobre la universidad, como son capas de los edificios pertenecientes a la universidad, senderos seguros dentro de CU, o las rutas del Pumabus.

Para este grupo se crearon 36 capas de información y se actualizó una capa, correspondiente a la capa de espacios, la cual contaba inicialmente con 1,238 registros en su mayoría ubicados en el área metropolitana de la Ciudad de México y se pasó a tener 1,637 al rededor de todo el país.

Capas como las de rutas de Pumabus, fueron levantadas por parte de un equipo multidisciplinario empleando equipos GPS, posteriormente arreglaron las geometrías de las rutas y le añadieron sus propiedades, estas fueron agregadas en un propio subgrupo denominado Movilidad.

Dentro del grupo de Monitoreo de Fenómenos se incluyeron las capas de algunos servicios como el monitoreo de ciclones tropicales del NOAA.

Para este grupo resultó necesario crear por propia cuenta las capas de información, puesto que no existen de manera gratuita o abierta capas o servicios de mapas que puedan ser añadidos sin previos procesamientos o modificaciones, tal es el caso de archivos GEORSS, Imágenes o archivos XML.

La primera capa que se generó para este grupo fue la de los últimos sismos detectados por el Servicio Sismológico Nacional, la cual parte de la información que tienen en su plataforma web, esta cuenta con un servicio que permite descargar los datos de los últimos sismos en formato XML, para esto se generó un programa con Python que descarga la información de los sismos, posteriormente traduce los datos en formato XML a un formato compatible con Sistemas de Información Geográfica, en este caso a Geojson, y guarda esta información, de esta manera el atlas puede acceder a la información como cualquier otra de las capas, este programa corre cada 5 minutos para asegurar tener la información más reciente en el Atlas.

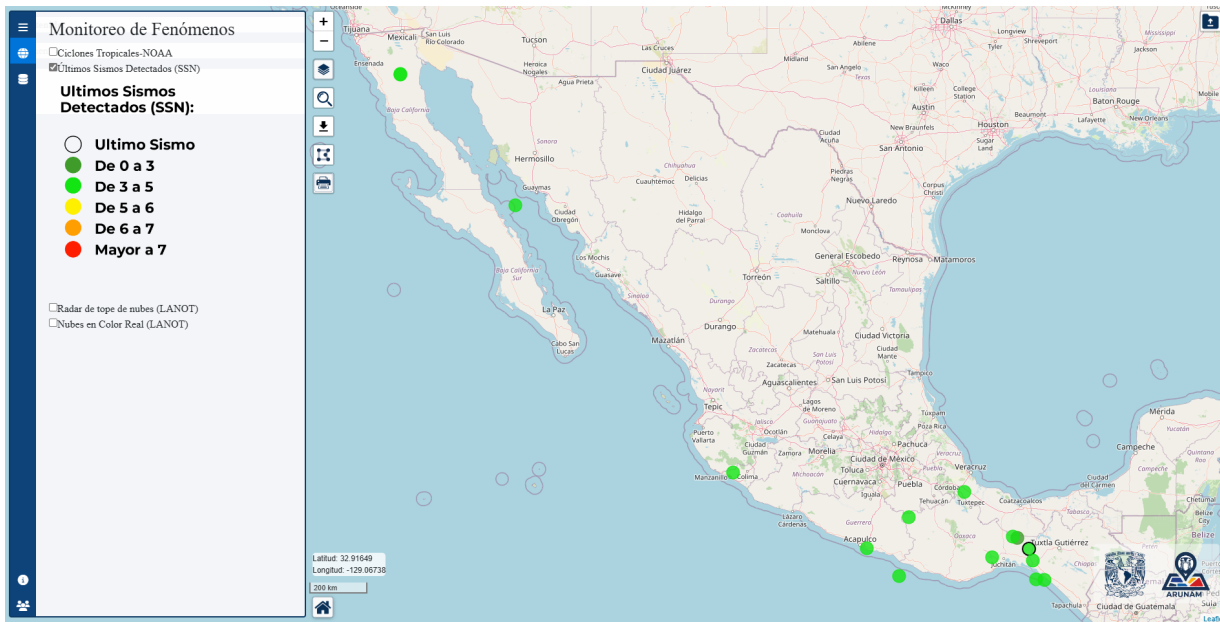


Figura 4.4: Capa de últimos sismos detectados

Otras 2 capas más que se generaron para el grupo de Monitoreo de Fenómenos son bastante similares, de igual forma se generó un programa en python que se corre cada media hora, este programa descarga un listado de identificadores de imágenes satelitales GOES-16 de la web de LANOT, una colección correspondiente a nubes en composición RGB y otra de radar de tope de nubes, posteriormente filtra los identificadores de las 15 imágenes más recientes, las descarga, numera y las guarda en una carpeta accesible para el Atlas, dentro del código del visor se empleó JavaScript para cargarlas imágenes y desplegarlas como un overlay que cambia cada medio segundo de la imagen y que parezca como un vídeo o Gif generado con las imágenes.

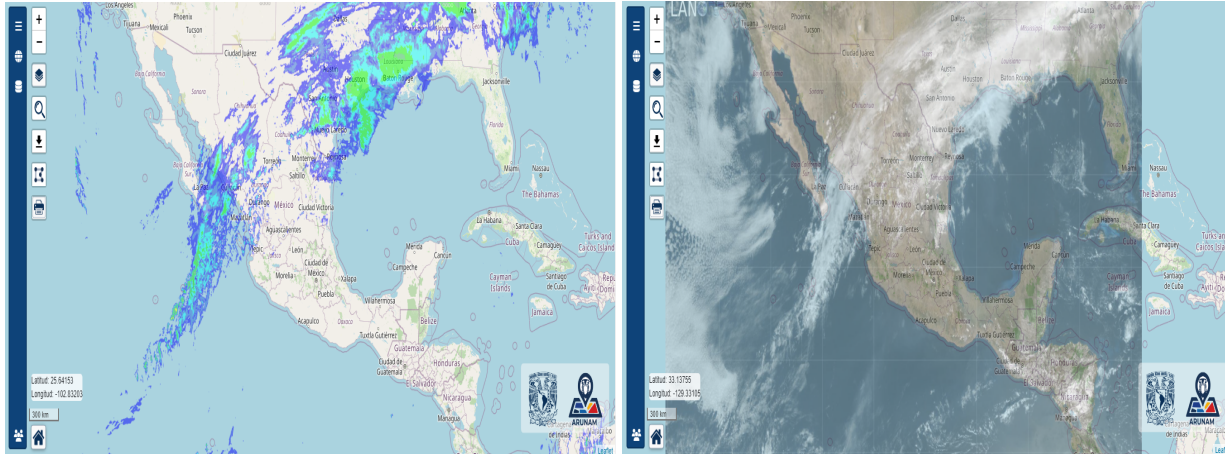


Figura 4.5: Imágenes de las capas de tope de nubes y nubes RGB

Para el grupo de monitoreo también se generó una capa de probabilidad de lluvia por día en los municipios del país que tienen presencia de la universidad, que se actualiza cada 6 horas, esto mediante los datos de pronóstico de tiempo por municipio que se puede consultar en el servicio meteorológico nacional, para tener esta información se creó un script de python que solicita los datos de cada municipio con presencia de la universidad, y los junta en un solo archivo y lo exporta a un GeoJSON compatible con el visor, dicho código se programó para correr cada 6 horas para actualizar la información. La información de este archivo incluye los datos de temperatura máxima y mínima, probabilidad de lluvia, cantidad de lluvia esperada, dirección del viento y velocidad del viento. Se eligió solo incluir la información de lluvia por el momento ya que cuando se terminó de crear la capa de información comenzó la temporada de lluvias en el país.

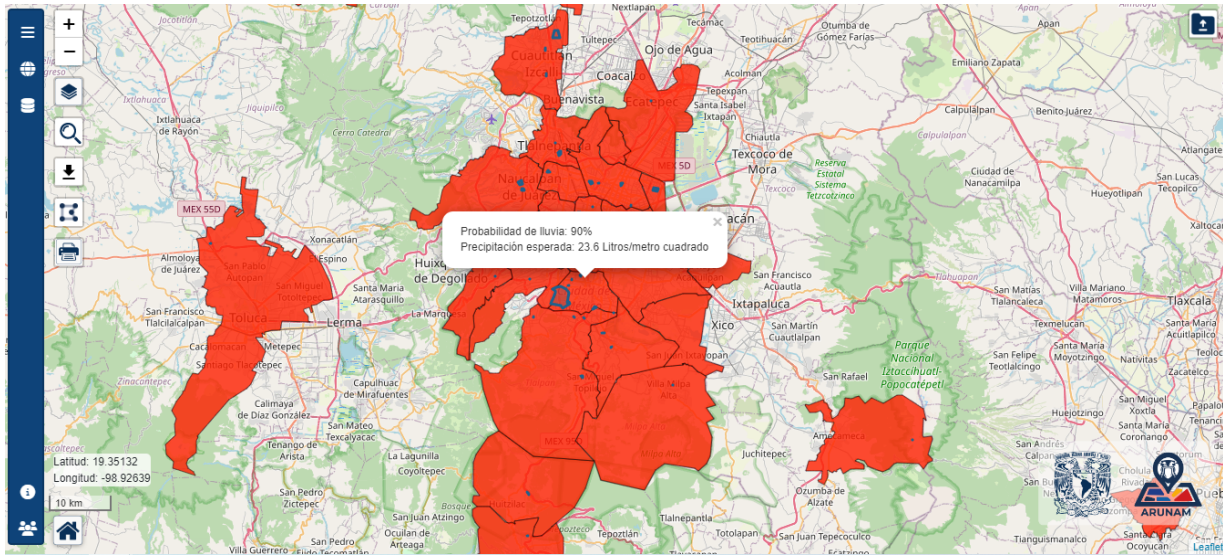


Figura 4.6: Capa de probabilidad de lluvia

Para el grupo de Información Geoespacial Nacional se incluyeron servicios de mapas Rest de CENAPRED, estos fueron agrupados en diferentes subgrupos dependiendo a la temática a la que pertenecen, estas eran inicialmente Fenómenos Geológicos, Hidrometeorológicos, Sanitario-Ecológicos y Químicos-Ecológicos. Además de los grupos ya mencionados se añadieron 3 subgrupos, los cuales presentan una mezcla entre información de servicios web y capas creadas por cuenta propia, estos fueron: Datos básicos, DENUÉ y Escenarios.

El primer subgrupo presente en esta pestaña es el de Datos básicos, este contiene 39 capas de información, 37 pertenecen a servicio de mapas de CENAPRED y 2 que son capas de información preexistente, las capas de Municipios y Estados.

El segundo subgrupo dentro del apartado Información Geoespacial Nacional es el denominado DENUÉ, las capas de este fueron generadas por cuenta propia desde la información completa del DENUÉ, la cual primero se filtró para contener ciertos temas de importancia para el atlas, las cuales son, actividades de minería, generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final, fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón, industria química, industria de salud y asistencia social y por último servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos, todas estas categorías fueron separadas de los demás registros por medio de un programa de python y

posteriormente se filtró aun más la información al hacer un corte solo con los registros ubicados a 500 metros y 1 km de distancia desde las instalaciones de la unam.

Los siguientes subgrupos de información se colocaron dentro de una sección de la pestaña de Información Geoespacial Nacional llamada Fenómenos Perturbadores, todos son información desde servicios de mapas web pertenecientes a CENAPRED.

El primer subgrupo dentro de esta sección es el de Fenómenos Geológicos, en este se colocaron capas de información de Volcanes, principalmente del Popocatepetl, capas de Sismos, hundimientos y agrietamientos, tsunamis y susceptibilidad de laderas.

El siguiente corresponde a fenómenos hidro-meteorológicos que engloba capas de información de riegos por sequías, tormentas eléctricas, granizo, ondas gélidas, entre otras.

Fenómenos Sanitario-Ecológicos es el siguiente subgrupo, para este solo se tiene la información de la capa de Índice de peligro de contaminación de agua a nivel municipal.

Como ultima sección de Fenómenos Naturales se encuentra Químico-Tecnológico, en la que se incluyen dos capas, una de riesgo de incendios por factores humanos y la otra de industria con sustancias químicas peligrosas.

Se colocó otra sección pero no pertenece directamente a Fenómenos perturbadores, esta es la de Escenarios, en la que se colocaron capas que corresponden a los escenarios e hipótesis planteados por la Coordinación nacional de protección civil y cuya información espacial generar y publican en conjunto con CENAPRED, dentro del atlas se tienen las capas de los simulacros de 2023, dos hipótesis de sismos, uno al norte y otro al sur del país, así como dos huracanes, Ernesto y Odile.

4.2. Visor

Para visualizar y hacer uso de la información espacial generada y recolectada surge la idea de el visor, que esté disponible para acceder desde la web, sin necesidad de instalar software especializado, pero que presente las capacidades y funcionalidades básicas de los SIG.

Existen diferentes software para la creación de mapas interactivos o visores web, pero Leaflet es el que se eligió para ser la base sobre la que se construye esta versión del visor, por si mismo es sumamente potente para la creación de mapas dentro de la web, tiene bastantes herramientas, funciones y elementos que lo han catapultado a ser el primer candidato a ser empleado al crear un visor web.

Leaflet necesita de ciertas configuraciones iniciales para la creación del visor, una de las más importantes es el sistema de referencia de coordenadas, por default trabaja con EPSG 3857 y aunque es posible utilizar otros como WGS84 con clave EPSG 4326 si se decide trabajar con un SRC geográfico las capas deben también estar en un SRC de coordenadas geográficas compatible, leaflet hace un proceso de extraer coordenadas de las capas, y reproyectar a coordenadas de píxel haciendo una reproyección al vuelo.

Para el Atlas se utilizaron las herramientas que ofrece leaflet y que, como se menciona anteriormente, son básicas en los SIG, por los que se incorporaron al visor web, los cuales son botones de zoom-in y zoom-out así como otro botón que permite alternar mapas base.

Una de las ventajas de Leaflet sobre otros programas para generar visores, es que existe una enorme cantidad de plugins y soporte creados por la comunidad y que resultan sumamente útiles y permiten integrar al visor una gran cantidad de las funcionalidades que usan y distinguen a los SIG.

Para la estructura del atlas resultó necesario una manera de organizar toda la información espacial y servicios que serían incluidos, para esto se utilizó el plugin "*Sidebar*", este permite generar, empleando html, un contenedor de barra lateral, en el cual se pueden agregar grupos, para el caso del atlas se dividió en las 3 o grupos mencionadas en el apartado Información espacial, los cuales son: Información Universitaria, Monitoreo de Fenómenos e Información Geoespacial Nacional y Fenómenos Naturales.



Figura 4.7: Barra lateral y sus 3 grupos

En estas se fue acomodando la información espacial dependiendo a cual de los 3 corresponden sus datos.

Así mismo y para un mejor control de encendido y apagado de las capas, se añadió junto al nombre de a capa un “checkbox” creado con html, el cual espera la interacción del usuario para realizar una acción, en este caso encender o apagar la capa, además de desplegar la simbología de la misma, función bastante importante al trabajar con información geográfica y visores de este tipo.

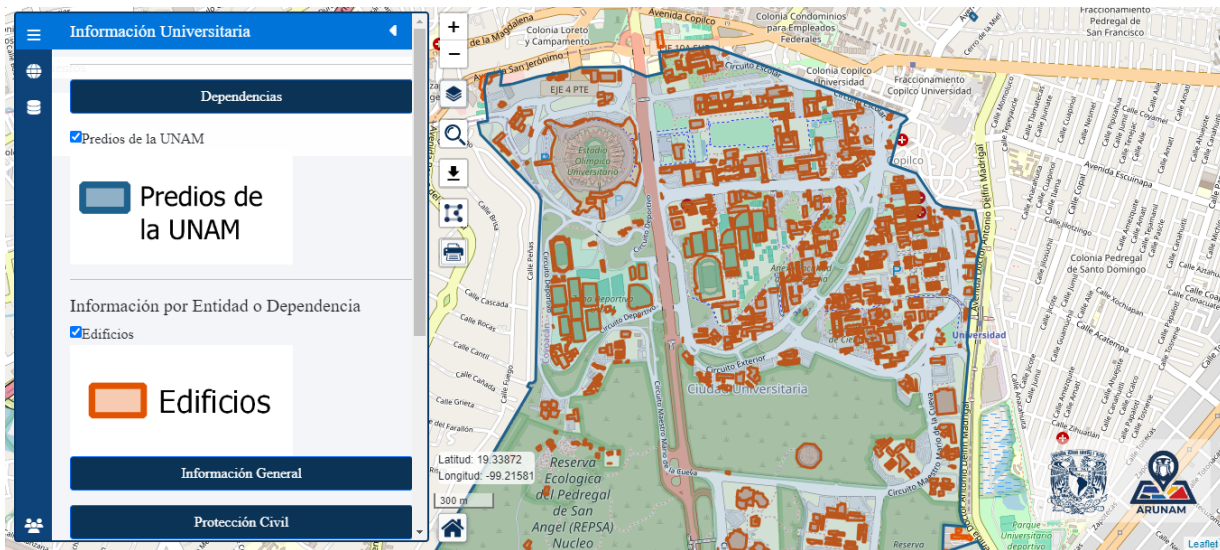


Figura 4.8: Barra lateral desplegada

De esa manera se tiene toda la información en la barra lateral lista para ser añadida al mapa del visor.

Gran cantidad de las herramientas y plugins desarrollados para leaflet giran entorno a utilidades y funciones extra, para el atlas de riesgo universitario resultaba necesario brindar al usuario las herramientas básicas para que este pudiera hacer uso e interactuar con las capas de información que se tienen añadidas

Uno de los elemento más importantes al momento de trabajar con un SIG es el poder generar geometrías y mediciones, por esto se integraron dos herramientas para leaflet, la primera llamada "*Geoman*", esta es una librería de JavaScript que se enfoca en la creación de diferentes geometrías, como lo son puntos, líneas, rectángulos, círculos o polígonos, así como la modificación de estas con otras herramientas como borrador de vértices, rotar o cortar.

La única desventaja al usar este plugin es que la versión gratuita no cuenta con todas las herramientas disponibles, no permite conocer las propiedades de las geometrías dibujadas, e incluso tiene otras herramientas con diferentes utilidades que se encuentran completamente bloqueadas.

Para mitigar estas limitaciones fue posible utilizar JavaScript y funciones nativas de Leaflet con las que se calcularon los valores de longitudes, áreas y coordenadas de las diferentes geometrías que la herramienta permite crear, así como desplegar estos mediante un Popup al dar click en la geometría.

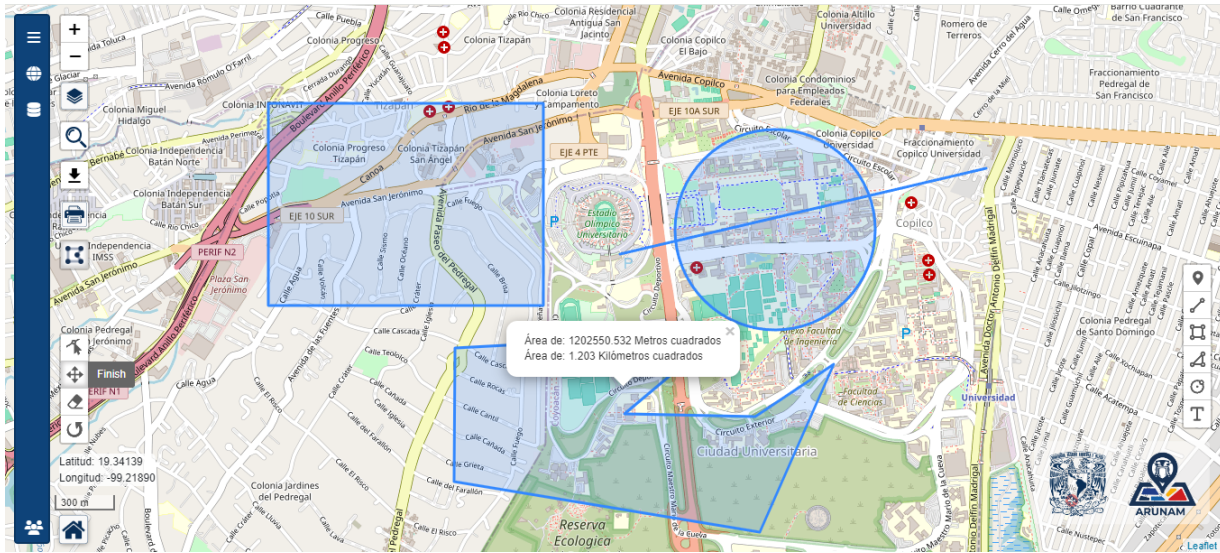


Figura 4.9: Geometrías creadas con la herramienta

Hay que mencionar que estos cálculos se realizan con base en un sistema de coordenadas geográficas y pueden no tener una gran precisión pero son útiles si se quiere conocer el área de una zona pequeña o similares.

Hay ocasiones en las que ya existen capas espaciales con las que se puede trabajar, por lo que la segunda herramienta para trabajar con geometrías que se añadió al atlas fue leaflet filelayer, esta herramienta hace posible cargar archivos KML, GPX y Geojson al atlas, además esta herramienta ofrece la capacidad de añadir varias capas al mismo tiempo y poder controlar si aparecen o no dentro del visor.

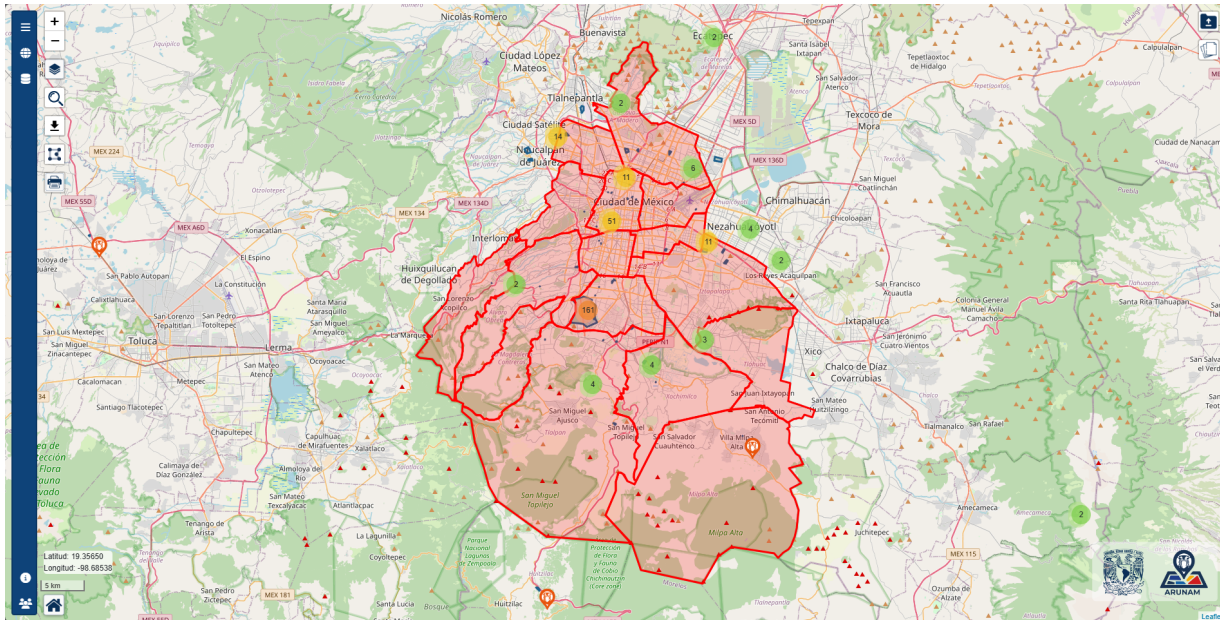


Figura 4.10: Ejemplo de una capa de la Ciudad de México añadida con la herramienta

Otra de las herramientas indispensables en un SIG es la de poder hacer una búsqueda dentro de algún conjunto de datos con una gran cantidad de elementos. para esto se añadió la herramienta leaflet search, que permite encontrar la ubicación de algún objeto espacial al escribir en el buscador palabras clave o relacionadas al objeto de interés, el plugin se encarga de buscar coincidencias o similitudes entre lo escrito dentro del cuadro de búsqueda y lo compara con el contenido en los registros dentro de una capa de información espacial, la cual se debe definir al momento de configurar la herramienta, por lo que se encuentra limitada a hacer la búsqueda solo en una de las capas de información dentro del atlas.



Figura 4.11: Herramienta de Búsqueda

Para el atlas se definió que la capa para la herramienta de búsqueda sería la de las dependencias y entidades de la UNAM.

Dentro de los SIG, las herramientas de composición de mapas son lo que permiten presentar o exponer los resultados de un trabajo o análisis, para esto se incluyeron dos herramientas en el visor del atlas.

La primera es llamada leaflet browser print, esta permite generar un archivo PDF de la vista del visor al instante de usar la herramienta, resulta ser bastante útil al permitir modificar diferentes propiedades como cambiar los modos de impresión, los tamaños, agregar información, entre otros. Para despliegue de información adicional al generar el PDF, mediante JavaScript, se añadió la funcionalidad de incluir el listado de capas y simbologías de las capas existentes en el atlas, en caso de que el usuario haya creado geometrías, preguntará el nombre de estas e incluirá las propiedades dependiendo de que geometrías se dibujaron.

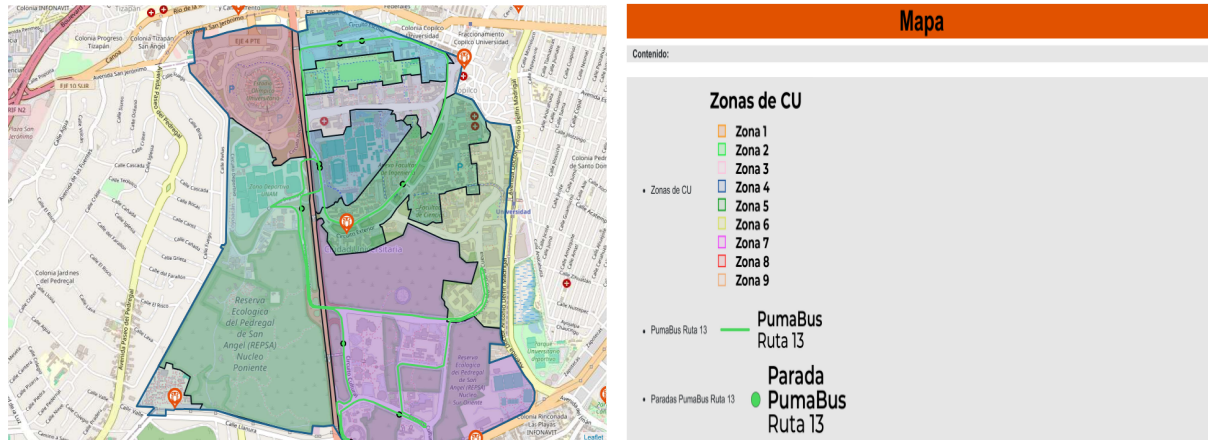


Figura 4.12: Capturas de la herramienta y el listado de capas y simbología que permite incluir

La otra herramienta que se incluyó se llama Leaflet Easy Print, la cual permite salvar la vista del atlas a una imagen, igual que la herramienta de browser print, da la opción de generar la imagen en diferentes tamaños, pero no es posible que se incluya más información a la imagen, únicamente la vista del visor.

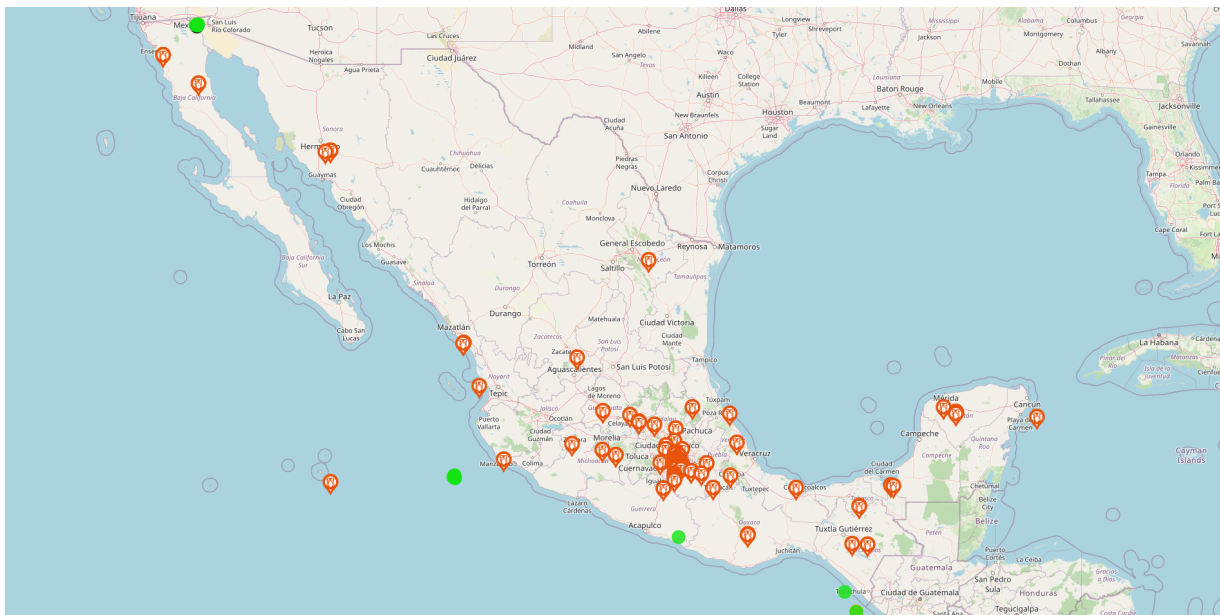


Figura 4.13: Imagen generada desde la herramienta

Como una utilidad extra y para facilitar el uso del atlas a aquellos usua-

rios que no tengan mucha experiencia manejando estos visores, se añadió un botón cuya función es únicamente el regresar la pantalla a la vista inicial del visor.

Esto se generó creando un botón, a este se le configuran ciertas propiedades como lo son su ubicación dentro de la ventana del visor, su tamaño y nombre del contenedor, dentro del botón también se indica la función deseada, en este caso la de que al ser presionado va a regresar el mapa a una vista determinada por coordenadas y que coincide con las declaradas al momento de generar el visor, todo esto usando Javascript.

Otros de elementos básicos de los SIG que se buscó añadir al atlas son la barra de escala y las coordenadas del cursor , estos se agregaron también mediante plugins y se configuraron indicando el tamaño y unidades de la barra de escala, así como el formato de coordenadas.

Capítulo 5

Resultados y Discusiones

Esta versión del Atlas es ya bastante mas robusta y útil al usuario que las versiones anteriores, como herramienta permite realizar diversos análisis y despliegues de información, con los cuales, se han creado diferentes recomendaciones dirigidas y pensadas en informar a la comunidad universitaria, Estas se publican en las redes sociales de Protección Civil UNAM e incluso han sido compartidas por otras entidades y dependencias de la Universidad Algunas de las recomendaciones basadas en el atlas que han sido publicadas son las siguientes.



Figura 5.1: Recomendación baja temperatura

La figura 5.1 corresponde a una recomendación basada en el atlas de riesgo universitario ante las bajas temperaturas presentadas en el norte del país a finales del mes de enero del 2024, para esta recomendación se empleó la capa de Grado de peligro por bajas temperaturas construido con los índices de temperatura mínima y días con heladas la cual provee CENAPRED.



Figura 5.2: Recomendación onda de calor

La figura 5.2 corresponde a una de las primeras recomendaciones por onda de calor del año 2024, esta se elaboró con los datos de perspectiva temperaturas altas para marzo que publica CONAGUA que está a cargo del Servicio Meteorológico Nacional.



#LaPrevenciónEsLaLlaveDeTuSeguridad

Figura 5.3: Recomendación eclipse solar

La figura 5.3 es parte de la infografía de la recomendación emitida para el eclipse solar de abril 2024, para esto se generó por completo la información espacial basándose en las áreas de porcentaje de cobertura del sol observables.



Figura 5.4: Hipótesis sismo sur del país



Figura 5.5: Hipótesis sismo Norte del país



Figura 5.6: Hipótesis huracán península de Yucatán



Figura 5.7: Hipótesis huracán pacífico norte del país

Las Figuras 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 pertenecen a la recomendación basada en el atlas de riesgo, con base en la información publicada por CENAPRED para el segundo simulacro nacional del 2023, donde se hicieron 4 hipótesis, 2 que correspondieron a huracanes y 2 para sismos, que estas hipótesis estén plasmadas de forma geográfica en el visor es de enorme utilidad, ya que ayuda a que la comunidad y dependencias visualicen el peligro real al que están expuestos en caso de que sucediera un evento similar al de los simulacros, y además que esta información se pueda continuar utilizando con la finalidad de estar preparados para afrontar futuros escenarios similares.

Aparte de esto, uno de los principales intereses es que este visor pueda ser empleado por las diferentes dependencias de la UNAM, ubicadas en 25 estados y 64 municipios del país, para que estas mismas puedan publicar sus propias recomendaciones basándose en el gran repositorio de información que existe dentro del atlas, pero tomando en cuenta que estas serán recomendaciones para áreas pequeñas, por lo tanto serán mucho más específicas y enfocadas a la comunidad de esa dependencia.

También se tiene pensado que se utilice esta herramienta para que las dependencias cumplan con la realización de otros requerimientos de protección civil de la universidad, como lo son los programas internos de protección civil y programa de seguridad física, esto mediante las herramientas de análisis que brinda el atlas.

Como ya se mencionó el uso para informar a la comunidad universitaria es uno de los principales intereses del atlas, pero al mismo tiempo resulta sumamente importante que la misma comunidad conozca el visor y pueda usarlo como una herramienta de auto-protección, en la que cualquier persona pueda consultar los posibles riesgos a los que estén expuestos y tomar acciones al respecto.

La creación y recolección de la información espacial fue una de las etapas más importantes en el desarrollo del atlas. Se generó información precisa y detallada en relación a las instalaciones e infraestructura de la universidad. Es por esto que nos pareció importante que todas estas capas pudieran ser descargadas y utilizadas por la comunidad, con la finalidad de que estas puedan ser descargados y utilizados en una variedad de contextos, trabajos de investigación académica, proyectos o cualquier otro uso que pueda beneficiar al usuario y a la comunidad.

Para facilitar el acceso a esta información se incorporó dentro de la página web del atlas los enlaces para la descarga individual de cada capa de información espacial, así los usuarios pueden hacer uso de las capas de información que necesiten.

Capítulo 6

Conclusiones

Esta nueva versión del atlas ha demostrado que supera con creces a las versiones anteriores, además que ya se emplea de manera recurrente para la generación de infografías y recomendaciones que van dirigidas a la comunidad.

De igual manera, mediante su uso para la generación de información de recomendaciones para la comunidad, demuestra que es una herramienta de gran utilidad, funcionalidad y con la que se espera que las diferentes dependencias de la universidad, así como comunidad, puedan hacer el mejor uso enfocado en la gestión integral de riesgos.

En cuanto a la información de servicios de mapas que publican terceros, depender de los servidores, los cuales no se tiene manera de controlar, puede llegar a ser problemático, ya que si estos presentan fallas o la información se migra a otro servidor u otra ruta, parte de la información añadida a estos visores no podrá ser consultada.

Durante el desarrollo del atlas, el enlace de la capa de monitoreo de ciclones tropicales de la NOAA cambió y esto generó que la información no estuviera disponible mientras se encontraba el enlace actualizado.

En el proceso de digitalización se encontraron algunas desventajas a no tener información de primera mano y actualizada. En particular durante la digitalización de varios predios y edificios de reciente creación, estos no aparecían en las imágenes de mapas base de Google por lo que si solo se trabaja con eso, podría pensarse que el edificio o predio no existe, como se muestra en la figura 6.1.

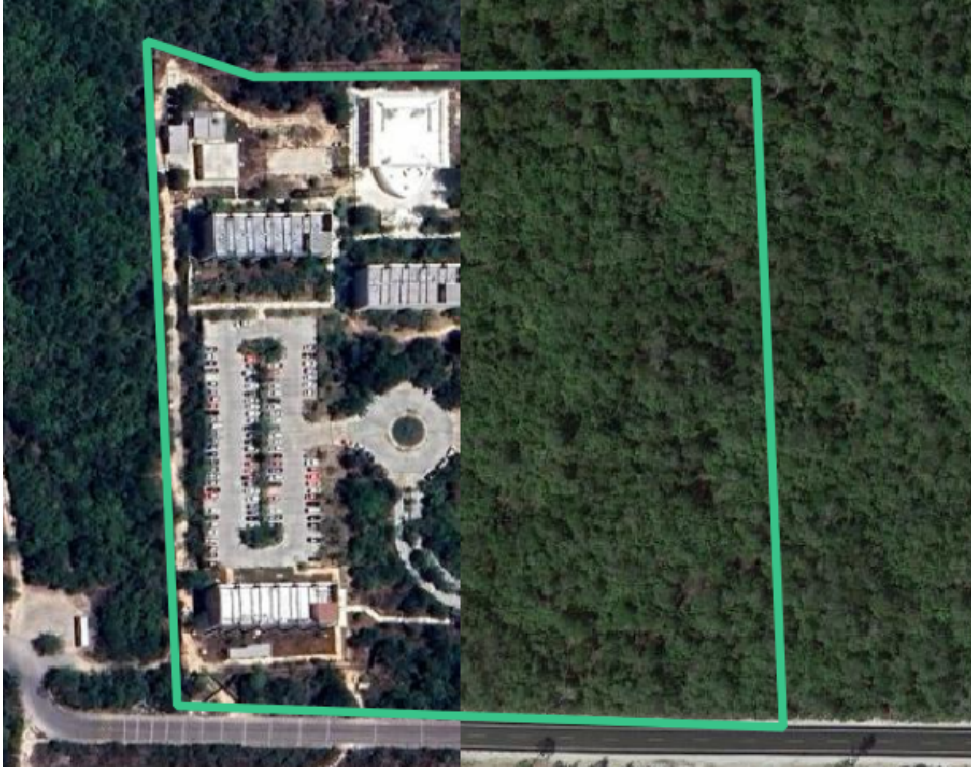


Figura 6.1: Imagen de mapa base de Google, ENES Mérida

Para solucionar esto pero además aumentar el detalle con el que se trabaja, se podrían emplear vuelos de dron y puntos de control GPS para toma de fotografías con las cuales se generen ortomosaicos y generar la digitalización sobre estos.

Generar la información por propia cuenta siempre asegurará gran precisión, detalle y calidad que en la mayoría de las veces superará a aquella provista por servicios gratuitos de terceros.

Otro conflicto que se enfrentó al buscar datos para integrar al atlas, fue que existe una enorme cantidad de datos espaciales pero estos no están bien homologados, documentados o parten de información física que no está correctamente digitalizada, por lo que se requiere de realizar varios procesos extra para poder hacer uso de esta información, parece de suma importancia la creación de una base de datos unificada para el almacenamiento de todos estos datos espaciales que son de enorme utilidad para diferentes proyectos y alcances.

La constante actualización de información, afectaciones por fenómenos perturbadores recientes entre otros factores, hacen de los atlas de riesgos un esfuerzo y trabajo constante para que estos estén actualizados y a la vanguardia para hacer una mejor labor de gestión integral de riesgos, es por esto

que nunca se puede dar por terminado el trabajo sobre estas herramientas. Para concluir me parece de gran importancia mencionar la compatibilidad que existe entre la geomática y la gestión integral de riesgos, en este trabajo se menciona y explora el aporte y uso que tienen los sistemas de información geográfica, generando información, recolectando información, analizando la información y desplegándola para poder ser utilizada para los fines de protección civil y gestión integral de riesgos. Pero no es el único campo de la geomática que podría ser de gran utilidad, la percepción remota podría ayudar al hacer análisis de imágenes satelitales e identificar zonas de riesgos de incendios por sequías, entre otras, La fotogrametría mediante la cual se podrían generar modelos para identificar áreas propensas a inundaciones, susceptibilidad de laderas, la topografía podría apoyar al hacer levantamientos para conocer la configuración del terreno de un área de interés y analizar posibles riesgos. Estos son solo algunas de las muchas aportaciones que la geomática podría tener para con la protección civil y la gestión integral de riesgos.

Capítulo 7

Anexo

- Código capa últimos sismos

Este código es el que se utiliza para obtener la capa de los últimos sismos que detecta el servicio sismológico nacional, el código descarga el archivo desde una URL y lo guarda a un directorio.

```
1 import os
2 import requests
3 import xml.etree.ElementTree as ET
4 import json
5
6
7 # URL of the XML file to download
8 xml_url = "http://www.ssn.unam.mx/rss/ultimos-sismos.xml"
9
10 # Directory where you want to save the downloaded XML files
11 download_directory = "c:\\Users\\ARUNAM\\Documents\\"
12
13 # Create the download directory if it doesn't exist
14 os.makedirs(download_directory, exist_ok=True)
15
16 # Extract the filename from the URL
17 filename = os.path.basename(xml_url)
18
19 # Path to save the downloaded XML file
20 xml_file_path = os.path.join(download_directory, filename)
21
22 # Download the XML file
23 response = requests.get(xml_url)
24 if response.status_code == 200:
25     with open(xml_file_path, "wb") as xml_file:
26         xml_file.write(response.content)
27     print(f"XML file downloaded and saved as: {xml_file_path}")
28 else:
29     print(f"Failed to download XML file from URL: {xml_url}")
30
```

Figura 7.1: Primera parte del código

Posteriormente se pasa a traducir el archivo de un formato xml a uno compatible con GeoJSON, para esto se crea una lista que guardará la información de cada elemento una vez traducido, y se itera sobre el xml para traducir todos los elementos y guardarlos a la lista.


```

31 # Parse the downloaded XML
32 tree = ET.parse(xml_file_path)
33 root = tree.getroot()
34
35 # Create a list to hold GeoJSON-like features
36 features = []
37
38 # Iterate through each <item> element
39 for item_elem in root.findall("./item"):
40     title = item_elem.find("title").text
41     description = item_elem.find("description").text
42     latitude = float(item_elem.find("{http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#}lat").text)
43     longitude = float(item_elem.find("{http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#}long").text)
44
45     # Create a GeoJSON-like feature dictionary
46     feature = {
47         "type": "Feature",
48         "properties": {
49             "title": title,
50             "description": description
51         },
52         "geometry": {
53             "type": "Point",
54             "coordinates": [longitude, latitude]
55         }
56     }
57
58     features.append(feature)
59

```

Figura 7.2: Segunda parte del código

Por último el código crea una colección de elementos correspondiente a los archivos GeoJSON y agrega todos los elementos que se tradujeron anteriormente y guarda el resultado como un archivo GeoJSON.

```

61 # Create a GeoJSON FeatureCollection
62 geojson_data = {
63     "type": "FeatureCollection",
64     "name": "sism2",
65     "crs": { "type": "name", "properties": { "name": "urn:ogc:def:crs:OGC:1.3:CRS84" } },
66     "features": features
67 }
68
69 # Save the GeoJSON data to a file
70 geojson_output_path = os.path.join("C:\\xampp\\htdocs\\arunam\\gj\\", "sism2.geojson")
71 with open(geojson_output_path, "w") as geojson_file:
72     json.dump(geojson_data, geojson_file, indent=2)
73
74 print(f"GeoJSON file saved at: {geojson_output_path}")

```

Figura 7.3: Tercera parte del código

- Código tope de nubes

Este es el código que se emplea para generar la capa de tope de nubes, primero se indica la url de donde se recuperara el listado del nombre de las últimas imágenes, posteriormente crea la carpeta donde se guardarán las descargas, en caso de que no exista.

```
1 import os
2 import imageio
3 import requests
4 import csv
5
6 # _____ url de la web
7 url1 = "http://rmgir.proyectomesoamerica.org/GOES16/TopClouds/names.csv"
8
9 # _____
10
11 # Path para el csv a descargar
12 input_csv_path = "C:\\Users\\ARUNAM\\Downloads\\names.csv"
13 os.makedirs(os.path.dirname(input_csv_path), exist_ok=True)
14 resp = requests.get(url1)
15
16 if resp.status_code == 200:
17     # Guardado del contenidos del archivo borrando el anterior
18     with open(input_csv_path, "wb") as file:
19         file.write(resp.content)
20     print(f"File downloaded and saved to {input_csv_path}")
21 else:
22     print(f"Failed to download the file. Status code: {resp.status_code}")
23
24 output_image_folder = "C:\\Xampp\\htdocs\\arunam\\radar\\"
25 output_video_path = 'C:\\Users\\ARUNAM\\Downloads\\VID.mp4'
26
27 # Checa si el folder existe y si no lo crea
28 if not os.path.exists(output_image_folder):
29     os.makedirs(output_image_folder)
```

Figura 7.4: Primera parte del código

A continuación el código limpia la carpeta de cualquier archivo que contenga para guardar los archivos que descargará, así como preparar el mensaje de descarga con o sin éxito, y crea un arreglo para guardar las imágenes con un nombre del 1 al 15.

```

for f in os.listdir(output_image_folder):
    os.remove(os.path.join(output_image_folder, f))

def get_image_filename(row, index):
    # ID secuencial comenzando en 1
    return os.path.join(output_image_folder, f"{index+1}.png")

def download_and_save_image(url, filename):
    response = requests.get(url)
    if response.status_code == 200:
        with open(filename, "wb") as fl:
            fl.write(response.content)
            print(f"Image downloaded and saved as: {filename}")
    else:
        print(f"Failed to download image from URL: {url}")
#Crea el arreglo de imágenes para posterior video, con el codigo del Json esto podria despreciarse
def main():
    with open(input_csv_path, "r") as f:
        reader = csv.reader(f)
        last_15_rows = []

        for row in reader:
            if len(last_15_rows) < 15:
                last_15_rows.append(row)
            else:
                last_15_rows.pop(0)
                last_15_rows.append(row)
        print("registros:", last_15_rows)

    img_array = []

```

Figura 7.5: Segunda parte del código

Por último el código descarga las imágenes desde una liga, la cual se edita para descargar las imágenes listadas en la primer url que se declara, para posteriormente guardarlas en la carpeta creada.

```

62
63
64     for index, row in enumerate(last_15_rows):
65         url = f"http://rmgir.proyectomesoamerica.org/GOES16/TopClouds/OR_ABI.{str(*row)}.goes-16.tope_nubes.png"
66         image_filename = get_image_filename(row, index)
67         download_and_save_image(url, image_filename)
68         img_array.append(imageio.imread(image_filename))
69
70     #imageio.mimwrite(output_video_path, img_array, 'FFMPEG', fps=3)
71
72 if __name__ == "__main__":
73     main()

```

Figura 7.6: Tercera parte del código

■ Código nubes rgb

Este código es igual al anterior, solo que el url del listado, así como el url de la descarga son diferentes, esto al tratarse de diferentes tipos de imágenes. primero se indica la url de donde se recuperara el listado del nombre de las ultimas imágenes, posteriormente crea la carpeta donde se guardarán las descargas, en caso de que no exista.

```
1 import os
2 import imageio
3 import requests
4 import csv
5
6 # _____ url de la web
7 url1 = "http://rmgir.proyectomesoamerica.org/GOES16/RGBClouds/names.csv"
8
9 # _____
10
11 # Path para el csv a descargar
12 input_csv_path = "C:\\Users\\ARUNAM\\Downloads\\namesrgb.csv"
13 os.makedirs(os.path.dirname(input_csv_path), exist_ok=True)
14 resp = requests.get(url1)
15
16 if resp.status_code == 200:
17     # Guardado del contenidos del archivo borrando el anterior
18     with open(input_csv_path, "wb") as file:
19         file.write(resp.content)
20     print(f"File downloaded and saved to {input_csv_path}")
21 else:
22     print(f"Failed to download the file. Status code: {resp.status_code}")
23
24 output_image_folder = "C:\\xampp\\htdocs\\arunam\\rgb\\"
25 output_video_path = 'C:\\Users\\ARUNAM\\Downloads\\VID.mp4'
26
27 # Checa si el folder existe y si no lo crea
28 if not os.path.exists(output_image_folder):
29     os.makedirs(output_image_folder)
```

Figura 7.7: Primera parte del código

A continuación el código limpia la carpeta de cualquier archivo que contenga para guardar los archivos que descargará, así como preparar el mensaje de descarga con o sin éxito, y crea un arreglo para guardar las imágenes con un nombre del 1 al 15.

```

32 for f in os.listdir(output_image_folder):
33     os.remove(os.path.join(output_image_folder, f))
34
35 def get_image_filename(row, index):
36     # ID secuencial comenzando en 1
37     return os.path.join(output_image_folder, f"{index+1}.png")
38
39 def download_and_save_image(url, filename):
40     response = requests.get(url)
41     if response.status_code == 200:
42         with open(filename, "wb") as fl:
43             fl.write(response.content)
44             print(f"Image downloaded and saved as: {filename}")
45     else:
46         print(f"Failed to download image from URL: {url}")
47 #Crea el arreglo de imágenes para posterior video, con el codigo
48 def main():
49     with open(input_csv_path, "r") as f:
50         reader = csv.reader(f)
51         last_15_rows = []
52
53         for row in reader:
54             if len(last_15_rows) < 15:
55                 last_15_rows.append(row)
56             else:
57                 last_15_rows.pop(0)
58                 last_15_rows.append(row)
59             print("registros:", last_15_rows)
60
61         img_array = []

```

Figura 7.8: Segunda parte del código

Por último el código descarga las imágenes desde una liga, la cual se edita para descargar las imágenes listadas en la primer url que se declara, para posteriormente guardarlas en la carpeta creada.

```

62
63     for index, row in enumerate(last_15_rows):
64         url = f"http://rmgir.proyectomesoamerica.org/GOES16/RGBClouds/{str(*row)}.goes-16_rgb_ch14.jpg"
65         image_filename = get_image_filename(row, index)
66         download_and_save_image(url, image_filename)
67         img_array.append([imageio.imread(image_filename)])
68
69     #imageio.mimwrite(output_video_path, img_array, 'FFMPEG', fps=3)
70
71 if __name__ == "__main__":
72     main()

```

Figura 7.9: Tercera parte del código

Capítulo 8

Bibliografía

- **ACUERDO por el que se emite la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos.** (2016, 21 diciembre). Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016#gsc.tab=0
- **Aguirre Gómez, R. A.** (2009). Conceptos de Geomática y estudios de caso en México (1.a ed.).
- **Alcántara-Ayala, Irasema, Garza Salinas, Mario, López García, Alejandra, Magaña Rueda, Victor, Oropeza Orozco, Oralia, Puente Aguilar, Sergio, Rodríguez Velázquez, Daniel, Lucatello, Simone, Ruiz Rivera, Naxhelli, Tena Núñez, Ricardo Antonio, Urzúa Venegas, Myriam, & Vázquez Rangel, Gloria.** (2019). Gestión Integral de Riesgo de Desastres en México: reflexiones, retos y propuestas de transformación de la política pública desde la academia. Investigaciones geográficas, (98), 00002. <https://doi.org/10.14350/rig.59784>
- **CENAPRED.** (s.f.). Atlas Nacional de Riesgos como herramienta para la identificación de fenómenos perturbadores y elaboración de escenarios de riesgo [Diapositivas]. Atlas Nacional de Riesgos. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html>
- **Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).** (2018, 22 mayo). Atlas de Riesgos ¿Cuál es su estructura y contenido? gob.mx. Recuperado 3 de abril de 2024, de <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/atlas-de-riesgos-cual-es-su-estructura-y-contenido#:~:text=Los%20atlas%20de%20riesgos%20son,una%20comunidad%20y%20su%20entorno.&text=Su%20estructura%20est%C3%A1%20dise%C3%B1ada%20como,geogr%C3%A1fica%20y%20bases%20de%20datos>

- **Comité Internacional de la Cruz Roja (1949).** Protocolo I Adicional a los Convenios de Ginebra de 1949 relativo a la protección de las víctimas de los conflictos armados internacionales, 1977. Comité Internacional de la Cruz Roja. <https://www.icrc.org/es/document/protocolo-i-adicional-convenios-ginebra-1949-proteccion-victimas-conflictos-armados-internacionales-1977#SERVICIOS>
- **Definición de Atlas | Diccionario SIG.** (s. f.). <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/atlas>
- **Documentation for Visual Studio Code.** (2021, 3 noviembre). Visual Studio Code. Recuperado 3 de marzo de 2024, de <https://code.visualstudio.com/docs>
- **DRR and UNDRR's history.** (2023, 17 mayo). UNDRR. <https://www.undrr.org/our-work/history>
- **El tutorial de Python.** (s.f.-b). Python Documentation. Recuperado 3 de marzo de 2024, de <https://docs.python.org/es/3/tutorial/>
- **La ONU y la gestión del riesgo de desastres | UN-SPIDER Knowledge Portal.** (s.f.). <https://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres/ONU-y-gesti%C3%B3n-del-riesgo-de-desastres#no-back>
- **Leaflet — an open-source JavaScript library for interactive maps.** (s.f.). Leafletjs. Recuperado 5 de marzo de 2024, de <https://leafletjs.com/index.html>
- **Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México.** (2019, 5 junio). Recuperado 5 de junio de 2024, de <https://www.atlas.cdmx.gob.mx/pdf/LGIRPC.pdf>
- **Ley General de Protección Civil.** (2023). Artículo 2, sección LVIII. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf>
- **Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. (2015, 18 marzo). UNISDR.** https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- **Portal de Estadísticas Universitarias.** (Ciclo 2023-2024). <https://www.estadistica.unam.mx/numeralia/>

- **Qué es el GIS? | Sistema de Información Geográfica Tecnología de Cartografía.** (s.f.). Recuperado 20 de junio de 2024, de <https://www.esri.es/es-es/descubre-los-gis/qu-es-sig/que-es-sig>
- **Servicio Geológico Mexicano.** (2017, 22 marzo). Introducción Sistemas de información geográfica. Recuperado 8 de marzo de 2024, de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html>
- **SCT.** (2006). Antecedentes de la protección civil. En SCT. Recuperado 2 de mayo de 2024, de <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/ProteccionCivil/PAGINAWEB/Antecedentes/Antecedentes%20de%20la%20Proteccion%20Civil.doc>
- **Urrutia, D.** (s.f.). Qué es el JavaScript - Definición, significado y ejemplos. Arimetrics. Recuperado 5 de marzo de 2024, de <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/javascript>