



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados

**IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB, COMO RECURSO GIS, DENTRO DE UNA
ENTIDAD DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA, EN PRO DE LA
PLANIFICACIÓN**

Ing. Pablo Josué Orellana Rivas

Asesorado por el Mtro. Norman Scott Gámez Higueros

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB, COMO RECURSO GIS, DENTRO DE UNA
ENTIDAD DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA, EN PRO DE LA
PLANIFICACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. PABLO JOSUÉ ORELLANA RIVAS

ASESORADO POR EL MTRO. NORMAN SCOTT GÁMEZ HIGUEROS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN GESTIÓN DE MERCADOS ELÉCTRICOS REGULADOS

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ LA DEFENSA DE TESIS

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Ismelda Isabel López Tohom
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB, COMO RECURSO GIS, DENTRO DE UNA
ENTIDAD DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA, EN PRO DE LA
PLANIFICACIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha de 14 de julio de 2020.

Ing. Pablo Josué Orellana Rivas



DTG. 573.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB, COMO RECURSO GIS, DENTRO DE UNA ENTIDAD DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA, EN PRO DE LA PLANIFICACIÓN**, presentado por el Ingeniero Pablo Josué Orellana Rivas, estudiante de la **Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021.

AACE/cc



Guatemala, octubre de 2021

LNG.EEP.OI.069.2021

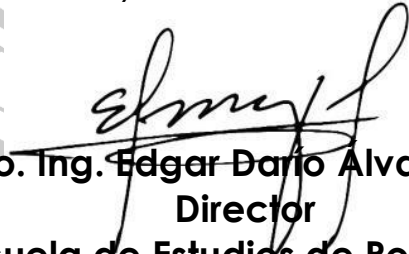
En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB, COMO RECURSO GIS,
DENTRO DE UNA ENTIDAD DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO EN
GUATEMALA, EN PRO DE LA PLANIFICACIÓN”**

presentado por **Pablo Josué Orellana Rivas** quien se identifica con carné **201213097** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión de mercados eléctricos regulados**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 18 de noviembre de 2020.

M.Sc. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.Sc. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL** del trabajo de graduación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB, COMO RECURSO GIS, DENTRO DE UNA ENTIDAD DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA, EN PRO DE LA PLANIFICACIÓN”** del estudiante **Pablo Josué Orellana Rivas** quien se identifica con número de carné **201213097**, del programa de **Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

M.Sc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador
Área de Desarrollo Socio Ambiental y Energético
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC



Guatemala, 26 octubre 2020.

Ingeniero M.Sc.
Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12

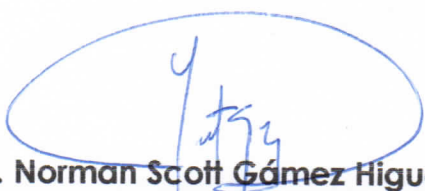
Distinguido Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor de trabajo de graduación del estudiante Pablo Josué Orellana Rivas, Carné número 201213097, cuyo título es **"IMPLEMENTACIÓN DE UN VISOR WEB, COMO RECURSO GIS, DENTRO DE UNA ENTIDAD DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO EN GUATEMALA, EN PRO DE LA PLANIFICACIÓN"**, para optar al grado académico de Maestro en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados, he procedido a la revisión del mismo.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante Orellana Rivas, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



Ing. Norman Scott Gámez Higueros
M.Sc. Administración Financiera
Asesor

Ing. Norman Scott Gámez Higueros
Colegiado No. 5663

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

A él, toda la gloria y la honra.

Mis padres

Por su cariño y por haberme impulsado a alcanzar la excelencia

Mis compañeros

Emil Cálix, Solimar Cárdenas, Jorge Gutiérrez, Charlie Aguirre, Raúl Franco y Sergio Herrera; por ser un confiable equipo de trabajo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por haber sido mi casa de estudios

**Escuela de Estudios de
Postgrado**

Por haber sido mi escuela.

Mi asesor

Norman Gámez, Por su apoyo, disponibilidad y buena voluntad de compartir su conocimiento con mi persona.

ETCEE-INDE

Por haberme facilitado la información necesaria para este trabajo de graduación.

SEGEPLAN

Por haberme facilitado la información necesaria para este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXI
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Estudios previos.....	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. El subsector eléctrico en Guatemala.....	3
2.1.1. Marco legal	4
2.1.1.1. Leyes.....	5
2.1.1.2. Reglamentos	6
2.1.1.3. Normas y resoluciones	7
2.1.2. Marco institucional	9
2.1.2.1. Ente rector.....	9
2.1.2.2. Entre regulador.....	9
2.1.2.3. Entre operador	10
2.1.3. Participantes dentro del sistema eléctrico nacional	10
2.2. La planificación en Guatemala	12
2.2.1. La planificación energética.....	14

	2.2.1.1.	Principales actores.....	14
	2.2.1.2.	Instrumentos de planificación.....	16
2.3.		Sistemas de información geográfica	18
	2.3.1.	Los datos.....	18
	2.3.1.1.	Metadatos	19
	2.3.1.2.	Bases de datos	19
	2.3.1.3.	Infraestructura de datos espaciales.....	21
	2.3.2.	Estándares	21
	2.3.2.1.	Geoservicios	22
2.4.		SIG aplicada a redes eléctricas	24
	2.4.1.	Casos de aplicación	24
	2.4.1.1.	Ejemplo de visores de mapas	25
	2.4.1.1.1.	Chile	26
	2.4.1.1.2.	Perú	29
	2.4.1.1.3.	Argentina	32
	2.4.1.2.	Situación GIS de Guatemala.....	35
3.		DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	37
	3.1.	Variables	37
	3.1.1.	Variables observables	37
	3.2.	Variables manipulables:.....	40
	3.3.	Fases de la investigación	41
	3.3.1.	Fase 1: Investigación documental y entrevista libre... 42	
	3.3.2.	Fase 2: Elección de la tecnología.....	43
	3.3.3.	Fase 3: Estructuración de la información.....	44
	3.3.4.	Fase 4: Implementación del visor web.....	49
	3.4.	Técnicas de análisis de información	51
4.		PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	53

5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
5.1.	Respecto a los elementos tecnológicos	73
5.2.	Respecto a las capas de información.....	75
5.3.	Respecto a la interrelación de instituciones	78
	CONCLUSIONES	81
	RECOMENDACIONES.....	83
	REFERENCIAS	85
	APÉNDICES.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura del sector energético	3
2.	Jerarquía normativa	4
3.	Estructura del subsector eléctrico	11
4.	Visor de mapas de Chile	27
5.	Visor de mapas del Perú	31
6.	Visor de mapas de IDERA, Argentina	33
7.	Visor de mapas de la secretaría de energía	34
8.	Atlas del SNI	36
9.	Diagrama de selección de técnica.....	51
10.	Arquitectura del servicio web de mapas	54
11.	Resultados de disponibilidad del sitio web	54
12.	Promedio del tiempo de carga, por explorador web	56
13.	Mediana del tiempo de carga, por explorador web	57
14.	Desviación estándar del tiempo de carga, por explorador web	58
15.	Dispersión de las mediciones.....	59
16.	Red de transporte e índice de participación ciudadana	60
17.	Red de transporte e índice de gestión municipal	61
18.	Red de transporte y áreas protegidas	62
19.	Red de transporte y amenaza por inundaciones	63
20.	Estructura de transmisión en riesgo por inundación	64
21.	Red de transporte y susceptibilidad a la erosión	65
22.	Estructura de transmisión y su nivel de erosión	66
23.	Red de transporte y amenaza por deslizamientos	67

24.	Ejemplo de conexión con 4 fuentes WMS.....	68
25.	Extracto de capas disponibles, Pablo Orellana	68
26.	Extracto de capas disponibles, NASA.....	69
27.	Extracto de capas disponibles, RIC	70
28.	Extracto de capas disponibles, SEGEPLAN	71
29.	Conexión WMS a portal propio desde IDEG	72
30.	Composición del índice de gestión municipal	77

TABLAS

I.	Geoservicios disponibles	23
II.	Caracterización de variables.....	40
III.	Escala de medición de variables.....	41
IV.	Servidor utilizado por entidad consultada	43
V.	Atributos de variable: amenaza por deslizamiento.....	44
VI.	Atributos de variable: amenaza por inundaciones.....	45
VII.	Atributos de variable: lugares poblados	45
VIII.	Atributos de variable: líneas de transmisión.....	45
IX.	Atributos de variable: estructuras de transmisión.....	46
X.	Atributos de variable: caminos.....	46
XI.	Atributos de variable: índice de gestión municipal	46
XII.	Atributos de variable: índice de participación ciudadana.....	47
XIII.	Atributos de variable: áreas protegidas.....	47
XIV.	Atributos de variable: susceptibilidad a la erosión.....	47
XV.	Atributos de variable: ríos	48
XVI.	Atributos de variable: vertientes.....	48
XVII.	Atributos de variable: cuencas hidrográficas.....	48
XVIII.	Configuración de las pruebas	50
XIX.	Variables atribuibles al visor web.....	52

XX.	Código de colores de ETCEE-INDE	53
XXI.	Resultados estadísticos empleando Google Chrome	55
XXII.	Resultados estadísticos empleando Mozilla Firefox	55
XXIII.	Intervalo del tiempo de carga	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kV	kilo voltio
Mbps	Megabits por segundo
m	Metro
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
%	Porcentaje
s	Segundo
V	Voltaje

GLOSARIO

CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
Dato	Información dispuesta de manera adecuada para su tratamiento por una computadora.
Entidad	Corporación de derecho público o ente privado al que se delegan funciones públicas
GIS	<i>Geographical Information System</i>
Homologar	Equiparar, poner en relación de igualdad dos cosas.
IDE	Infraestructura de datos espaciales
Navegador	Programa informático que permite el acceso a los contenidos de internet.
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
Portal	Espacio de una red informática que ofrece de forma sencilla e integrada acceso a recursos y servicios.
RIC	Registro de Información Catastral
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia

Servidor	Unidad informática que proporciona diversos servicios a computadoras conectadas con ella a través de una red.
SIG	Sistema de información geográfico
<i>Smart Grid</i>	Concepto utilizado para referirse a redes eléctricas con cierta inteligencia
Web	Red informática
WMS	<i>Web Map Service</i>

RESUMEN

Se identificó que se presentan limitaciones cuando se necesita utilizar información de diferentes fuentes lo que hace preciso estructurarla y homologarla. Se implementó una herramienta de visualización de información empleando sistemas de información geográfica, que permita visualizar la red de transporte de energía eléctrica y su interacción con variables relacionadas con la población, terreno, administración pública, entre otras. Dicha herramienta permitirá realizar análisis tanto en prospectiva (planificación) como en retrospectiva.

Se consultó literatura y entrevistó a especialistas para determinar qué variables deben ser incluidas. Se recibió datos por parte de entidades gubernamentales y se modeló dentro de los programas QGis y ArcGis. Para que la entidad pueda consultar la información este visor se alojó en un servidor externo, accediendo a este mediante un navegador web y conexión a internet. Se generó un servicio WMS y se constató que empleando software capaz de interpretar estándares OGC, es posible intercambiar información entre entidades, personas individuales o jurídicas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como contexto general, la SEGEPLAN (2014) indica que la energía eléctrica es parte de la base técnica (servicios e instalaciones) con que cuenta Guatemala para que desarrolle su actividad económica y así dar respuesta a las necesidades de la población.

El Ministerio de Energía y Minas (2017), a través de su plan nacional de energía, indica lo siguiente: “si hay un crecimiento económico en el resto de los sectores, entonces aumenta el consumo de electricidad y por lo tanto el suministro de electricidad percibe mayores ingresos.” (p. 41) vinculando así el desarrollo del país en función del consumo de energía eléctrica.

El problema radica en las limitaciones que tiene la actual integración de la energía eléctrica como factor clave dentro de planificación nacional. Estas limitaciones podrían ser causadas por diversos factores, tales como: hermetismo en la información, mala interrelación entre instituciones, procesos ineficientes al solicitar información, entre otros. Consecuencia de lo anterior no se cuenta con información suficiente o que la misma se encuentre desactualizada entorpeciendo el proceso de planificación.

Se planteó la pregunta principal siguiente: ¿cómo se pueden subsanar las limitaciones del deficiente intercambio de información entre instituciones y así utilizar datos de energía eléctrica como factor clave dentro de los procesos de planificación?, la respuesta podría ser a través de la tecnología de sistemas de información geográfica (GIS), que a través de servicios web de mapas (WMS) permite visualizar información propia y superponer la de otras fuentes.

Al delimitar el problema, dentro del proceso de planificación se involucran numerosos actores que deben contribuir de cierta manera con participación o proporcionando información como: potencial eólico, irradiación solar, potencial hidráulico, infraestructura vial, riesgos de inundación, riesgos de deslaves, nivel de erosión, entre otras; por lo que se necesita el entorno digital a desarrollar.

Por último, para encaminar el problema de investigación, surgen las siguientes preguntas:

1. ¿Qué componentes tecnológicos o servicios son necesarios para habilitar una infraestructura de datos espaciales?
2. ¿Qué datos es necesario recolectar para representarlos gráficamente a través de capas de información geográfica?
3. ¿Se podrá, a través de *wms*, intercambiar información entre diferentes entidades o instituciones?

OBJETIVOS

General

Implementar un servicio web de visualización de mapas, para mejorar la planificación de una entidad, dentro del subsector eléctrico en Guatemala.

Específicos

1. Determinar los elementos tecnológicos necesarios para habilitar una infraestructura de datos espaciales.
2. Representar gráficamente los datos recolectados, agrupados por capas de información geográfica, dentro de un entorno GIS.
3. Evidenciar la manera de interrelacionar instituciones, a través del intercambio de información mediante *wms*.

INTRODUCCIÓN

La revolución informática ha cambiado casi en su totalidad el diario vivir. Esto aplica tanto para situaciones cotidianas como para empresas. La tecnología se encuentra disponible para actualizar técnicas, que permitan desempeñar actividades de mejor manera.

Esta investigación se fundamentó en la necesidad de buscar una opción para subsanar las limitaciones que hay dentro los procesos de planificación nacional, en cuanto a la consolidación de datos provenientes de múltiples sectores (públicos o privados). Dichas limitaciones pueden ser causadas por la ineficiencia en los procesos y el hermetismo de los datos que posee cada entidad involucrada.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue desarrollar un visor web de mapas alimentado con información pública que sirva como propuesta a incorporar en una entidad del subsector eléctrico de Guatemala. El propósito de este fue sistematizar el intercambio de información entre instituciones gubernamentales con la finalidad de facilitar la planificación. Lo anterior, tras aplicar el concepto de sistemas de información geográfica.

Se identificó los elementos necesarios para habilitar lo indicado en el párrafo anterior, representar de forma gráfica datos recolectados y evidenciar la aplicabilidad de dicho visor web de mapas. La referida aplicabilidad, en el sentido de permitir visualizar información y que esta pudiera ser compartida a través de servicios *wms*.

Dentro del primer capítulo se presentaron algunos estudios realizados fuera de Guatemala, pero que guardan relación con el presente trabajo de investigación en cuanto a sistemas GIS aplicado a redes eléctricas o GIS utilizado para planificar.

El segundo capítulo aportó los fundamentos teóricos necesarios para que el lector tenga comprensión plena de los capítulos subsiguientes. Se abordaron los temas de: el subsector eléctrico en Guatemala, la planificación en Guatemala, conceptos sobre sistemas de información geográfica (SIG) y SIG aplicada a redes eléctricas.

Dentro del desarrollo de la investigación se identificaron y recolectaron los datos necesarios para conformar capas de información geográfica. Además, se determinaron los elementos tecnológicos necesarios para la habilitación de la infraestructura de datos espaciales (IDE), necesaria para implementar el visor web de mapas. Se estructuraron y modelaron los datos en capas de información geográfica. Por último, se implementó el visor web de mapas, alojándolo en la internet.

En los apartados finales (capítulos 4 y 5) se presentan los resultados obtenidos, muestra de su aplicabilidad dentro del proceso de alojar información pertinente dentro de los procesos de planificación. A su vez, se muestran los resultados producto de técnicas estadísticas aplicadas sobre la disponibilidad del sitio web, así como del tiempo que este demora en cargar. Todo lo anterior se discute en el capítulo 5.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El desarrollo de la investigación fue no experimental con enfoque cuantitativo y las variables en su mayoría fueron no manipulables, únicamente observables. La investigación es de carácter transeccional, ya que los datos fueron obtenidos en un instante específico en el tiempo. También fue de carácter descriptiva porque las variables tuvieron medición independiente sin buscar la existencia de correlación o causalidad.

La unidad de análisis surgió por criterio de exclusión, tras no tomar en consideración la red de transporte de energía eléctrica privada del sistema nacional interconectado. La unidad de análisis seleccionada fue la red de transporte de energía eléctrica perteneciente al Gobierno de la República de Guatemala a través de su empresa estatal.

Se trabajó con dos familias de variables, siendo el primer grupo aquellas variables atribuibles al contenido dentro del visor web y, por otra parte, las variables atribuibles al visor web por sí mismo (véase tabla XIX).

El presente trabajo se estructuró en cuatro fases. La primera, denominada investigación documental, consistió en recopilar toda la información necesaria para sustentar este trabajo de investigación. Dicha recopilación se realizó consultando libros, publicaciones, revistas científicas y personal especializado, a través de la entrevista libre.

La segunda fase consistió en realizar un diagnóstico de diversas entidades de la República de Guatemala, que tuvieran visores web de mapas disponibles. Lo anterior, para determinar qué tipo de servidor utilizaban para alojar y sostener dicho visor. La fase siguiente determinó qué datos iban a ser contenidos dentro del visor web de mapas (véase las tablas V a XVII). Dichos datos fueron recibidos por parte de diferentes entidades, en su mayoría la SEGEPLAN.

Por último, dentro de la fase 4, se implementó la prueba piloto del visor web de mapas y de su servicio web de mapas (*wms*). Se utilizó los softwares Arc Gis y QGis para modelar los datos de forma local. Luego, estos fueron migrados a las plataformas web QGis Cloud y ArcGis Online. Dichas plataformas fueron sujetas a medición de disponibilidad, así como el tiempo que demora el visor web en cargar.

Aún dentro de la fase 4, se hizo pruebas de conexión con cuatro *WMS*: Segeplan, Registro de Información catastral, NASA y el *WMS* creado en este trabajo de investigación. Esto fue para comprobar si era posible establecer una vía de intercambio de información geográfica entre personas individuales, entidades o instituciones.

En cuanto a las técnicas estadísticas, se siguió el esquema indicado en la Figura 10, sobre las variables atribuibles al visor web (disponibilidad del sitio web y tiempo de carga del sitio web). Para esto, se efectuaron mediciones horarias utilizando el sitio web especializado www.gtmetrix.com. La muestra fue seleccionada buscando un nivel de confianza del 95 %, desviación estándar de los datos de cinco segundos y error de 1 segundo, resultando en al menos 97 mediciones (ver apéndice 1).

1. MARCO REFERENCIAL

Dentro de este apartado se presentan aquellas investigaciones que presentan relación con los sistemas de información geográfica aplicada a redes eléctricas. Dichos estudios fueron realizados en España y en la India.

1.1. Estudios previos

- Sánchez-Lozano, Teruel-Solano, Soto-Elvira, & García-Cascales (2013) utilizaron tecnología de Sistemas de información geográfica (GIS) y herramientas para toma de decisión multicriterio (MCDM) para obtener el punto óptimo donde instalar una granja solar fotovoltaica en el sudeste de España. Tras analizar criterios restrictivos y ponderados, se determinó que el área de Cartagena era la más idónea.
- Datta & Mohanty (2013), utilizaron el modelo de redes inteligentes o *Smart grids*, para modernizar la red eléctrica de INDIA, a través de sistemas digitales. La intención fue habilitarla para tomar decisiones más precisas tras conocer la relación entre la red, los clientes y sus alrededores.
- Karthikeyan & Stanley (2013) efectuaron un estudio del proceso que involucra planificar una línea de transmisión, el cual incluye un análisis geográfico, técnico y económico, siendo solo los primeros dos los abordados. Se proyectó un trazo de línea de transmisión con métodos tradicionales, asumiendo una longitud de línea X y se comparó con la longitud determinada tras implementar tecnología GIS.

- Krishna Rao, Varma, & Radhakrishna (2008) describen experiencias tras el desarrollo de GIS en sistemas de distribución de energía eléctrica, efectuando una comparación de métodos tradicionales como mapas impresos contra una base de datos GIS para analizar y diseñar una red. Describieron GIS como una herramienta poderosa para situar una nueva subestación, diseñar, reconfigurar, o simplemente visualizar la red.
- Ajwaliya J., Patel, & Sharma (2017) diseñaron un sistema de administración de servicios públicos Web-GIS para contribuir a la administración de servicios públicos. Derivado a que los procesos de administración son muy complejos, es muy común que el administrador o el proyectista experimenten dificultades al integrar los datos a través de métodos tradicionales. El sistema contiene información física como fronteras, edificaciones, calles, drenajes, líneas de suministro de agua, postes de alumbrado público, árboles, entre otras capas de información.

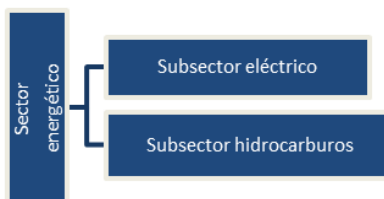
2. MARCO TEÓRICO

Se describen a continuación los conceptos fundamentales para comprender el siguiente trabajo de graduación abordando así los temas siguientes: el subsector eléctrico en Guatemala, la planificación en Guatemala, sistemas de información geográfica (GIS) y GIS aplicada a redes eléctricas.

2.1. El subsector eléctrico en Guatemala

El Diccionario de la lengua española no contempla una definición para el término subsector. Por lo tanto, se inferirá según la Dirección General de Energía (2017): “En Guatemala, el sector energético lo conforman los subsectores eléctrico e hidrocarburos, cuya rectoría le corresponde al Ministerio de Energía y Minas -MEM-.” (pág. 2)

Figura 1. Estructura del sector energético



Fuente: elaboración propia.

El subsector eléctrico, en adelante el subsector, será uno de los segmentos que conforman el sector energético. El subsector posee un marco regulatorio, así como instituciones o entidades que actuarán con base en las leyes, reglamentos, normativa o resoluciones emitidas.

2.1.1. Marco legal

BLP (2019) establece que: “todo el ordenamiento depende de la Constitución (...)”. Dicha Constitución, a través de su artículo 129, considera de urgencia nacional la electrificación del país. (Asamblea Nacional Constituyente & Congreso de la República de Guatemala, 1993, art. 129).

La figura 1 representa la jerarquía de los instrumentos que regulan el subsector eléctrico, determinando así la superioridad de unas normas sobre otras. La Real Academia Española (2016), a través del diccionario del Español Jurídico, define la jerarquía normativa como: “ordenación escalonada de las normas jurídicas que permite establecer el orden de aplicabilidad entre ellas y proporciona el criterio para solucionar las posibles contradicciones entre normas de distinto rango.”

Figura 2. **Jerarquía normativa**



Fuente: LOPEZ BHOR, Gerardo. *Regulación del sector eléctrico en Guatemala*. p.54.

2.1.1.1. Leyes

El Organismo Legislativo, amparado en la literal a del artículo 171 de la Constitución Política de la República de Guatemala, decreta, reforma y deroga las leyes en Guatemala (Asamblea Nacional Constituyente & Congreso de la República de Guatemala, 1993).

CNEE (2019) indica que el subsector eléctrico en Guatemala se rige por tres leyes:

- Ley General de Electricidad:
 - Objeto: “norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad” (Decreto del Congreso de la República de Guatemala 93-96, art. 1)
 - Sujetos aplicables: “Las normas de la presente ley son aplicables a todas las personas que desarrollen las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, sean estas individuales o jurídicas”. (Decreto del Congreso de la República de Guatemala 93-96, art. 2)
- Ley de Tarifa Social para el Suministro de Energía Eléctrica
 - Objeto: “favorecer al usuario regulado del servicio de distribución final más afectado por el incremento de los costos en la producción de la energía eléctrica”. (Decreto del Congreso de la República de Guatemala 96-2000, art. 2)

- Sujetos aplicables: “dirigida a usuarios con consumos de hasta 300 kilovatios hora “. (Decreto del Congreso de la República de Guatemala 96-2000, art. 2)
- Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable
 - Objeto: “la presente Ley tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto”. (Decreto del Congreso de la República 52-2003, art. 2)
 - Sujetos aplicables: “Las Municipalidades, el Instituto Nacional de Electrificación –INDE–, Empresas Mixtas, y las personas individuales y jurídicas que realicen proyectos de energía con recursos energéticos renovables” (Decreto del Congreso de la República 52-2003, art. 5)

2.1.1.2. Reglamentos

El Organismo Ejecutivo o El presidente de la República de Guatemala, emite los reglamentos de las leyes (Asamblea Nacional Constituyente & Congreso de la República de Guatemala, 1993, art. 183). El artículo antes mencionado le confiere la siguiente atribución: “Sancionar, promulgar, ejecutar y hacer que se ejecuten las leyes, dictar los decretos para los que estuvieren facultados por la Constitución, así como los acuerdos, reglamentos y órdenes para el estricto cumplimiento de las leyes, sin alterar su espíritu.” (Asamblea Nacional Constituyente & Congreso de la República de Guatemala, 1993)

BLP (2019) indica que un reglamento posee categoría jerárquica inferior a una ley, también establece que “las leyes o tratados prevalecen sobre los reglamentos” (pág. 7). En este trabajo de investigación se centrará atención únicamente a los siguientes dos reglamentos:

- Reglamento de la Ley General de Electricidad
- Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista

2.1.1.3. Normas y resoluciones

La Real Academia Española (2016), dentro del derecho administrativo, define las normas como disposiciones, conjunto de reglas aprobadas por un organismo de normalización. CNEE (2019) indica que, dentro del subsector eléctrico, hay normas técnicas y normas de coordinación.

- Normas técnicas: “Son las disposiciones emitidas por la Comisión de conformidad con la Ley y este Reglamento, en congruencia con prácticas internacionales aceptadas y que servirán para complementar el conjunto de regulaciones sobre las actividades del sector eléctrico” (Acuerdo Gubernativo 256-97, 2017, art. 1).
- Normas de coordinación: Según el Congreso de la República de Guatemala (1997):

Son las disposiciones y procedimientos emitidos por el Administrador del Mercado Mayorista (AMM) y aprobados por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, de conformidad con la Ley General de Electricidad, este Reglamento y el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista y

que tienen por objeto coordinar las actividades comerciales y operativas con la finalidad de garantizar la continuidad y la calidad del suministro eléctrico. (Decreto Ley 93-96, art. 6)

Estas normas, a su vez, se dividen en normas de coordinación comercial y de coordinación operativa. Las definiciones se encuentran contempladas en el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista (Acuerdo gubernativo 299-98, art. 1).

- Normas de coordinación comercial: Según el Congreso de la República de Guatemala (1998):

Es el conjunto de disposiciones y procedimientos, emitidos por el Administrador del Mercado Mayorista (AMM) y aprobados por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, que tienen por objeto garantizar la coordinación de las transacciones comerciales del Mercado Mayorista. (Decreto Ley 299-98, art. 1)

- Normas de coordinación operativa: Según el Congreso de la República de Guatemala (1998):

Es el conjunto de disposiciones y procedimientos, emitidos por el Administrador del Mercado Mayorista (AMM), y aprobados por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, que tienen por objeto, garantizar la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado, para abastecer la demanda a mínimo costo, manteniendo la continuidad y la calidad del servicio. (Decreto Ley 299-98, art. 1)

Según el Diccionario panhispánico del Español Jurídico, de la Real Academia Española (2016), las resoluciones administrativas son: “acto administrativo de contenido decisorio que afecta a los derechos e intereses de los administrados, emitido por autoridad o funcionario público de forma oral o escrita.”

2.1.2. Marco institucional

La Dirección General de Energía (2017) contempla tres entidades que conforman el marco institucional del subsector eléctrico, siendo el Ministerio de Energía y Minas (ente rector); la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (ente regulador) y el Administrador del Mercado Mayorista (ente operador).

2.1.2.1. Ente rector

Según la Ley General de Electricidad: el Ministerio de Energía y Minas “es el órgano del Estado responsable de formular y coordinar las políticas, planes de Estado, programas indicativos relativos al subsector eléctrico y aplicar esta ley y su reglamento para dar cumplimiento a sus obligaciones.” (Decreto del Congreso de la República 93-96, art. 3)

2.1.2.2. Ente regulador

Según CEPAL (2006) la CNEE es “el órgano técnico del Ministerio de Energía y Minas” (p.19). El Congreso de la República de Guatemala (1996) estableció entre las funciones de la CNEE el proteger los derechos de los usuarios regulados, prevenir conductas que atenten contra la libre competencia, así como prácticas abusivas o discriminatorias.

2.1.2.3. Entre operador

La CNEE (2013) indica que: “La administración del mercado mayorista estará a cargo de un ente privado, sin fines de lucro, denominado administrador del mercado mayorista” (Decreto del Congreso de la República 93-96, art. 44). CNEE indica que el objetivo del Administrador del Mercado Mayorista es velar por que el Sistema Nacional Interconectado y sus interconexiones funcionen de la mejor manera posible, al mínimo costo (2019, pág. 12).

2.1.3. Participantes dentro del sistema eléctrico nacional

El Sistema Eléctrico Nacional es: “el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, redes de distribución, centros de carga y en general toda la infraestructura eléctrica destinada a la prestación del servicio” (Decreto del Congreso de la República 93-96, art. 6)

La CNEE (2013), dentro de su marco legal, contempla figuras de personas individuales o jurídicas que pueden transar en el mercado eléctrico nacional, siendo ejemplo de ellas:

- Autoproductor: Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, cuya producción destina exclusivamente a su propio consumo.
- Generador: Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que comercializa total o parcialmente su producción de electricidad.

- **Distribuidor:** Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica.
- **Comercializador:** Es la persona, individual o jurídica, cuya actividad consiste en comprar y vender bloques de energía eléctrica con carácter de intermediación y sin participación en la generación, transporte, distribución y consumo.
- **Transportista:** Es la persona, individual o jurídica, poseedora de instalaciones destinadas a realizar la actividad de transmisión y transformación de electricidad.
- **Usuario:** Es el titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica. (pp. 5-6)

Figura 3. **Estructura del subsector eléctrico**



Fuente: Dirección General de Energía (2017), recuperado el 20 de octubre de 2019.

2.2. La planificación en Guatemala

En este apartado se abordará el concepto de planificación, por qué se planifica, qué actores intervienen y qué instrumentos son los que se utilizan en el proceso de planificación nacional.

En la República de Argentina, el ente encargado define un plan como:

Una herramienta de planificación. Constituye un conjunto de objetivos y propuestas que se expresa a través de un modelo determinado dentro un programa de acción y coordinación, con metas establecidas en el tiempo. Contiene decisiones de carácter general que expresan los lineamientos fundamentales, las prioridades que se derivan de esas formulaciones, la asignación de recursos acorde a esas prioridades, las estrategias de acción y el conjunto de medios e instrumentos para alcanzar las metas y objetivos propuestos. (Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública, 2016, pág. 5)

La SEGEPLAN, en Guatemala, define la planificación como:

La planificación es un proceso sistémico que tiene un carácter técnico-político y participativo. (...) Con base en ello, define una ruta estratégica para las acciones e intervenciones de instituciones e instancias públicas, con el propósito de alcanzar objetivos de desarrollo de corto, mediano y largo plazo. (SEGEPLAN, 2016, pág. 21)

La planificación se divide en categorías, pudiendo ser sectorial, institucional o territorial. Se definen de la siguiente manera:

La planificación sectorial, responde a temas o propósitos que son parte de competencias y funciones de un grupo de instituciones

La planificación institucional, se refiere a la forma, mecanismos o instrumentos que ordenan los procesos de una institución en función de propósitos nacionales, sectoriales o territoriales.

La planificación territorial, (...) se refiere a la presencia e identidad cultural de conglomerados sociales específicos, a la interacción de estos con el medio, a su modificación e intervención en el espacio para la búsqueda del bienestar social y la existencia de mecanismos y dinámicas de interacción política. (SEGEPLAN, 2016, pág. 21)

La planificación, definida por SEGEPLAN (2016), puede ser de tipo estratégica u operativa.

La dimensión estratégica, (...) se refiere a las capacidades institucionales, humanas y financieras que le dan viabilidad a esos cambios en plazos establecidos. Se puede mencionar por ejemplo el Plan Nacional de Desarrollo K'atun: Nuestra Guatemala 2032; la planificación estratégica institucional (PEI) que planea su quehacer en materia de los temas de su competencia durante un período determinado.

La dimensión operativa de la planificación, se refiere fundamentalmente al momento en que ocurre la programación de proyectos o acciones, la identificación de responsabilidades o corresponsabilidades y la estimación

cuantitativa de los recursos necesarios para realizar dichas acciones. Tiene un carácter eminentemente instrumental y se deriva de otros tipos de planificación, como la estratégica, sectorial o territorial (SEGEPLAN, 2016, págs. 29-34)

2.2.1. La planificación energética

En este apartado se darán a conocer los principales actores involucrados en la planificación energética, así como las herramientas utilizadas para poder llevar a cabo una exitosa implementación de los proyectos que serán base para el desarrollo del país.

2.2.1.1. Principales actores

Los entes involucrados en la planificación van desde la SEGEPLAN que es el encargado directo de la planificación, el Ministerio de Energía y Minas, que es el responsable del desarrollo energético del país y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales que vela porque en el desarrollo de los proyectos se proteja el patrimonio natural, a continuación, se explicarán el rol de dichas instituciones.

- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia

El Congreso de la República de Guatemala (1997), a través de la Ley del Organismo Ejecutivo, en su artículo 14, da origen a la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN); que, para los fines de este trabajo de investigación se analizará la literal h del mismo artículo; el cual dice que entre sus funciones está: “Coordinar el proceso de planificación y programación de inversión pública a nivel sectorial y público y territorial” (Decreto Ley 114-97, art. 14)

- Ministerio de Energía y Minas

CNEE (2019) define al Ministerio de Energía y Minas como “el órgano del Estado responsable de formular y coordinar las políticas, planes de Estado, programas indicativos relativos al subsector eléctrico y aplicar esta ley y su reglamento para dar cumplimiento a sus obligaciones” (Decreto del Congreso de la República 93-96, art. 3)

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

En el Decreto 114-97 emitido por El Congreso de la República de Guatemala, en su artículo 29 “bis” establece que al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural. (Decreto del Congreso de la República de Guatemala 114-97, art. 29 bis)

El Congreso de la República de Guatemala (1996), a través de la Ley General de Electricidad, en su artículo 8, da una primera pauta de los requerimientos para la instalación de centrales de generación eléctrica que no requieren autorización de ningún ente gubernamental. Sin embargo, poseen limitaciones derivadas de la conservación del medio ambiente.

El Ministerio de ambiente y Recursos Naturales, toma parte en el artículo 10 de la misma ley establece que “Los proyectos de generación y de transporte de energía eléctrica deberán adjuntar evaluación de impacto ambiental (...)” (Decreto del Congreso de la República de Guatemala 93-96, art. 10)

2.2.1.2. Instrumentos de planificación

La planificación en el subsector eléctrico deberá tomar como mínimo los siguientes instrumentos: Política Energética, El Plan Nacional de Energía y El Plan de Expansión del Sistema de Generación y Transporte que se encuentren vigentes al momento de implementar el plan para estar en sinergia con el objetivo de desarrollo del país.

- **Política energética**

El Ministerio de Energía y Minas (2018) emite la política energética en respuesta a la necesidad del desarrollo económico del país (pág. 7). El MEM formula dicha política en cual se incita a hacer un uso responsable y sostenible de los recursos energéticos del país y tiene como objetivo:

Fijar los lineamientos de largo plazo que permitan garantizar el suministro de los requerimientos energéticos futuros de forma sostenible y a precios competitivos; incentivando el crecimiento económico y confort de la sociedad guatemalteca, a través del uso eficiente de los recursos energéticos y la tecnificación de la infraestructura, siendo responsables con la conservación y cumplimiento de los compromisos ambientales. (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 6)

- Plan Nacional de Energía 2017 – 2032

Anteriormente se mencionó que parte de la Política Energética es hacer un uso responsable de la Energía y como parte de este uso responsable es de vital importancia disminuir las consecuencias de los gases generados, como lo presenta el Plan Nacional de Energía.

El Ministerio de Energía y Minas (2018) presenta el Plan Nacional de Energía, como una herramienta de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y en consecuencia los efectos adversos del cambio climático. (pág. 5)

- Plan de expansión del sistema de generación y transporte 2018-2032

El (Ministerio de Energía y Minas, 2018) elabora dicho plan en cumplimiento a la Política Energética 2013-2017, contemplando la mejor alternativa de abastecimiento energético y dando prioridad a “las energías renovables, diversificar su matriz energética, reducir los gases de efecto invernadero, dar seguridad al abastecimiento de electricidad a precios competitivos “ (pág. 10).

Dicho plan contempla las alternativas del abastecimiento más idóneo de la demanda de energía eléctrica; (...) el cual se alimenta de los proyectos en construcción, precio de los combustibles y las proyecciones de demanda de energía y potencia de Guatemala. (Ministerio de Energía y Minas, 2018, pág. 9).

2.3. Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (SIG), se definen como: “un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados” (Olaya, 2016)

En pocas palabras el SIG es un *software* que permite enlazar y almacenar información georreferenciada, para luego poder visualizarla en conjunto en un mapa y poder analizarla y ser utilizada como una herramienta para la toma de decisiones, que es enfoque de dicha propuesta.

2.3.1. Los datos

Este apartado se centró en los datos, ya que estos serán cargados al software para luego ser analizada y tomar las decisiones pertinentes. Víctor Olaya, hace una diferenciación entre datos e información, aclarando que los datos “Son un simple conjunto de valores o elementos que utilizamos para representar algo”, y la información es “el resultado de un dato y una interpretación”, así que se podría decir que del análisis de los datos surge la información.

Mansilla (2015) clasifica los datos en tres grandes grupos, siendo fundamentales, secundarios y no fundamentales. El primero corresponde a los datos base sobre los que se construyen otros datos espaciales; el segundo implica los datos que fueron contruidos utilizando datos fundamentales y, por último, los no fundamentales son aquellos que provienen tras haber efectuado un análisis. (págs. 70-73).

2.3.1.1. Metadatos

Según Castellaro (2015), los metadatos son datos sobre datos, estos describen la información asociada a un recurso de información geográfica, ahora Olaya los describe como “«datos acerca de los datos» y su misión es explicar el significado de los datos.” (Olaya, 2016, pág. 767)

Los metadatos son un apoyo para aclarar los datos principales y permiten que se realice un análisis más preciso de estos, como por ejemplo al tomar una fotografía se obtiene un dato, pero dicha foto registra información adicional como: fecha en que fue tomada, la posición, la hora y el tamaño del archivo.

2.3.1.2. Bases de datos

La base de datos es “un conjunto de datos estructurado y almacenado de forma sistemática con objeto de facilitar su posterior utilización.” (Olaya, 2016, pág. 204)

Olaya (2016) señala que poseer una base de datos estructurada proporciona una mayor independencia, mayor disponibilidad ya que se tendrá un mayor alcance de acceso diversificando los medios de visualización, mayor seguridad ya que se pueden crear copias, cosa que sería de mayor dificultad teniéndolos almacenados en diferentes ficheros de forma no estructurada, menor redundancia ya que los datos serán almacenados una sola vez y podrán ser utilizados en múltiples ficheros, mayor eficiencia en la captura , codificación y entrada de datos.

- Bases jerárquicas

Estructura donde los nodos tienen una estructura en forma de árbol invertido, donde cada nodo depende de uno superior y todos dependen de una raíz (Olaya, 2016, pág. 207).

- Base de datos en red

En este modelo se reduce la redundancia ya que no deberá existir un padre para cada nodo, permite la aparición de ciclos en la estructura de datos. (Olaya, 2016, pág. 208)

- Bases de datos relacionales

Es el más utilizado en la actualidad ya que se utiliza un modelo basado en tablas con un número dado de registros equivalente al número de filas en la tabla, así como los campos se encuentran en las columnas (Olaya, 2016, pág. 208).

- bases de datos orientadas a objetos

El modelo extiende las capacidades de las bases de datos relacionales, de tal modo que estas pueden contener objetos, permitiendo así una integración más fácil (Olaya, 2016, pág. 208).

2.3.1.3. Infraestructura de datos espaciales

Huisman & de By (2009) define los sistemas de datos espaciales como: una colección base de tecnologías, políticas y arreglos institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a datos espaciales.

El Ministerio de Bienes Nacionales (2019) define que:

Una IDE incluye datos geográficos y atributos, documentación suficiente (metadatos), un medio para descubrir, visualizar y evaluar los datos (catálogos y mapeo por la red) y algún método para proporcionar acceso a los datos geográficos. También debe incluir los recursos humanos y los acuerdos organizativos necesarios para coordinarla y administrarla a una escala local, regional, nacional o transnacional (Ministerio de Bienes Nacionales, 2019, pág. 2).

2.3.2. Estándares

Un estándar es aquel patrón que se acoge para hacer posible la coherencia entre datos provenientes de diferentes IDE, haciendo posible la interoperabilidad de servicios para poder combinar la información y compartirla (Martínez de Antoñana, 2008)

Los estándares nacen de la necesidad de: “establecer una cierta normalización y crear elementos estandarizados que sean conocidos e implementados por los distintos actores de la IDE, y hacerlo para cada uno de los servicios ofrecidos, así como para los propios datos” (Olaya, 2016, pág. 781)

Existen diversas organizaciones que generan estándares, ejemplo de ellas son: *International Organization for Standardization (ISO)*, *Consortio World Wide Web (W3C)*, *Open Geospatial Consortium (OGC)*. El último en la lista será el único a ser cubierto en este trabajo de investigación.

(Mansilla, 2015) define el OGC como una organización cuya finalidad es la definición de estándares abiertos e interoperables que faciliten la interoperabilidad y el intercambio de información geográfica (pág. 18)

2.3.2.1. Geoservicios

Para comprender que son los geoservicios, es importante conocer que es un servicio web, esta es la “tecnología que permite el acceso del usuario a información ubicada en servidores remotos” (Infraestructura de Datos espaciales de la República de Argentina, 2015, pág. 2) , es decir, información almacenada en un servidor, al que se le da acceso a ciertos usuarios con acceso a un navegador web.

Con la definición de servicio web, se puede definir un geoservicio como “un servicio web específico que permite intercambiar información únicamente de componente geográfica” (Infraestructura de Datos espaciales de la República de Argentina, 2015, pág. 4). Olaya (2016) lista algunos de los geoservicios disponibles bajo el estándar OGC:

Tabla I. **Geoservicios disponibles**

SERVICIO	NECESIDAD A CUBRIR
WMS	Obtener información de mapas
WCS	Obtener y consultar coberturas.
WFS	Obtener y editar entidades geográficas y sus atributos asociados.
WPS	Servicios de procesos remotos.
GML	Almacenamiento de información geográfica
CSW	Consultas en catálogos.

Fuente: Adaptado de Olaya, V. (2016). *Sistemas de Información Geográfica*. CreateSpace Independent Publishing Platform. Pág. 786.

La Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (2015) indica que el objetivo de un *wms* es permitir al usuario final visualizar mapas de uno o de varios servidores de información geográfica, permitiendo superponer la información solicitada a los servidores. (pág. 9)

Martínez de Antoñana (2008) describe la organización de un *wms*, siendo esta en una o varias capas de información, las cuales pueden mostrarse u ocultarse de forma dinámica. También señala que se puede realizar consultas de la información incluida dentro del mapa (metadatos). (pág. 48)

El geoservicio *wms* es útil cuando se desea permitir al usuario únicamente la visualización de la información geográfica, pero no asignar permisos de edición; esto lo respalda Olaya (2016), quien indica que: “una vez que el cliente recibe la imagen, no puede actuar sobre esta para cambiar la forma de representación de una capa, sino simplemente representarla como es.” (pág. 793)

2.4. SIG aplicada a redes eléctricas

Tras haber definido los sistemas de información geográfica (SIG) como un concepto independiente, se interrelacionará con los sistemas eléctricos para mostrar su aplicabilidad. Además, se mostrarán algunos casos de éxito de otros países que han implementado SIG (o GIS, por sus siglas en inglés).

2.4.1. Casos de aplicación

ESRI, uno de los líderes en desarrollo de *software* para sistemas de información geográfica, propone el uso de SIG como solución para el sector electricidad y gas. ESRI (2019) argumenta que indistintamente la actividad a realizar (generación, transmisión, distribución o comercialización de energía eléctrica) es necesario tener pleno control de los datos. (párr.1)

Entre sus aportes, ESRI asegura que tras añadir el factor localización (geolocalizar) a los activos de las entidades energéticas y volcarlo en un entorno GIS, se podrá intercambiar la información con diferentes personas en cualquier momento. Por lo anterior, se podrá contribuir en lo siguiente:

Gestión y planificación: Realiza inventarios precisos y actualizados de las infraestructuras de la red, planifica el mantenimiento de redes, haz seguimientos de operaciones o prioriza los flujos de trabajo.

Análisis: Mejora tus análisis de capacidad y previsión de demanda en función del crecimiento y desarrollo de las ciudades.

Integración: Incorpora los sistemas de gestión de activos a otros sistemas corporativos (ERPs, Sistemas de Información de Clientes, CRMs, Business Intelligence, etc.).

Logística: Optimiza las rutas de los inspectores, lecturas de contadores, labores de mantenimiento, etc.

Reducción de costes: Mejora la eficiencia de la gestión y mantenimiento de redes e infraestructuras con una gestión integrada de las órdenes de trabajo entre empleados de campo y oficina.

Rapidez: Ofrece un servicio más rápido y de mayor calidad a los clientes cumpliendo con sus necesidades y expectativas (ESRI, 2019, párr. 3).

Datta & Mohanty (2013), utilizaron el modelo de redes inteligentes o *Smart grids*, para modernizar la red eléctrica de India, a través de sistemas digitales. La intención fue habilitarla para tomar decisiones más precisas tras conocer la relación entre la red, los clientes y sus alrededores.

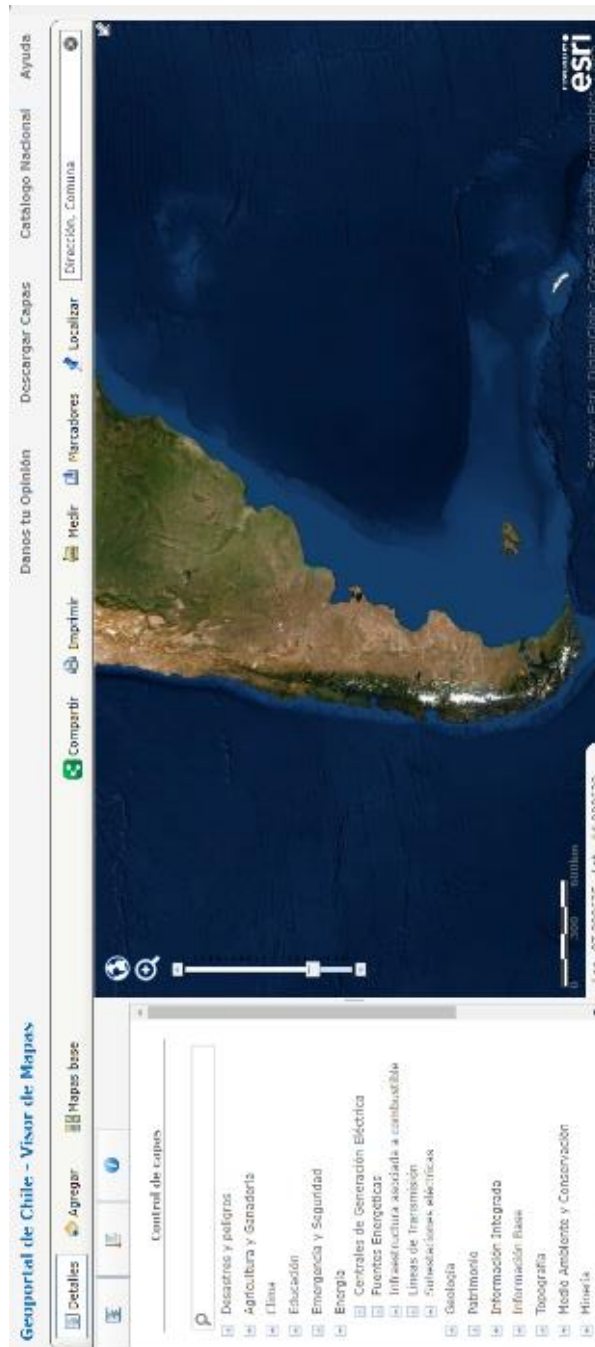
2.4.1.1. Ejemplo de visores de mapas

Sin entrar en mucho detalle, en este apartado se mostrarán algunos ejemplos de países que han adoptado la tecnología GIS en su sector o subsector eléctrico; este listado no refleja orden cronológico ni jerárquico ni por nivel de desarrollo. Se incluye a Guatemala para conocer sus condiciones y avances.

2.4.1.1.1. Chile

Chile posee una infraestructura de datos espaciales administrada por el Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial -SNIT-. Su proyecto se denomina “Geoportal de Chile - Visor de Mapas” y actualmente consiste en incluir datos geográficos de 29 entidades diferentes para poder visualizarlas e interactuar con ellas. (Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial, s.f.)

Figura 4. Visor de mapas de Chile



Fuente: SNIT. *Geoportal de Chile - Visor de Mapas*. Consultado el 25 de octubre de 2019.

Recuperado de www.geoportal.cl/visorgeoportal/.

Dentro de la categoría denominada energía se resaltan las siguientes capas de información geográfica:

- Posición de centrales de generación eléctrica
 - Parques eólicos
 - Centrales hidroeléctricas
 - Centrales solares
 - Centrales termoeléctricas
 - Centrales de biomasa
- Fuentes energéticas
 - Concesiones de exploración geotérmica
 - Concesiones geotérmicas de explotación vigente
- Infraestructura asociada a combustible
 - Almacenamiento de combustible
 - Gasoductos y oleoductos
 - Terminales marítimos
- Líneas de transmisión
 - Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)
 - Sistema Eléctrico de Aysén
 - Sistema Eléctrico de Magallanes
- Subestaciones eléctricas

2.4.1.1.2. Perú

El Decreto Supremo número 069-2011-PCM del Perú, crea el proyecto denominado GEOIDEP a través de su artículo 1, el cual dice lo siguiente:

Créase el Portal de la Información de Datos Espaciales del Perú (GEOIDEP), como un sistema interactivo de información a los ciudadanos a través de Internet, el cual proporcionará un servicio de acceso unificado de datos, servicios y aplicaciones geoespaciales de la información territorial que producen y usan todas las entidades del sector público y privado (Perú. Organismo ejecutivo, 2011).

GEOIDEP pretende ser la plataforma donde se integren los datos geoespaciales provenientes de toda aquella institución del Perú que utilice información geográfica, así como fomentar la integración con otras infraestructuras de datos espaciales (IDE) de la región. (Decreto supremo de la República del Perú, 2011, art. 4-5)

La Presidencia del Consejo de Ministros (2020), dentro de su portal web, lista las entidades que brindan información, se listan entidades como el Ministerio de Energía y minas y la Autoridad Nacional del Agua. Se muestran algunas de las capas disponibles:

- Proyectos con Potencial Hidroeléctrico
- Estudio del potencial eólico del Perú
- Centros de carga
- Centros registrados en la DGER
- Redes de alta tensión y de media tensión
- Electricidad: Mapa de distribución eléctrica, concesiones de transmisión, concesiones de hidráulicas, concesiones de generación eléctrica, concesiones de distribución

Figura 5. Visor de mapas del Perú



Fuente: GEOIDEP. Visor de mapas - DGE. Consultado el 25 de octubre de 2019.

Recuperado de http://mapas.minem.gob.pe/map_dger/.

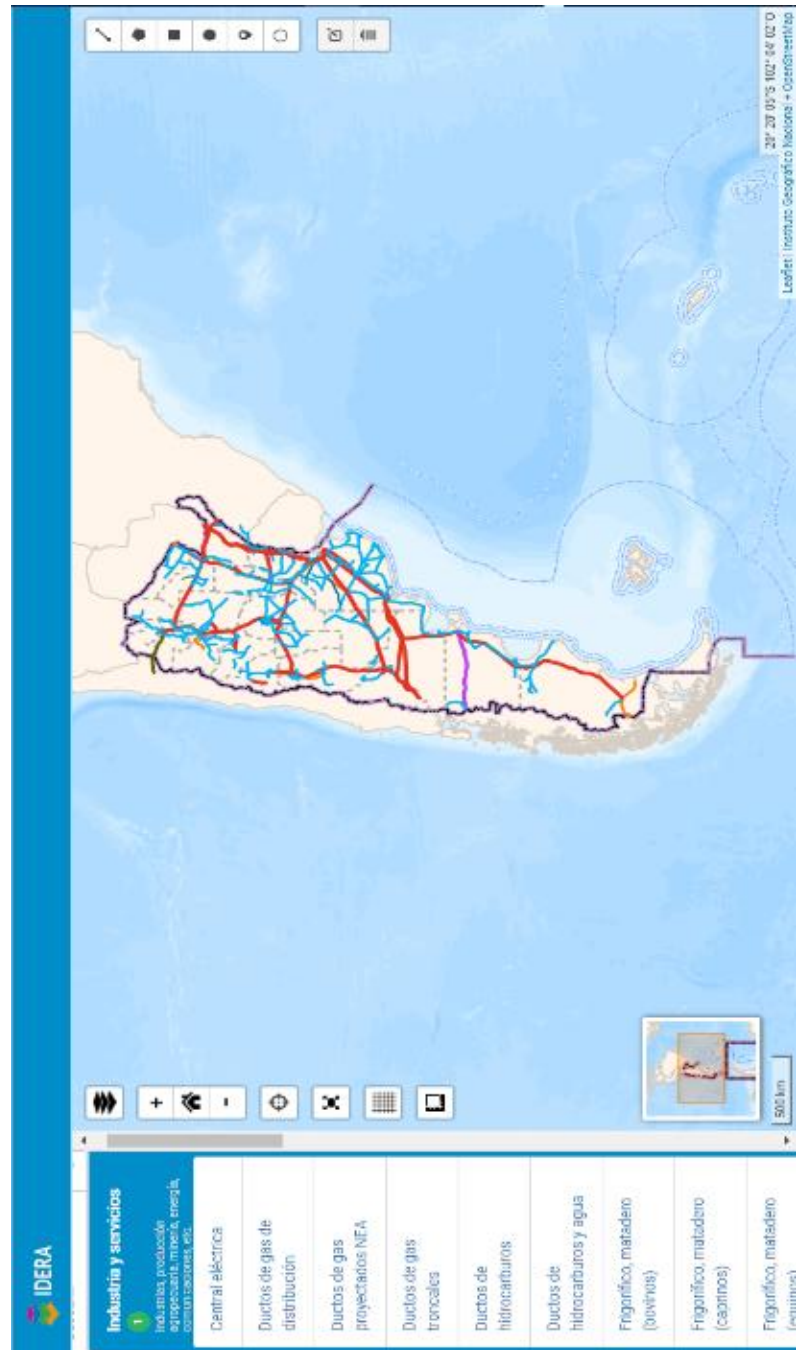
2.4.1.1.3. Argentina

Buenos Aires Ciudad (2013) define la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) como: “un ámbito de trabajo institucional en el que participan generadores de información geoespacial ya sea de diferentes niveles de Gobierno, el ámbito académico y de investigación.”

IDERA integra información de diferentes entidades de Gobierno y las reúne para poder interactuar con ella; entre esas instituciones se encuentra la Secretaría de Energía de la Presidencia de la Nación. De esta institución se puede encontrar capas de información en temas de energía, minería, hidrografía, entre otros. Se desglosará el sector energía eléctrica:

- Generación
 - Aprovechamientos hidroeléctricos
 - Centrales de generación de energía eléctrica
- Transporte
 - Cables eléctricos AT/MT
 - Estaciones transformadoras eléctricas AT/MT
 - Estructuras de cables eléctricos AT
- Renovables
 - Energía eólica
 - Energía geotérmica
 - Energía solar
 - Bioenergía
 - Escuelas de Proyectos de Energías Renovables

Figura 6. Visor de mapas de IDERA, Argentina



Fuente: IDERA. Visor de mapas - DGER. Consultado el 25 de octubre de 2019.

Recuperado de http://mapas.minem.gob.pe/map_dger/.

Figura 7. Visor de mapas de la secretaría de energía



Fuente: MEM. *Información geográfica | Energía*. Consultado el 24 de octubre de 2019.

Recuperado de <https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php>.

2.4.1.2. Situación GIS de Guatemala

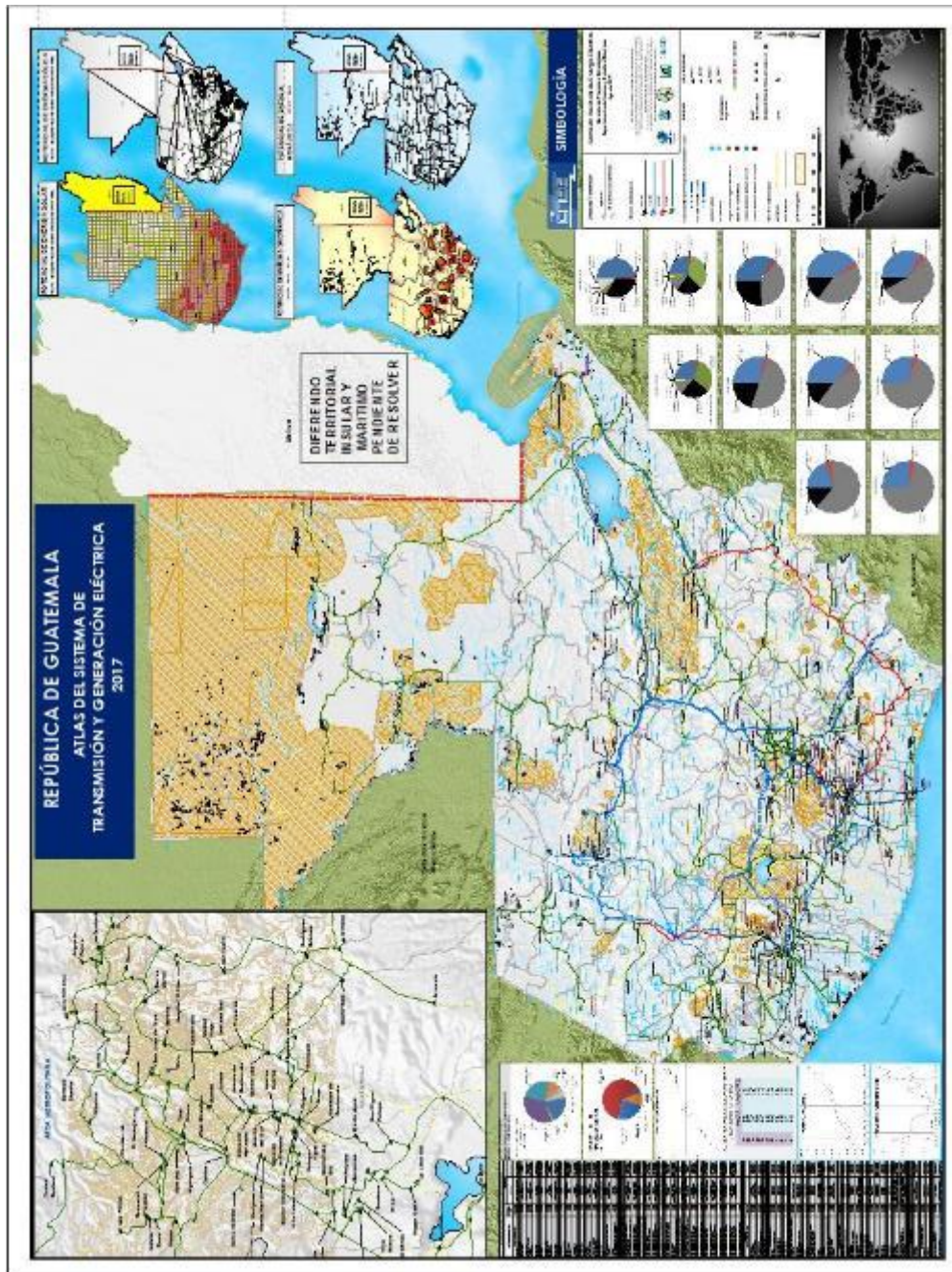
Desde el año 2010 se estimula la Infraestructura de Datos Espaciales de Guatemala (IDEG) a través de la SEGEPLÁN. SEGEPLAN (2018) indica que la intención es construir el punto donde se integre la información proveniente de diferentes instituciones públicas.

La SEGEPLAN (2018) indica que para el 2018 se contaba con alrededor de ocho geoportales activos para apoyar en la toma de decisiones con base en información geográfica.

Actualmente Guatemala carece de un marco legal que dicte las políticas ni incentive ni regule la información. Se compara su situación con Perú, Chile y Argentina, países que si lo tienen.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2017) sostiene un proyecto denominado Atlas del SNI; el cual, es un indicio de un visor de mapas como los ejemplos mostrados anteriormente. El atlas incluye información estática de infraestructura eléctrica posicionada sobre una cartografía base.

Figura 8. Atlas del SNI



Fuente: CNEE. *Atlas del SNI*. Consultado el 26 de octubre de 2019.

Recuperado de www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=1008.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la investigación fue no experimental con enfoque cuantitativo. Se recopiló la información y se procesó sobre una plataforma para facilitar el estudio y el desarrollo de nuevos proyectos en el subsector eléctrico. Por lo descrito anteriormente, se determinó que fue una investigación transeccional ya que estos datos fueron obtenidos en un instante específico en el tiempo.

La unidad de análisis surgió por criterio de exclusión, tras no tomar en consideración la red de transporte de energía eléctrica privada del sistema nacional interconectado, eligiendo únicamente la perteneciente al Gobierno de la República de Guatemala a través de su empresa estatal.

3.1. Variables

Las variables tuvieron medición independiente sin buscar la existencia de correlación o causalidad, siendo una investigación descriptiva. Dichas variables fueron observables y manipulables.

3.1.1. Variables observables

- **Coordenada:** corresponde al punto donde se ubica un elemento de línea de transmisión, siendo estructuras de soporte, posición de subestaciones, entre otros. La variable es de tipo numérica continua con escala de Medición por intervalo.

- Longitud de trayectoria: es la longitud que resulta de la diferencia entre dos posiciones asignadas por sus coordenadas. La variable es de tipo numérica continua con escala de Medición por intervalo.
- Departamento: límite geográfico y territorial que encierra una de las 22 regiones de la República de Guatemala. La variable es de tipo categórica policotómica con escala de Medición nominal.
- Municipio: límite geográfico y territorial que encierra una de las 340 subregiones de la República de Guatemala. La variable es de tipo categórica policotómica con escala de Medición nominal.
- Nivel de voltaje: es la diferencia de potencial, expresada en kilo voltios, en un nodo en específico. La variable es de tipo numérica discreta con escala de Medición ordinal.
- Ancho de servidumbre: es el ancho de franja asignada, expresada en metros, a una línea de transmisión donde se limitan actividades y el uso de la tierra. La variable es de tipo numérica discreta con escala medición por intervalo.
- Susceptibilidad a erosión: indica la erosión laminar potencial de suelo o pérdida del suelo, expresada en Ton/Ha/Año. La variable es de tipo numérica discreta con escala de Medición por intervalo.

- Amenaza por inundación: indica el riesgo potencial de sufrir inundación ante la crecida de un cuerpo de agua. La variable es de tipo categórica policotómica con escala de Medición ordinal.
- Amenaza por deslizamiento: indica el riesgo potencial de que el terreno sufra deslizamiento o movimiento de tierra. La variable es de tipo categórica policotómica con escala de Medición ordinal.
- Existencia de ríos: indica la existencia o no de ríos a nivel nacional. La variable es de tipo categórica dicotómica con escala de Medición nominal.
- Tipo de Infraestructura vial: indica el tipo de infraestructura existente a nivel nacional. La variable es de tipo categórica policotómica con escala de Medición nominal.
- Existencia de áreas protegidas: indica la existencia o no de áreas protegidas a nivel nacional. La variable es de tipo categórica dicotómica con escala de Medición nominal.
- Tipo de área poblada: es la clasificación de los lugares poblados a nivel nacional, indica si es villa, aldea, caserío, entre otros. La variable es de tipo categórica policotómica con escala de Medición nominal.
- Disponibilidad del sitio web: mide la disponibilidad del sitio web que aloja un servicio, en el sentido si se encuentra activo o no. La medición es de tipo numérica continua con escala de Medición de razón.

- Tiempo de carga del sitio web: es la cantidad de segundos que se necesitan para cargar el sitio web que contiene el visor de mapas. La variable es de tipo numérica continua con escala de Medición de razón.

3.2. Variables manipulables:

- Velocidad de descarga de internet: es la cantidad de bits que un servicio de internet puede descargar en un segundo, expresado en Megabits por segundo. La variable es de tipo numérica discreta con escala de Medición de razón, operacionalizada por servidores web.
- Navegador web: es el programa que permite al usuario tener acceso a la internet, este permite visualizar páginas web a través del internet. La variable es de tipo categórica dicotómica, operacionalizada por la utilización de software.

Tabla II. Caracterización de variables

	Categórica		Numérica		Uso
	Dicotómica	Policotómica	Discreta	Continua	
Coordenada				X	Observable
Longitud de trayectoria				X	Observable
Nivel de tensión			X		Observable
Susceptibilidad a erosión			X		Observable
Amenaza por Inundación		X			Observable
Amenaza por Deslizamiento		X			Observable
Ríos	X				Observable
Tipo de área poblada	X				Observable
Infraestructura vial		X			Observable
Áreas protegidas	X				Observable
Velocidad de descarga de datos				X	Manipulable
Navegador web	X				Manipulable
Disponibilidad del sitio web			X		Observable
Tiempo de carga del sitio web				X	Observable

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Escala de medición de variables**

	Escala de Medición	Unidad de medida	Dimensión	Herramienta utilizada	Descripción
Coordenada	Intervalo	UTM	Única	GPS	Única
Longitud de trayectoria	Intervalo	Kilómetros	Coordenada 1 y 2	Software GIS	Diferencia de posición entre coordenada 1 y 2
Nivel de tensión	ordinal	kV	Única	S.C.A.D.A.	Única
Susceptibilidad a erosión	Razón	Ton/Ha/Año	Única	-	Tonelada / Hectárea / año
Amenaza por Inundación	Ordinal	-	Categoría de amenaza	Observación directa	Alta, media o baja
Amenaza por Deslizamiento	Ordinal	-	Categoría de amenaza	Medición indirecta	Alta, media o baja
Ríos	Nominal	-	Existencia de ríos	Observación directa	Presencia de un río en un punto en específico
Tipo de área poblada	Nominal	-	Varias: Villa, aldea, caserío, otro	Observación directa	Indica el tipo de área poblada en una región
Infraestructura vial	Nominal	-	Tipo de Infraestructura vial	Observación directa	Indica si la vía se encuentra pavimentada o no
Áreas protegidas	Nominal	-	Existencia de áreas protegidas	Observación directa	Existencia de un área poblada en una región
Velocidad de descarga de datos	Razón	Mbps	Única	Servicio web	Megabits por segundo
Navegador web	Nominal	-	Google Chrome o Mozilla Firefox	Software	Google chrome o Mozilla Firefox
Disponibilidad del sitio web	Razón	Porcentaje	Única	Sitio web	Disponibilidad de un sitio web al momento de consultársele
Tiempo de carga del sitio web	Razón	Segundos	Única	Sitio web	Segundos que tarda un sitio web en consultársele

Fuente: elaboración propia.

3.3. Fases de la investigación

La presente investigación se desarrolló en cuatro fases de estudio, esto para dar cumplimiento a cada objetivo específico planteado. Es importante hacer mención que, este trabajo de investigación se desarrolló bajo restricciones de movilización de las personas, impuestas por el Gobierno Central. Por lo antes mencionado, en pro de sostener el distanciamiento social, en prevención del COVID-19, se propició la comunicación vía remota con las personas y entidades involucradas.

3.3.1. Fase 1: Investigación documental y entrevista libre

Se utilizó la técnica denominada investigación documental y la entrevista libre. Esta primera técnica consistió en seleccionar y recopilar información de documentos, publicaciones científicas, libros o diversas fuentes de información primaria o secundaria.

Dentro de esta misma fase, se consultó opinión profesional a través de la entrevista libre, por vía telefónica y la plataforma de reuniones virtuales *Zoom*. Se sostuvo comunicación con cuatro profesionales distinguidos dentro del sector energético y subsector eléctrico. Con la finalidad de determinar un listado preliminar de variables, se consultó a los profesionales sobre qué factores hubieran sido de utilidad para la planificar el sistema de transporte. Habiendo consultado lo anterior, surgieron la totalidad de las variables contenidas en la tabla II y III. Es importante agregar que la totalidad de estos entrevistados optaron por permanecer anónimos.

Se establecieron criterios de selección a los profesionales, requiriendo que estos fueran ingenieros electricistas o mecánicos electricistas, así como haber participado en la elaboración o ejecución del Plan de Expansión del Sistema de Transporte de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Por otra parte, también se entrevistó a un profesional de la ingeniería en Ciencias y Sistemas. A juicio de Gutiérrez (2020), es recomendable que aquel que carezca de formación en dicha rama de la ingeniería, que necesite realizar mediciones sobre páginas web, pueda auxiliarse de sitios web especializados para ejecutar estas. Dichos sitios pueden monitorear la actividad de otras páginas web para extraer variables importantes como: disponibilidad del servidor, tiempo de carga del sitio, cantidad de datos consumidos en la consulta, entre otros.

3.3.2. Fase 2: Elección de la tecnología

Tras haber consultado la literatura, se determinó los elementos necesarios para que una entidad o persona individual pueda conformar una infraestructura de datos espaciales (IDE). Adicionalmente, se observó a entidades nacionales que tuvieran infraestructura que brinde servicios web de mapas, a fin de poder tener modelos de comparación.

Tabla IV. Servidor utilizado por entidad consultada

ENTIDAD	SERVIDOR
Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia	GEOSERVER
Registro de Información Catastral	GEOSERVER
Instituto Geográfico Nacional	GEOSERVER
Instituto Nacional de Bosques	GEOSERVER
Fondo Nacional de Tierras	GEOSERVER
Consejo Nacional de Áreas Protegidas	GEOSERVER
Instituto Guatemalteco de Turismo	ArcGis Online
Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra	GEOSERVER

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se determinó que la mayoría de las entidades alojan dicha infraestructura en el servidor de código abierto llamado *Geoserver*, siendo esta la moda estadística. Sin embargo, para este trabajo de investigación se eligió una configuración para alojar la propuesta del servicio web de mapas en servidores de una compañía externa, a los que se accede de manera remota a través de la internet, tras haber cancelado una tarifa.

Así como el Instituto Guatemalteco de Turismo, se eligió utilizar el servidor de pago *ArcGis Online*. Se comprobó que, a diferencia de *Geoserver*, *ArcGis Online* es de muy sencillo uso. De forma paralela, también se construyó otro portal a través del servidor *QGis Cloud*, empleando su versión de prueba.

3.3.3. Fase 3: Estructuración de la información

Tras la investigación documental y las entrevistas sostenidas, se determinó qué datos debía representar las capas de información geográfica, a implementar en el visor web. Se recopiló, de forma remota, información de diferentes entidades. En su totalidad, se utilizó información del sector público, por estar esta libre, sujeta a la Ley de acceso a la información pública (Decreto número 57-2008).

Dentro de esta fase no se tomó en cuenta la precisión o exactitud de los datos por digitalizar, habiendo sido la totalidad de estos recibidos y medidos por sus entidades pertinentes. Se sienta la premisa que, la medición efectuada para capturar cada variable fue realizada de forma correcta. Los atributos de los datos recibidos se muestran en las siguientes tablas, indicando la fuente, origen, año, geometría, entre otros.

Tabla V. **Atributos de variable: amenaza por deslizamiento**

AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	NASA - CATHALAC
Año	2010
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS_WGS_1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

88

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Atributos de variable: amenaza por inundaciones**

AMENAZA POR INUNDACIONES	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	CONRED
Año	2015
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS_WGS_1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Atributos de variable: lugares poblados**

LUGARES POBLADOS	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	INE
Año	-
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS_WGS_1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Multipunto

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Atributos de variable: líneas de transmisión**

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	
Fuente	ETCEE-INDE
Origen	ETCEE-INDE
Año	2018
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS_WGS_1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Línea

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Atributos de variable: estructuras de transmisión**

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN	
Fuente	ETCEE-INDE
Origen	ETCEE-INDE
Año	2018
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS WGS 1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Punto

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Atributos de variable: caminos**

CAMINOS	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	IGN
Año	-
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS WGS 1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Línea

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Atributos de variable: índice de gestión municipal**

ÍNDICE DE GESTIÓN MUNICIPAL	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	SEGEPLAN
Año	2018
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS WGS 1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Atributos de variable: índice de participación ciudadana**

ÍNDICE DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	SEGEPLAN
Año	2018
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS_WGS_1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Atributos de variable: áreas protegidas**

ÁREAS PROTEGIDAS	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	CONAP
Año	2017
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS_WGS_1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Atributos de variable: susceptibilidad a la erosión**

SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	MAGA
Año	-
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS_WGS_1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Atributos de variable: ríos**

RÍOS	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	IGN
Año	-
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS WGS 1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Línea

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Atributos de variable: vertientes**

VERTIENTES	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	MAGA
Año	-
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS WGS 1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Atributos de variable: cuencas hidrográficas**

CUENCAS	
Fuente	SEGEPLAN
Origen	MAGA
Año	-
Sistema de coordenadas geográficas:	GCS WGS 1984
Sistema de coordenadas proyectadas:	GTM
Geometría	Polígono

Fuente: elaboración propia.

Con referencia a los datos indicados dentro de las tablas V a XVII, estos fueron proporcionados en el formato espacial *shapefile* (.shp). Este atributo denota compatibilidad con software GIS, lo que permitió volcarlos sobre los programas de cómputo QGis y ArcGis.

3.3.4. Fase 4: Implementación del visor web

Se implementó una prueba piloto del visor web de mapas, así como su web *map service* asociado, estos contuvieron parte de la base de datos organizada en la fase 3. El visor fue realizado dos veces, una de ellas en el software de pago Arc Gis y la otra en el software libre QGis. Para esto fue necesario que dichos datos tuvieran como mínimo lo siguiente:

- Geometría asignada (punto, línea, polígono, entre otros)
- Sistema de referencia de coordenadas
- Formato vectorial GIS (*shapefile*, KML, KMZ, entre otros)

Esta información fue cargada hacia dos servidores web de la siguiente manera: desde QGis hacia QGis Cloud y desde ArcGis hacia ArcGis Online. Se presentó la situación que ArcGis Online, por ser de pago, mantiene una relación directa entre la cantidad de visitas al sitio y el monto por pagar, por ello se le efectuarán pruebas únicamente al servidor de QGis Cloud.

Como lo hace notar (Rodríguez, Abad, & Sánchez, 2006), citado por (Bernabé Poveda & López Vásquez, 2012), el objetivo de la Infraestructura de datos espaciales (IDE) de España es “proporcionar a cada persona del planeta una suerte de “GIS simple” o elemental, que le permita al menos buscar, ver y consultar datos geográficos disponibles, utilizando sólo una conexión a Internet y un navegador”.

La anterior definición sentó dos elementos clave para acceder a una infraestructura de datos espaciales, siendo la conexión a internet y el navegador web donde se efectúa la consulta. Por ello, estos dos elementos fueron seleccionados como variables manipulables para someter el visor web a pruebas de funcionamiento.

Se cuantificó la disponibilidad del sitio web que aloja el visor web alojado dentro de QGis Cloud y ArcGis Online, esto empleando el sitio web especializado www.gtmetrix.com. GTmetrix (2020) asegura ser confiable, también comparte que empresas como BMW, Spotify, Pay Pal, Samsung y Microsoft utilizan sus servicios de monitoreo.

El sitio web antes indicado, permitió realizar pruebas sobre el visor web, en cuanto al tiempo que este tarda en mostrarse al ser consultado a través de un navegador web. Para dichas pruebas se graduaron las variables manipulables de la siguiente, para cuantificar el tiempo que dicho visor toma para cargar la información, según las configuraciones siguientes:

Tabla XVIII. **Configuración de las pruebas**

Tiempo de Carga (segundos)		Velocidad de Internet (Mbps)			
		1.5	5	15	20
Navegador Web	Mozilla Firefox				
	Google Chrome				

Fuente: elaboración propia.

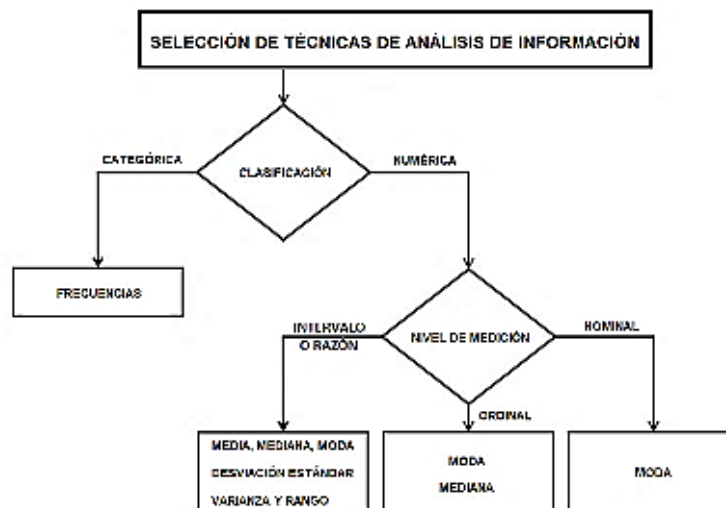
Estas mediciones fueron sometidas a técnicas de análisis de información, a través de la estadística descriptiva, dichas técnicas serán detalladas en el apartado 3.4. La cantidad de mediciones necesarias para mantener una confianza del 95 % se determinó en el apéndice 1.

Resultado de la investigación documental, se comprobó cómo realizar la interrelación de instituciones mediante infraestructura GIS. Para lo antes mencionado, se estableció comunicación con el Sistema Nacional de Información Territorial (SINIT), de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLÁN). Dicha comprobación se realizó a través del software libre QGis, donde se vinculó cuatro WMS: Segeplan, Registro de Información catastral, NASA y el WMS creado en este trabajo de investigación.

3.4. Técnicas de análisis de información

La investigación por realizar es de tipo descriptivo, por lo que las variables se analizaron de forma independiente. Por lo mismo, se adoptó la técnica de análisis univariado, siguiendo el siguiente esquema:

Figura 9. Diagrama de selección de técnica



Fuente: elaboración propia.

En las tablas II y III pudo observarse las variables a considerar dentro de este trabajo de graduación. Sin embargo, estas variables pueden dividirse en dos familias: variables atribuibles al contenido dentro del visor web y variables atribuibles al visor web por sí mismo. Bajo esta premisa, se presentan en la siguiente tabla aquellas variables observables que pertenecen a esta última familia.

Tabla XIX. Variables atribuibles al visor web

Variable	Clasificación	Escala de Medición	Unidad de medida	Técnica por utilizar
Disponibilidad del sitio web	Númerica	Razón	Porcentaje	Moda
Tiempo de carga del sitio web	Númerica	Razón	Segundos	Media, mediana, moda, varianza, desviación estándar y rango.

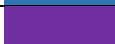
Fuente: elaboración propia.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentarán los resultados originados en este trabajo de graduación. Se presenta el esquema de la arquitectura utilizada para alojar el visor de mapas en la internet, así como los datos fruto de las pruebas a las que fue sometido dicho visor.

También se mostrarán extractos de la información contenida dentro del visor de mapas. Se utilizó la convención de colores de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE, para diferenciar líneas de transmisión según nivel de tensión. Dicho código se presenta en la tabla siguiente:

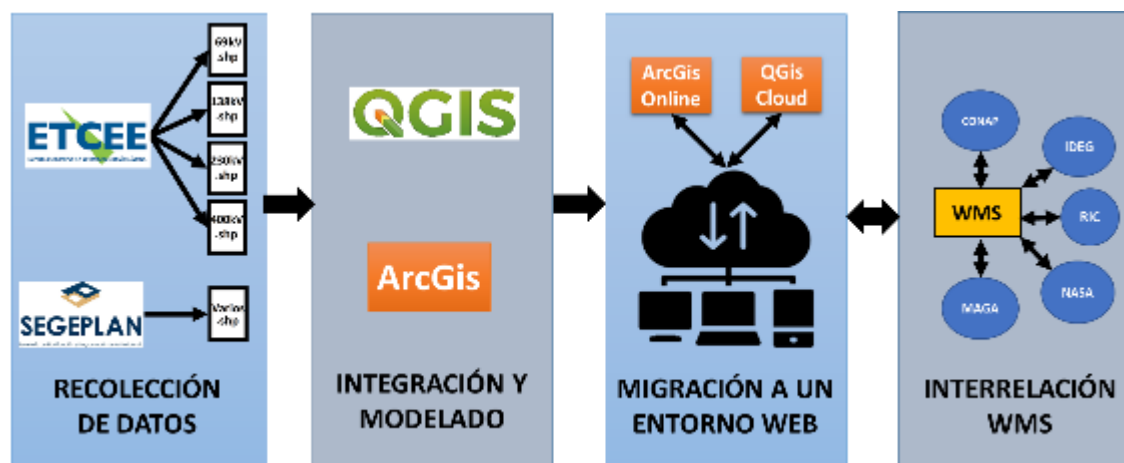
Tabla XX. **Código de colores de ETCEE-INDE**

Nivel de Tensión	Color	
69 kV	Verde	
138 kV	Rojo	
230 kV	Azul	
400 kV	Morado	

Fuente: ETCEE-INDE, 2018.

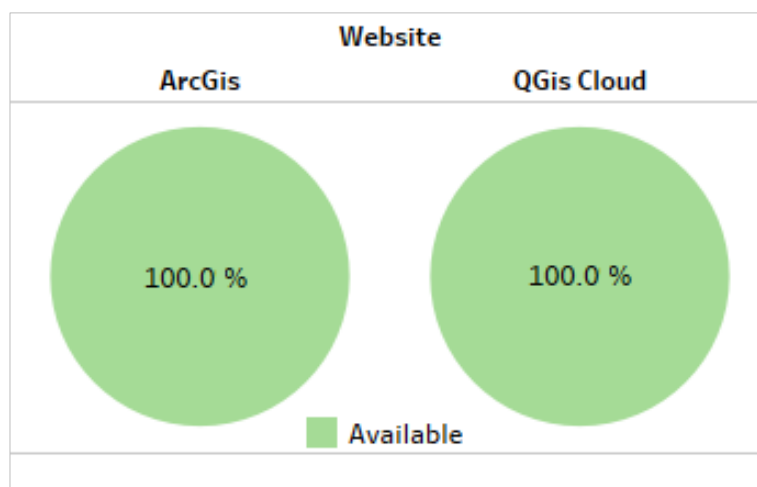
Por último, se presentarán aquellas pruebas de conexión entre los *WMS* de tres entidades (SEGEPLAN, RIC y NASA). Dicha conexión fue realizada dentro del software gratuito QGis.

Figura 10. **Arquitectura del servicio web de mapas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Resultados de disponibilidad del sitio web**



Fuente: elaboración propia, utilizando Tableau Desktop.

Tabla XXI. **Resultados estadísticos empleando Google Chrome**

<i>Tiempo de carga (s)</i>				
Explorador:	Google Chrome			
Velocidad de descarga:	1.5 Mbps	5 Mbps	15 Mbps	20 Mbps
Media	35.384	30.785	31.120	28.014
Error típico	0.234	0.246	0.107	0.170
Mediana	35.060	30.590	31.020	27.810
Moda	36.240	30.210	30.340	27.260
Desviación estándar	2.877	3.020	1.294	2.083
Varianza de la muestra	8.280	9.121	1.676	4.338
Curtosis	105.984	110.647	5.018	66.321
Coefficiente de asimetría	9.503	9.747	1.331	5.631
Rango	35.100	37.160	9.420	30.830
Mínimo	32.490	27.790	28.640	17.680
Máximo	67.590	64.950	38.060	48.510
Cuenta	151	151	147	151
Nivel de confianza (95.0 %)	0.463	0.486	0.211	0.335

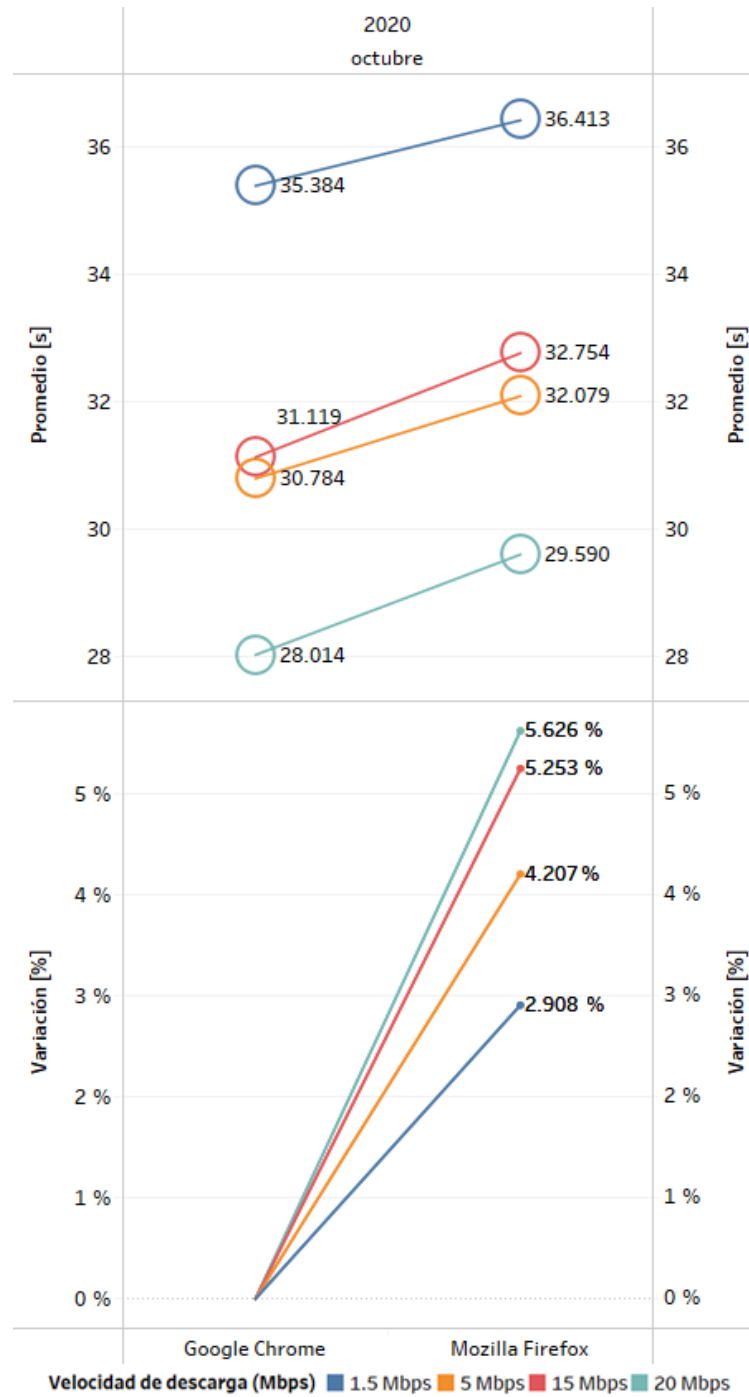
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resultados estadísticos empleando Mozilla Firefox**

<i>Tiempo de carga (s)</i>				
Explorador:	Mozilla Firefox			
Velocidad de descarga:	1.5 Mbps	5 Mbps	15 Mbps	20 Mbps
Media	36.413	32.079	32.754	29.590
Error típico	0.435	0.522	0.461	0.187
Mediana	35.900	31.410	32.140	29.500
Moda	35.960	29.890	32.000	28.670
Desviación estándar	5.350	6.415	5.584	2.296
Varianza de la muestra	28.619	41.153	31.180	5.271
Curtosis	83.196	79.297	124.571	29.043
Coefficiente de asimetría	8.776	8.373	10.823	-1.450
Rango	58.830	76.850	67.480	31.120
Mínimo	32.500	20.800	29.810	12.420
Máximo	91.330	97.650	97.290	43.540
Cuenta	151	151	147	151
Nivel de confianza (95.0 %)	0.860	1.032	0.910	0.369

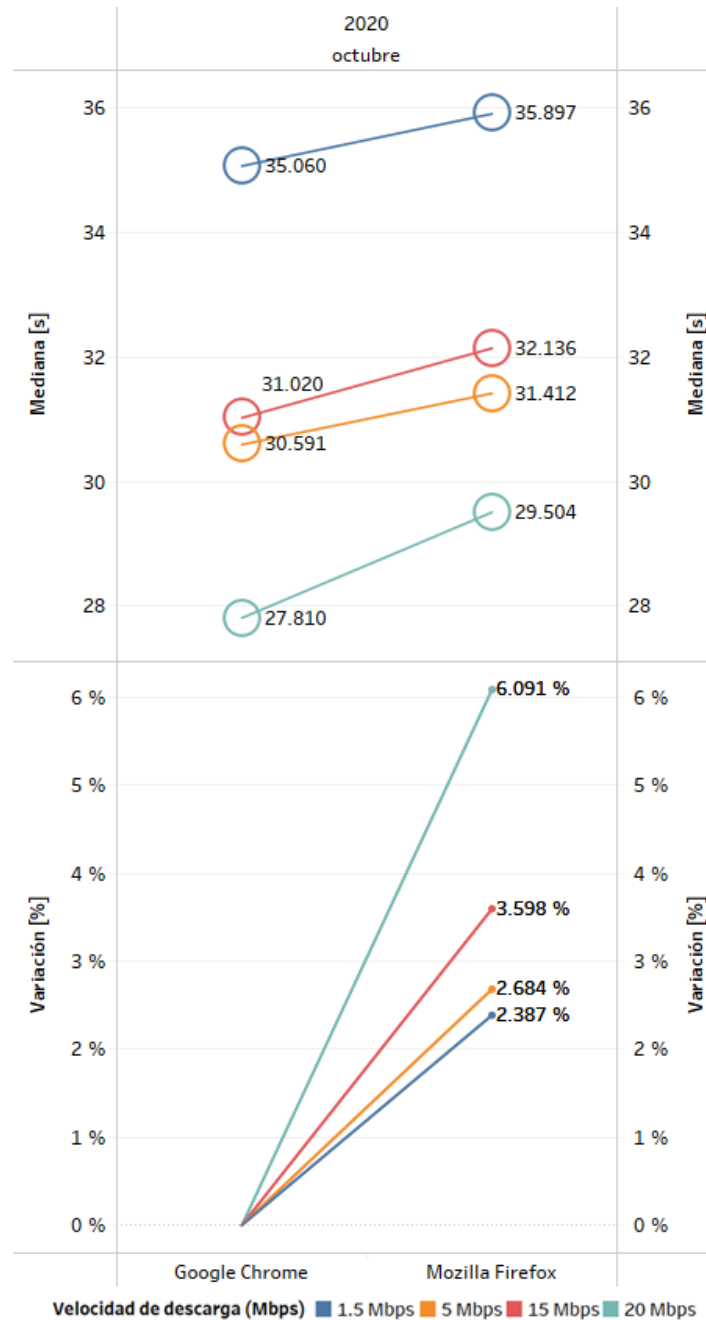
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Promedio del tiempo de carga, por explorador web



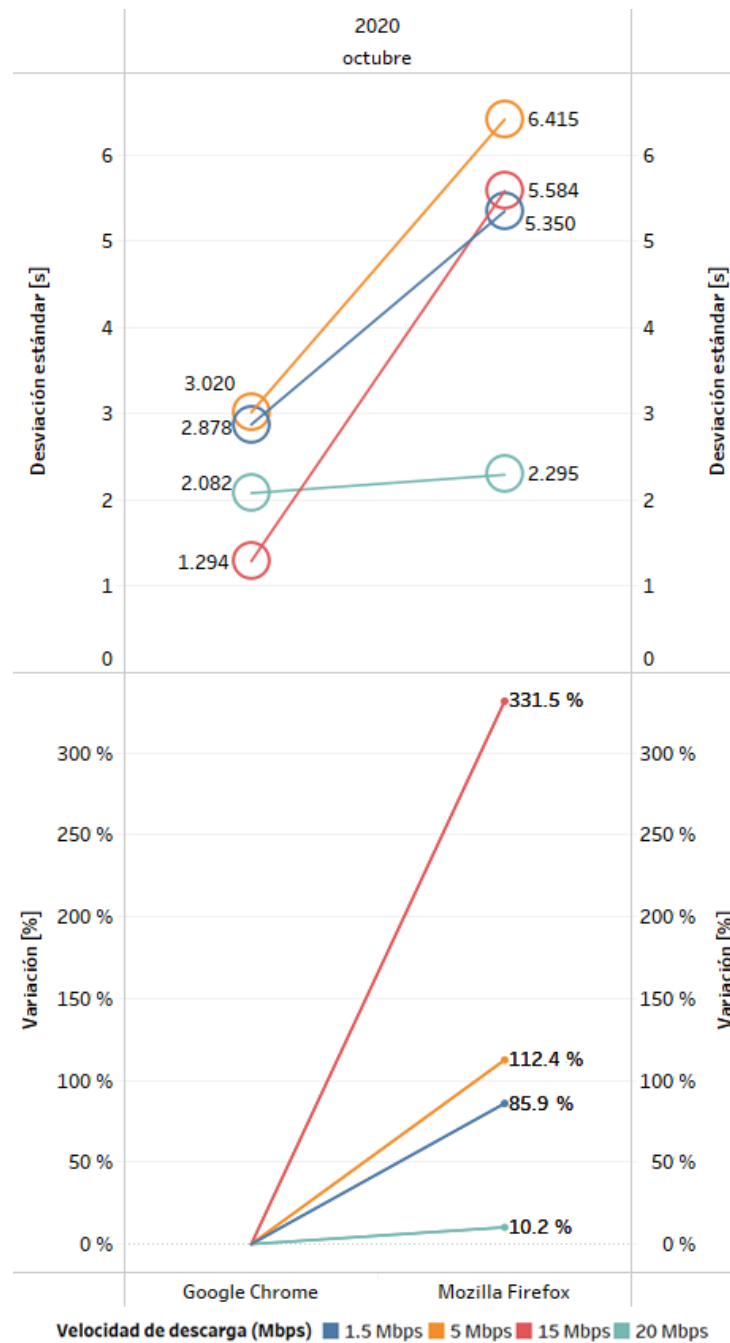
Fuente: elaboración propia, utilizando Tableau Desktop.

Figura 13. Mediana del tiempo de carga, por explorador web



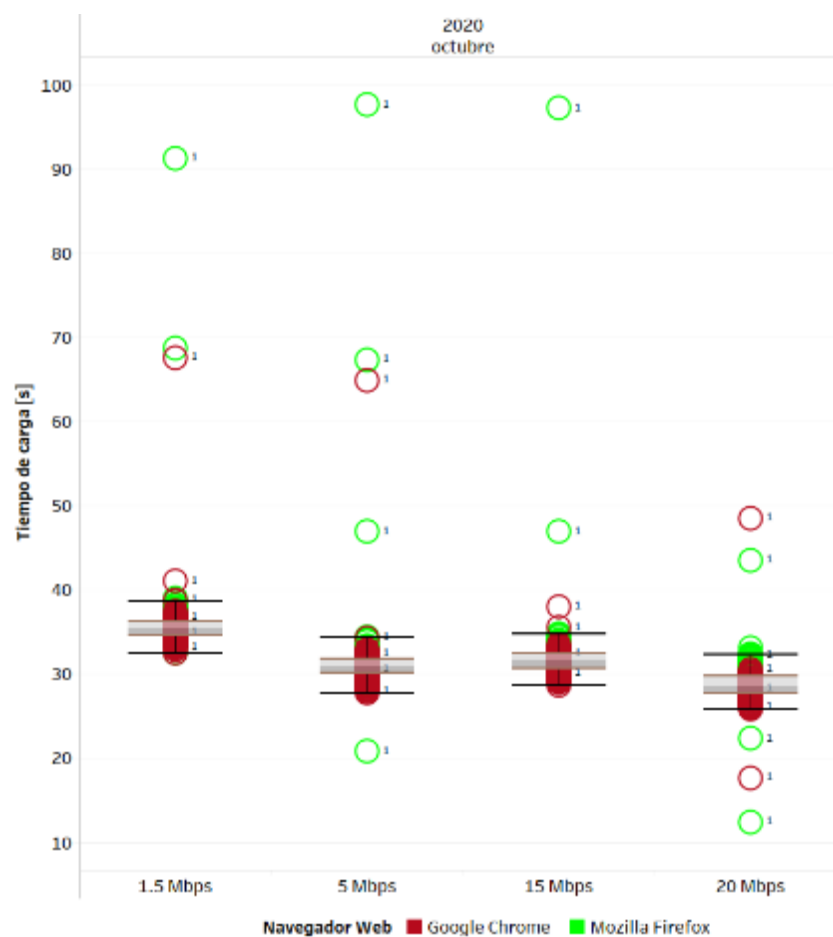
Fuente: elaboración propia, utilizando Tableau Desktop.

Figura 14. Desviación estándar del tiempo de carga, por explorador web



Fuente: elaboración propia, utilizando Tableau Desktop.

Figura 15. **Dispersión de las mediciones**



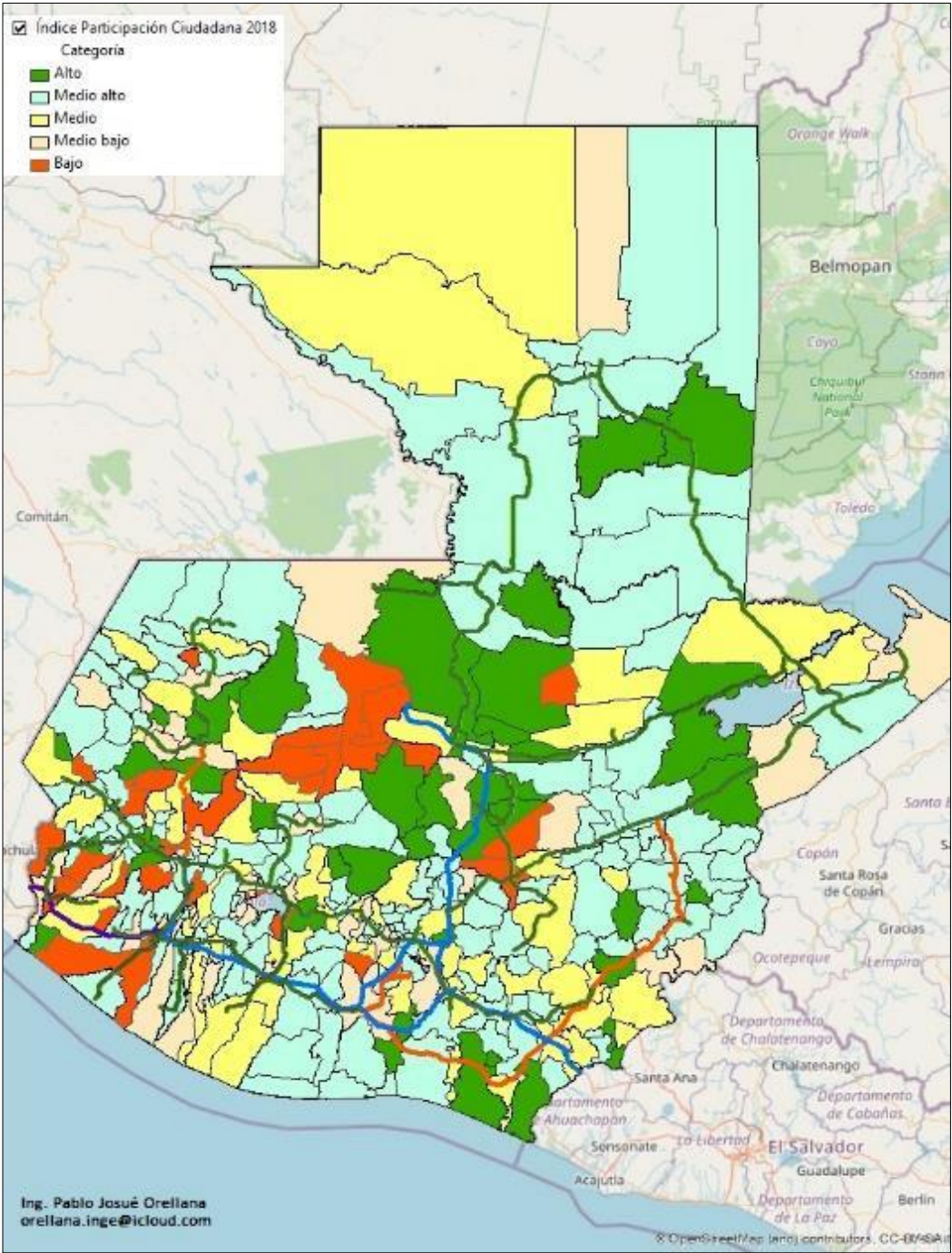
Fuente: elaboración propia, utilizando Tableau Desktop.

Tabla XXIII. **Intervalo del tiempo de carga**

Tiempo	1.5 Mbps	5 Mbps	15 Mbps	20 Mbps
Google Chrome	35.384 ± 2.877	30.785 ± 3.020	31.120 ± 1.294	28.014 ± 2.083
Mozilla Firefox	36.413 ± 5.350	32.079 ± 6.415	32.754 ± 5.584	29.590 ± 2.296

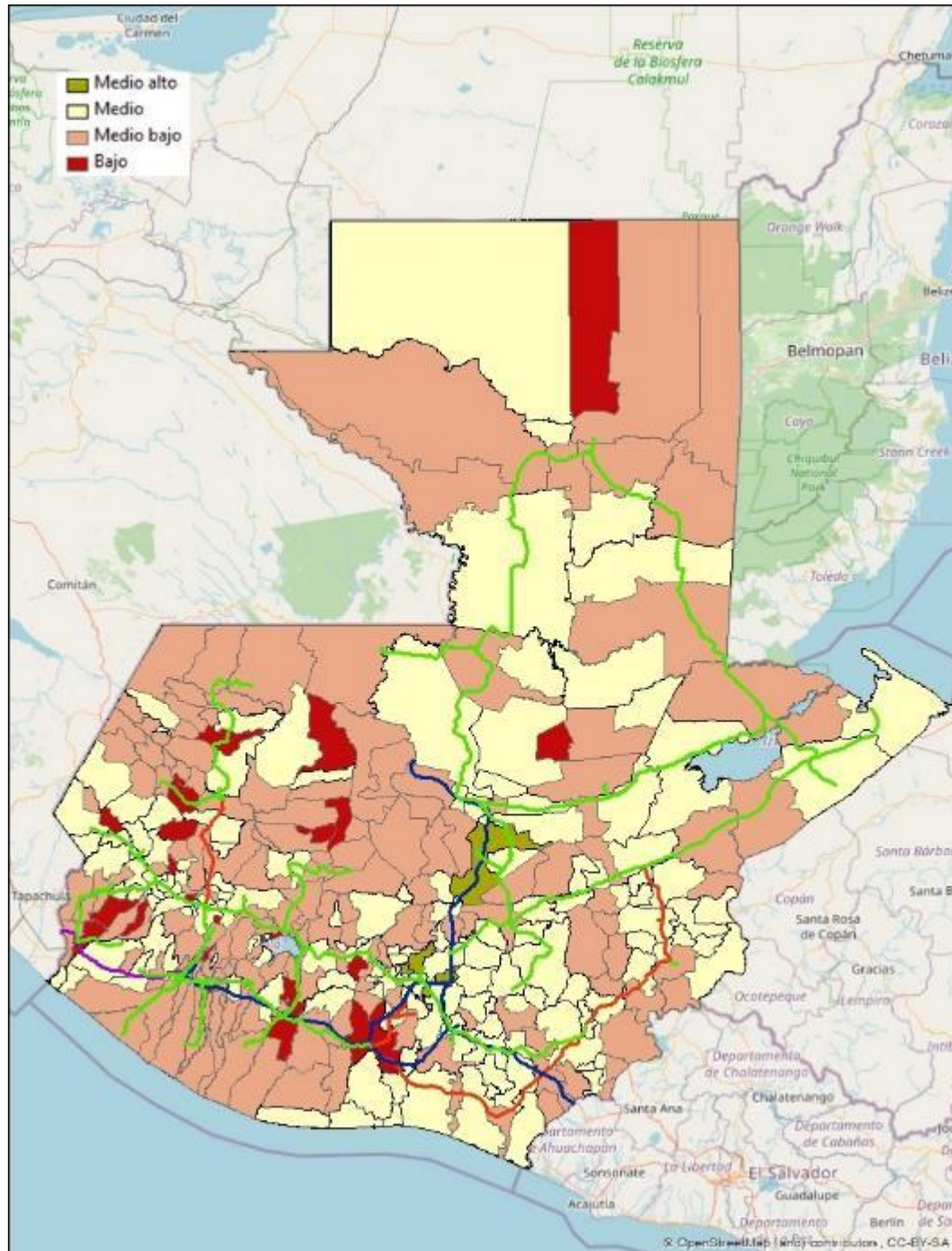
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Red de transporte e índice de participación ciudadana



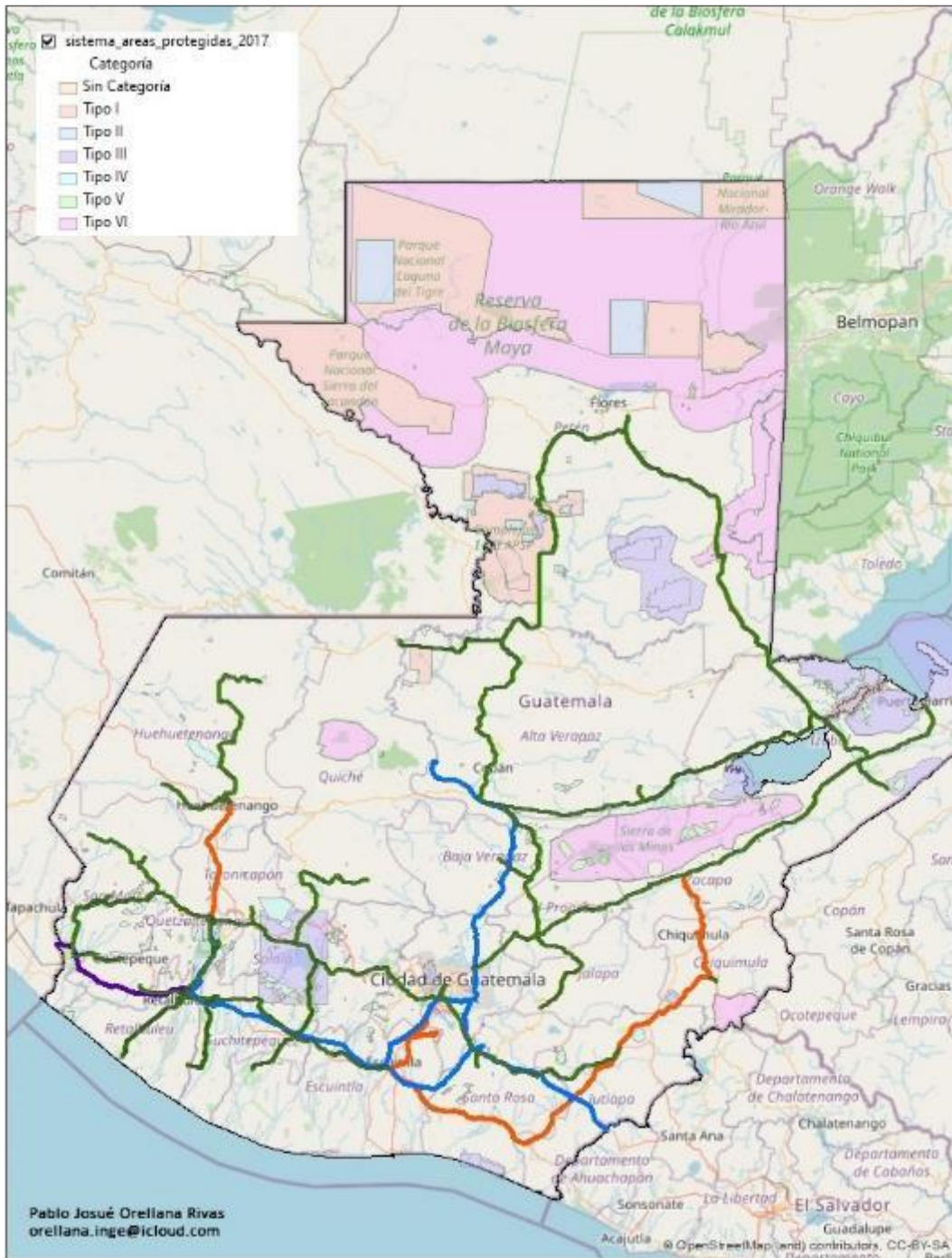
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 17. Red de transporte e índice de gestión municipal



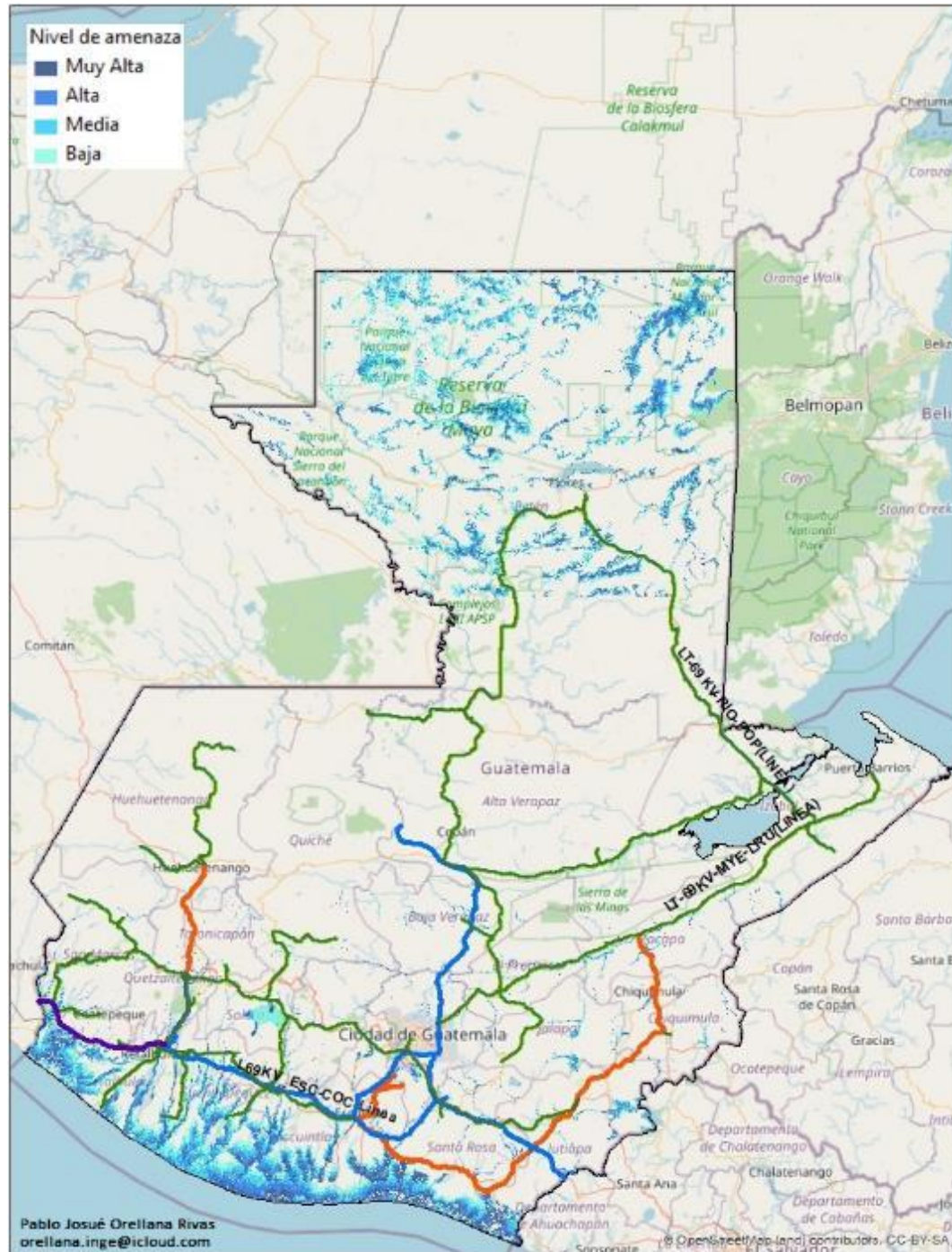
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 18. Red de transporte y áreas protegidas



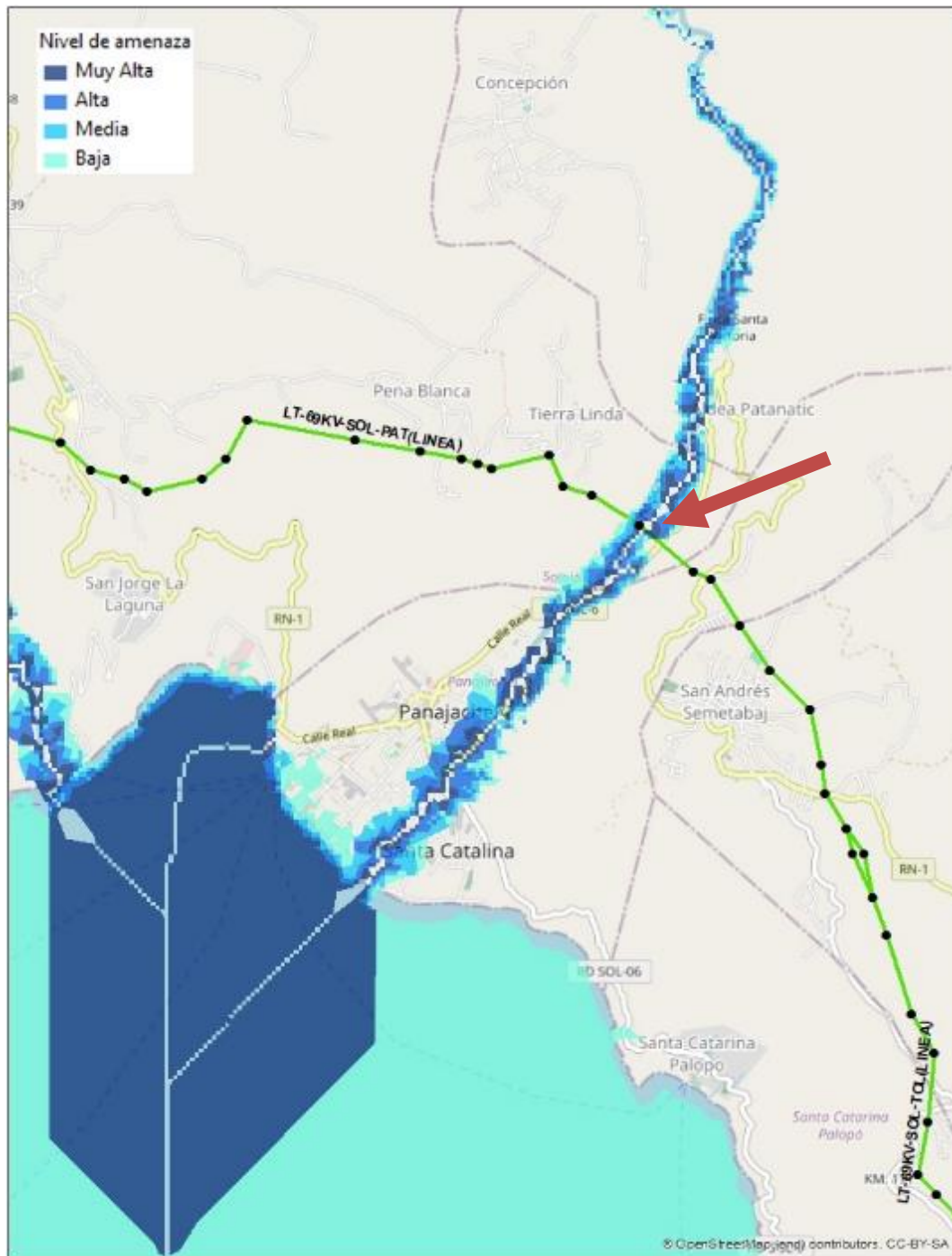
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 19. Red de transporte y amenaza por inundaciones



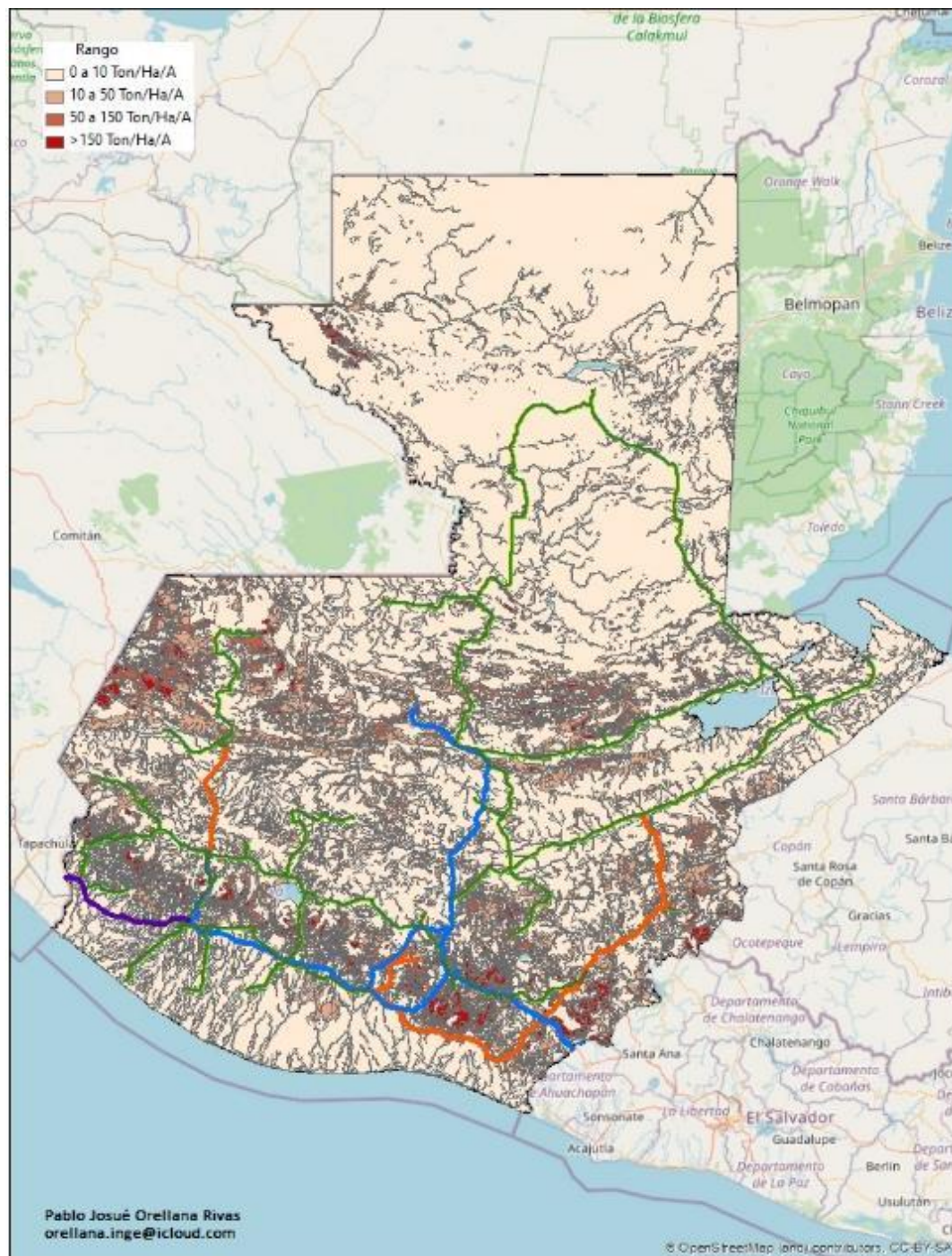
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 20. Estructura de transmisión en riesgo por inundación



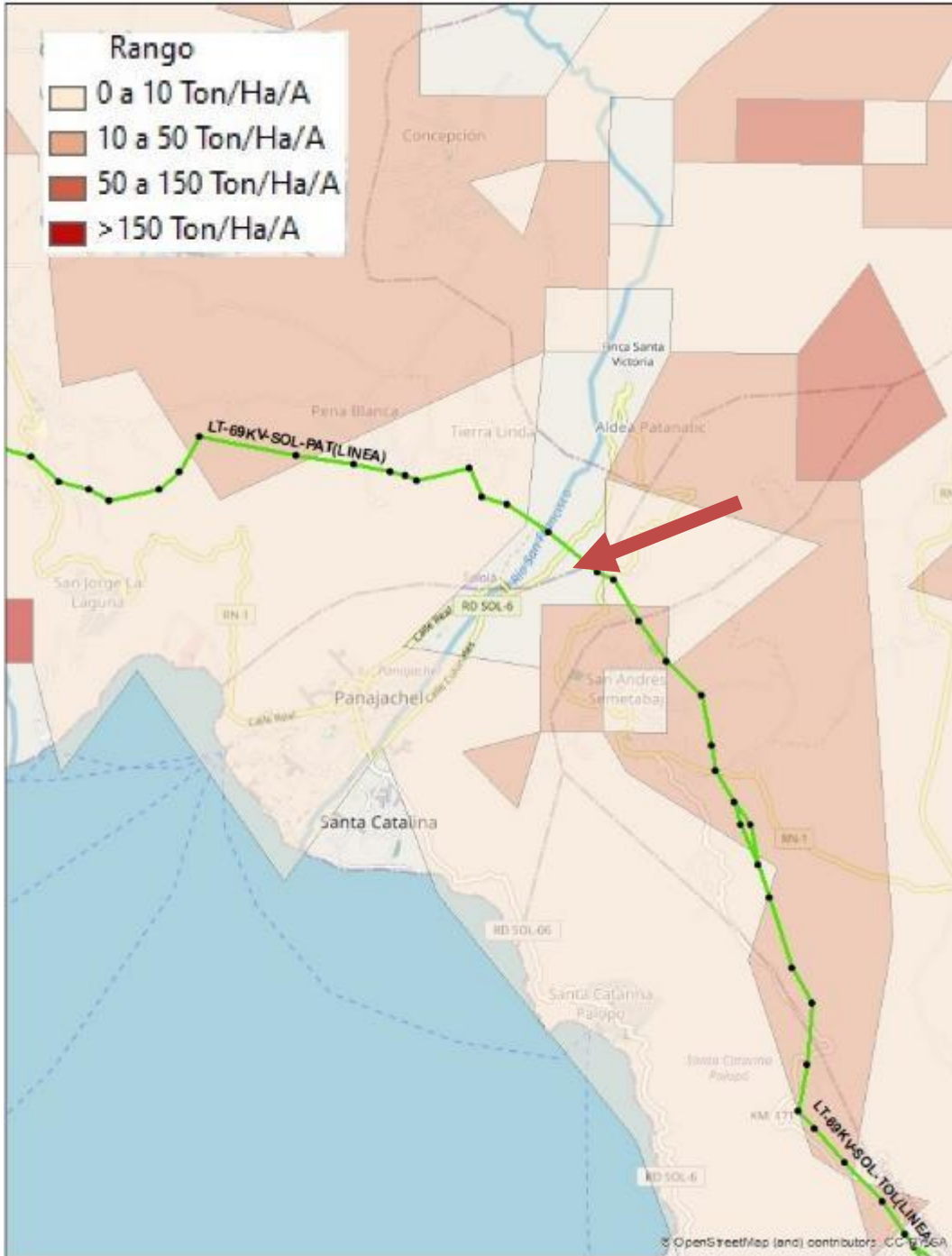
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 21. Red de transporte y susceptibilidad a la erosión



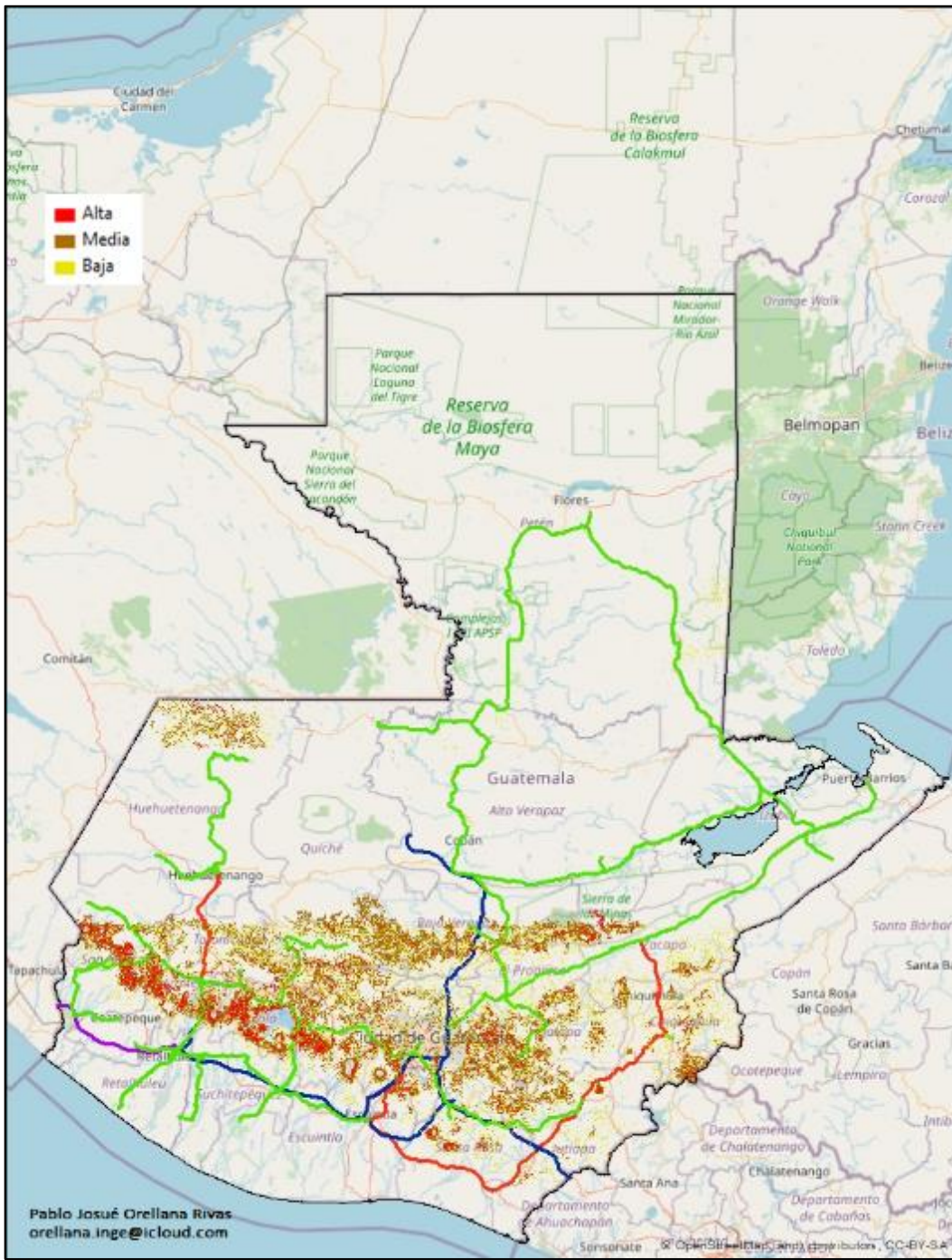
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 22. Estructura de transmisión y su nivel de erosión



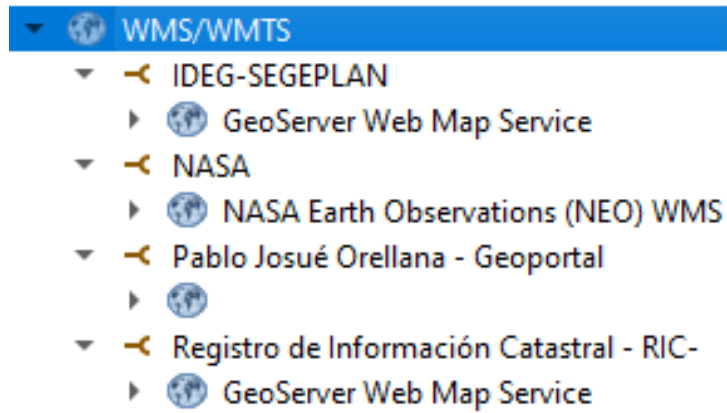
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 23. Red de transporte y amenaza por deslizamientos



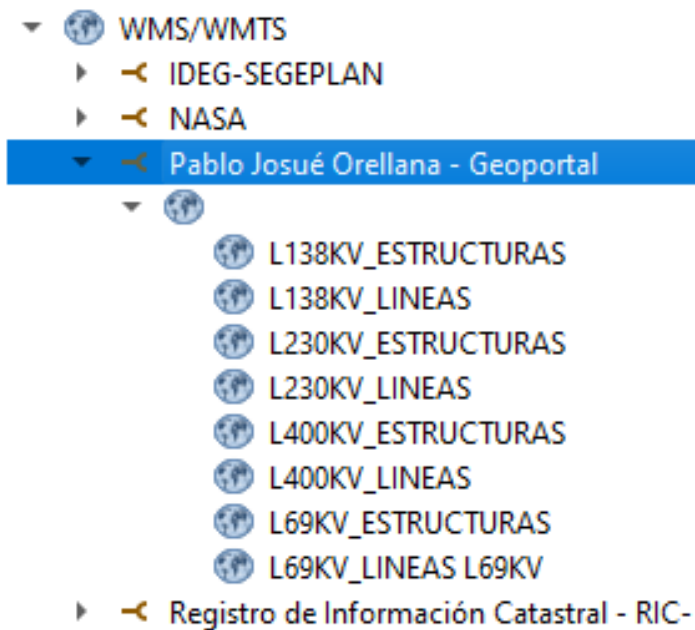
Fuente: elaboración propia con datos de ETCEE-INDE y SEGEPLAN.

Figura 24. **Ejemplo de conexión con 4 fuentes WMS**



Fuente: elaboración propia, utilizando QGIS.

Figura 25. **Extracto de capas disponibles, Pablo Orellana**



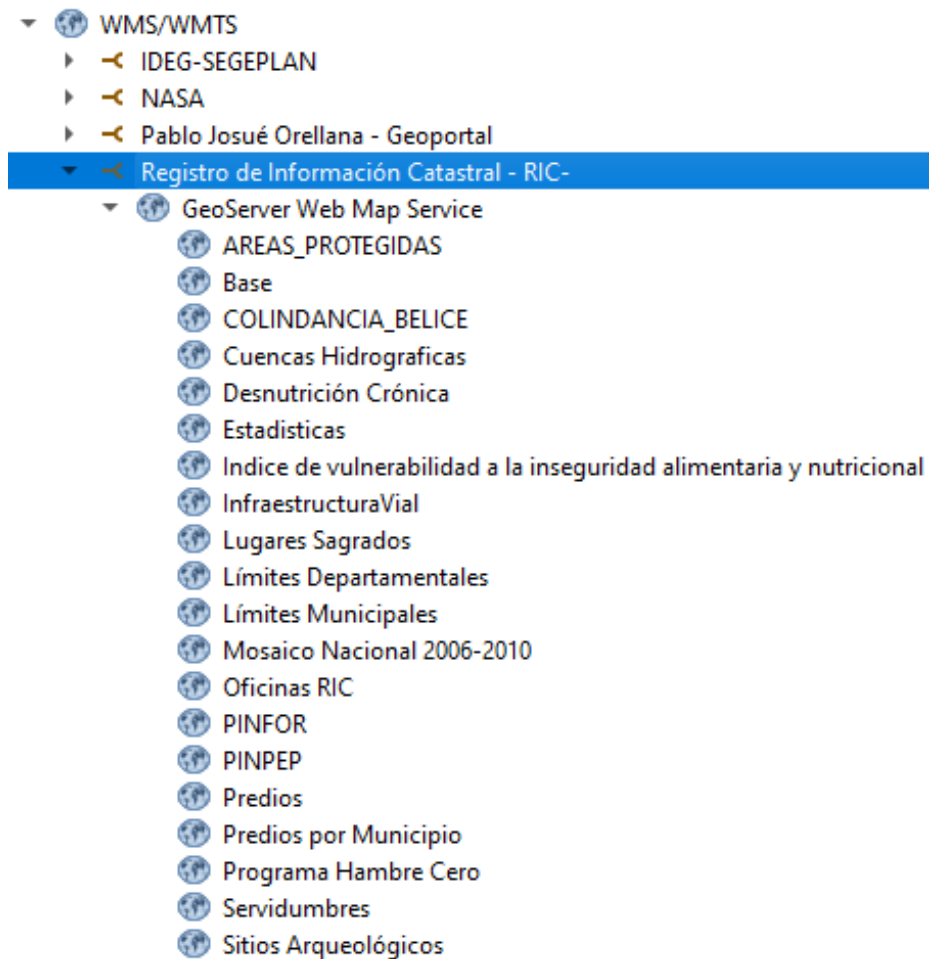
Fuente: elaboración propia, utilizando QGIS.

Figura 26. Extracto de capas disponibles, NASA

- ▼  WMS/WMTS
 - ▶  IDEG-SEGEPLAN
 - ▼  NASA
 - ▼  NASA Earth Observations (NEO) WMS
 - ▶  Active Fires
 - ▶  Aerosol Optical Thickness
 - ▶  Aerosol Particle Radius
 - ▶  Albedo
 - ▶  Average Land Surface Temperature [Day]
 - ▶  Average Land Surface Temperature [Night]
 - ▶  Average Sea Surface Temperature (AVHRR, 1985-97)
 - ▶  Bathymetry
 - ▶  Blue Marble: Next Generation
 - ▶  Carbon Monoxide
 - ▶  Chlorophyll Concentration
 - ▶  Cloud Fraction
 - ▶  Cloud Optical Thickness
 - ▶  Cloud Particle Radius
 - ▶  Cloud Water Content
 - ▶  False Color (MODIS)
 - ▶  Global Temperature Anomaly
 - ▶  Greenland / Antarctica Elevation
 - ▶  Land Cover Classification
 - ▶  Land Surface Temperature [Day]
 - ▶  Land Surface Temperature [Night]
 - ▶  Land Surface Temperature Anomaly [Day]
 - ▶  Land Surface Temperature Anomaly [Night]

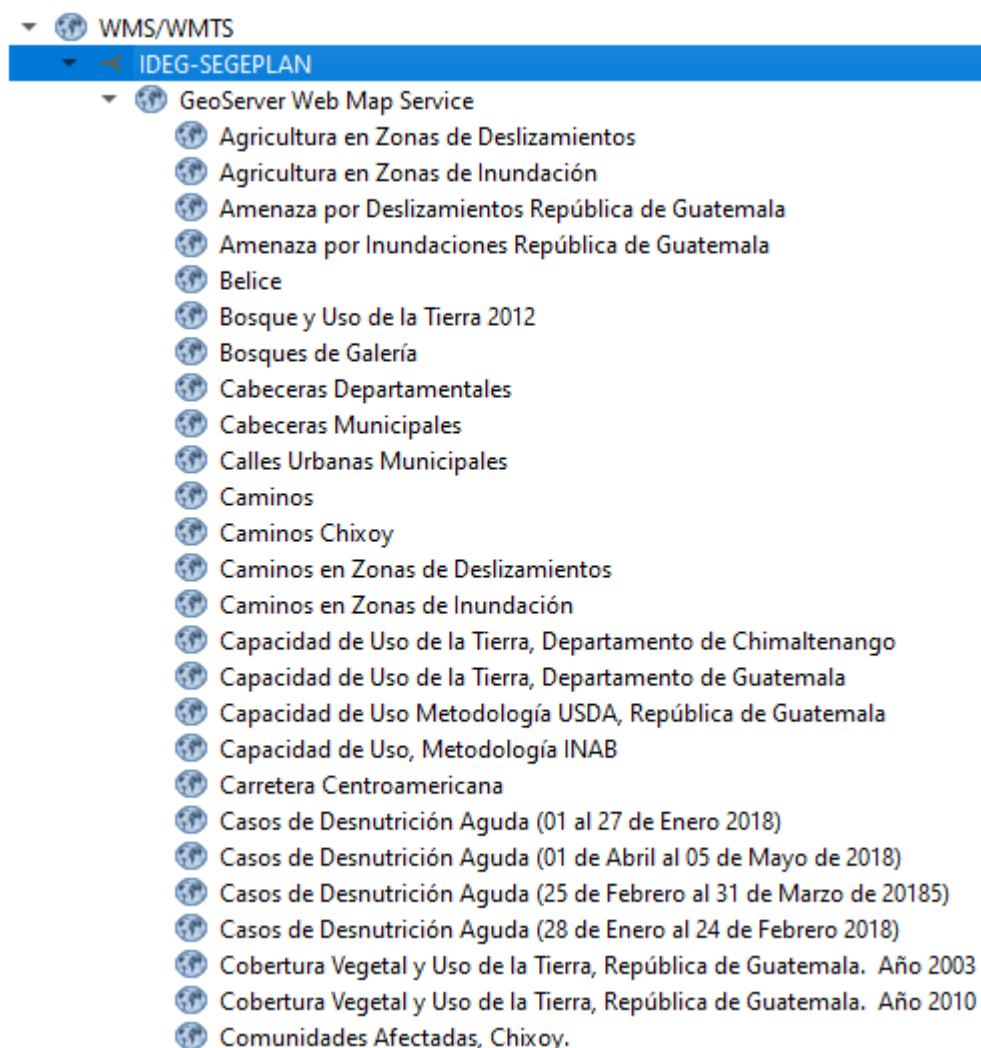
Fuente: elaboración propia, utilizando QGIS.

Figura 27. Extracto de capas disponibles, RIC



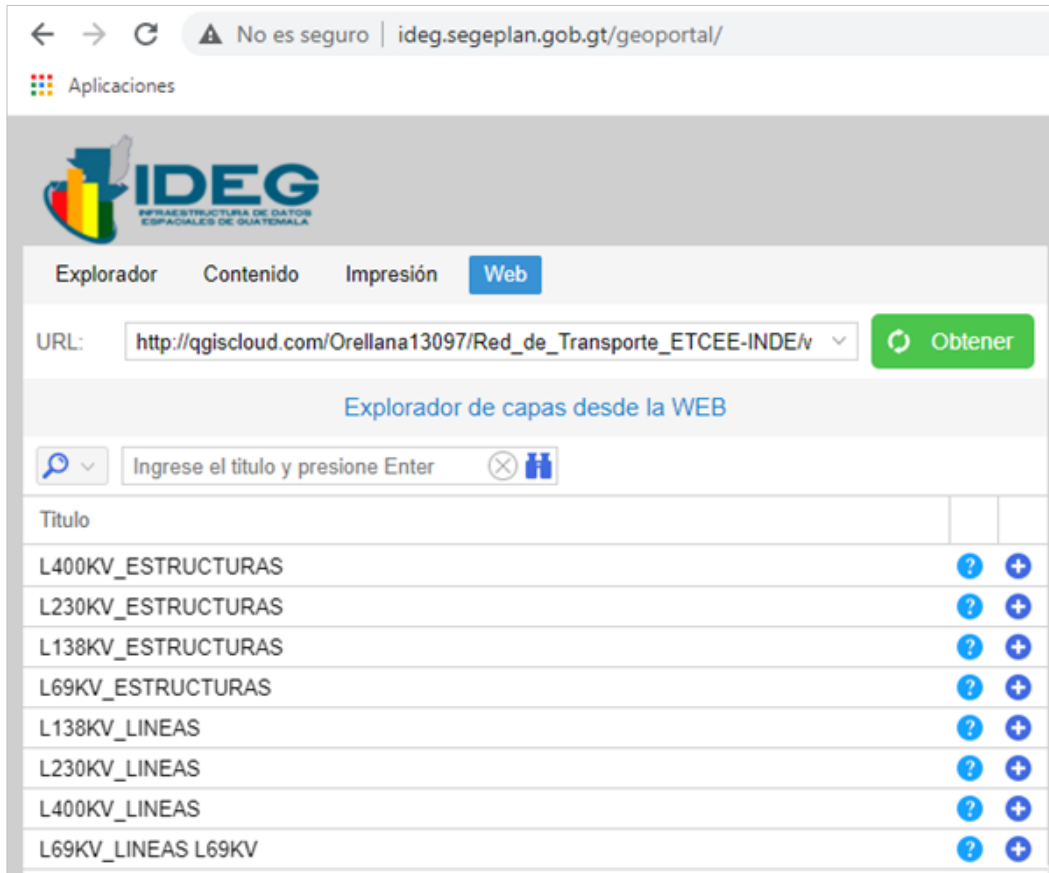
Fuente: elaboración propia, utilizando QGIS.

Figura 28. **Extracto de capas disponibles, SEGEPLAN**



Fuente: elaboración propia, utilizando QGIS.

Figura 29. Conexión WMS a portal propio desde IDEG



Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Respecto a los elementos tecnológicos

La figura 10, narra la secuencia de cómo se recibió los datos (detallados en las tablas V a XVII). Estos datos fueron trasladados de forma local hacia los softwares QGIS y ArcGIS. Dentro de cada software, estos datos fueron agrupados y modelados convirtiéndolos de datos a información. Posteriormente, se muestra cómo se dio la migración al entorno web a través de QGIS Cloud y ArcGIS Online. A través de dichos servidores se crean los enlaces *WMS*, que permiten interrelacionar entidades, aspecto que se discutirá en el apartado 5.3.

La figura 11 presenta los resultados de someter a pruebas de disponibilidad tanto al servidor de ArcGIS Online como a QGIS Cloud, demostrando que al consultársele una vez por hora, por 150 horas, la totalidad de las veces fue satisfactoria la prueba.

Las tablas XXI y XXII contienen los resultados de la estadística descriptiva aplicada a cada medición horaria realizada, según el esquema indicado en el apartado 3.3.4 del presente trabajo. En general, el tiempo de consulta fue menor cuando se utilizó el navegador web Google Chrome, indistintamente la velocidad de internet utilizada para las pruebas (ver figuras 12, 13 y 14).

De la figura 15 se aprecia que en promedio Mozilla Firefox demoró 5.626 % más que Google Chrome utilizando una conexión de 20 Mbps, 5.253 % con una conexión de 15 Mbps, 4.207 % con una conexión de 5 Mbps y 2.908 % con una conexión de 1.5 Mbps.

De las mediciones, se observa en la figura 15 que se registraron valores atípicos, muy alejados de la mediana. Esta situación pudo haber sido causada por alguna perturbación de la conexión a internet utilizada para efectuar la medición o algún otro evento ajeno al visor web. Dichos valores atípicos generan un rango estadístico grande, la totalidad de las mediciones se encuentran en el apéndice 2.

De la tabla XXIII se evidencia que la desviación estándar empleando Google Chrome es menor en comparación que con Mozilla Firefox, hecho que también se presenta para la media. Se cuantificó que lo más rápido que podría cargar el visor web sería de 28.014 ± 2.083 segundos, utilizando Google Chrome y una conexión a internet de 20 Mbps. Por el contrario, lo más lento demoraría 36.413 ± 5.350 segundos, empleando Mozilla Firefox a 1.5 Mbps.

El servicio web de visualización de mapas fue implementado dentro de una empresa de transmisión de energía eléctrica en Guatemala, este se habilitó para consulta de dicha entidad a través del enlace http://bit.ly/QGisCloud_201213097 y http://bit.ly/ArcGisOnline_201213097.

Es importante agregar que la administración de los referidos enlaces fue cedida a la entidad involucrada, siendo esta quien delimitará los permisos de visualización hacia terceras personas, así como el período que estos permanezcan activos.

5.2. Respetto a las capas de información

Desde la Figura 16 a la 23 se presentan algunas de las capas de información disponibles dentro del visor web de mapas. Se hizo uso de la geometría asignada para representar gráficamente la información remitida. Para no saturar la imagen de información, se eligieron no más de tres capas de forma simultánea, siendo dos de ellas constantes (trazo de líneas de transmisión, así como sus estructuras de transmisión asociadas).

De las imágenes antes mencionadas fue posible observar cómo los datos se presentan sobre una cartografía básica. La Figura 20 muestra un acercamiento de la Figura 19. Se eligió visualizar un segmento de línea de transmisión cuyo trazo estuviera cerca de un cuerpo de agua, presentando así los trazos de línea en 69 kV Sololá – Patzún y Sololá – Tolimán, en cercanías del lago de Atitlán.

La Figura 20 mostró una estructura de transmisión, del trazo de línea Sololá – Patzún, en cercanías del río San Francisco. Según la clasificación del nivel de amenaza mostrada, se evidenció que dicha estructura posee una amenaza alta de inundación, ante la crecida del antes mencionado río.

De la misma dinámica, al detectarse riesgo de inundación, se desactivó dicha capa y se activó la capa de amenaza por erosión, surgiendo la Figura 22. Esta imagen, según el rango presentado por la SEGEPLAN y el MAGA, indica que el terreno donde yace esta estructura presenta el rango más bajo de erosión.

El ejercicio antes presentado, fue una dinámica para evidenciar cómo los datos fueron agrupados y presentados en información visual que permiten realizar diagnósticos en retrospectiva de una región.

Además del ejemplo de retrospección antes presentado, se muestran ejemplos de cómo se hizo uso de software GIS (ArcGis y QGis) para agrupar datos geográficos y disponerlos en un arreglo visual que propicia la toma de decisiones sencilla y ágil.

En la Figura 16 se superpone la red de transporte de energía eléctrica, perteneciente al agente transportista nacional ETCEE-INDE, sobre el índice de participación ciudadana del año 2018 (siendo este el más actualizado). Dicha figura permite al planificador considerar qué tanto usa la población el derecho de la organización comunitaria, de acuerdo con la Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural (SEGEPLAN, 2019).

Empleando la Figura 16, el planificador no necesita interpretar el índice numérico generado por la SEGEPLAN, este se auxilia de un código de colores para estimar qué tanta organización podría presentarse en oposición al proyecto, según los municipios involucrados. Se observa que el índice de participación ciudadana en Alta Verapaz es en su mayoría medio alto o alto, pudiendo esto correlacionarse con la ubicación de proyectos hidroeléctricos.

En cuanto al índice de gestión municipal presentado en la Figura 17, le permite al planificador, de manera general, tomar en consideración seis aspectos, siendo: participación ciudadana, información ciudadana, gestión de servicios públicos, gestión administrativa, gestión financiera y gestión estratégica de una municipalidad (SEGEPLAN, 2019, pág. 17). Por lo anterior, de manera visual, es posible anticipar qué tanta problemática podría presentarse al trabajar en conjunto con cierta municipalidad.

Figura 30. **Composición del índice de gestión municipal**

Indicadores	Ponderación Relativa	Número de Municipios por Categoría					TOTAL
		Alta	Media Alta	Media	Media Baja	Baja	
Índice de Participación Ciudadana	16 %	41	158	66	44	31	340
Porcentaje del total		12 %	46 %	19 %	13 %	9 %	100 %
Índice de Información Ciudadana	13 %	58	133	91	32	26	340
Porcentaje del total		17 %	39 %	27 %	9 %	8 %	100 %
Índice Gestión de Servicios Públicos	16 %	0	14	58	96	172	340
Porcentaje del total		0 %	4 %	17 %	28 %	51 %	100 %
Índice de Gestión Administrativa	9 %	27	83	101	69	60	340
Porcentaje del total		8 %	24 %	30 %	20 %	18 %	100 %
Índice de Gestión Financiera	23 %	0	5	26	309	0	340
Porcentaje del total		0 %	1 %	8 %	91 %	0 %	100 %
Índice de Gestión Estratégica	23 %	0	2	78	119	141	340
Porcentaje del total		0 %	1 %	23 %	35 %	41 %	100 %

Fuente: SEGEPLAN, 2019.

Las figuras presentadas fueron ejemplo de variables que un agente transportista o el Ministerio de Energía y Minas podría aprovechar al buscar terrenos para construir subestaciones y realizar trazos de línea de transmisión. Es importante agregar que las variables a elegir y la interpretación que se le asigne depende de la pericia del planificador o proyectista.

Bajo la premisa anterior, el gestor de mantenimiento de una empresa transportista de energía eléctrica puede dotar de localizadores *GPS* al personal técnico (cuadrillas), para asignar componentes geográficas a las tareas de mantenimiento. Dicho acto, de extraer la posición geográfica de un mantenimiento, permite referenciar dicha tarea sobre una cartografía base. Ejemplo de esto puede graficar la posición de cada nido reportado sobre una estructura de transmisión o la posición de las estructuras de soporte objeto de robo de angulares.

El dotar al personal de cuadrilla con el equipo GPS antes indicado permitiría crear múltiples capas de información geográfica para alimentar el visor web de mapas implementado.

5.3. Respecto a la interrelación de instituciones

El Diccionario de la Real Academia Española, define el término interrelación como: “Correspondencia mutua entre personas, cosas o fenómenos” (2014). Con el término recién definido, se buscó corroborar si es posible crear correspondencia entre al menos dos entidades, a través de los sistemas de información geográfica.

La SEGEPLAN, en cuanto a los servicios web WMS, sienta la siguiente premisa: “La mayoría de los softwares SIG clientes soportan conexiones a WMS y pueden de esa forma consumir la geoinformación sin necesidad de tener una copia local de la data en la máquina.” (SEGEPLAN, s.f.).

Por lo tanto, se utilizó el software GIS libre QGIS para conectarse a una serie de enlaces WMS. La elección de los servicios por conectar cumplió con los requisitos de: haber sido puestos a disposición en la internet y ser de acceso público.

En la figura 24 se observa la conexión realizada a 4 fuentes WMS. Se tuvo conexión exitosa con la totalidad de estas, muestra de ello se aprecia en las figuras 25 a 28, donde se muestra un extracto de las capas de información geográfica, a las que se logró acceder por dicha conexión.

La figura 25 presenta las capas de información disponibles a través del enlace *WMS* generado en el presente trabajo de investigación, dicho enlace fue: <https://qgiscloud.com/Orellana.13097/Red.de.Transporte.ETCEE.INDE/wms>. La antes referida Figura 25 muestra que se encuentran disponibles 8 capas de información geográfica, siendo estas:

- L69KV_ESTRUCTURAS: Estructuras de transmisión de la red en 69 kV.
- L138KV_ESTRUCTURAS: Estructuras de transmisión de la red en 138 kV.
- L230KV_ESTRUCTURAS: Estructuras de transmisión de la red en 230 kV.
- L400KV_ESTRUCTURAS: Estructuras de transmisión de la red en 400 kV.
- L69KV_LINEAS L69KV: Trazo de línea de transmisión de la red en 69 kV.
- L138KV_LINEAS: Trazo de línea de transmisión de la red en 138 kV.
- L230KV_LINEAS: Trazo de línea de transmisión de la red en 230 kV.
- L400KV_LINEAS: Trazo de línea de transmisión de la red en 400 kV.

Como se hizo mención en la sección 3.3.3, a excepción de las estructuras de soporte y los trazos de línea de transmisión, la información fue proporcionada por la SEGEPLAN. Dichas capas de información geográfica se encuentran alojadas en su servicio web de mapas (*WMS*). Muestra de ello se refleja en la Figura 28, donde se estableció comunicación y se muestra un extracto de capas como: caminos, carretera centroamericana, amenaza por deslizamientos, amenaza por inundaciones, entre otros.

De la misma manera, empleando el mismo software QGis, se estableció comunicación con el servicio *WMS* del Registro de Información Catastral y el *WMS* de la *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. Por los ejercicios antes presentados, se demostró la afirmación presentada por la SEGEPLAN, donde indicaba que era posible consultar información geográfica sin tener acceso local a dicha información.

Adicional a lo anterior, para validar que la correspondencia es mutua, se accedió al *WMS* producto de este trabajo de investigación, desde el portal web de la Infraestructura de Datos Espaciales de Guatemala (<http://ideg.segeplan.gob.gt/geoportal/>), simulando lo que una entidad efectuaría sobre el *WMS*. En la figura 29 se muestra que la conexión fue exitosa, donde se puso a disposición de la IDEG-SEGEPLAN las capas de información, en cuanto a trazo de líneas y estructuras de transmisión, en niveles de tensión desde 69 kV hasta 400 kV).

Fue posible utilizar servicios *WMS* para superponer información geográfica alojada en diferentes servidores web. Con esto, es posible intercambiar información, mediante el hecho de proporcionar un enlace *WMS* a un individuo, entidad o institución. Es importante agregar que el compartir un enlace *WMS* únicamente asigna permisos de visualización a aquel que lo recibe, estando la integridad de los datos a salvo.

CONCLUSIONES

1. Se implementó un servicio web de visualización de mapas dentro de una empresa de transmisión de energía eléctrica en Guatemala, como prototipo para mejorar su planificación, donde se dispuso dicho portal a través de un navegador web y una conexión a internet. Se permitió al usuario seleccionar y activar capas de información geográfica y visualizarlas, permitiendo superponer variables relevantes dentro del campo de la planificación.
2. Los elementos tecnológicos necesarios para habilitar una infraestructura de datos espaciales varían en función de: si se elige alojar la información dentro de servidores propios o rentar el uso de estos a través de una empresa externa. Para el primer caso, es necesario tener un servidor y valerse de software para: manejar bases de datos, permitir la publicación de mapas, publicar páginas web y para editar mapas. Este proyecto únicamente necesitó software para editar mapas, por haber contratado un servicio de alojamiento en servidores externos.
3. Se habilitó 13 capas dentro del visor web implementado, que pueden superponerse entre sí de forma dinámica para analizar escenarios que amerite visualizar diversas variables de forma simultánea. Un visor web guarda disponibilidad de adicionar más capas de información, según criterio y experiencia del planificador.

4. Empleando software GIS o un visor web capaz de interpretar estándares definidos por el OGC, es posible intercambiar información, mediante el hecho de proporcionar un enlace WMS a un individuo, entidad o institución. Con dicho servicio WMS se permite superponer capas geográficas alojadas en diferentes servidores web, facilitando así la integración de información proveniente de diversas fuentes.

RECOMENDACIONES

1. Al Instituto Nacional de Estadística (INE), adscrito al Ministerio de Finanzas Públicas, así como los demás ministerios, para que los datos, que recolecten posean atributos geográficos, incorporando estos dentro de capas de información geográfica.
2. A la Infraestructura de Datos Espaciales de Guatemala (IDEG), para que vele por la emisión de normas y estándares para el manejo de información geográfica y el desarrollo de infraestructura de datos espaciales.
3. Al Ministerio de Energía y Minas, para que implemente un servicio público WMS que contenga capas de información del sector energético, en pro de la planificación e inversión.
4. A los futuros investigadores dentro de la rama de las Ciencias de la computación, para que realicen un estudio de usabilidad sobre visores web de mapas o geoportales, para medir cómo los usuarios interactúan con dichas plataformas.

REFERENCIAS

1. Ajwaliya J., R., Patel, S., & Sharma, S. (Abril de 2017). *Web-GIS based application for utility management system. Journal of Geomatics*, 11(1), 86-97.
2. Asamblea Nacional Constituyente & Congreso de la República de Guatemala. (1993). *Constitución Política de la República de Guatemala, reformada por Consulta Popular*. Guatemala: Jiménez & Ayala.
3. Bernabé Poveda, M., & López Vásquez, C. (2012). *Fundamentos de las Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)*. (U. Press, Ed.) Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
4. BLP. (22 de febrero de 2019). *Legislación general de Guatemala*. Guatemala, Guatemala, Guatemala. Recuperado el 10 de julio de 2020
5. Buenos Aires Ciudad. (2013). *IDERA*. Recuperado el 25 de octubre de 2019, de Buenos Aires Ciudad: <https://www.buenosaires.gob.ar/idera>
6. Castellaro, H. J. (2015). *Documentación de la información geográfica: metadatos. Jornadas de capacitación en SIG e IDE*. Mendoza: IDERA.

7. CEPAL. (2006). *Condiciones generales de competencia en Guatemala. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Unidad de Comercio Internacional e Industria*. Distrito Federal: Naciones Unidas.
8. CNEE. (2017). *Atlas del SNI*. Recuperado el 26 de octubre de 2019, de http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=1008
9. CNEE. (2019). *Marco Legal*. Recuperado el 22 de octubre de 2019, de www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=64
10. Congreso de la República de Guatemala. (15 de noviembre de 1996). *Decreto 93-96. Ley General de Electricidad* (No. 25), pp. 741 - 746. Guatemala.
11. Congreso de la República de Guatemala. (12 de diciembre de 1997). *Decreto número 114-97. Ley del organismo ejecutivo* (96), 1-7. Guatemala, Guatemala.
12. Congreso de la República de Guatemala. (10 de noviembre de 2003). *Decreto No. 52-2003. Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable* (CCLXXII-91-1). Guatemala, Guatemala, Guatemala: Diario de Centro América.
13. Datta, A., & Mohanty, P. (2013). *Enterprise GIS and Smart Electric Grid for India's power sector*. ISGT (págs. 1-7). Washington, DC: IEEE. doi:10.1109/ISGT.2013.6497806

14. Dirección General de Energía (DGE). (24 de julio de 2017). *Subsector eléctrico en Guatemala* Recuperado el 20 de octubre de 2019, www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Subsector-El%C3%A9ctrico-en-Guatemala.pdf
15. ESRI. (2019). *ESRI España*. (E. Muñoz, Productor, & ESRI) Recuperado el 24 de octubre de 2019, de Soluciones Electricidad y Gas: <https://www.esri.es/sector/electricidad-y-gas/>
16. GTMetrix. (2020). *Características*. Recuperado el 8 de octubre de 2020, de <https://gtmetrix.com/>
17. Gutiérrez, J. M. (29 de Septiembre de 2020). *¿Cómo monitorear un sitio web?* (P. J. Orellana Rivas, Entrevistador) Guatemala, Guatemala.
18. Huisman, O., & de By, R. (2009). *Principles of geographic information systems* (4 ed.). Munich: The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
19. Infraestructura de Datos espaciales de la República de Argentina. (2015). *Geoservicios de una IDE. Jornadas de capacitación en SIG e IDE*. Medoza: IDERA.
20. Karthikeyan, M., & Stanley, R. R. (2013). *A modified approach for transmission network planning. International Conference on Power, Energy and Control* (págs. 411-414). Sri Rangalatchum Dindigul, India: IEEE. doi:10.1109/ICPEC.2013.6527691

21. Krishna Rao, M., Varma, B., & Radhakrishna, C. (2008). *Experiences on implementation of GIS based tools for analysis, planning and design of distribution systems*. 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century (págs. 1-8). Pittsburgh, PA, USA: IEEE. doi:10.1109/PES.2008.4596690
22. Mansilla, R. (2015). *Estándares aplicables a las IDE. Jornadas de capacitación en SIG e IDE* (pág. 77). Santa Fe: IDERA. Recuperado el 27 de octubre de 2019
23. Martínez de Antoñana, J. V. (2008). *Pasado, presente y futuro de las infraestructuras de datos espaciales* (Segunda ed.). España: Bubok Publishing S.L.
24. Ministerio de Bienes Nacionales. (2019). *Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile*. Recuperado el 16 de octubre de 2020, de <https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/chile-infraestructura-datos-geoespaciales.pdf>
25. Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Plan nacional de energía 2017-2032*. Ministerio de Energía y Minas, Unidad de planeación energético minero. Guatemala: MEM.
26. Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Plan de expansión del sistema de generación y transporte 2018-2032*. Guatemala: MEM.

27. Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Política energética 2019-2050*. Política, Ministerio de Energía y Minas, Unidad de planeación energético minero, Guatemala.
28. Olaya, V. (2016). *Sistemas de Información Geográfica*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
29. Perú. Organismo ejecutivo. (26 de julio de 2011). *Decreto supremo 069-2011-PCM*. Crean el Portal de la Información de datos espaciales del Perú (GEOIDEP). Lima, Perú.
30. Presidencia del Consejo de Ministros. (octubre de 2020). *Infraestructura de Datos Espaciales*. Recuperado el 15 de octubre de 2020, de Infraestructura de Datos Espaciales: <https://geoidep.gob.pe/servicios-idep/visores-de-mapas>
31. Presidente de la República de Guatemala. (2 de abril de 1997). *Acuerdo gubernativo número 256-97. Reglamento de la Ley General de Electricidad* (19), 570-583. Guatemala, Guatemala, Guatemala: Diario de Centro América.
32. Real Academia Española. (octubre de 2014). *Diccionario de la lengua española*. (Asociación de Academias de la Lengua Española) Recuperado el 19 de octubre de 2020, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/?w=diccionario>

33. Real Academia Española. (abril de 2016). *Diccionario panhispánico del español jurídico*. (Asociación de Academias de la Lengua Española) Recuperado el 22 de octubre de 2019, de Diccionario panhispánico del español jurídico: <https://dej.rae.es/lema/jerarquía-normativa>
34. Rodríguez, A., Abad, P., & Sánchez, A. (2006). *La infraestructura de datos espaciales de España: un proyecto colectivo y globalizado*. Universidad Jaume I, 15-30.
35. Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., & García-Cascales, M. S. (2013). *Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 24, Pages 544-556. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.019>
36. SEGEPLAN. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032*. (I. Aguilar Umaña, Ed.) Guatemala: Serviprensa, S. A.
37. SEGEPLAN. (2016). *Guía general de planificación del desarrollo en Guatemala*. Guatemala: Segeplán.
38. SEGEPLAN. (24 de abril de 2018). *Sistemas en línea*. Recuperado el 26 de octubre de 2019, de Sistemas en línea: <https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/servicios/sistemas-en-linea/sinit>

39. SEGEPLAN. (2019). *Ranking de la Gestión Municipal 2018*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala.
40. SEGEPLAN. (s.f.). *GeoServicios*. Recuperado el 19 de octubre de 2020, de GeoServicios Web: <http://ide.segeplan.gob.gt/geoservicios.html>
41. Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial. (s.f.). *Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile*. 15.
42. Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. (2016). *Guía de planificación territorial*. Buenos Aires, República de Argentina: Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Determinación del tamaño de la muestra**

$$n = \left(\frac{Z \times S}{E}\right)^2 = \left(\frac{1.96 \times 5}{E}\right)^2$$

Donde:

Z= Puntuación=1.96 al 95 % de nivel de confianza

S = Desviación estándar de la muestra = 5 segundos

E = Magnitud del error aceptable

Se desea un nivel de confianza del 95 % y se estima una desviación estándar de cinco segundos para las mediciones. Por ello, la puntuación z corresponde a 1.959964 (aproximadamente 1.96). Al sustituir valores se obtiene la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{1.96 \times 5}{E}\right)^2$$

Considerando que, el error aceptable (E) es un parámetro en función de la precisión que espera este investigador, se hizo un barrido desde 0.25 hasta 2 segundos para observar la cantidad de veces que se requiere realizar las mediciones.

Continuación apéndice 1.

Se eligió un error de un (1) segundo, considerando que errores menores a dicho segundo, serían casi imperceptibles al ojo humano promedio. Por lo anterior, se determinó se debían realizar al menos 97 mediciones.

Dicho cálculo fue corroborado mediante el programa estadístico llamado R, empleando la librería *samplingbook*, obteniendo el mismo resultado (97 mediciones), según se aprecia en la imagen siguiente:

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Tamaño de la muestra empleando R

```
R version 4.0.2 (2020-06-22) -- "Taking Off Again"
Copyright (c) 2020 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

R es un software libre y viene sin GARANTIA ALGUNA.
Usted puede redistribuirlo bajo ciertas circunstancias.
Escriba 'license()' o 'licence()' para detalles de distribución.

R es un proyecto colaborativo con muchos contribuyentes.
Escriba 'contributors()' para obtener más información y
'citation()' para saber cómo citar R o paquetes de R en publicaciones.

Escriba 'demo()' para demostraciones, 'help()' para el sistema on-line de ayuda,
o 'help.start()' para abrir el sistema de ayuda HTML con su navegador.
Escriba 'q()' para salir de R.

> library(samplingbook)
Loading required package: pps
Loading required package: sampling
Loading required package: survey
Loading required package: grid
Loading required package: Matrix
Loading required package: survival

Attaching package: 'survival'

The following objects are masked from 'package:sampling':

    cluster, strata

Attaching package: 'survey'

The following object is masked from 'package:graphics':

    dotchart

warning messages:
1: package 'samplingbook' was built under R version 4.0.3
2: package 'pps' was built under R version 4.0.3
3: package 'sampling' was built under R version 4.0.3
4: package 'survey' was built under R version 4.0.3
> sample.size.mean(e=1, s=5, level = 0.95)

sample.size.mean object: sample size for mean estimate
Without finite population correction: N=Inf, precision e=1 and standard deviation S=5

Sample size needed: 97
```

Fuente: elaboración propia, utilizando R versión 4.0.2.

Apéndice 3. Mediciones sobre el visor de mapas en QGis Cloud

Velocidad de descarga	Navegador Web	Tiempo de carga (segundos)	Fecha
20 Mbps	Google Chrome	28.279	3/10/2020 08:07
20 Mbps	Google Chrome	28.110	3/10/2020 09:07
20 Mbps	Google Chrome	27.286	3/10/2020 10:07
20 Mbps	Google Chrome	27.217	3/10/2020 11:07
20 Mbps	Google Chrome	28.445	3/10/2020 12:07
20 Mbps	Google Chrome	28.155	3/10/2020 13:07
20 Mbps	Google Chrome	27.255	3/10/2020 14:07
20 Mbps	Google Chrome	27.262	3/10/2020 15:07
20 Mbps	Google Chrome	28.181	3/10/2020 16:07
20 Mbps	Google Chrome	28.461	3/10/2020 17:07
20 Mbps	Google Chrome	28.614	3/10/2020 18:07
20 Mbps	Google Chrome	27.810	3/10/2020 19:07
20 Mbps	Google Chrome	28.270	3/10/2020 20:07
20 Mbps	Google Chrome	28.263	3/10/2020 21:07
20 Mbps	Google Chrome	27.750	3/10/2020 22:08
20 Mbps	Google Chrome	27.254	3/10/2020 23:08
20 Mbps	Google Chrome	28.036	4/10/2020 00:08
20 Mbps	Google Chrome	27.540	4/10/2020 01:08
20 Mbps	Google Chrome	27.424	4/10/2020 02:08
20 Mbps	Google Chrome	28.894	4/10/2020 03:08
20 Mbps	Google Chrome	28.360	4/10/2020 04:08
20 Mbps	Google Chrome	27.260	4/10/2020 05:08
20 Mbps	Google Chrome	27.446	4/10/2020 06:09
20 Mbps	Google Chrome	27.158	4/10/2020 06:44
20 Mbps	Google Chrome	27.837	4/10/2020 07:44
20 Mbps	Google Chrome	27.874	4/10/2020 08:44
20 Mbps	Google Chrome	28.470	4/10/2020 09:45
20 Mbps	Google Chrome	27.941	4/10/2020 10:45
20 Mbps	Google Chrome	27.745	4/10/2020 11:45
20 Mbps	Google Chrome	27.302	4/10/2020 12:45
20 Mbps	Google Chrome	26.121	4/10/2020 13:45
20 Mbps	Google Chrome	26.352	4/10/2020 14:45
20 Mbps	Google Chrome	27.125	4/10/2020 15:45
20 Mbps	Google Chrome	27.334	4/10/2020 16:45
20 Mbps	Google Chrome	26.926	4/10/2020 17:45
20 Mbps	Google Chrome	27.773	4/10/2020 18:45
20 Mbps	Google Chrome	27.344	4/10/2020 19:45
20 Mbps	Google Chrome	27.951	4/10/2020 20:45
20 Mbps	Google Chrome	28.148	4/10/2020 21:45
20 Mbps	Google Chrome	27.297	4/10/2020 22:45
20 Mbps	Google Chrome	27.473	4/10/2020 23:45
20 Mbps	Google Chrome	27.524	5/10/2020 00:45
20 Mbps	Google Chrome	27.535	5/10/2020 01:46
20 Mbps	Google Chrome	27.804	5/10/2020 02:46

Continuación apéndice 3.

20 Mbps	Google Chrome	28.607	5/10/2020 03:46
20 Mbps	Google Chrome	27.881	5/10/2020 04:46
20 Mbps	Google Chrome	27.312	5/10/2020 05:46
20 Mbps	Google Chrome	26.456	5/10/2020 06:46
20 Mbps	Google Chrome	27.892	5/10/2020 07:46
20 Mbps	Google Chrome	27.271	5/10/2020 08:46
20 Mbps	Google Chrome	29.248	5/10/2020 09:46
20 Mbps	Google Chrome	26.413	5/10/2020 10:46
20 Mbps	Google Chrome	27.548	5/10/2020 11:46
20 Mbps	Google Chrome	27.732	5/10/2020 12:46
20 Mbps	Google Chrome	29.293	5/10/2020 13:46
20 Mbps	Google Chrome	27.951	5/10/2020 14:46
20 Mbps	Google Chrome	29.360	5/10/2020 15:46
20 Mbps	Google Chrome	27.354	5/10/2020 16:46
20 Mbps	Google Chrome	26.939	5/10/2020 17:46
20 Mbps	Google Chrome	27.249	5/10/2020 18:47
20 Mbps	Google Chrome	27.772	5/10/2020 19:47
20 Mbps	Google Chrome	27.697	5/10/2020 20:47
20 Mbps	Google Chrome	28.437	5/10/2020 21:48
20 Mbps	Google Chrome	27.308	5/10/2020 22:48
20 Mbps	Google Chrome	27.701	5/10/2020 23:48
20 Mbps	Google Chrome	28.306	6/10/2020 00:48
20 Mbps	Google Chrome	27.662	6/10/2020 01:48
20 Mbps	Google Chrome	28.148	6/10/2020 02:49
20 Mbps	Google Chrome	27.980	6/10/2020 03:49
20 Mbps	Google Chrome	27.404	6/10/2020 04:49
20 Mbps	Google Chrome	28.148	6/10/2020 05:49
20 Mbps	Google Chrome	27.299	6/10/2020 06:49
20 Mbps	Google Chrome	28.717	6/10/2020 07:49
20 Mbps	Google Chrome	28.404	6/10/2020 08:49
20 Mbps	Google Chrome	28.933	6/10/2020 09:49
20 Mbps	Google Chrome	29.552	6/10/2020 10:50
20 Mbps	Google Chrome	28.110	6/10/2020 11:50
20 Mbps	Google Chrome	27.179	6/10/2020 12:50
20 Mbps	Google Chrome	27.278	6/10/2020 13:50
20 Mbps	Google Chrome	26.971	6/10/2020 14:50
20 Mbps	Google Chrome	25.986	6/10/2020 15:50
20 Mbps	Google Chrome	27.685	6/10/2020 16:50
20 Mbps	Google Chrome	27.526	6/10/2020 17:50
20 Mbps	Google Chrome	27.771	6/10/2020 18:50
20 Mbps	Google Chrome	28.525	6/10/2020 19:50
20 Mbps	Google Chrome	27.941	6/10/2020 20:50
20 Mbps	Google Chrome	27.286	6/10/2020 21:50
20 Mbps	Google Chrome	27.198	6/10/2020 22:50
20 Mbps	Google Chrome	27.721	6/10/2020 23:50
20 Mbps	Google Chrome	48.506	7/10/2020 00:51

Continuación apéndice 3.

20 Mbps	Google Chrome	27.522	7/10/2020 01:51
20 Mbps	Google Chrome	26.754	7/10/2020 02:51
20 Mbps	Google Chrome	27.605	7/10/2020 03:51
20 Mbps	Google Chrome	26.197	7/10/2020 04:51
20 Mbps	Google Chrome	26.211	7/10/2020 05:51
20 Mbps	Google Chrome	27.513	7/10/2020 06:51
20 Mbps	Google Chrome	25.766	7/10/2020 07:51
20 Mbps	Google Chrome	27.563	7/10/2020 08:51
20 Mbps	Google Chrome	28.172	7/10/2020 09:51
20 Mbps	Google Chrome	27.236	7/10/2020 10:51
20 Mbps	Google Chrome	27.083	7/10/2020 11:51
20 Mbps	Google Chrome	27.184	7/10/2020 12:52
20 Mbps	Google Chrome	27.147	7/10/2020 13:52
20 Mbps	Google Chrome	26.233	7/10/2020 14:52
20 Mbps	Google Chrome	27.144	7/10/2020 15:52
20 Mbps	Google Chrome	26.931	7/10/2020 16:52
20 Mbps	Google Chrome	28.616	7/10/2020 17:52
20 Mbps	Google Chrome	27.587	7/10/2020 18:52
20 Mbps	Google Chrome	27.422	7/10/2020 19:52
20 Mbps	Google Chrome	28.961	7/10/2020 20:52
20 Mbps	Google Chrome	28.743	7/10/2020 21:52
20 Mbps	Google Chrome	28.893	7/10/2020 22:52
20 Mbps	Google Chrome	28.628	7/10/2020 23:52
20 Mbps	Google Chrome	29.258	8/10/2020 00:52
20 Mbps	Google Chrome	29.913	8/10/2020 01:52
20 Mbps	Google Chrome	29.157	8/10/2020 02:52
20 Mbps	Google Chrome	29.208	8/10/2020 03:52
20 Mbps	Google Chrome	29.798	8/10/2020 04:52
20 Mbps	Google Chrome	30.626	8/10/2020 05:52
20 Mbps	Google Chrome	30.130	8/10/2020 06:53
20 Mbps	Google Chrome	29.948	8/10/2020 07:53
20 Mbps	Google Chrome	29.415	8/10/2020 08:53
20 Mbps	Google Chrome	28.424	8/10/2020 09:53
20 Mbps	Google Chrome	30.060	8/10/2020 10:53
20 Mbps	Google Chrome	17.682	8/10/2020 11:53
20 Mbps	Google Chrome	29.111	8/10/2020 12:53
20 Mbps	Google Chrome	28.743	8/10/2020 13:53
20 Mbps	Google Chrome	29.948	8/10/2020 14:53
20 Mbps	Google Chrome	29.213	8/10/2020 15:53
20 Mbps	Google Chrome	28.710	8/10/2020 16:53
20 Mbps	Google Chrome	29.236	8/10/2020 17:53
20 Mbps	Google Chrome	28.223	8/10/2020 18:53
20 Mbps	Google Chrome	30.339	8/10/2020 19:53
20 Mbps	Google Chrome	28.297	8/10/2020 20:53
20 Mbps	Google Chrome	28.669	8/10/2020 21:53
20 Mbps	Google Chrome	28.292	8/10/2020 22:53

Continuación apéndice 3.

20 Mbps	Google Chrome	28.421	8/10/2020 23:53
20 Mbps	Google Chrome	28.939	9/10/2020 00:53
20 Mbps	Google Chrome	26.984	9/10/2020 01:53
20 Mbps	Google Chrome	27.097	9/10/2020 02:54
20 Mbps	Google Chrome	27.489	9/10/2020 03:54
20 Mbps	Google Chrome	27.834	9/10/2020 04:54
20 Mbps	Google Chrome	28.186	9/10/2020 05:54
20 Mbps	Google Chrome	27.532	9/10/2020 06:54
20 Mbps	Google Chrome	28.518	9/10/2020 07:54
20 Mbps	Google Chrome	27.945	9/10/2020 08:54
20 Mbps	Google Chrome	28.248	9/10/2020 09:54
20 Mbps	Google Chrome	27.817	9/10/2020 10:54
20 Mbps	Google Chrome	27.633	9/10/2020 11:54
20 Mbps	Google Chrome	28.086	9/10/2020 12:54
20 Mbps	Google Chrome	27.602	9/10/2020 13:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.673	3/10/2020 08:09
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.709	3/10/2020 09:09
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.619	3/10/2020 10:09
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.547	3/10/2020 11:09
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.032	3/10/2020 12:09
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.893	3/10/2020 13:09
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.291	3/10/2020 14:09
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.224	3/10/2020 15:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.439	3/10/2020 16:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.854	3/10/2020 17:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.775	3/10/2020 18:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.394	3/10/2020 19:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.671	3/10/2020 20:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.934	3/10/2020 21:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.127	3/10/2020 22:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.004	3/10/2020 23:10
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.488	4/10/2020 00:11
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.277	4/10/2020 01:11
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.137	4/10/2020 02:11
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.339	4/10/2020 03:11
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.692	4/10/2020 04:11
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.967	4/10/2020 05:11
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.819	4/10/2020 06:12
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.723	4/10/2020 06:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.855	4/10/2020 07:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.647	4/10/2020 08:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.448	4/10/2020 09:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.762	4/10/2020 10:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.716	4/10/2020 11:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.189	4/10/2020 12:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.697	4/10/2020 13:41

Continuación apéndice 3.

20 Mbps	Mozilla Firefox	31.108	4/10/2020 14:41
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.329	4/10/2020 15:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.796	4/10/2020 16:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.307	4/10/2020 17:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.610	4/10/2020 18:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.609	4/10/2020 19:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.427	4/10/2020 20:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.033	4/10/2020 21:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.188	4/10/2020 22:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.308	4/10/2020 23:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.049	5/10/2020 00:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.541	5/10/2020 01:42
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.017	5/10/2020 02:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.392	5/10/2020 03:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.685	5/10/2020 04:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.028	5/10/2020 05:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	32.013	5/10/2020 06:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.729	5/10/2020 07:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	32.338	5/10/2020 08:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.300	5/10/2020 09:43
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.002	5/10/2020 10:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.129	5/10/2020 11:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.171	5/10/2020 12:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.861	5/10/2020 13:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.603	5/10/2020 14:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.122	5/10/2020 15:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	32.308	5/10/2020 16:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.225	5/10/2020 17:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	32.393	5/10/2020 18:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.888	5/10/2020 19:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.768	5/10/2020 20:44
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.318	5/10/2020 21:46
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.850	5/10/2020 22:46
20 Mbps	Mozilla Firefox	32.058	5/10/2020 23:46
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.351	6/10/2020 00:47
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.699	6/10/2020 01:47
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.523	6/10/2020 02:47
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.233	6/10/2020 03:47
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.401	6/10/2020 04:47
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.944	6/10/2020 05:47
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.067	6/10/2020 06:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	33.174	6/10/2020 07:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.091	6/10/2020 08:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.727	6/10/2020 09:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.912	6/10/2020 10:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.833	6/10/2020 11:48

Continuación apéndice 3.

20 Mbps	Mozilla Firefox	28.671	6/10/2020 12:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.618	6/10/2020 13:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.874	6/10/2020 14:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.599	6/10/2020 15:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.199	6/10/2020 16:48
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.636	6/10/2020 17:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.832	6/10/2020 18:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.920	6/10/2020 19:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.068	6/10/2020 20:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.844	6/10/2020 21:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.695	6/10/2020 22:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.072	6/10/2020 23:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	43.536	7/10/2020 00:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	22.334	7/10/2020 01:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.399	7/10/2020 02:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.242	7/10/2020 03:49
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.932	7/10/2020 04:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.781	7/10/2020 05:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.837	7/10/2020 06:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.870	7/10/2020 07:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.448	7/10/2020 08:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.983	7/10/2020 09:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.199	7/10/2020 10:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.387	7/10/2020 11:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.067	7/10/2020 12:50
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.815	7/10/2020 13:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.810	7/10/2020 14:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.052	7/10/2020 15:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.564	7/10/2020 16:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.273	7/10/2020 17:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.271	7/10/2020 18:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.760	7/10/2020 19:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.749	7/10/2020 20:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.232	7/10/2020 21:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.429	7/10/2020 22:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.708	7/10/2020 23:51
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.015	8/10/2020 00:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.063	8/10/2020 01:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.234	8/10/2020 02:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.825	8/10/2020 03:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.466	8/10/2020 04:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.326	8/10/2020 05:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.956	8/10/2020 06:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.316	8/10/2020 07:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.831	8/10/2020 08:52
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.025	8/10/2020 09:52

Continuación apéndice 3.

20 Mbps	Mozilla Firefox	29.478	8/10/2020 10:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.467	8/10/2020 11:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	12.424	8/10/2020 12:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.501	8/10/2020 13:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.236	8/10/2020 14:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.317	8/10/2020 15:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.691	8/10/2020 16:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.579	8/10/2020 17:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.574	8/10/2020 18:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	31.183	8/10/2020 19:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.805	8/10/2020 20:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.819	8/10/2020 21:53
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.910	8/10/2020 22:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.683	8/10/2020 23:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.209	9/10/2020 00:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.466	9/10/2020 01:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.979	9/10/2020 02:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.704	9/10/2020 03:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.467	9/10/2020 04:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.026	9/10/2020 05:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	27.652	9/10/2020 06:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.504	9/10/2020 07:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.918	9/10/2020 08:54
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.810	9/10/2020 09:55
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.656	9/10/2020 10:55
20 Mbps	Mozilla Firefox	28.661	9/10/2020 11:55
20 Mbps	Mozilla Firefox	30.809	9/10/2020 12:55
20 Mbps	Mozilla Firefox	29.384	9/10/2020 13:55

Fuente: elaboración propia.