

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
VALPARAÍSO - CHILE



“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE API PARA LA  
GESTIÓN DE DATOS ASOCIADOS A INFORMACIÓN  
ALTIMETRICA DE ALTA RESOLUCIÓN”

FELIPE OTERO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Profesor Guía: Javier Cañas

Profesor Correferente: Pablo Cruz

Diciembre - 2022

## **DEDICATORIA**

A mis padres que lo han dado todo por mi.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer el gran esfuerzo que ha realizado mi familia para que yo pueda salir adelante, a mis padres y primos, tíos y abuelas, a mis más grandes amigos que siempre estuvieron acompañándome cuando más lo necesite y a los profesores por su vocación, gracias a todos por guiarme en este camino, sin ustedes, esto no sería posible.

## RESUMEN

**Resumen**— El uso de datos altimétricos es de vital importancia para múltiples áreas del conocimiento humano, continuamente se han desarrollado esfuerzos para recopilar información topográfica del planeta, misiones satelitales son desplegadas desde diferentes países y cuyo único fin es la obtención de datos respecto del relieve de la superficie terrestre. La necesidad de datos que entreguen mayor precisión sobre los terrenos va en aumento, para, por ejemplo, la gestión de catástrofes naturales, sumamente importante para un país como Chile, altamente sísmico y volcánico, propenso a tsunamis, inundaciones y derrumbes, todos fenómenos cuyas consecuencias pueden ser simuladas utilizando como base datos altimétricos. Sin embargo, en nuestro país, no existe un sistema que centralice y haga disponibles los datos públicos de elevación ya existentes, y tampoco con un plan para la generación e incorporación de nuevos datos a través del tiempo, es de esta problemática que nace el proyecto Chile 3d, una iniciativa que busca generar una plataforma encargada de almacenar, procesar y disponibilizar datos altimétricos en Chile.

**Palabras Clave**— Datos altimétricos, LiDAR, API, Arquitectura de software.

## ABSTRACT

**Abstract**— The use of altimetric data is of vital importance for multiple areas of human knowledge, efforts have been continuously developed to collect topographic information of the planet, satellite missions are deployed from different countries and whose sole purpose is to

obtain data regarding the relief of the surface. land. The need for data that provides greater precision on the land is increasing, for, for example, the management of natural disasters, extremely important for a country like Chile, highly seismic and volcanic, prone to tsunamis, floods and landslides, all phenomena whose consequences can be simulated using altimetric data. However, in our country, there is no system that centralizes and makes existing public elevation data available, it is from this problem that the Chile 3d project, an initiative that seeks to generate a platform in charge of storing, processing and making available altimetry data in Chile

.

**Keywords**— Altimetric data, LiDAR, API, Software architecture.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	IV
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
<b>CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo . . . . .	4
1.1.1 Objetivo general . . . . .	5
1.1.2 Objetivos específicos . . . . .	5
<b>CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>6</b>
2.1 3D Elevation Program USGS . . . . .	6
2.2 Centro de descargas CNIG . . . . .	10
2.3 Metadata . . . . .	13
2.4 Tipos de archivos . . . . .	15
2.4.1 LAS . . . . .	15
2.4.2 GeoTiff . . . . .	16
2.4.3 Shapefile . . . . .	16
2.4.4 ECW . . . . .	17
2.4.5 Jp2 . . . . .	18
2.5 Arquitectura Cliente-Servidor . . . . .	18
2.6 Backend . . . . .	19
2.7 API . . . . .	19
2.8 API REST . . . . .	20
2.9 Bases de datos no relacionales . . . . .	21
2.10 Fast API . . . . .	21
2.11 OSGEO . . . . .	21

<b>CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>	<b>22</b>
3.1 Modelo de Dominio . . . . .	23
3.2 Casos de uso . . . . .	24
3.2.1 Buscar Datos . . . . .	27
3.2.2 Descargar Datos . . . . .	27
3.2.3 Subir Datos . . . . .	28
3.2.4 Editar Metadatos . . . . .	29
3.2.5 Procesar Datos . . . . .	30
3.3 Almacenamiento de Datos . . . . .	31
3.4 Arquitectura Chile3D . . . . .	33
3.4.1 Arquitectura de despliegue . . . . .	35
3.4.2 Diagrama de componentes . . . . .	37
3.5 Diseño de la API y sus endpoints . . . . .	39
3.5.1 Endpoint: File . . . . .	39
3.5.2 Endpoint : Institution . . . . .	40
3.5.3 Endpoint : Admin . . . . .	41
<b>CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b>	<b>42</b>
4.1 Autenticación de administrador . . . . .	43
4.2 Subir archivos . . . . .	45
4.3 Búsqueda de archivos . . . . .	50
4.3.1 Búsqueda por polígono . . . . .	50
4.3.2 Búsqueda por nombre . . . . .	53
4.3.3 Búsqueda por fecha . . . . .	54
4.4 Instituciones . . . . .	55
4.5 Administradores . . . . .	57
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>63</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

1	Fotogrametría vs LiDAR . . . . .	2
2	Golden Gate LiDAR . . . . .	3
3	Portal Chileno . . . . .	4
4	Portal Español . . . . .	4
5	Flujo básico de manejo de información del servicio USGS . . . . .	6
6	Arquitectura del sistema USGS . . . . .	8
7	Predicción usuarios concurrentes USGS . . . . .	10
8	Predicción descargas anuales USGS . . . . .	11
9	Base de datos relacional Centro de descargas CNIG . . . . .	12
10	Arquitectura Centro de descargas CNIG . . . . .	13
11	Arquitectura cliente-servidor . . . . .	18
12	API . . . . .	19
13	Componentes de Chile3D . . . . .	23
14	Modelo de dominio . . . . .	24
15	Casos de uso Chile3D . . . . .	26
16	Búsqueda y descarga . . . . .	28
17	Subida de archivos . . . . .	29
18	Editar Metadato . . . . .	30
19	Buscar y procesar . . . . .	31
20	Arquitectura de despliegue Chile3D: Múltiples nodos . . . . .	36
21	Arquitectura de despliegue Chile3D: Un nodo . . . . .	37
22	Arquitectura de despliegue Chile3D . . . . .	38
23	Servicio archivos . . . . .	40
24	Servicio institución . . . . .	41
25	Servicio administradores . . . . .	41
26	API Chile3D: credenciales incorrectas . . . . .	43
27	API Chile3D: login con token . . . . .	44
28	Interfaz Chile3D: login . . . . .	44

29	Interfaz Chile3D: login . . . . .	45
30	API Chile3D: Subiendo archivo sin las credenciales . . . . .	46
31	API Chile3D: Subiendo archivo con extensión inválida . . . . .	47
32	Interfaz Chile3D: Subiendo Tiff . . . . .	48
33	Interfaz Chile3D: Tiff cargado exitosamente . . . . .	48
34	Interfaz Chile3D: Laz cargado exitosamente . . . . .	49
35	Interfaz Chile3D: Laz cargado exitosamente . . . . .	49
36	Interfaz Chile3D: bounding box y polígono a buscar archivo laz . . . . .	51
37	Interfaz Chile3D: resultados búsqueda laz . . . . .	52
38	Interfaz Chile3D: bounding box y polígono a buscar archivo tif . . . . .	52
39	Interfaz Chile3D: resultados búsqueda tif . . . . .	53
40	Interfaz Chile3D: búsqueda nombre . . . . .	54
41	Interfaz Chile3D: resultados búsqueda nombre . . . . .	54
42	Interfaz Chile3D: resultados búsqueda fecha . . . . .	55
43	API Chile3D: crear instituciones . . . . .	56
44	API Chile3D: buscar instituciones . . . . .	56
45	API Chile3D: crear administradores . . . . .	57
46	API Chile3D: buscar administradores . . . . .	58
47	API Chile3D: eliminar administradores . . . . .	58
48	API Chile3D: editar administradores . . . . .	59

## ÍNDICE DE TABLAS

1	Top 10 archivos descargados CNIG . . . . .	14
2	Tamaño de archivo total estimado para Chile por nivel de calidad. . . . .	32

## CAPÍTULO 1

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La altimetría se define como la rama de la topografía que estudia los diferentes métodos y técnicas para la medición de la altura o cota de un punto respecto a un plano de referencia, originalmente diseñado para la oceanografía en los años 1970 [Calmant *et al.*, 2016]. Con los datos altimétricos es posible representar el relieve del terreno, por ejemplo, mediante curvas de nivel, perfiles, etc. Estos datos son ampliamente utilizados, y sus usos son variados, desde la aviación, para determinar la presencia de obstáculos en la aproximación de la ruta de vuelo de una aeronave (despegue y aterrizaje), hasta para la realización de levantamientos topográficos para el diseño y construcción de obras civiles (ej. puentes, caminos, acueductos, oleoductos, canales, etc.).

Con el creciente desarrollo de modelos numéricos y herramientas computacionales utilizadas para el modelamiento de algunos fenómenos, se ha masificado el uso de los productos digitales derivados de datos altimétricos, por ejemplo los Modelos Digitales de Elevación (DEM, de su sigla en inglés), Modelos Digitales de Terreno (DTM, de su sigla en inglés), que corresponde a la elevación del terreno desnudo, y los Modelos Digitales de Superficie (DSM, de su sigla en inglés) que corresponde a la elevación de la superficie visible.

Este tipo de datos son de vital importancia en el desarrollo de diversos análisis cuyo insumo vital son los datos altímetros: el análisis hidráulico y estructural para el diseño de diques [Ayala Fernández e Infante Chavesta, 2021], descubrimiento de estructuras arqueológicas [Albrecht *et al.*, 2019], cartografía y registro de zonas de interés geomínero [Lozano y Alonso, 2017], estimación de volúmenes forestales [Martínez Tobón *et al.*, 2013], modelos virtuales para ciudades inteligentes [Álvarez *et al.*, 2018], modelamiento de tsunamis utilizando altimetría de alta precisión [Yim *et al.*, 2014], entre otros.

Cada una de estas áreas del desarrollo científico utilizan, en su mayoría, datos altimétricos

proveniente de misiones satelitales disponibles en bases de datos públicas cuyo grillado posee un esparcimiento de entre 12.5 y 90 m, y aunque son gratuitos, se desarrollan, en países como Estados Unidos y España, otras plataformas web que disponibilizan datos de mayor resolución, obtenidos mediante la tecnología de teledetección LiDAR, que posee una densidad de punto mucho mayor y por lo tanto es mucho más precisa (en la figura 2 se aprecia incluso el cableado eléctrico) y además posee la ventaja de que puede obtener la elevación propia del terreno, sin el ruido provocado por la vegetación como se puede apreciar en la figura 1.

Chile es un país diverso en su geografía, y tanto el sector privado como el público requiere el uso de datos altimétricos para el análisis de múltiples variables: gestión de desastres naturales, planificación urbana, análisis geológico para el sector minero, forestales y agrícolas. Si bien existen fuentes de libre acceso para descargar este tipo de datos en Chile, estos se caracterizan por su baja resolución espacial, cual limita la detección de importantes detalles topográficos debido a su escala mínima cartografiada que su pixel permite.

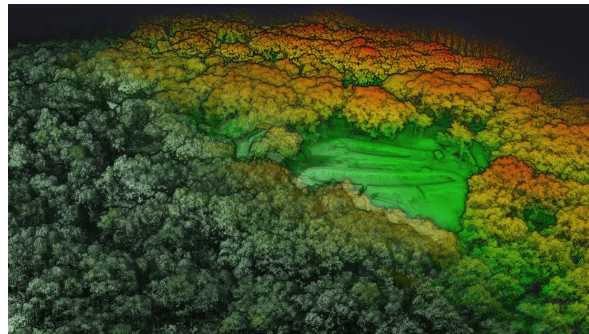


Figura 1: Fotogrametría vs LiDAR

Hoy en día, los servicios públicos y privados cuentan con distintas fuentes que proveen datos de elevación, a los cuales se puede acceder gratuitamente, como por ejemplo la página de Infraestructura de Datos Geospaciales de Chile ([www.ide.cl](http://www.ide.cl)), también se pueden comprar productos cartográficos digitalizados por el Instituto Geográfico Militar y también es posible conseguir datos batimétricos digitales a partir de cartas náuticas del SHOA, entre

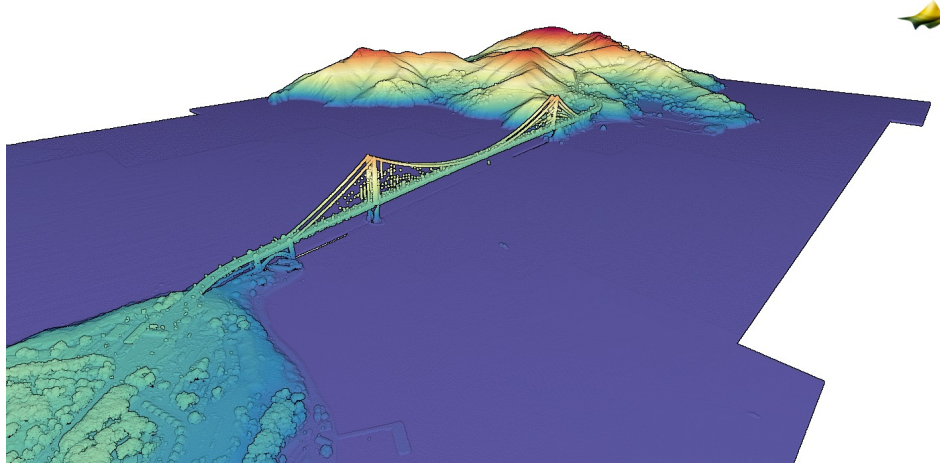


Figura 2: Golden Gate LiDAR

Fuente: USGS elevation program

otros. Respecto de datos LiDAR, el servicio Aerofotográfico posee levantamientos con esta tecnología pero no se pueden entregar de forma gratuita.

De esta forma, cada institución resuelve a su manera las necesidades que sus proyectos poseen, ya sea pagando por un servicio que se adecue a sus necesidades, o realizando levantamientos que son almacenados internamente, utilizando equipos, software o dispositivos físicos propios, que solo quedan para el consumo propio de la empresa y son inaccesibles.

Cabe destacar, que la plataforma chilena de datos Geoespaciales no posee las facilidades de búsqueda de los servicios similares extranjeros. El Centro de descargas CNIG, cuenta con una rápida e interactiva búsqueda por visor de sus productos, el usuario puede dibujar un polígono directamente en un mapa, a lo cual el servidor responde con los datos pertenecientes a esa zona, lo mismo con el servicio 3d elevation program de la USGS. Si bien el geoportail chileno posee productos DEM, estos no son fácilmente accesibles ya que sólo posee una búsqueda por texto y tampoco se sabe con exactitud en que lugar geográfico están antes de descargarlos y visualizarlos en un SIG, o buscando en la metadata la bounding box y luego buscar las coordenadas exactas en algún servicio de visualización de mapa.

Debido a lo mencionado anteriormente, es de vital importancia para el desarrollo del país,

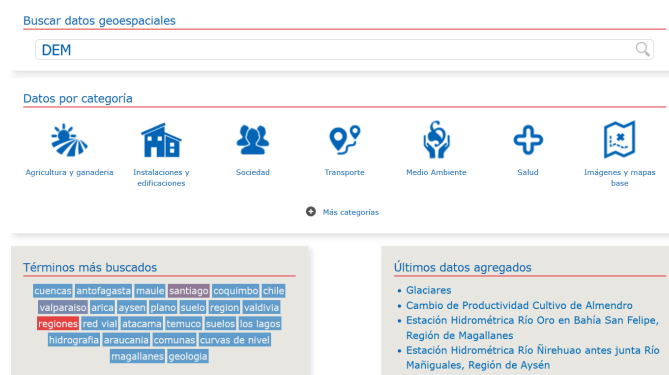


Figura 3: Portal Chileno



Figura 4: Portal Español

el contar con un servicio que sea capaz de centralizar toda la información existente y por existir, que perdure en el tiempo y sea de acceso público, con el fin de facilitar y fomentar el uso de datos de elevación en las múltiples y variadas áreas en las que son utilizados.

## 1.1. Objetivo

Una API, o Interfaz de Programación de Aplicaciones, es un conjunto de reglas y definiciones que permite que diferentes aplicaciones se comuniquen entre sí. En el contexto de este proyecto, la API se diseñará y desarrollará para facilitar la gestión de datos relacionados con información altimétrica de alta resolución.

### **1.1.1. Objetivo general**

Diseñar e implementar una API para la gestión de datos asociados a información altimétrica de alta resolución en el contexto del proyecto Chile3D.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Creación de una arquitectura de software que se adecue a los requerimientos de la API de Chile3D.
- Facilitar el continuo crecimiento del repositorio nacional.
- La API de Chile3D debe ser accesible para las entidades que lo requieran.

## CAPÍTULO 2

### MARCO CONCEPTUAL

Para establecer un marco conceptual, se presentan sistemas similares y conceptos clave que sirven como base para comprender la infraestructura y el funcionamiento de plataformas geoespaciales.

#### 2.1. 3D Elevation Program USGS

El programa 3D de elevación del servicio Geológico de Estados Unidos presentó en 2012 [Dewberry, 2012] un reporte completo sobre los beneficios y requerimientos de contar con mayor precisión altimétrica sobre todo el terreno de Estados Unidos. En el apéndice H de dicho reporte, se piensa en un sistema web centralizado que sea capaz de cumplir con los requerimientos tanto de usuarios que deseen acceder a los datos, como de super-usuarios que tengan que añadir información. (<https://apps.nationalmap.gov/downloader/>).

Para cumplir los requerimientos de estandarizado de los datos, crean un workflow fundamental sobre como debe almacenar, procesar y disponibilizar lo datos (Fig.3).

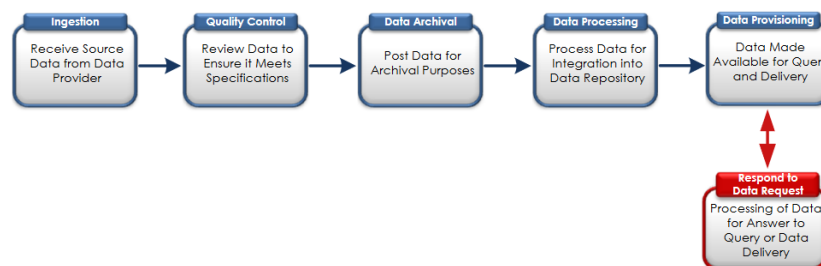


Figura 5: Flujo básico de manejo de información del servicio USGS

Fuente :[Dewberry, 2012]

De esta forma, se vuelve vital en el flujo de la información, contar con un sistema web que sea capaz de manejar las consultas de tal manera que el usuario pueda acceder a los datos

existente, incorporar información al repositorio, procurando mantener la integridad de la información a través de distintas etapas de control de calidad, y además, poseer la funcionalidad de procesar los datos existente en la forma que el usuario estime conveniente.

En cuanto a la **ingesta** de información, se habla de distintas fuentes posibles, ya sea a través del sector privado o público y a través de entrega física o virtual, lo que hace sumamente importante contar con un protocolo que sirva como guía para que las distintas entidades generen contenido apto para el sitio y se estandarice de manera más fácil la información que se desea almacenar.

Por el lado del **control de calidad**, se habla de que una vez los datos lleguen al almacenamiento de la plataforma, se requerirá algún tipo de verificación que asegure ciertos estándares en el formato, metadata y resolución de los mismos, proponen chequeos automáticos simples y técnicos en datos que estén encargados de realizar un análisis más profundo.

El **almacenamiento** permanente de los datos se realizará una vez la información pase por todo el procesamiento de aseguramiento de calidad, el sistema de Estados Unidos hace énfasis en que los datos deben ser preservados en el tiempo e incluye al sistema una base de datos offline cuyo único fin es el de proteger la información frente a alguna catástrofe que genere grandes pérdidas de información.

Por **procesamiento** de los datos, el reporte de Dewberry se refiere a que puede existir requerimientos de transformar los datos para ser integrados al repositorio nacional, como por ejemplo, crear DEM's a partir de los datos ingresados y luego añadirlo al repositorio, lo que involucra una necesidad extra de cómputo.

Finalmente, el **aprovisionamiento** de los datos será manejado por un servicio web que le

permitirá a los usuarios determinar que datos están disponibles y solicitar la descarga de las áreas geográficas que necesite. También se menciona que pueden existir múltiples funcionalidades extras, como por ejemplo, visualizar los datos en el navegador web, añadir datos al repositorio, y procesar la información según el usuario lo requiera.

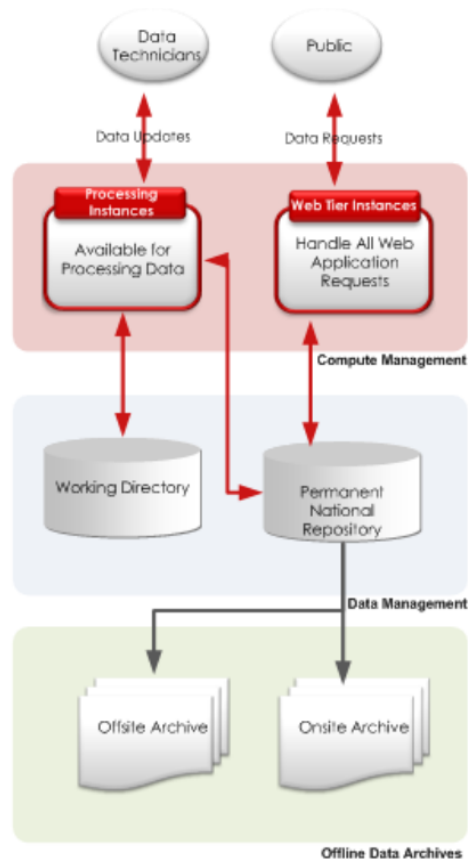


Figura 6: Arquitectura del sistema USGS

Fuente :[Dewberry, 2012]

Como se puede apreciar en la figura 6, la arquitectura del software cuenta con una instancia para el procesamiento de la información, junto con su propia fuente de almacenamiento temporal (working directory), que servirá como intermediario entre la llegada de los datos y su almacenamiento final en el repositorio nacional luego de ser correctamente procesado. Una vez ingresado al repositorio nacional, la información debe hacerse pública a través del servicio web encargado de manejar todas las solicitudes que se hagan al sistema, las cuales se separan en 4 categorías:

- **Navegar por los datos:** el sistema debe facilitar varios mecanismos que permitan al usuario navegar a través de la información, para que sea capaz de determinar cual es la disponible, la localización que representa e información de su metadata. Esto implica la necesidad de dibujar un polígono directamente en un mapa a través de servicios web que provean un visor global.
- **Descargar archivos:** el sistema debe entregar la capacidad de descargar la información disponible para el uso en ambientes locales. El usuario puede seleccionar el área que desea obtener y luego seleccionar la información que le entrega el sistema que aplica a sus necesidades.
- **Creación y Modificación:** El sistema entrega al usuario la posibilidad de interactuar con la información disponible y transformarla en tiempo real a nuevos formatos, estructuras o productos derivados. Ejemplos de estas transformaciones son: cambio de coordenadas espaciales, creación de DEM's desde archivos LAS, transformar de un raster desde tiff a jpg, etc.
- **Servicios Web:** Utilizar servicios web existentes para utilizar los datos sin la necesidad de descargarla, como por ejemplo mapas que puedan ser integrados en otras visores.

En el reporte se realiza una breve predicción de los requerimientos de cada uno de estos puntos, tanto de software como infraestructurales, en base a la cantidad de datos que va a manejar el programa con el transcurso de los años, bajo el supuesto de que se va a incorporar  $\frac{1}{8}$  de la totalidad de los datos en cada año y también basados en las estadísticas de, por aquel entonces, el servicio CLICK (Center for LiDAR Information Coordination and Knowledge) de la USGS ahora discontinuado, desde la cual, para el servicio de navegación por los datos, se estiman 196 usuarios concurrentes, como se muestra en la figura 5.

Por otra parte, se tiene el servicio de descarga bajo los mismos supuestos y análisis estadísticos, se estiman más de 338 TB [Fig. 6] de descargas por mes, lo que da luces de el tamaño del servicio que se desea construir y de las necesidades infraestructurales que esto requiere para su estabilidad y uso.

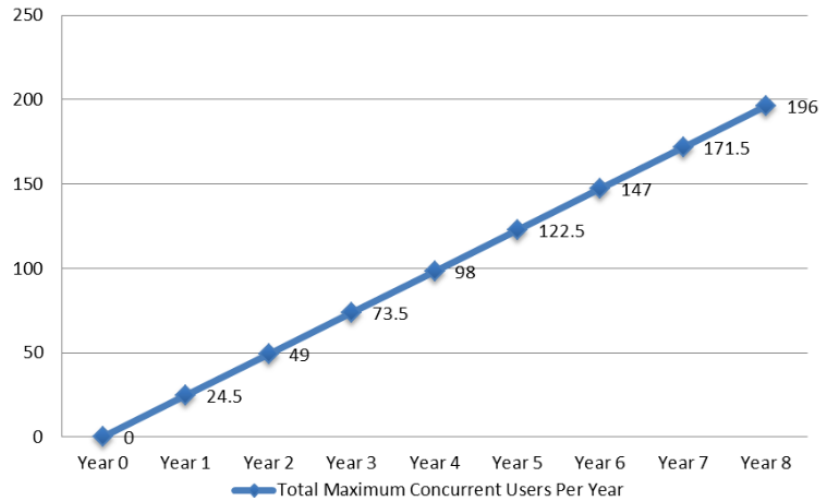


Figura 7: Predicción usuarios concurrentes USGS

Fuente :[Dewberry, 2012]

En general, el 3D Elevation Program de la USGS, se adapta bien al los requerimientos del proyecto Chile 3D, ya que comparten la visión de unificar la información altimétrica de un país en una plataforma que sea de uso público, y además, que incorpore la funcionalidad de seguir expandiendo la información del territorio a medida que se produce más y mejor data.

## 2.2. Centro de descargas CNIG

El centro de descargas del Centro nacional de información geográfica (CNIG) es la plataforma web española desde donde se descarga de forma gratuita toda la información geográfica generada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), en un artículo publicado por la revista catalana [Pavo López M. F, 2010] el 2010, se describe a grandes rasgos los tipos de datos de descarga y su licencia de uso, modelo relacional de la base de datos e infraestructura del centro de descarga.

El único servicio que brinda el centro de descargas español es la centralización e indexación de todos los datos geoespaciales que posea el IGN a través de la búsqueda libre en visor,

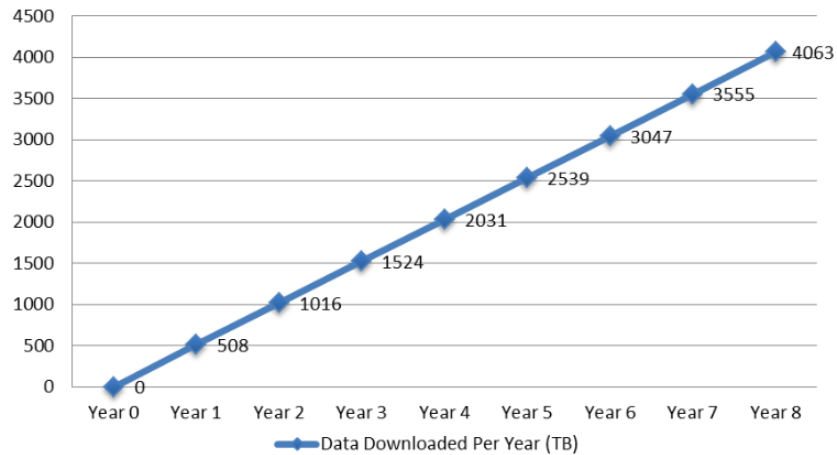


Figura 8: Predicción descargas anuales USGS

Fuente :[Dewberry, 2012]

similar a lo que ofrece el servicio de la USGS. Dicho visor ha sido desarrollado de manera que pueda utilizar los servicios estandar OGC (Open Geospatial Consortium) lo que le permite la interoperabilidad con servicios WMS (Web Map service) que facilita el diseño de la interfaz.

En particular, la búsqueda y descarga de archivos es posible gracias a la catalogación de los productos en una base de datos relacional Oracle del CNIG [Fig. 7], en la que la información geográfica se clasifica en familias, que corresponden a los productos del catálogo web, cada familia tiene artículos a los cuales se pueden asociar uno o más archivos. El mayor atractivo de la forma en la que se ordena la información en el portal de descargas CNIG es la capacidad que tiene de vincular datos del municipio y provincias, lo que permite buscar archivos asociados a un terreno en función de su número de Lote.

Por el lado de la arquitectura del centro de descargas, se plantea como requisito ofrecer un servicio de alta disponibilidad y capacidad, en previsión de un alto número de usuarios concurrentes y del volumen de tráfico, a través de un protocolo ftp. Posee una arquitectura redundante, que entrega alta disponibilidad y entrega mayor estabilidad al servicio, ya que si un servidor falla no implica la caída total del sistema, por lo que cuentan con un balanceador

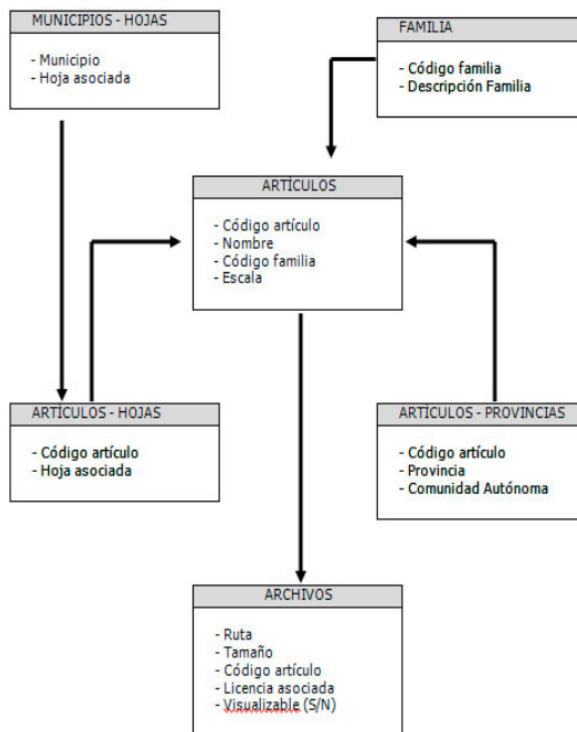


Figura 9: Base de datos relacional Centro de descargas CNIG

Fuente: [Pavo López M. F, 2010]

de carga sobre 4 servidores ftp [Fig. 8].

El centro de descarga hoy en día cuenta con una gran variedad de productos: Mapas en formato imagen, mapas vectoriales y bases cartográficas y topográficas, mapas impresos escaneados, Información geográfica de referencia, información geográfica temática, modelos digitales de elevación, dentro de la cual destacan dos coberturas totales del territorio español LiDAR (2015-2022 y 2008-2015 ), imágenes áreas, entre otros. Los cuales son ampliamente solicitados por los usuarios, siendo el producto con mayor demanda la *Ortofoto PNOA Máxima Actualidad* con 117022 operaciones de descarga y 358715 ficheros descargados, lo que supone 760 Terabytes de datos[Tab. 1].

Cabe destacar que todo el software del centro de descarga esta totalmente encapsulado,

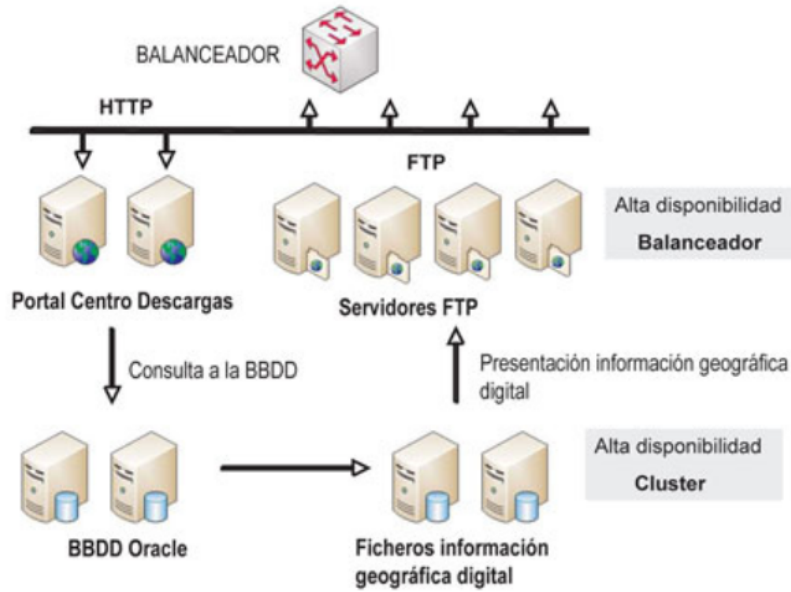


Figura 10: Arquitectura Centro de descargas CNIG

Fuente: [Pavo López M. F, 2010]

es decir, posee una estructura monolítica y por tanto la interfaz usuaria como la lógica de las consultas es manejada por un mismo programa. Los desarrolladores del sitio han mencionado que a día de hoy, esto les presenta problema para ofrecer sus servicios a distintas plataformas y dominios, por lo que están pensando reestructurar alguna de las funcionalidades del software para que puedan ser integradas con la API de CNIG.

### 2.3. Metadata

Debido a que los archivos Geoespaciales son ampliamente utilizados por distintas entidades, ya sea tanto públicas como privadas, las plataformas requieren de una estandarización respecto de como se almacena e indexa cada archivo, es por esto que los servicios mencionados se basan en las normas ISO 19115-1 y 19115-3 (cuya última actualización fue el 2007), que entrega las directrices sobre el correcto almacenamiento de la metadata, especificando los campos necesarios y formato en la cual deben ser enviados. En concreto, esta metadata

#	FAMILIA	Total de Descargas	Total de Ficheros	Total de TB
1	Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	117022	358715	759,999
2	MTN25 ráster	63082	1067402	69,976
3	Mapas para móviles	60434	142118	196,015
4	Modelo Digital del Terreno - MDT05	57086	266929	40,891
5	Camino de Santiago	40575	137763	0,003
6	BTN	38638	555040	10,514
7	Modelo Digital del Terreno - MDT02	37253	280445	70,59
8	MTN50 ráster	33039	244491	17,029
9	MTN25 edición impresa	32064	215787	11,152
10	LIDAR 2ª Cobertura (2015- Actualidad)	29043	1873063	118,944

Tabla 1: Top 10 archivos descargados CNIG

contiene 7 campos:

- **Información general:** se detalla el identificador del archivo, idioma de los datos, fecha de creación de la metadata, organización a la que corresponde el producto y su rol.
- **Información sobre la identificación del dato** se especifica a mayor detalle la identificación del dato, título, fecha de publicación, idioma del recurso, un resumen descriptivo de los datos (vuelo x, año x, precisión, etc) y nivel de jerarquía.
- **Categoría:** tema principal del subconjunto de datos (elevación terrestre, submarina, etc).
- **Ámbito espacial:** acá se detalla la delimitación de cada esquina del rectángulo en el cual están inscritos los datos, longitud oeste y este, latitud sur y norte.
- **Información de contacto:** información de los creadores del producto, se detalla organización, dirección física, ciudad, estado, país y correo electrónico.

- **Información sobre distribución:** nombre de formato, versión formato y enlace de distribución.
- **Información Referencia Metadato:** se especifica el formato de los metadatos (Ej. ISO 19115) y su versión.

Así también, la Normativa ISO establece una extensión XML de esta información a la que denominan GML (Geography Markup Language), se especifica la publicación de esta metadatos en este formato y la gran mayoría de los SIG actuales entregan extensiones que permiten exportar a través de este formato.

## 2.4. Tipos de archivos

La información geográfica está presente en diversos formatos, los cuales son utilizados para diversas tareas, creación de productos como DSM, DEM, localización de elementos geográficos (Escuela, Hospitales, Mapas de riesgo), mosaico de ortofotografías, entre otros. Dichos productos son encontrados en las distintas plataformas de datos geospaciales en formatos comunes, de los cuales los más utilizados son los siguientes.

### 2.4.1. LAS

El formato LAS (LASer) es creado con el propósito de almacenar información proveniente de sensores Lidar en formato de nube de puntos, diseñado por American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS). El formato es ampliamente usado y es considerado un estándar de la industria para datos lidar. Un archivo LAS contiene la siguiente estructura:

- **Cabecera :** Describe el formato, número de puntos, extensión de la nube de puntos y otros datos genéricos.

- **Registros de longitud variable** : VLR por sus siglas en inglés, cantidad  $n$  de registros para informar sobre la metadata de la nube de puntos, sistema de referencia espacial, tipo de onda utilizada, etc.
- **Registro de puntos** : Datos para cada punto en la nube de puntos; coordenadas, clasificación (terreno, edificio).

El formato **LAS** no está comprimido y existe un proyecto libre que define un formato **LAZ**, que genera una compresión sin pérdida del formato LAS. Plataformas como el portal de descargas español solo utiliza este formato en sus datos indexados debido a que reduce drásticamente su peso. Un archivo LAS de 450 MB puede ser comprimido a 60 MB de formato LAZ.

#### 2.4.2. GeoTiff

GeoTIFF es un estándar de metadatos de dominio público que permite que información georreferenciada sea descrita por un archivo de imagen en formato TIFF. La información adicional incluye el tipo de proyección, sistema de coordenadas, elipsoide, datum y todo lo necesario para que la imagen pueda ser automáticamente posicionada en un sistema de referencia espacial. El formato GeoTIFF es completamente compatible con TIFF 6.0, por lo que un programa incapaz de leer e interpretar esa información podrá aun así abrir el archivo de imagen GeoTIFF y visualizarlo como si de un archivo TIFF normal se tratara.

#### 2.4.3. Shapefile

El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI [ESRI., 1997]. Un shapefile es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. No obstante carece de capacidad para almacenar información topológica. Es un formato multiarchivo, es decir está generado por varios ficheros informáticos. El número mínimo requerido es de tres y tienen las extensiones siguientes:

- **.shp** : es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.
- **.shx** : es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas
- **.dbf** : es la base de datos, en formato dBASE, donde se almacena la información de los atributos de los objetos

Además de estos tres archivos requeridos, opcionalmente se pueden utilizar otros para mejorar el funcionamiento en las operaciones de consulta a la base de datos, información sobre la proyección cartográfica, o almacenamiento de metadatos. Estos archivos son:

- **.prj** : Es el archivo que guarda la información referida al sistema de coordenadas en formato WKT(Well known text).
- **.sbn y .sbx** : Almacena el índice espacial de las entidades.
- **.fbn y fbx** : Almacena el índice espacial de las entidades para los shapefiles que son inalterables (solo lectura).
- **.ain y .aih** : Almacena el índice de atributo de los campos activos en una tabla o el tema de la tabla de atributos.
- **.xml** : Almacena los metadatos del shapefile.

#### 2.4.4. ECW

El formato ECW (Enhanced Compression Wavelet) es utilizado para comprimir imágenes provenientes de fotos aéreas y satelitales. Fue creado para la industria geoespacial y permite unir y comprimir un conjunto de fotos aéreas correspondiente a cierta zona terrestre, denominadas ortofotomosaicos. Proyecciones de mapa son insertadas en el archivo para la correcta georeferenciación de las imágenes y son ampliamente utilizados por los investigadores en todo el mundo, en la tabla 1 se observa que el producto ortofotos son los datos más descargados en el portal español.

#### 2.4.5. Jp2

JPEG 2000 es un estándar de compresión y codificación de imágenes, Fue creado por el *Joint Photographic Experts Group* en el año 2000 con la intención de sustituir el formato original creado en 1992. El nuevo formato se basa en la transformada de wavelet, la cual logra mayores niveles de compresión que JPEG sin incurrir en los principales defectos del formato anterior. Este formato es ampliamente utilizado para la generación de modelos digitales de elevación y superficie, siendo común encontrarlos en el portal de Estados Unidos, España y Chile.

### 2.5. Arquitectura Cliente-Servidor

La arquitectura cliente-servidor tiene como propósito distribuir la carga entre los recursos o servicios de un sistema (servidores) y los que solicitan acceso a dicho sistema (clientes). Los servidores son ejecutados en un Host, que puede tener uno o mas programas corriendo en el, los cuales comparten dichos recursos con los clientes típicamente a través de servicios web los cuales son ejecutados por el navegador del usuario.

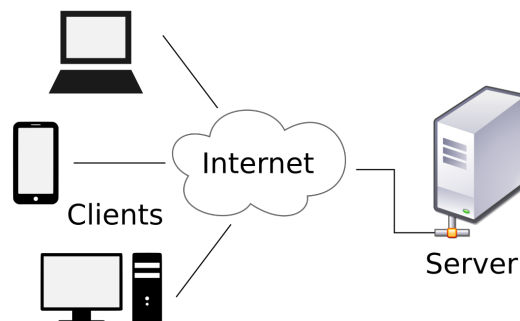


Figura 11: Arquitectura cliente-servidor

## 2.6. Backend

El desarrollo de backend quiere decir la creación de la lógica que va a sostener la visión del software. Contempla base de datos y la forma específica que requiere la solución de manipular dichos datos (creación, edición, eliminación, transferencia, etc). La palabra Backend hace referencia a un proceso que ocurre 'atrás', algo invisible al usuario final, ya que es código base que sostiene el sistema completo.

## 2.7. API

El acrónimo 'API' proviene de las palabras en inglés *application program interface* y es la capa intermediaria que conecta diferentes aplicaciones y les permite compartir información y funcionalidades. Comúnmente podemos ver el uso de API en el desarrollo web, en el cual se utiliza para disponibilizar la lógica del negocio de cierto servicio a distintos clientes, pero el termino puede utilizarse en diferentes contextos de la programación, como es el caso de los motores gráficos y las distintas interfaces necesarias para su interacción.

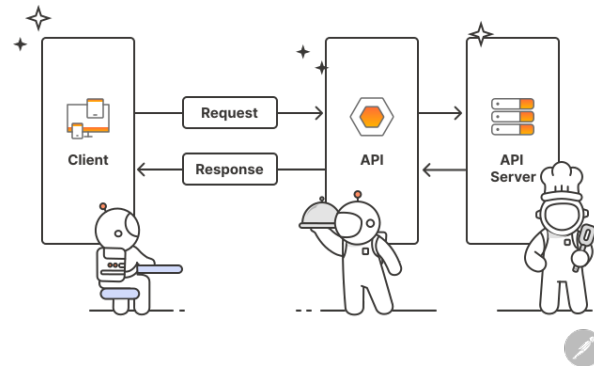


Figura 12: API

## 2.8. API REST

En simples palabras, una API REST es aquella API que sigue el estilo de diseño de la arquitectura REST (Representational State Transfer):

- **Interfaz Uniforme:** Todas las solicitudes a un mismo recurso deben ser iguales, independientemente de la procedencia de la solicitud. La API REST requiere de que el recurso tenga un identificador único (URI).
- **Desacoplamiento cliente-servidor:** En el diseño de la API REST, las aplicaciones de cliente y servidor deben ser completamente independientes entre sí. La única información que la aplicación de cliente debe conocer es el URI del recurso solicitado.
- **Sin estado:** Las API REST son API sin estado, lo que significa que cada solicitud debe incluir toda la información necesaria para procesarla.
- **Caché:** Almacenar los recursos en caché cuando sea posible.
- **Sistema de capas:** Puede poseer múltiples capas, de seguridad, aplicación, lógica empresarial, etc.
- **Representación de recursos:** La representación de un recurso se refiere a cómo se estructuran y presentan los datos de un recurso específico dentro de una aplicación o sistema. En el contexto de una API RESTful, la representación de un recurso se puede realizar a través de diversos formatos, como JSON o XML. La elección del formato depende de las necesidades específicas de la aplicación y de cómo los clientes consumirán y procesarán la información.
- **Hiper-media para la representación de recursos:** El cliente solo debe tener la URI inicial del sistema y es la aplicación web la que le da acceso dinámicamente al resto de los recursos.

## 2.9. Bases de datos no relacionales

Las bases de datos no relaciones se utilizan para almacenar información no estructurada o semi estructurada, utilizando para ello 'Documentos', los cuales poseen la facultad de encadenar información en forma de llave-valor, de la misma manera que un objeto JSON [Kelly y McCreary, 2013].

Las principales características que destacan a este tipo de bases de datos son su flexibilidad, escalabilidad y su facilidad de distribución. Bases de datos no relacionales como MongoDB fueron diseñadas para soportar el almacenamiento de enormes cantidades de datos.

## 2.10. Fast API

Fast API es un framework web diseñado para construir APIs basado en python, fue lanzado en 2018 y rápidamente ganó popularidad. Sus mayores ventajas son su rapidez respecto de otros frameworks web basados en python como Django o Flask, la incorporación de funciones asincrónicas en python y su simpleza y consistencia.

Ya que está basado en python, puede trabajar con las distintas librerías existentes en dicho lenguaje para el procesamiento de datos geospaciales.

## 2.11. OSGEO

La Open source Geoespatial Foundation es una organización no gubernamental cuya misión es dar soporte y promover el desarrollo colaborativo de tecnologías geoespaciales y datos abiertos. Fundadora de distintos proyectos abiertos, tales como GDAL, librería para la manipulación de datos geoespaciales, OpenLayers, visualizador de mapa interactivo. Este proyecto utiliza dichas librerías tanto para el procesamiento de datos (GDAL) cómo para la interacción con ellos (OpenLayers).

## CAPÍTULO 3

### PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Chile posee necesidades propias a la hora de abordar la problemática de centralización e indexación de la información. Luego de una seguidilla de reuniones con SERNAGEOMIN y SNIT-IDE CHILE quedan en claro los siguientes puntos:

- Existe la necesidad de una infraestructura capaz de almacenar toda la información disponible, dichas instituciones carecen de la implementación necesaria y se ven forzados a pagar servicios cloud de arcGis. Además, SERNAGEOMIN menciona que poseen una gran cantidad de discos duros apilados sin los resguardos necesarios para preservar ni disponibilizar los datos.
- SERNAGEOMIN carece de la información necesaria para generar nuevos mapas de riesgos con la precisión requerida por la nueva ley.
- El portal de descarga generado por SNIT-IDE posee una lógica distribuida, es decir, las distintas instituciones que desean publicar sus datos deben poseer su propia infraestructura, las cuales poseen su propios tiempos de vida y equipos de mantención. Esto genera problemas en cuanto a la mantención de la información territorial disponible.
- SERNAGEOMIN tiene problemas a la hora de procesar archivos con mucha información, carecen de la capacidad de cómputo y tienen que aplicar algoritmos de remuestreo con el fin de disminuir su tamaño.
- No existen lineamientos transversales a todas las instituciones a la hora de capturar un dato, por lo que estos existen en diferentes grados de confiabilidad según quien los genere.

Es por estos antecedentes que se busca generar una infraestructura capaz de recopilar y disponibilizar toda la información Geoespacial que posee Chile a través de sus distintas ins-

tituciones, incorporar soporte para archivos Lidar (entre otros) y entregar acceso directo a los recursos del sistema a través de un conjunto de interfaces encargadas de los diferentes servicios. Según esta lógica, la interfase queda desacoplada de esta memoria y del proyecto Chile3D, con el fin de que distintos clientes puedan hacer uso de los recursos e implementar sus propias interfaces y funcionalidades. Los componentes del sistema serán los siguientes:

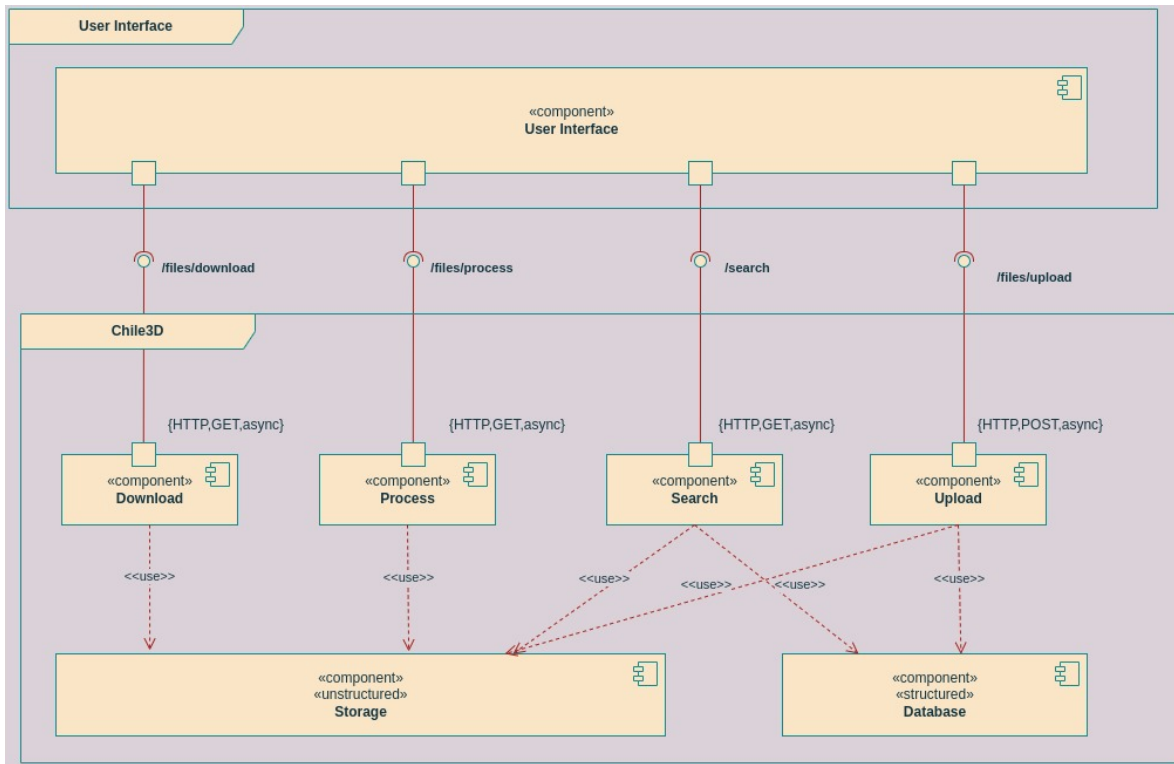


Figura 13: Componentes de Chile3D

### 3.1. Modelo de Dominio

Chile3D cuenta con 2 entidades relacionadas con el manejo de archivos, ya sea para subir y editarlos, asociados a un institución encargada de dichas tareas, además, de un Geodato se desglosan diferentes objetos de valor que entregan información esencial para los usuarios.

- **Geodato** Entidad fundamental, su propósito es indexar los datos, a través de ella se realizan las diferentes formas de búsqueda a implementar, es decir, texto, fecha, po-

lígono, institución, entre otros. También se identifican conceptos clave como la meta-data, la cual describe en detalle los diferentes atributos del archivo, algunos cruciales como lo es su bounding box, coordenadas sobre las cuales se utilizaran las operaciones de búsqueda por polígono, posee latitud y longitud, proyección espacial con información tal como el DATUM y CRS, precisión del Geodato, escala y extensión del archivo.

- Institution:** Entidad que busca dar un grado de confiabilidad al dato. Cada archivo deberá estar asociado a un administrador que pertenece a una institución, así el usuario tendrá información valiosa a la hora de utilizar el dato.

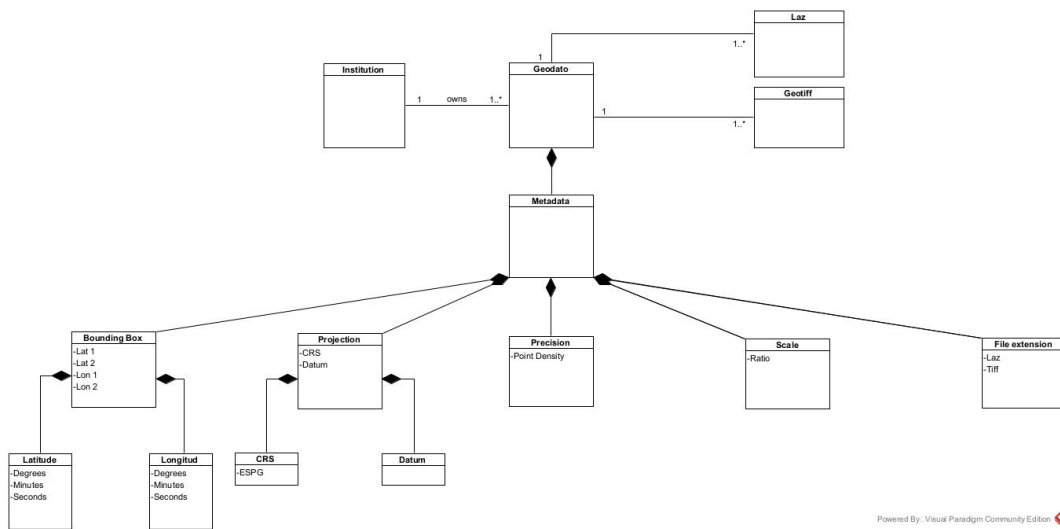


Figura 14: Modelo de dominio

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Casos de uso

Como se muestra en la figura 15, Chile3D cuenta con 6 servicios principales, de los cuales 3 son de uso público, es decir, cualquier persona que necesite utilizar estos servicios podrá hacerlo sin ningún requerimiento previo, los cuales son :

- buscar dato**

- **descargar dato**
- **procesar dato**

dichos servicios buscan suplir las necesidades que los investigadores necesitan (por ejemplo descargar un dato a cierta resolución, o con cierta proyección espacial). Por otro lado, existen 3 servicios de uso restringido los cuales son :

- **subir datos**
- **editar metadato**
- **eliminar dato**

dichos servicios requieren de cuidado especial debido a la sensibilidad que posee integrar información al sistema, por lo que solo usuarios autorizados y de confianza pueden hacer uso de dichas herramientas.

Adicionalmente, ya que Chile3D busca ser un servicio público, existe también un usuario desarrollador, el cual podrá hacer uso de las funcionalidades libres de autorización, interactuando directamente con la capa encargada de la lógica del sistema, de esta manera, cualquier persona o institución puede utilizar libremente los datos disponibles en el sistema para la incorporación a sus propios proyectos.

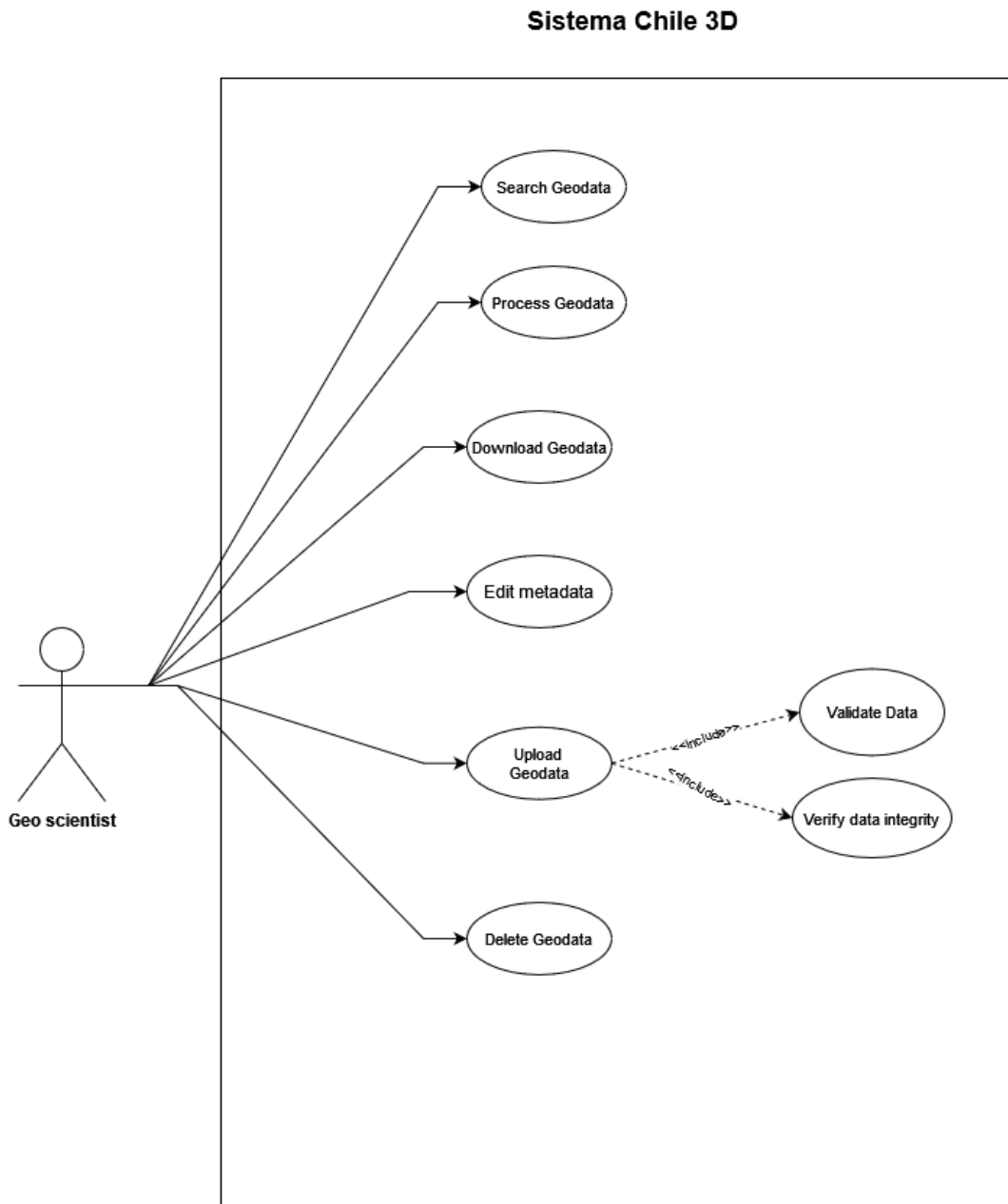


Figura 15: Casos de uso Chile3D

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1. Buscar Datos

El servicio *Buscar Datos* es fundamental en el funcionamiento de Chile3D, ya que es el mecanismo por el cual los usuarios podrán acceder a los datos del repositorio nacional. Se utilizarán dos formas básicas de búsqueda:

- **Búsqueda por polígono:** Mecanismo principal de búsqueda, se dibuja un polígono en un WMS (visor de mapa, como google maps, openlayer, etc) el cual es enviado al sistema a través de un formato GeoJSON, además, se escoge uno o más formatos de interés. El sistema extrae la geometría dibujada por el usuario y busca en la base de datos los archivos cuya bounding box contenga alguno de los  $N$  puntos del polígono y retorna una lista con los enlaces de descarga de dichos archivos.
- **Búsqueda por nombre:** Mecanismo por el cual un usuario puede ingresar un nombre o una palabra clave que servirá como método de filtro, retorna una lista con los enlaces de descarga de dichos archivos.
- **Búsqueda por fecha:** Mecanismo por el cual un usuario puede buscar archivos subidos en cierto rango de fechas. Será de ayuda para que el administrador pueda gestionar de mejor manera la información si es que tiene que editarla o eliminarla.
- **Búsqueda por institución:** Mecanismo por el cual un usuario puede buscar archivos que pertenecen a cierta institución.

### 3.2.2. Descargar Datos

La descarga de está estrechamente ligada a la búsqueda de datos, ya que será necesaria una lista de vínculos de la ubicación exacta del archivo, que es la que retorna el proceso de búsqueda. Los archivos serán comprimidos en formato zip para posteriormente ser entregados al usuario. Para mayor claridad de la secuencia se adjunta la figura 16.

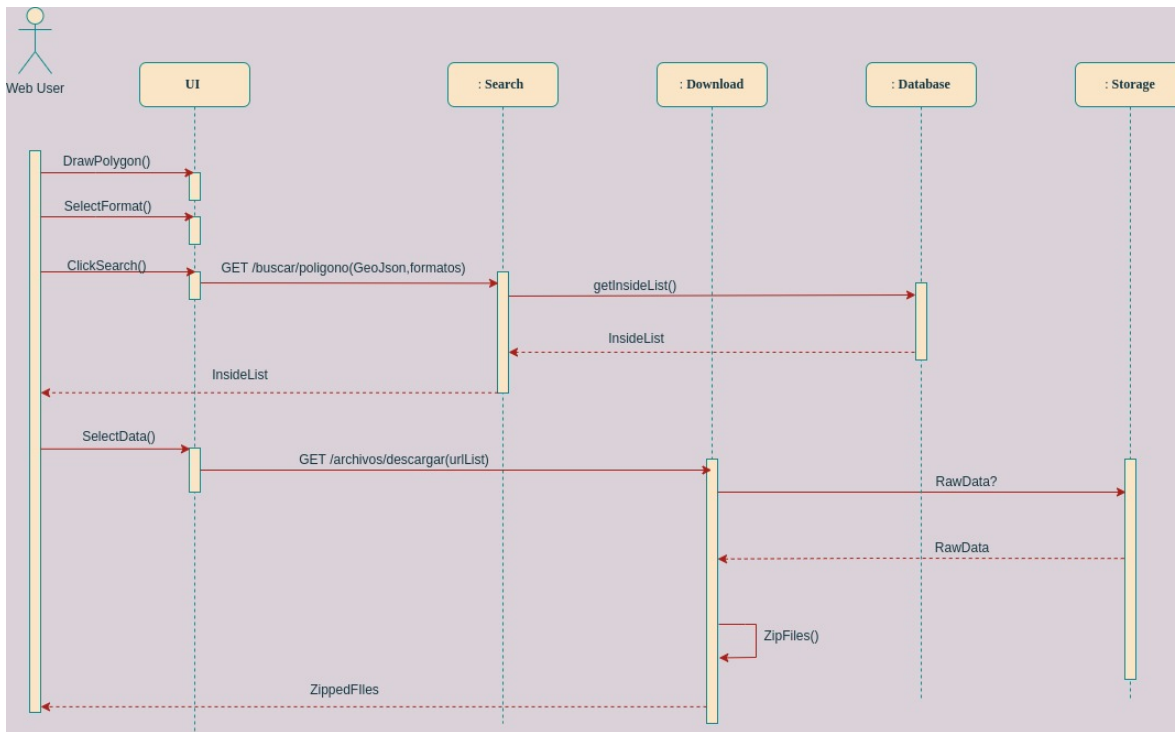


Figura 16: Búsqueda y descarga

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Subir Datos

Subir datos es una materia especialmente sensible, no cualquier usuario puede incorporar información al sistema, es por esto que se necesita de distintos administradores que estén familiarizados con la información geoespacial y estén vinculados a alguna institución que posea este tipo de datos. El flujo de subida de datos, visualizado en la figura 17, requiere de procesos de validación de la información, chequeos de tipo de formato, integridad de los datos e incorporación de su metadata. Luego de esto, el dato procede a ser indexado en la base de datos e incorporado al repositorio nacional.

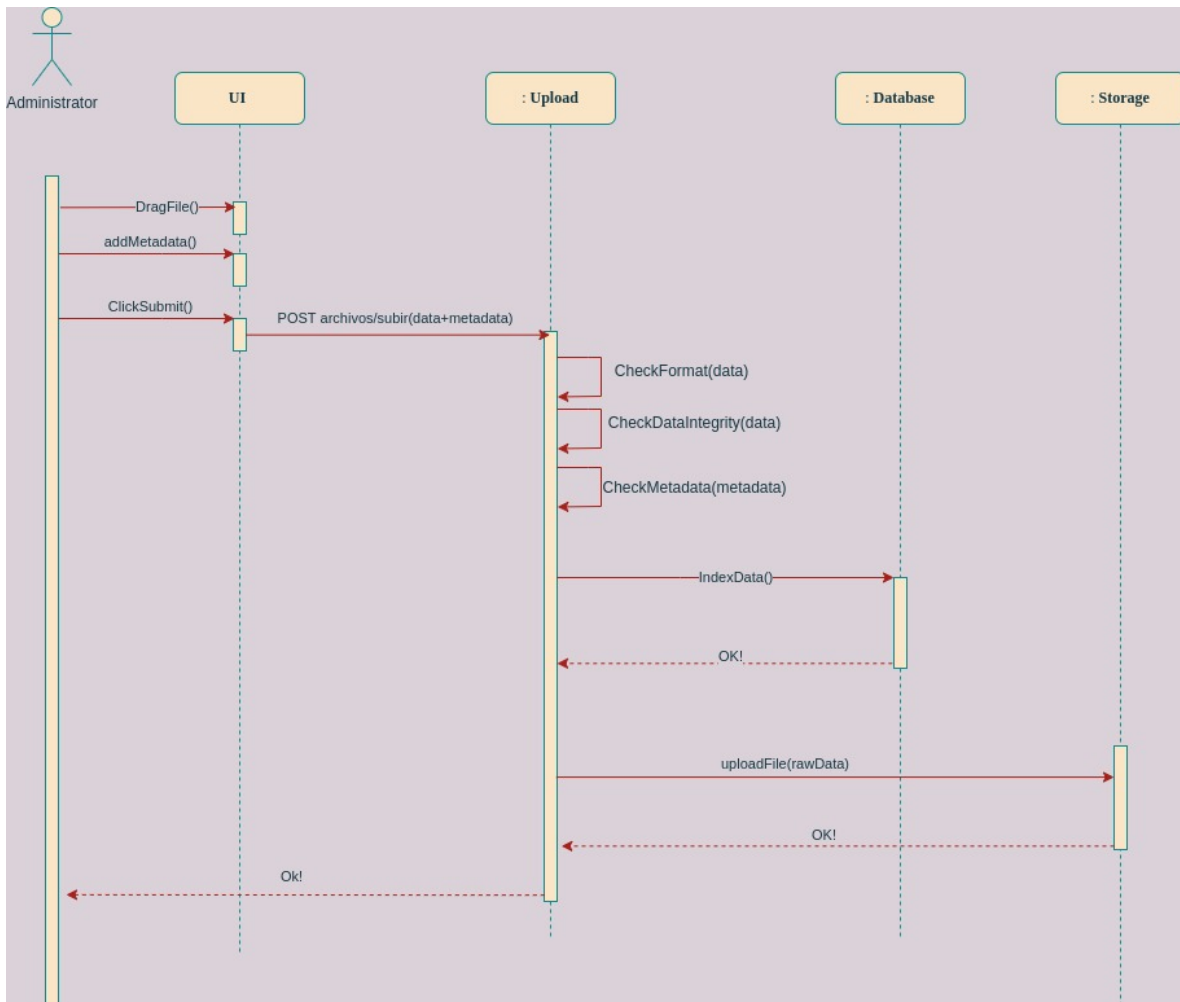


Figura 17: Subida de archivos

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4. Editar Metadatos

Editar metadatos proviene de las conversaciones que se mantuvieron con los encargados del portal de descargas español, en donde mencionaron que un problema recurrente que tuvieron fue que carecían de un apartado para editar los metadatos asociados a cierto archivo, con el fin de corregir errores o añadir información faltante. Para ilustrar, el diagrama de secuencia 18 muestra la secuencia que sigue el sistema para lograr dicha tarea.

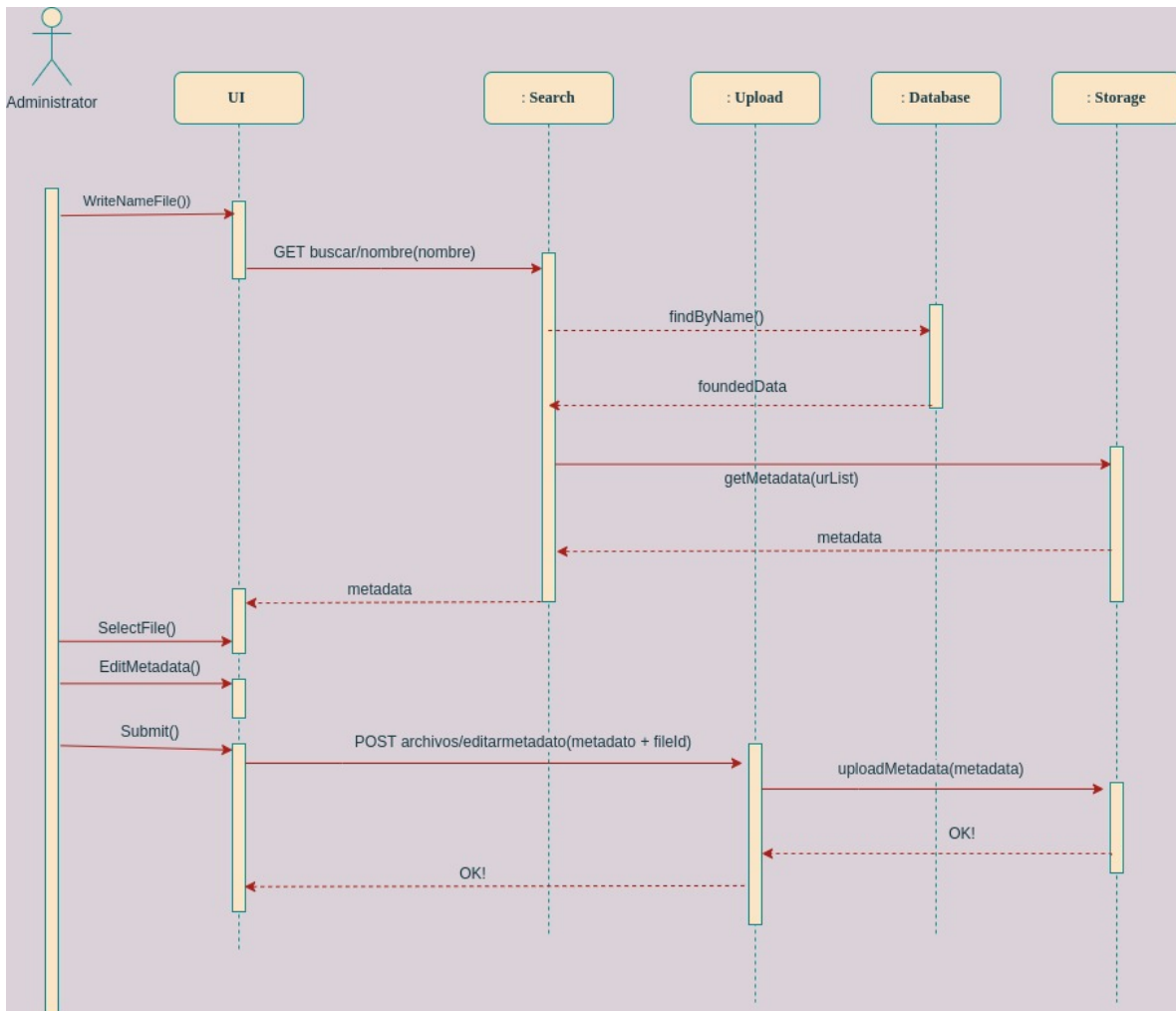


Figura 18: Editar Metadato

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5. Procesar Datos

Procesar datos es el servicio que se encargará de atender las solicitudes de aquellos usuarios que requieran realizar un procesamiento de los datos antes de ser descargados, como por ejemplo, reducir el tamaño de cierto archivo tif para reducir el procesamiento local que se requiera realizar, descrito en la figura 19.

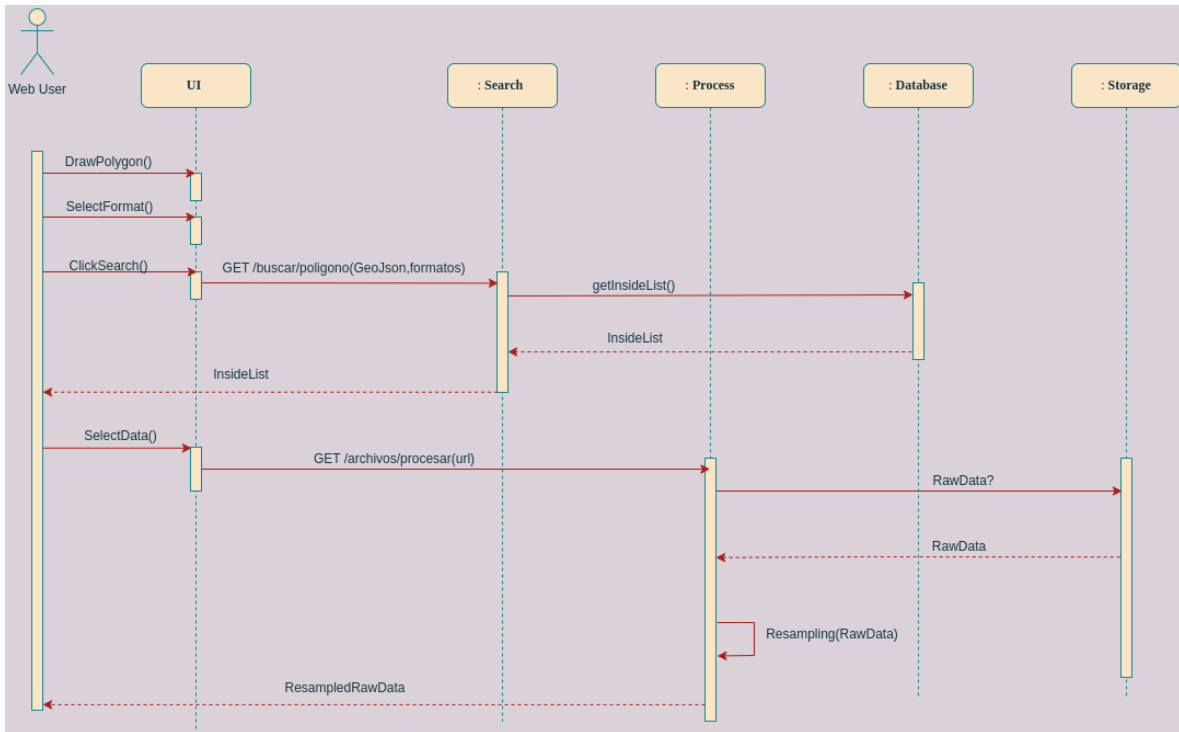


Figura 19: Buscar y procesar

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Almacenamiento de Datos

A día de hoy, los datos geospaciales capturados del territorio no son de fácil acceso, la información pública no posee mecanismos que provean crecimiento continuo de la información y el sector privado no posee incentivos para la publicación de sus datos. La plataforma de que maneja SNIT, bajo la categoría Imágenes y mapas base, posee 33 datos indexados en diferentes formatos, TIFF, Jp2 y ECW. Por otro lado, el proyecto Chile3D busca mejorar la calidad de la información territorial chilena a través de la tecnología LiDAR, la cual produce archivos LAS y su versión comprimida LAZ. Si se desea centralizar toda la información altimétrica del país, se necesita brindar soporte a cada uno de los archivos mencionados anteriormente. La cantidad total máxima de almacenamiento que requiere el sistema se puede calcular bajo el supuesto de cubrir todo el territorio nacional con los

formatos mencionados.

Según el análisis de Maximiliano [Aubel, 2023], la obtención de datos se debe realizar en diferentes resoluciones dependiendo de la necesidad específica de cada topografía: interés minero, forestal, agropecuario y densidad poblacional son parámetros que pueden ayudar a determinar la resolución mínima necesaria en cada sector. La siguiente tabla ilustra la cantidad de almacenamiento necesario para cubrir la superficie de  $756102 \text{ km}^2$  del territorio nacional, con celdas de  $4 \text{ km}^2$  en los formatos LAS, TIFF y ECW en los diferentes niveles de calidad propuestos.

Niveles de calidad	Fuente de datos	Puntos por $m^2$	Tamaño de archivo LAS	Tamaño de archivo TIFF	Tamaño de archivo ECW
QL1	LiDAR	8	165.2 TB	22.0 TB	66.1 TB
QL2	LiDAR	2	82.6 TB	5.5 TB	11.0 TB
QL3	LiDAR	1-0.25	20.7 - 5.16 TB	2.8 - 0.7 TB	5.5-2.75 TB
QL4	Imágenes	0.04	0.83 TB	0.1 TB	0.2 TB
QL5	IFSAR	0.04	0.83 TB	0.1 TB	0.2 TB

Tabla 2: Tamaño de archivo total estimado para Chile por nivel de calidad.

Fuente: Maximiliano Aubel

Según los datos proporcionados, la cantidad total de almacenamiento requerido para el cubrimiento completo de Chile en los diferentes niveles de calidad es de 380.66 TB. En particular, podría existir un plan de diferentes coberturas totales a todo el país, como ocurre con el caso español que van por la tercera cobertura completa de su territorio, por lo que el espacio requerido por los archivos LAS puede crecer considerablemente con el paso de los años, dicho esto, existen dos alternativas que se pueden tomar para almacenar todos los datos, construir la infraestructura que de soporte a la persistencia de los datos de igual manera que lo hace CNIG o externalizar el servicio almacenamiento utilizando plataformas cloud (a la cual CNIG quiere migrar). Tomando el segundo camino, los diferentes servicios cloud poseen mecanismos para el traspaso masivo de datos. Amazon ofrece AWS Snowball,

dispositivo físico al cual se transfiere la información de manera local, que luego es enviado a las facilidades de Amazon para ser alojado en sus servidores principales. De esta manera se pueden evitar caídas en el proceso de transferencia, errores en el envío y los días que demoraría transferir tan solo 20TB de datos. El envío de 380 TB a  $900 \frac{Mbit}{s}$  tomaría alrededor de  $938 [H]$  lo que es el equivalente a 39 días de transferencia ininterrumpida. Se sugiere, por lo tanto, que existan dos mecanismos por los cuales transferir datos:

- **Carga individual:** El usuario podrá subir un conjunto de archivos que no pasen cierto tamaño máximo  $N$  que permita garantizar la transferencia segura de datos.
- **Carga masiva de datos:** Escenario que ocurre con la información que poseen las instituciones, la cual no está respaldada ni disponible al público, y en la captura a través de vuelos con tecnología LiDAR.

### 3.4. Arquitectura Chile3D

La arquitectura del servicio debe seguir ciertos atributos que le otorgan robustez al diseño. La norma ISO 25010 define el modelo de calidad de software SQuaRE (Software Product Quality Requirements and Evaluation) se enfoca en la calidad del software y establece un conjunto de características y subcaracterísticas que se consideran relevantes para evaluar y medir la calidad del producto de software:

- **Funcionalidad:** grado en el que el software satisface las necesidades especificadas e implícitas del usuario, exactitud de los resultados, interacción con otros sistemas, cumplir con estándares y regulaciones aplicables.
- **Fiabilidad:** Capacidad del software para operar sin errores durante periodos de tiempo específicos, tolerancia a fallos y capacidad de recuperación.
- **Usabilidad:** Facilidad con la que los usuarios pueden entender el software, curva de aprendizaje del usuario, facilidad para operar con el software.

- **Eficiencia:** Utilización eficiente de recursos.
- **Mantenibilidad:** Facilidad con la que se pueden identificar y diagnosticar problemas en el software, facilidad la realización de cambios y mejoras, facilidad con la que el software puede ser probado para validar funcionamiento.
- **Portabilidad:** Capacidad del software para adaptarse a diferentes entornos y plataformas, facilidad con la que el software puede ser instalado o desinstalado de entornos.

En base a lo anterior, Chile3D adopta un diseño de arquitectura en capas y orientado a servicios (SOA) que favorece la robustez total del sistema. El diseño en capas separa responsabilidades en el sistema, cada capa se centra en un conjunto específico de funcionalidades, lo que facilita la comprensión, el mantenimiento y la escalabilidad del sistema. Al separar las funcionalidades, es más fácil identificar los posibles fallos y en caso de que ocurra uno, las otras capas pueden seguir operando. Facilita la implementación de cambios y mejoras sin afectar otras partes del software. Se pueden reutilizar los componentes tanto interna como externamente. Favorece a la escalabilidad y desempeño, ya que se permite distribuir la carga del sistema.

Por otro lado, la arquitectura SOA nos permite integrar elementos fundamentales del proyecto, como lo es el uso servicios externos de almacenamiento cloud que otorgará un canal de datos a la comunidad para que lo integre y reutilice a su disposición. Expone servicios como unidades funcionales independientes, como lo son la búsqueda, carga y descarga. Utiliza estándares de comunicación como REST para facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas y tecnologías. La modularidad y separación de responsabilidades ayuda al mantenimiento.

### 3.4.1. Arquitectura de despliegue

Dicho lo anterior, el sistema Chile3D está separado por capas, por un lado el frontend (fuera del alcance de esta memoria), el backend encargado de administrar cada uno de los servicios mencionados 13 y la base de datos. Se utiliza MongoDB para el almacenamiento de la metadata de cada archivo, la información del administrador y la institución a la que pertenece, el almacenamiento del dato queda relegado a un servicio cloud que brinde las capacidades requeridas por el sistema. El sistema actual funciona en un solo nodo, como el que describe la figura 21, es decir cada uno de los servicios funcionan utilizando los recursos de un solo nodo, sin separación física de recursos. Se sugiere, para un servicio productivo, la arquitectura descrita por la figura 20, en la que existen distintos nodos para cada uno de los componentes principales del sistema, específicamente 4 nodos, descritos a continuación:

- **Web Service:** Nodo encargado de interactuar directamente con el usuario, la tecnología utilizada es React y es la interfaz con la API
- **Processing instance:** Nodo que posee todos los servicios que entrega Chile3D, es la API encargada de consumir las peticiones HTTP, almacena e indexa los datos que luego serán consultados a través de los distintos métodos de búsqueda, además de poseer toda la lógica de acceso al sistema, login, creación de nuevas instituciones, administradores, etc. Para su construcción se utiliza el framework de python Fast API que posee la ventaja de poseer funciones asincrónicas y la posibilidad de integrar la basta cantidad de librerías para el procesamiento de datos que posee python.
- **Database:** Nodo encargado de almacenar la metadata de cada geodato indexado, se utiliza MongoDB, el cual es una base de datos no relacional altamente escalable, su diseño basado en documentos permite realizar consultas a grandes cantidades de datos sin necesidad de joins debido a que la distinta información puede ser autocontenida, esto mismo le otorga la ventaja de ser horizontalmente escalable y fácilmente replicable, ideal para el servicio debido a la potencial cantidad de geodatos a indexar.

- **Storage:** Nodo encargado de almacenar el propio archivo subido por el usuario, es necesaria la utilización de un servicio que posea la infraestructura necesaria para sostener los petabytes de datos que significarán el mapeo completo del territorio chileno.

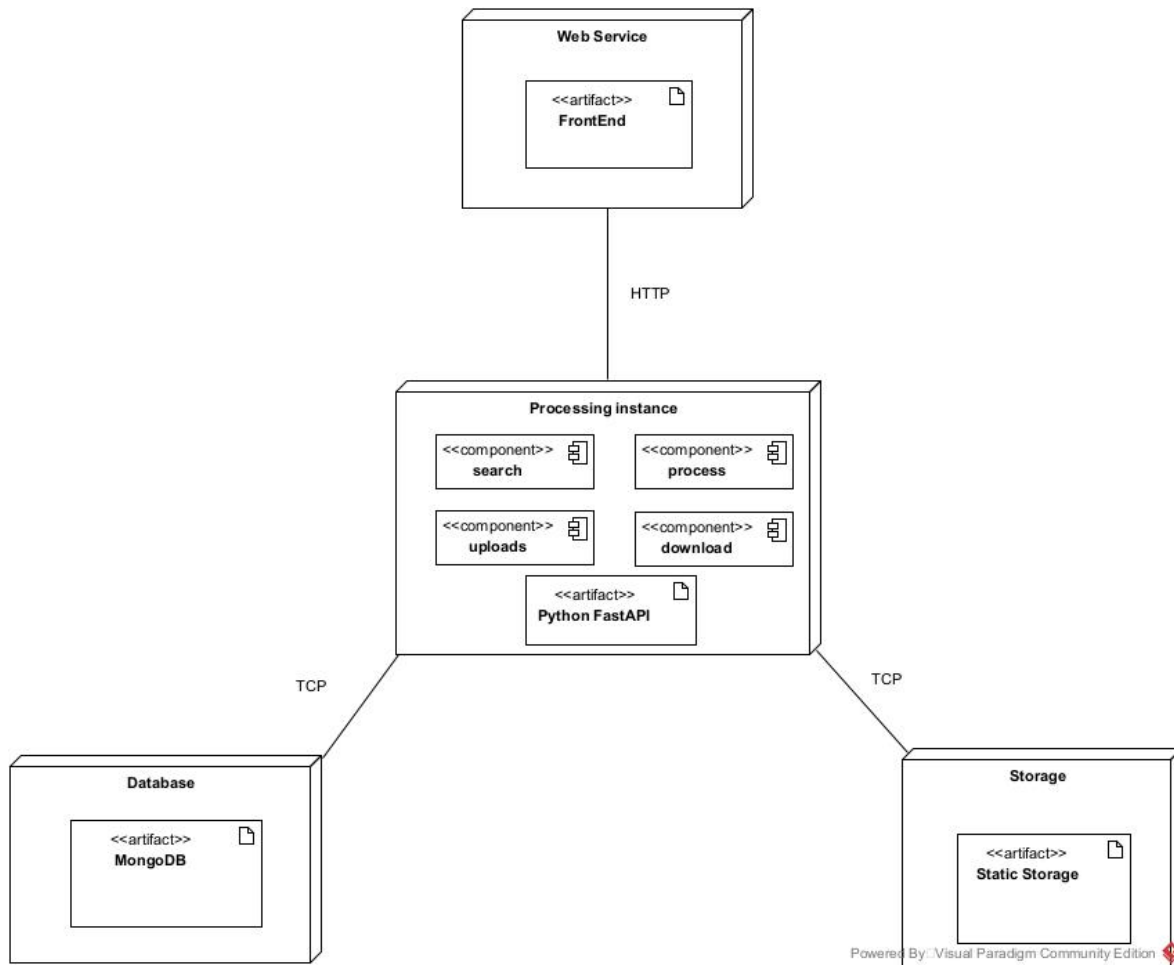


Figura 20: Arquitectura de despliegue Chile3D: Múltiples nodos

Fuente: Elaboración propia

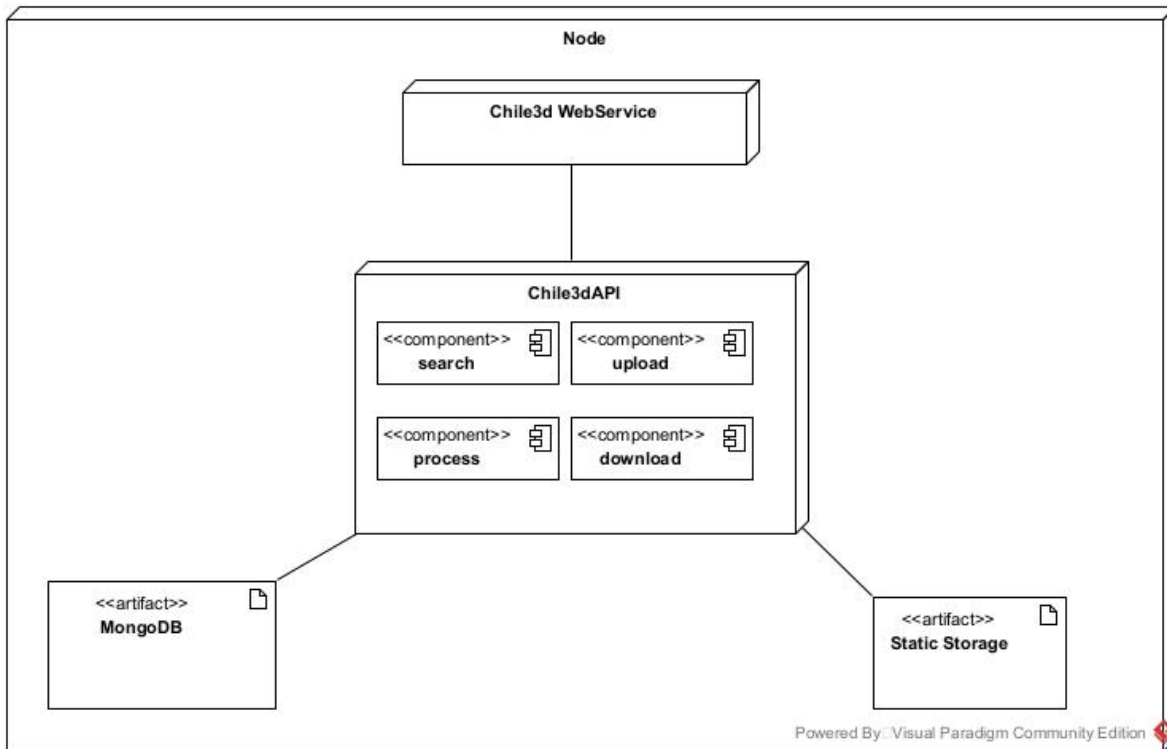


Figura 21: Arquitectura de despliegue Chile3D: Un nodo

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Diagrama de componentes

Los componentes asociados en la construcción de la solución son los siguientes:

- **Download:** Servicio que retorna el o los archivos comprimidos, usa la base de datos para buscar la ruta donde se almacena el archivo y luego los extrae de Storage, para luego ser enviados al usuario solicitante.
- **Process:** Servicio que en base a un archivo solicitado realiza submuestras, luego son enviados al usuario final.
- **PolygonSearch:** Servicio que en base a un Geojson dibujado en la WMS, retorna todos los Geodatos que contengan al menos un punto dentro de la geometría, el servicio

entrega toda la información necesaria para ser desplegada en el Cliente y luego poder ser descargada.

- **ParameterSearch:** Servicio que recibe un conjunto de filtros como parámetros y retorna todas las coincidencias.
- **StorageFile:** Servicio que recibe un archivo en formato Tiff o Laz, extrae la metadata e ingresa la información a la base de datos y el archivo lo guarda en Storage, en este proceso se extraen todas las características del geodato, bounding box, crs, precisión, extensión, etc.

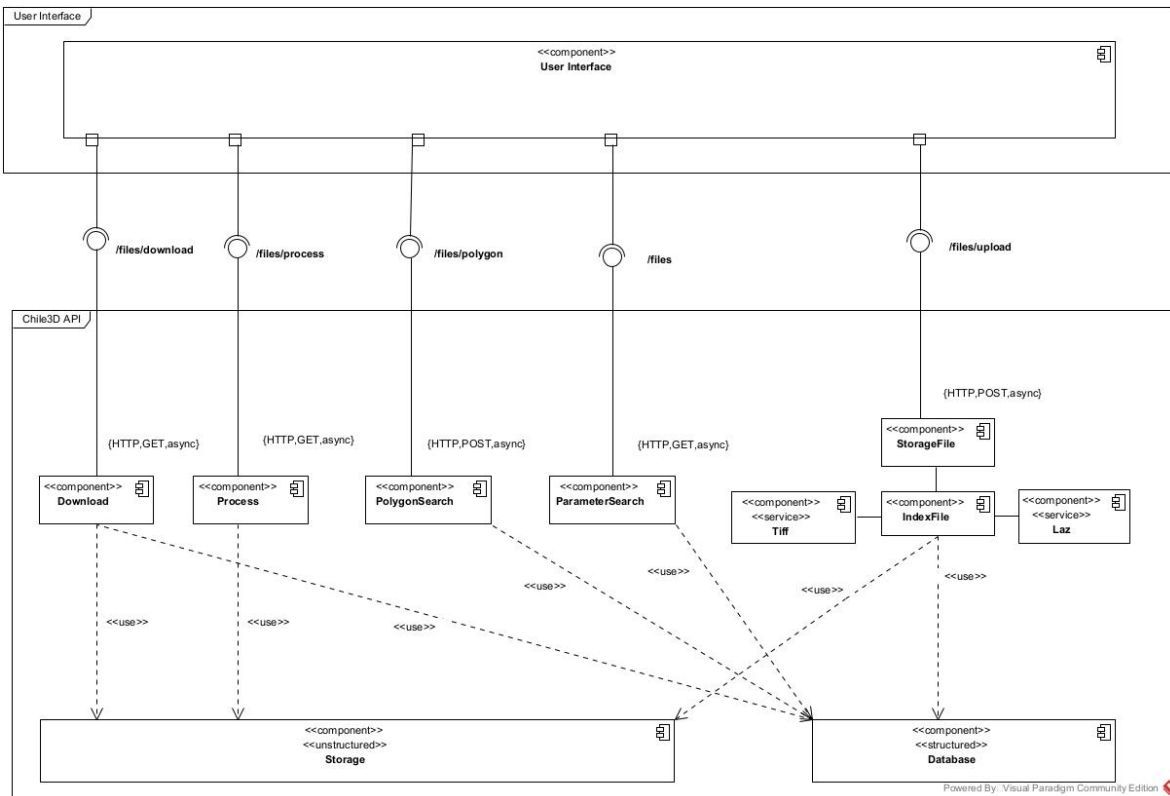


Figura 22: Arquitectura de despliegue Chile3D

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Diseño de la API y sus endpoints

Un endpoint es un punto final de una comunicación, en este contexto, se refiere a los puntos específicos de acceso proporcionados por la API para realizar operaciones. Los endpoints del proyecto se dividen en 4 categorías, que son las referente a la manipulación de archivos, CRUD de instituciones, CRUD de desarrolladores y CRUD de administradores, se describen a continuación.

#### 3.5.1. Endpoint: File

Posee todas las funcionalidades que sirven para navegar a través de los datos, su indexación y manipulación. Los procesos de eliminación, edición de metadata y subida de archivos solo los puede utilizar un administrador.

- **/files/poligono** : Método GET, acceso público, obtiene lista de los datos que están dentro del polígono descrito en el GeoJson entregado en el body.
- **/files** : Método GET, acceso público, provee una lista de parámetros que el cliente puede utilizar para filtrar la información.
- **/files/download/** Método GET, acceso público, obtiene zip de archivos mediante una lista de datos a descargar.
- **/files** : Método POST, acceso privado, indexa archivos y metadatos mediante lista de archivos a subir.
- **/files/:id** : Método PUT, acceso privado, edita la metadata de de cierto archivo a través de su id.

---

<sup>0</sup>CRUD es un acrónimo que representa las operaciones básicas en la manipulación de datos: Create, Read, Update y Delete.

- **/files/{id}** : Método DELETE, acceso privado, elimina toda la información referente a cierto archivo.

Files		^	
GET	/files	Get Archivos	∨
POST	/files	Subir Archivo	∨ 🔒
GET	/files/{id}	Get Archivo	∨
DELETE	/files/{id}	Eliminar Archivo	∨ 🔒
PATCH	/files/{id}	Actualizar Archivo	∨ 🔒
POST	/files/download	File Response	∨
POST	/files/polygon	Buscar Archivos	∨

Figura 23: Servicio archivos

Fuente: Elaboración propia, API Chile3D

### 3.5.2. Endpoint : Institution

Posee todas las funcionalidades que sirven para el CRUD de la entidad Institución, dichas operaciones solo podrán ser utilizadas por un Super Administrador.

- **/insitution**: Método POST, crea una nueva institución.
- **/institucion/:id**:Método PUT, edita los datos de una institución.
- **/institucion/:id**: Método DELETE, elimina los datos de una institución.
- **/institucion/:id** : Método GET, retorna la información de una institución.
- **/institucion** : Método GET, retorna una lista de todas las instituciones.

Institutions		^
GET	/institutions Get Institucion	↓ 🔒
POST	/institutions Crear Institucion	↓ 🔒
GET	/institutions/{id} Get Institucion	↓ 🔒
PUT	/institutions/{id} Update Institucion	↓ 🔒
DELETE	/institutions/{id} Delete Institucion	↓ 🔒

Figura 24: Servicio institución

Fuente: Elaboración propia, API Chile3D

### 3.5.3. Endpoint : Admin

Debido a que la información geográfica en Chile está distribuida, se requiere de la creación de distintos administradores que tendrán la facultad de crear, eliminar o editar un dato. Dichas rutas solo podrán ser accedidas a través de un Super Administrador.

- **/admin**: Método POST, crea un nuevo administrador.
- **/admin/:id**: Método PUT, edita los datos de un administrador.
- **/admin/id**: Método DELETE, elimina un administrador.
- **/admin/:id** : Método GET, retorna información de un administrador.

Admins		^
GET	/admin Get Admin	↓ 🔒
POST	/admin Crear Admin	↓ 🔒
GET	/admin/{id} Get Admin	↓ 🔒
PUT	/admin/{id} Update Admin	↓ 🔒

Figura 25: Servicio administradores

Fuente: Elaboración propia, API Chile3D

## CAPÍTULO 4

### VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para validar la solución, se mostrarán diferentes casos de usos a través de la interfaz diseñada por Juan Pablo Lanás [Lanas, 2023] que integra los servicios proporcionados por la API y a través de la herramienta POSTMAN con el fin de evidenciar la respuesta de los servicios. El enfoque de las pruebas es el de analizar el correcto funcionamiento de los servicios implementados, encontrar errores y posibles mejoras. Las pruebas a realizar son:

- **Autenticación de administrador:** El ingreso al sistema es necesario para el acceso a servicios esenciales del proyecto, es decir, todo el servicio de instituciones, subir/eliminar/editar archivos y todo el servicio referente a los administradores.
- **Subir archivos:** Debe permitir subir los archivos con formato Tiff y Las/Laz, de lo contrario informar. Los archivos subidos deben ser correctamente indexados en la base de datos y guardados en el almacenamiento, lo que se verá reflejado en los distintos mecanismos de búsqueda.
- **Búsqueda de archivos:** Los archivos subidos por los administradores pueden ser encontrados a través de búsqueda por polígonos, búsqueda por nombres, búsqueda por fechas y búsqueda por institución.
- **Descarga de archivos:** Los archivos pueden ser descargados a través de la URL definida en sus propiedades en formato zip.
- **Servicio de instituciones:** Un administrador puede crear, eliminar o editar las distintas instituciones
- **Servicio de administradores:** un súper administrador puede gestionar el acceso de nuevos administradores a la plataforma a través de mecanismos de navegación, creación, edición y eliminación de administradores.

Cabe destacar que en el trabajo realizar por Juan Pablo Lanás, se realizan una serie de pruebas en distintos usuarios las cuales involucran los diferentes servicios creados en este trabajo.

#### 4.1. Autenticación de administrador

Para comenzar a subir datos, un administrador debe ingresar al sistema, su sesión será mantenida a través de la API de autenticación que posee fast-api, específicamente el flujo de OAuth2, en la que la sesión se maneja con un token que expira luego de un tiempo  $N$ . Una vez dentro, el administrador puede comenzar a subir archivos o crear instituciones.

En primer lugar, se ingresa al sistema con credenciales inválidas, a lo que el sistema responde que no puede validar credenciales, como se evidencia en la figura 26.

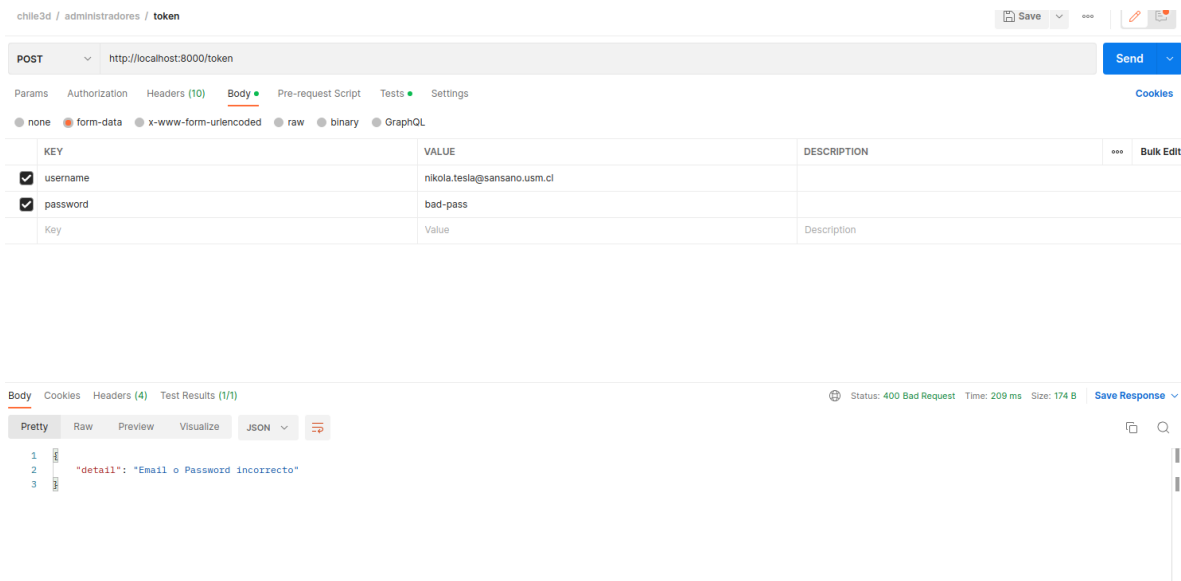


Figura 26: API Chile3D: credenciales incorrectas

Fuente: Elaboración propia

Luego, se ingresa la clave correcta para dicho administrador, con lo que el sistema responde con el token de acceso y el tipo de token como se ve en la figura 27, que será utilizado por el servicio web de Chile3D como se evidencia en las figuras 28 y el posterior redireccionamiento



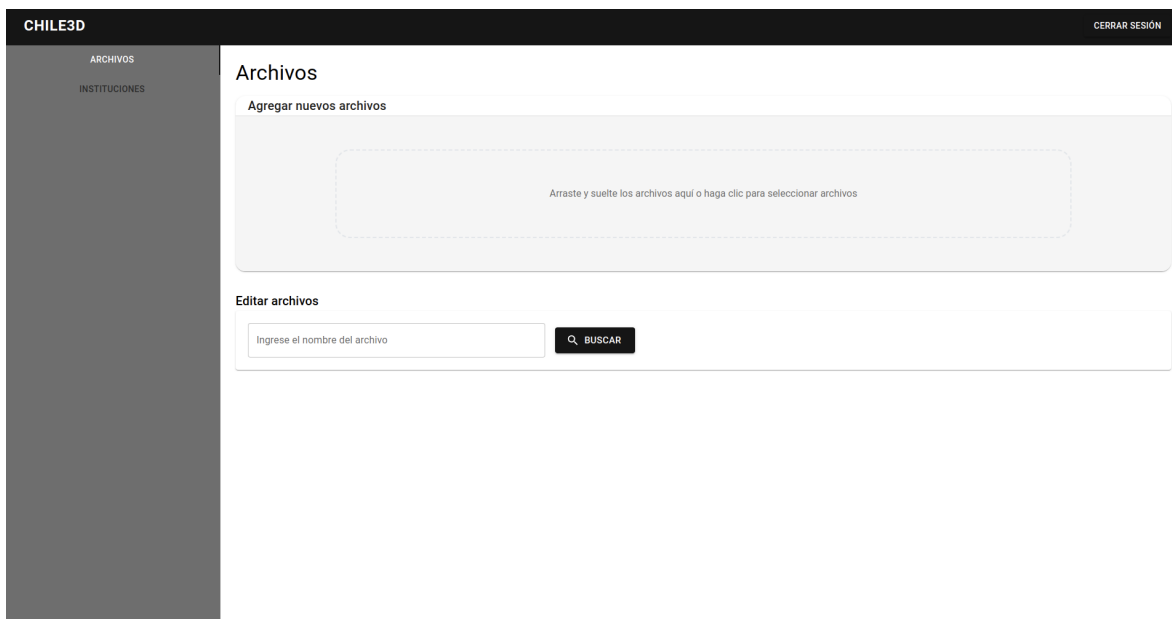


Figura 29: Interfaz Chile3D: login

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Subir archivos

El usuario puede subir archivos tanto en formato TIFF como LAZ-LAS, sólo un administrador puede hacer uso de esta funcionalidad. Los Archivos pueden ser subidos simultáneamente, una vez almacenados son procesados e indexados en la base de datos.

En primer lugar, el servicio verifica que el usuario desde el cual se se solicita subir archivos esté autorizado en la plataforma, si es que no lo está, como lo muestra la figura 30, el sistema responde con un error señalando que no se pueden validar las credenciales.

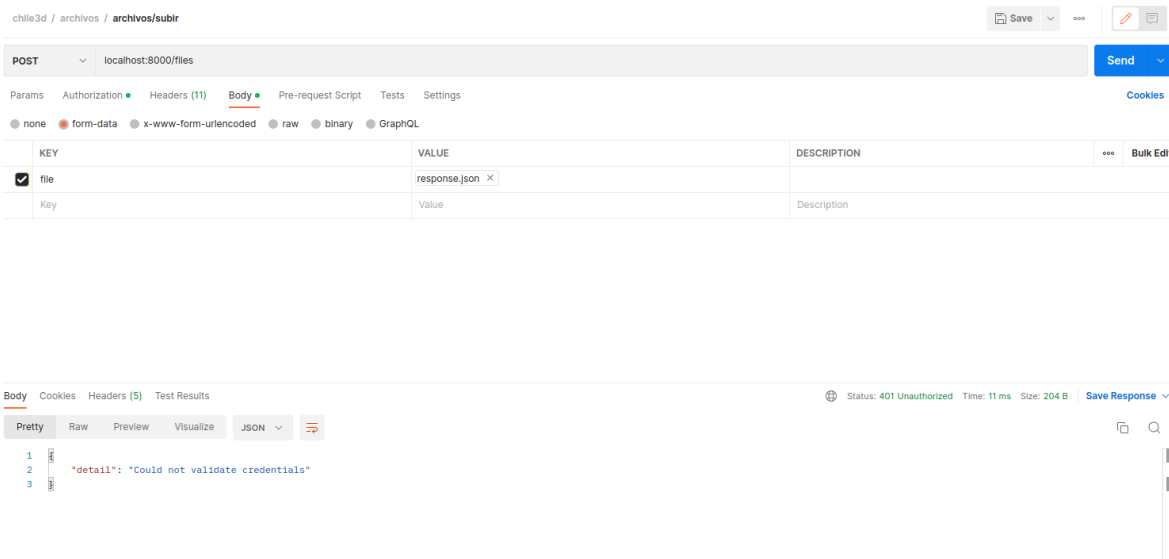


Figura 30: API Chile3D: Subiendo archivo sin las credenciales

Fuente: Elaboración propia

Luego, una vez el administrador ingrese al sistema, el servicio verifica que se ingresa un archivo con los formatos aceptados y de no ser así, responde con un mensaje que indica el motivo del error como se puede apreciar en la figura 31

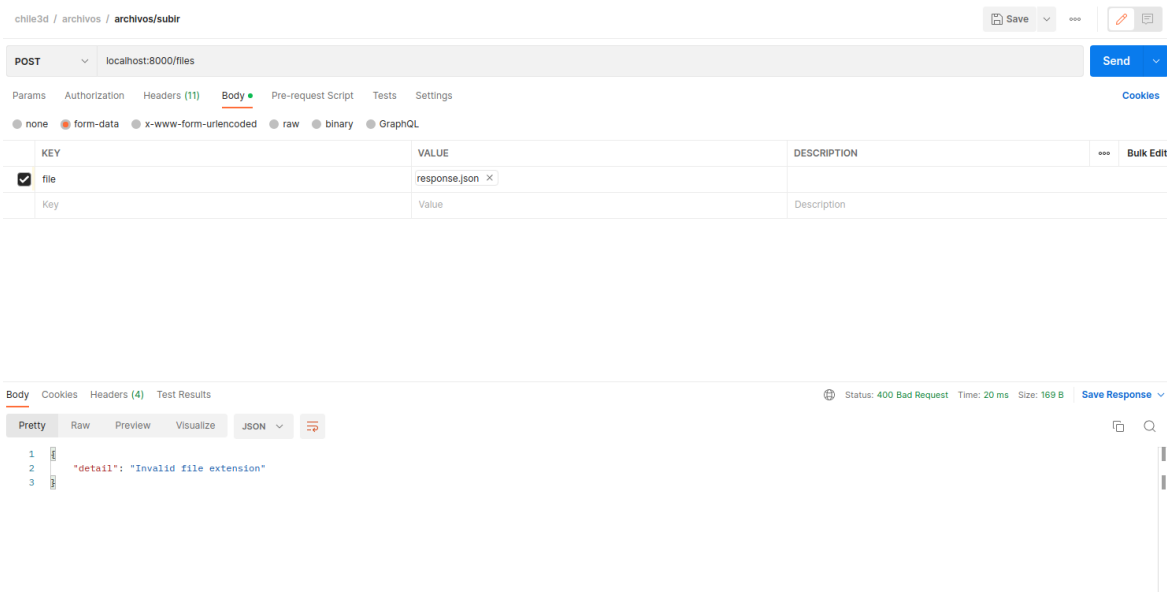


Figura 31: API Chile3D: Subiendo archivo con extensión inválida

Fuente: Elaboración propia

Para los archivos TIFF, el proceso de lectura se realiza a través de la biblioteca Rasterio y para los LAS se utiliza las herramientas de PDAL. Ambos procesos extraen la metadata incrustada en formato WKT. El sistema transforma la boundin box de cada archivo al sistema de coordenadas WSG-84.

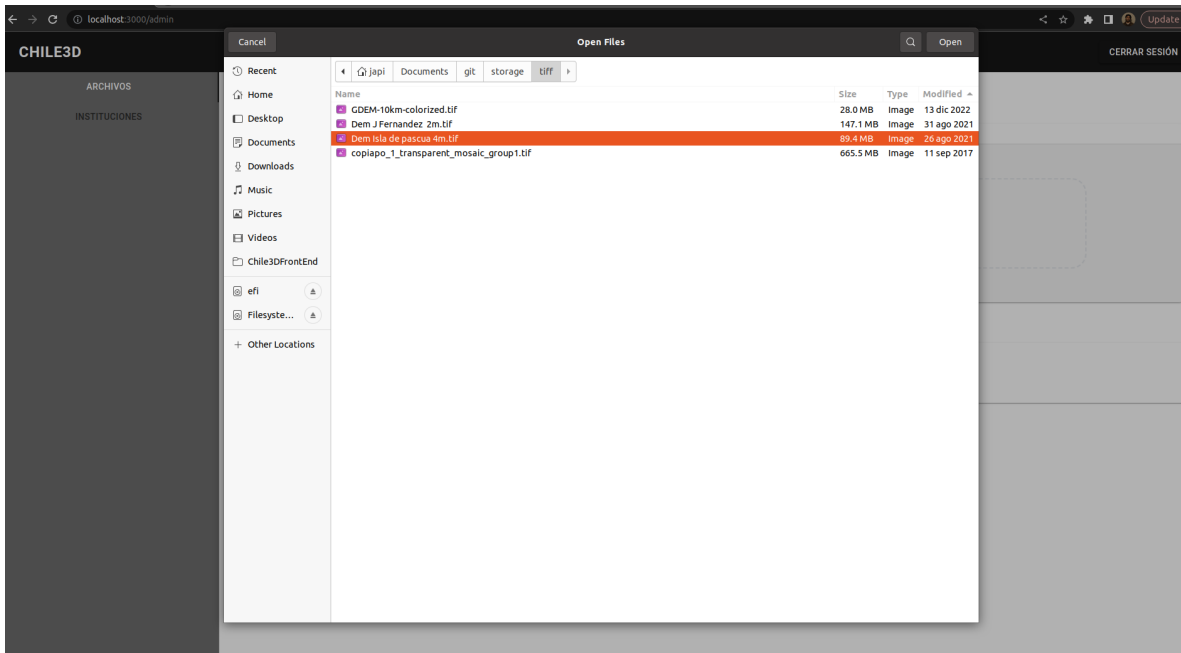


Figura 32: Interfaz Chile3D: Subiendo Tiff

Fuente: Elaboración propia

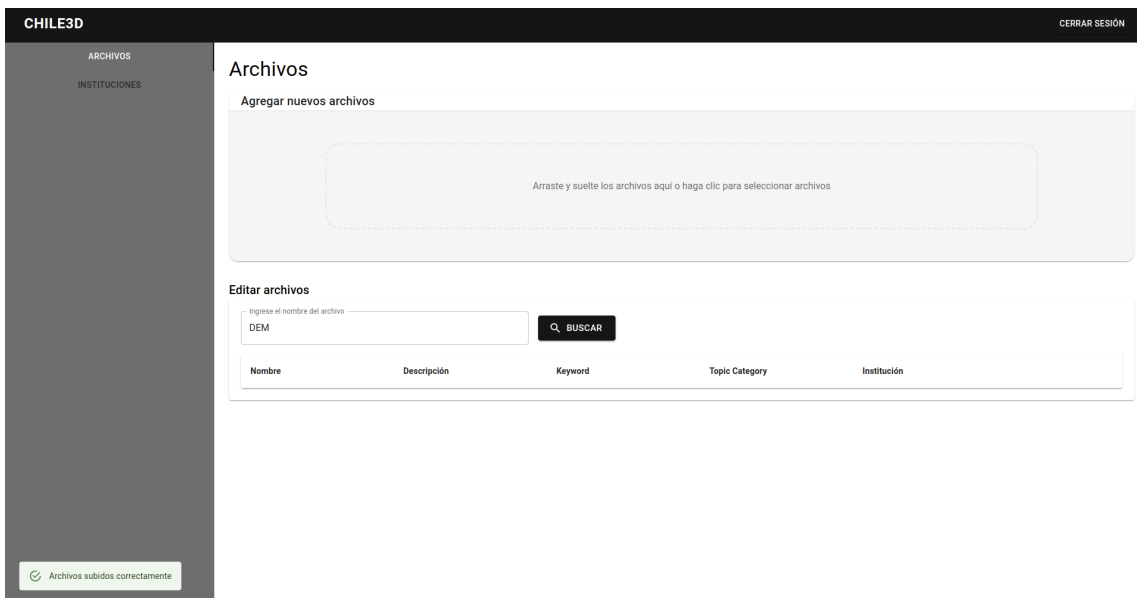


Figura 33: Interfaz Chile3D: Tiff cargado exitosamente

Fuente: Elaboración propia

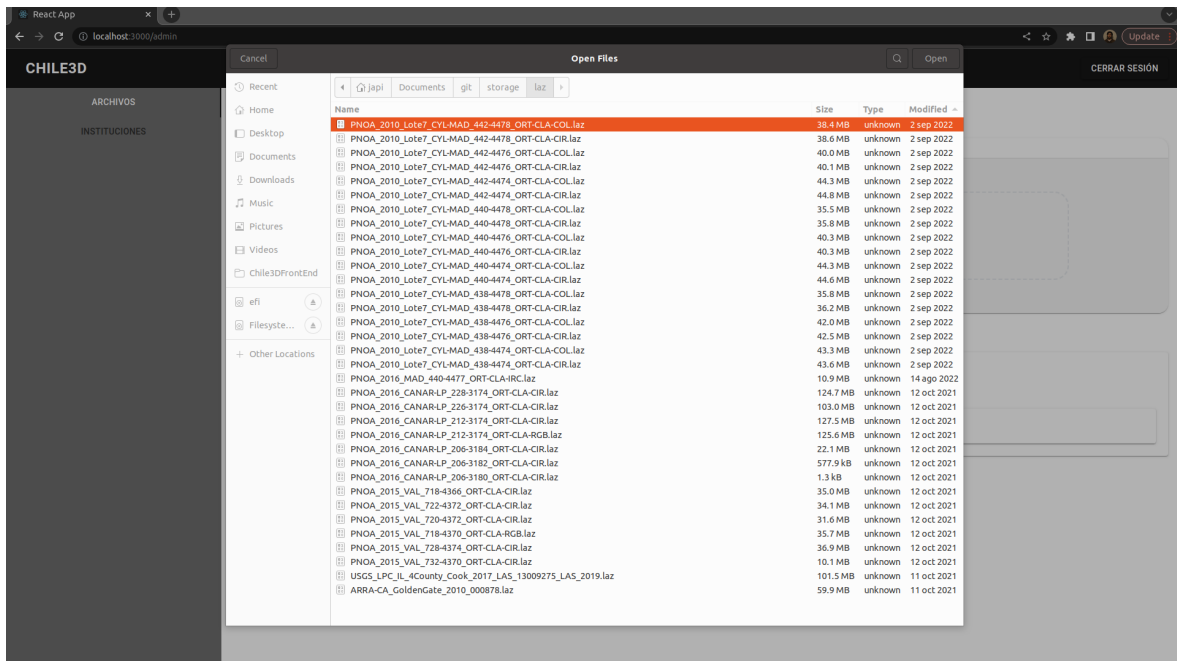


Figura 34: Interfaz Chile3D: Laz cargado exitosamente

Fuente: Elaboración propia

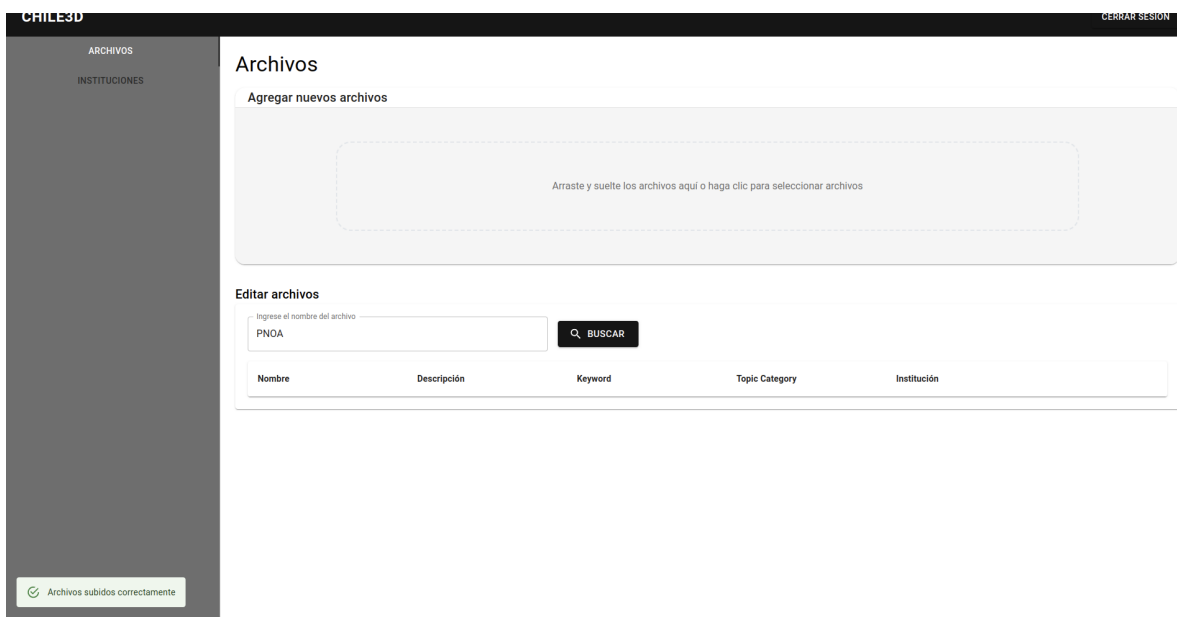


Figura 35: Interfaz Chile3D: Laz cargado exitosamente

Fuente: Elaboración propia

En general, el tamaño de archivos es variado, en la plataforma IDE Chile, existen modelos digitales de elevación que pesan desde  $80MB$  hasta  $2GB$ , los tiempos de respuestas pueden sobrepasar los 30 segundos dependiendo de dicho tamaño. Para el caso de los archivos Laz, se realizaron pruebas con los vuelos de PNOA España, estos archivos tienen un peso consistente, todos alrededor de  $80 - 100MB$  debido a las especificaciones que tienen en sus vuelos, esto ayuda a la carga de archivos ya que es por secciones pequeñas y reduce el error de indexación.

### 4.3. Búsqueda de archivos

#### 4.3.1. Búsqueda por polígono

El principal motor de búsqueda de la plataforma es través de polígonos que puede dibujar el usuario en un WMS, en lo construido por [Lanas, 2023] se utiliza OpenLayers como WMS y la interfaz genera una request con formato GeoJson, que el sistema recibe e interpreta en la búsqueda, se extraen las características y a través de la función `GeoIntersect` de MongoDB se verifica si existe uno de los puntos del polígono dentro de alguno de los archivos. Dichas coordenadas vienen proyectadas con el sistema WSG-84. Es importante señalar que MongoDB integra GeoJson a sus consultas de tipo geoespacial y es necesario almacenar las coordenadas de los archivos indexados según la característica que se quiera consultar.

En el siguiente ejemplo se realizara la búsqueda de los archivos subidos en las figuras 34 y 32. El bounding box del archivo español es el descrito en la lista 1, el cual en la figura 36 se ve representado por el recuadro en negro y la búsqueda de polígono se hace en el cuadrado rojo, en específico es la esquina de calle Juan Bravo con Calle de Velázquez en el centro de Madrid. Como se puede apreciar en la figura 37, el sistema encuentra al menos un punto dentro del bounding box indexado y retorna la información.

Listing 1: Bounding box Laz file

```
{  
  "minx": -3.683809865938098,  
  "miny": 40.432619268951896,  
  "maxx": -3.660408141857159,  
  "maxy": 40.450773264789504  
}
```

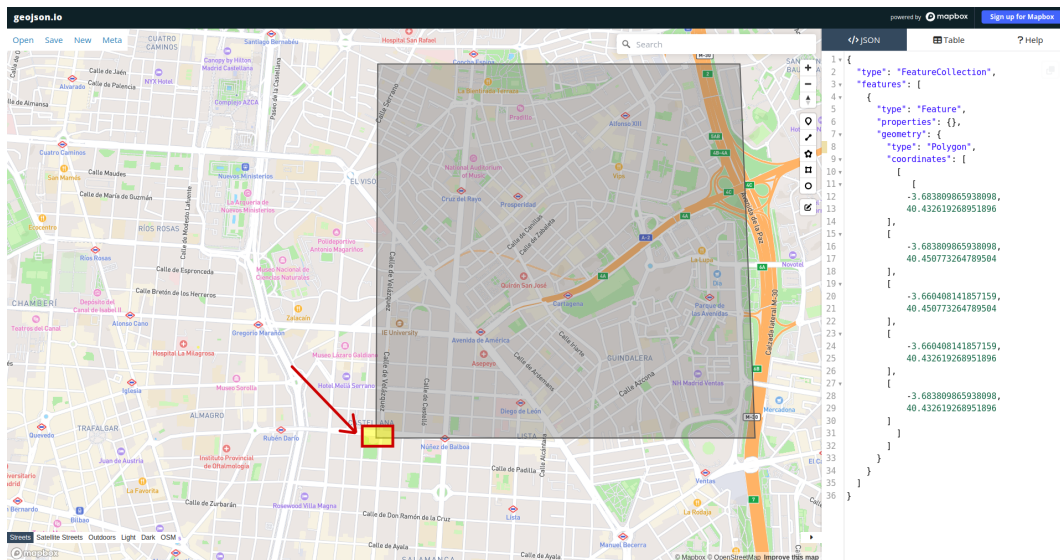


Figura 36: Interfaz Chile3D: bounding box y polígono a buscar archivo laz

Fuente: Elaboración propia

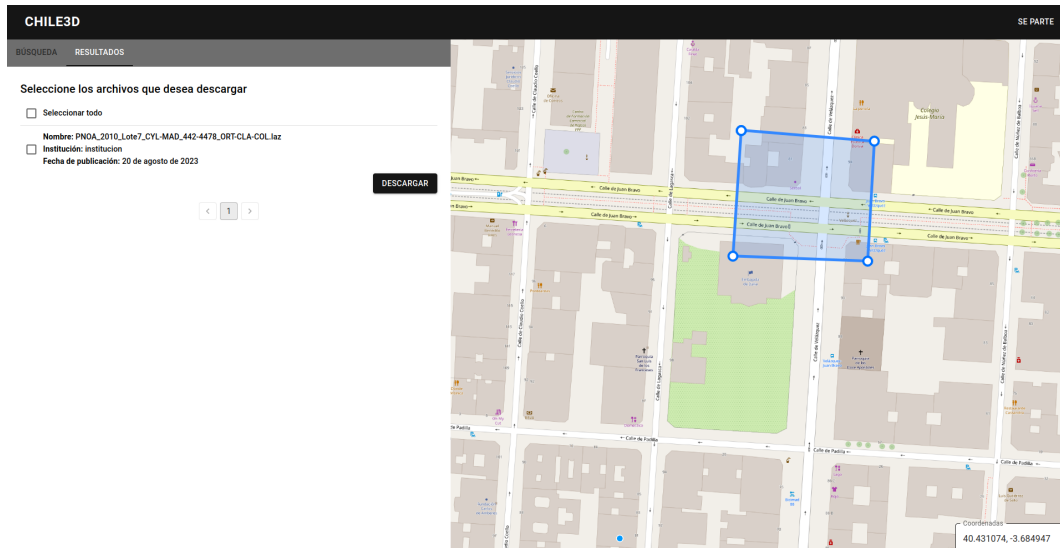


Figura 37: Interfaz Chile3D: resultados búsqueda laz

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se indexa un modelo digital de elevación de Isla de Pascua, dicha bounding box esta representado por el recuadro en gris y la búsqueda por polígono es el recuadro en rojo de la figura 38 cuyo resultado se puede evidenciar en el la figura 39.

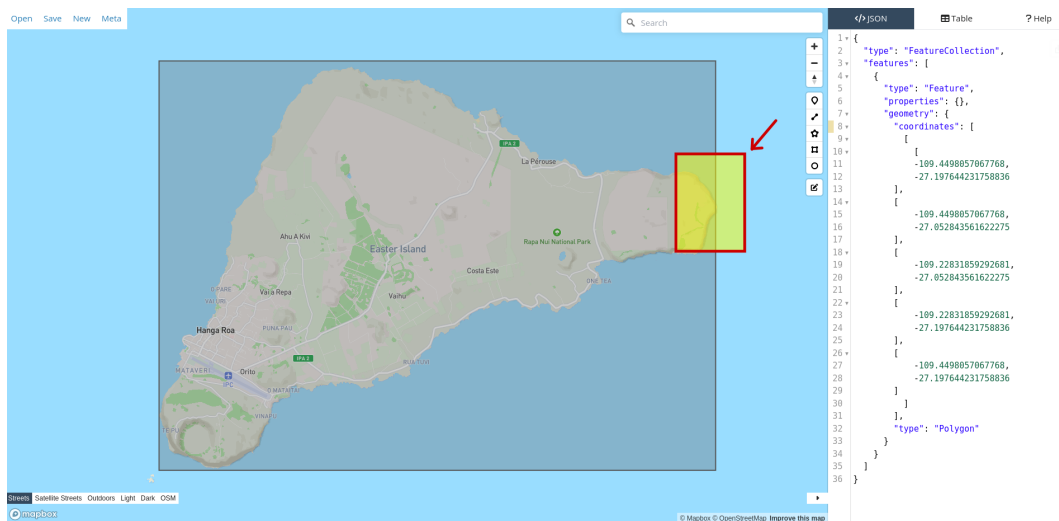


Figura 38: Interfaz Chile3D: bounding box y polígono a buscar archivo tif

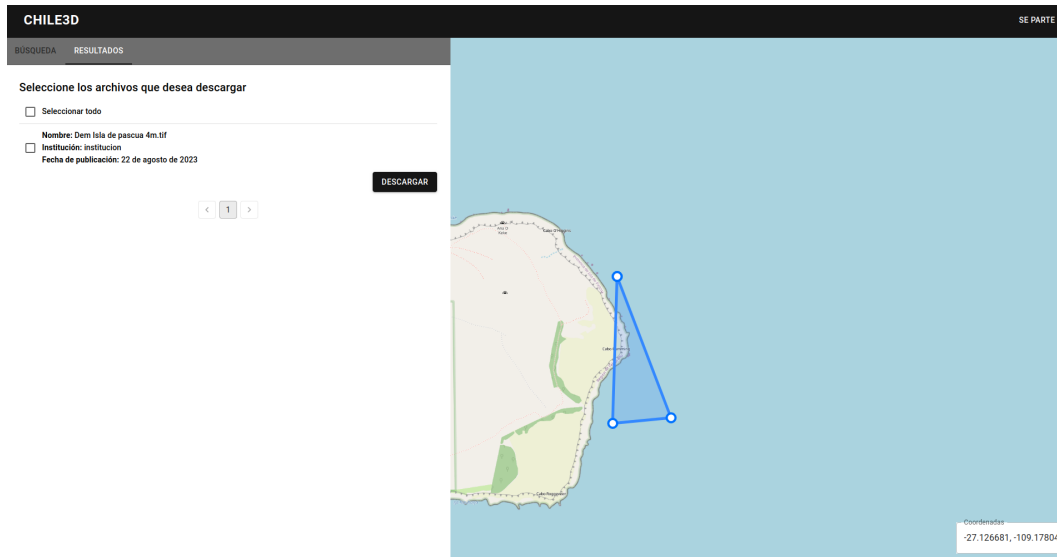


Figura 39: Interfaz Chile3D: resultados búsqueda tif

#### 4.3.2. Búsqueda por nombre

Se ingresa el nombre del archivo a buscar en la figura 40 y se obtienen todos los resultados que contengan dicho nombre, los cuales se ven en la figura 41. La búsqueda por texto se realiza a través de regex case insensitive, es por esto que fallas ortográficas como tildes, letras mal ingresadas o caracteres especiales pertenecientes al string, entorpecen la búsqueda. Se probó con la creación de un índice de texto de MongoDB, pero el resultado es aún mas errático. Una posible solución sería procesar el nombre del archivo y guardarlo en un campo aparte el cual serviría para hacer la búsqueda.

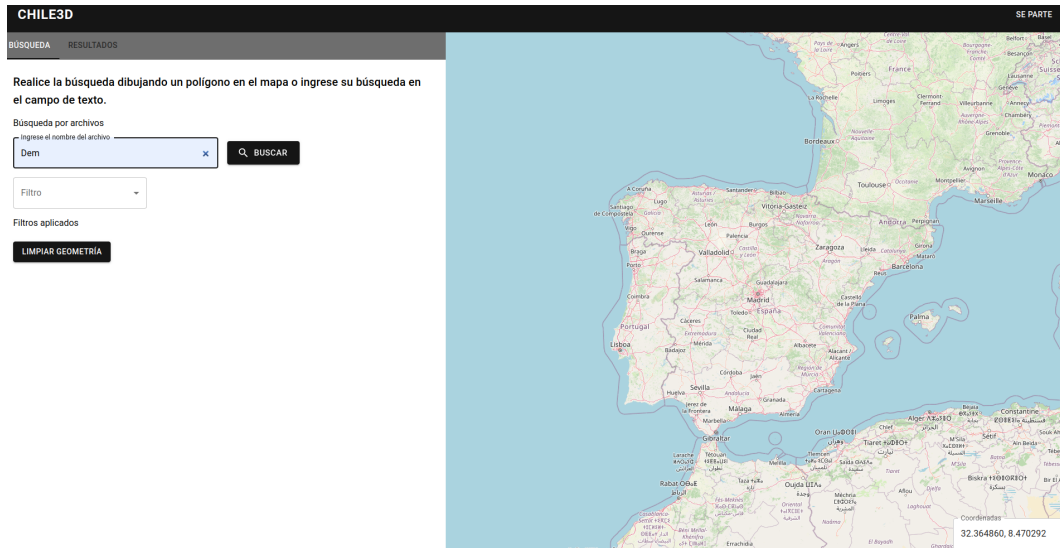


Figura 40: Interfaz Chile3D: búsqueda nombre

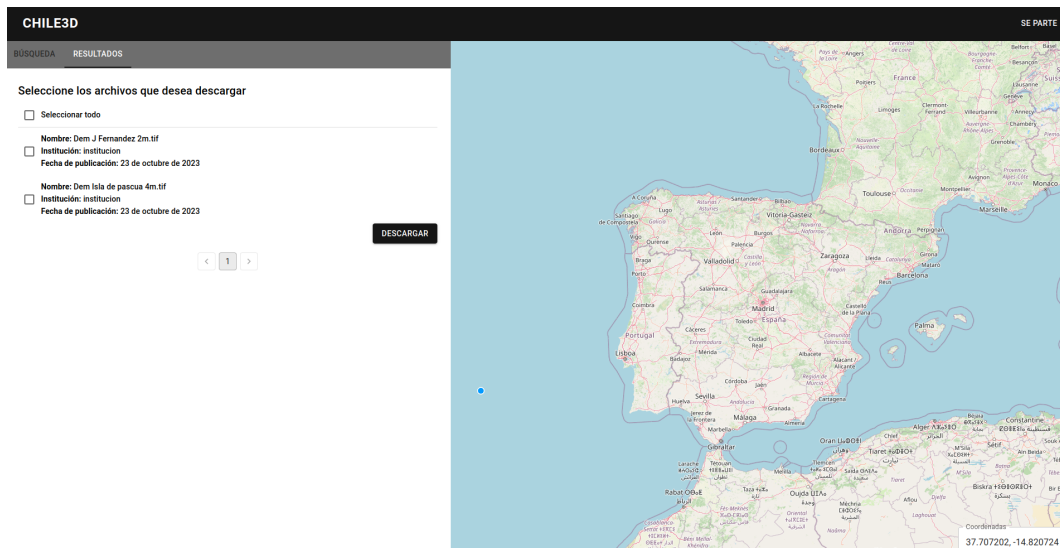


Figura 41: Interfaz Chile3D: resultados búsqueda nombre

### 4.3.3. Búsqueda por fecha

Como lo muestra la figura 42, través de los parámetros de fecha\_inicio y fecha\_fin, se puede realizar búsqueda sobre la fecha de creación de cierto archivo, lo que entrega una lista con la información encontrada.

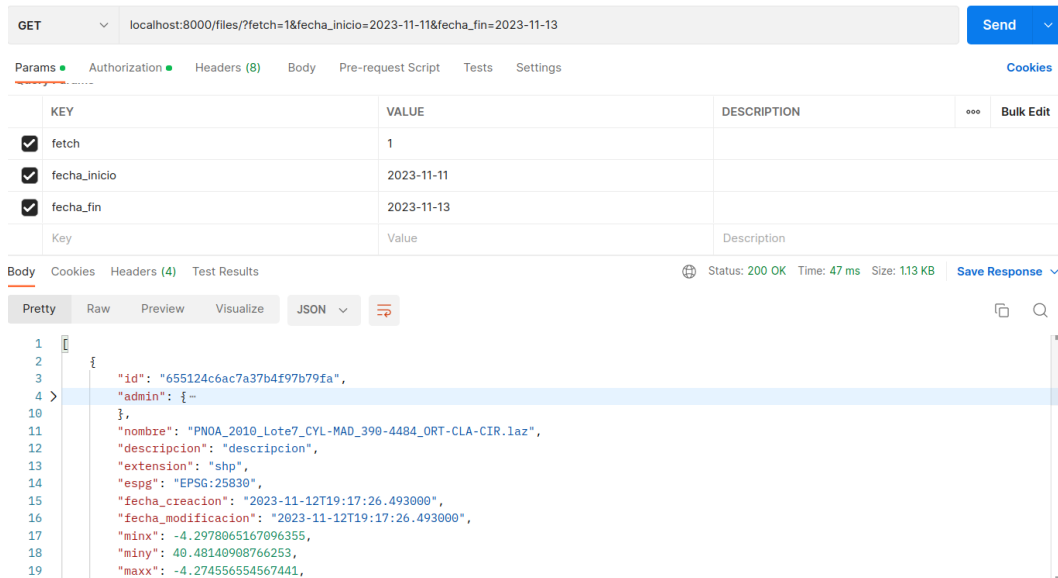


Figura 42: Interfaz Chile3D: resultados búsqueda fecha

#### 4.4. Instituciones

Instituciones posee mecanismos para crear, eliminar, actualizar y buscar por sus documentos. Un administrador debe estar autenticado en el sistema para poder utilizar y navegar los datos de instituciones. La creación de las instituciones se evidencia en la figura 43

CHILE3D CERRAR SESIÓN

ARCHIVOS INSTITUCIONES

Instituciones

+ NUEVA INSTITUCIÓN

Crear Institución

Ingrese los siguientes campos para crear una institución

Nombre \*  
Sernageomin

Descripción \*  
Servicio Nacional de Geología y Minería, es responsable de generar i

Sitio Web \*  
https://www.sernageomin.cl/

Email \*  
comunicaciones@sernageomin.cl

Teléfono \*  
+56 2 2482 5500

Dirección \*  
Santa María #0104, Providencia, Santiago.

Área de trabajo \*  
Geografía

Tipo de institución \*  
Publica

CANCELAR CREAR

Figura 43: API Chile3D: crear instituciones

Los datos se pueden navegar a través de diferentes parámetros disponibles en la request, dentro de los cuales están nombre, descripción, sitio web, email, teléfono, dirección, área de trabajo, tipo de institución, fecha. En lo desarrollado por el servicio web se decide utilizar la búsqueda por nombre como se refleja en la figura 44

CHILE3D CERRAR SESIÓN

ARCHIVOS INSTITUCIONES

Instituciones

+ NUEVA INSTITUCIÓN

Ingrese el nombre de la institución

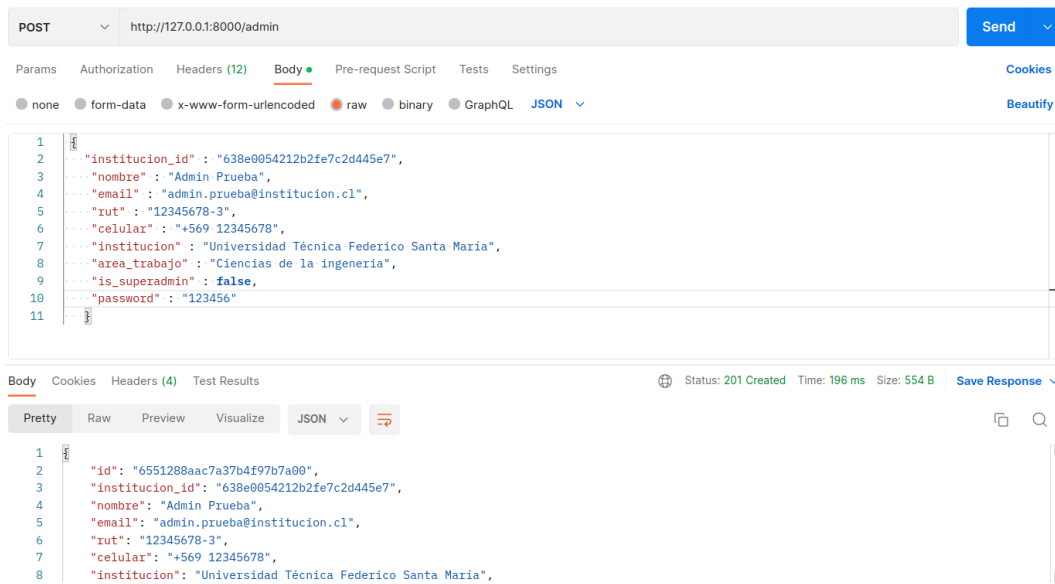
Serna BUSCAR

Nombre	Descripción	Sitio Web	Email	Teléfono	Dirección	Área de trabajo	Tipo de institución
Sernageomin	Servicio Nacional de Geología y Minería, es responsable de generar mantener y divulgar información de geología y minería.	https://www.sernageomin.cl/	comunicaciones@sernageomin.cl	+56 2 2482 5500	Santa María #0104, Providencia, Santiago.	Geografía	Publica

Figura 44: API Chile3D: buscar instituciones

## 4.5. Administradores

El recurso de administradores entrega la facultad de ingresar nuevos usuarios certificados a la plataforma, como se evidencia en la figura 45, los cuales podrán hacer uso de los recursos privilegiados del sistema. También existe la posibilidad de eliminarlos, editarlos y obtenerlos en base a sus distintos atributos, cómo ejemplo de búsqueda, en la figura 46, se utiliza el email del administrador recién creado para realizar la búsqueda y su id para la posterior eliminación representada en la figura 47. Luego en la figura 48 se puede ver un proceso de actualización de un administrador.



The screenshot displays a REST client interface for a POST request to the endpoint `http://127.0.0.1:8000/admin`. The request body is a JSON object with the following fields:

```
1 {
2   "institucion_id": "638e0054212b2fe7c2d445e7",
3   "nombre": "Admin Prueba",
4   "email": "admin.prueba@institucion.cl",
5   "rut": "12345678-3",
6   "celular": "+569 12345678",
7   "institucion": "Universidad Técnica Federico Santa María",
8   "area_trabajo": "Ciencias de la Ingeniería",
9   "is_superuser": false,
10  "password": "123456"
11 }
```

The response body shows the created administrator's details:

```
1 {
2   "id": "6551288aac7a37b4f97b7a00",
3   "institucion_id": "638e0054212b2fe7c2d445e7",
4   "nombre": "Admin Prueba",
5   "email": "admin.prueba@institucion.cl",
6   "rut": "12345678-3",
7   "celular": "+569 12345678",
8   "institucion": "Universidad Técnica Federico Santa María",
9 }
```

The status bar indicates a 201 Created response with a time of 196 ms and a size of 554 B.

Figura 45: API Chile3D: crear administradores

GET http://localhost:8000/admin?email=admin.prueba@institucion.cl

Params Authorization Headers (8) Body Pre-request Script Tests Settings Cookies

Query Params

KEY	VALUE	DESCRIPTION	...	Bulk Edit
<input checked="" type="checkbox"/> email	admin.prueba@institucion.cl			
Key	Value	Description		

Body Cookies Headers (4) Test Results Status: 200 OK Time: 10 ms Size: 435 B Save Response

Pretty Raw Preview Visualize JSON

```
1 {
2   "id": "6551288aac7a37b4f97b7a00",
3   "institucion_id": "638e0e54212b2fe7c2d445e7",
4   "nombre": "Admin Prueba",
5   "email": "admin.prueba@institucion.cl",
6   "rut": "12345678-3",
7   "celular": "+569 12345678",
8   "institucion": "Universidad Técnica Federico Santa Maria",
9   "area_trabajo": "Ciencias de la ingeniería",
10  "is_superuser": false
11 }
12
13
```

Figura 46: API Chile3D: buscar administradores

DELETE http://localhost:8000/admin/6551288aac7a37b4f97b7a00

Params Authorization Headers (8) Body Pre-request Script Tests Settings Cookies

Query Params

KEY	VALUE	DESCRIPTION	...	Bulk Edit
Key	Value	Description		

Body Cookies Headers (3) Test Results Status: 204 No Content Time: 9 ms Size: 113 B Save Response

Pretty Raw Preview Visualize JSON

```
1
```

Figura 47: API Chile3D: eliminar administradores

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE API PARA LA GESTIÓN DE DATOS ASOCIADOS A INFORMACIÓN ALTIMETRICA DE ALTA RESOLUCIÓN

The screenshot displays a REST client interface for a PUT request. The URL is `http://localhost:8000/admin/65512eb9370ff93d62d12e84`. The request body is a JSON object with the following fields: `institucion_id`, `nombre`, `email`, `rut`, `celular`, and `area_trabajo`. The response status is 200 OK, and the response body is a JSON object containing the same fields as the request, plus an `id` field.

```
PUT http://localhost:8000/admin/65512eb9370ff93d62d12e84

{
  "institucion_id": "644eadf21ae559eaf38c34ab",
  "nombre": "nombre editado",
  "email": "emial@editado.com",
  "rut": "rut editadp",
  "celular": "12345678",
  "area_trabajo": "Nueva area de trabajo"
}
```

Status: 200 OK Time: 17 ms Size: 396 B

```
{
  "id": "65512eb9370ff93d62d12e84",
  "institucion_id": "644eadf21ae559eaf38c34ab",
  "nombre": "nombre editado",
  "email": "emial@editado.com",
  "rut": "rut editadp",
  "celular": "12345678",
  "institucion": "Universidad Técnica Federico Santa Maria",
  "area_trabajo": "Nueva area de trabajo"
}
```

Figura 48: API Chile3D: editar administradores

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES

En esta memoria, se ha desarrollado una API para la gestión de datos asociados a información altimétrica de alta resolución, que permite un flujo de datos continuo en pos del crecimiento constante de un repositorio nacional, permitiéndoles a los geógrafos concentrar toda la información que se genera en distintos puntos del país y facilitando la navegación sobre estos mismo. Para la creación de la API se han utilizados estándares y especificaciones que ayudan a que diferentes proyectos incorporen los servicios de Chile3D de manera rápida y sencilla, como lo es el estándar RESTful y HTTP. Esto es clave para que el proyecto perdure y pueda ser mantenible en el tiempo, debido a que es la misma comunidad científica la que otorgará gran valor en cuanto a la cantidad y calidad de datos que suban a la plataforma, además de otros servicios que quieran utilizar las herramientas de búsqueda y descarga, que serviría, por ejemplo, a un WMS que entregue un visor online de modelos digitales de elevación. La arquitectura utilizada por la API es en base a capas y orientada a servicios, separando las responsabilidades y capacidades del sistema se puede entregar un servicio mucho más estable, resistente a fallos y mantenible, que sea capaz de perdurar en el tiempo y se ajuste rápidamente a nuevas necesidades, como lo es la escalabilidad, se espera que el servicio en fases de producción opere utilizando servicios cloud y que apunte al crecimiento del sistema, lo que sin duda traerá nuevos requerimientos y problemas a solucionar.

Chile3D es un proyecto enfocado en el desarrollo open source, las tecnologías aquí utilizadas no poseen licencia de uso ni se necesita pagar para utilizarlas, tales como FastAPI, MongoDB, Pymongo y las decenas de librerías y paquetes que posee python para el manejo de datos.

**Objetivo General.** Sobre el objetivo general propuesto inicialmente, se logra diseñar e implementar una API que es capaz de manejar datos altimétricos, acotando los tipos de archivos a formato Tiff y Laz. Proporciona mecanismos de indexación, búsqueda y descarga

las cuales han sido probadas y evidenciadas tanto en este escrito como en las diversas pruebas de usabilidad que ha desarrollado Juan Pablo Lanás [Lanás, 2023], que dan cuenta, además, que el proyecto puede ser integrado por diferentes desarrollos.

**Objetivos específicos.** Los objetivos específicos son alcanzados, ya que, en primer lugar, se propone una arquitectura base específica para los requerimientos de Chile3D y su API, teniendo siempre en mente la escalabilidad de la solución. La implementación facilita el continuo crecimiento del repositorio nacional a través de los mecanismos de indexación y, en conjunto con esto, la API queda documentada, con lo que la hace accesible a cualquiera que requiera utilizar sus servicios, y que además, Juan Pablo Lanás [Lanás, 2023] integra en el desarrollo del servicio web.

**Dificultades presentadas.** En cuanto a dificultades presentadas, las más recurrentes e importantes son la compatibilidad del sistema en diferentes entornos y el mantenimiento de los paquetes utilizados en los diferentes servicios. Esto dificulta la incorporación con otros desarrollos ya que ciertos paquetes, como PDAL y GDAL, solo son compatibles con ciertos sistemas operativos. La solución al problema fue con el desarrollo de contenedores Docker, tanto para la base de datos como para la API, lo que nos permite ejecutar el servicio en diferentes ambientes, teniendo como único requerimiento el de ser compatibles con Docker.

Conocemos, por la experiencia internacional, que un país se ve beneficiado con la creación de repositorios del tipo geográficos, como la altimetría, y que es ahí desde donde surgen nuevas y variadas formas de usos, como potencial solar de ciudades, hallazgos arqueológicos y protección contra catástrofes. Chile, por su naturaleza geográfica, necesita un sistema de datos altimétricos de alta calidad que le permita a la industria sacar provecho de sus variados biomas y que también puedan generar conocimiento sobre la estructura de nuestro país.

**Trabajo A futuro.** En lo referente al trabajo futuro, se recomienda considerar procesos de

carga masivos de información, adicional al proceso de carga existente, ya que integrar la información acumulada por las instituciones a lo largo de los años requerirá de cargas pesadas, continuas y propensas a fallos.

La incorporación de nuevos formatos puede ayudar al alcance de la plataforma, formatos tales como ECW, SHP o JP2, que si bien no siempre representan información altimétrica, si son ampliamente utilizados por los geógrafos ya que describen productos como orto-fotografías, mapas de ubicación de objetos, mapas raster, etc.

El repositorio "chile3d" (<https://github.com/foterolu/chile3d>) alberga el código fuente de la plataforma y sobre el cual se realizaron todas las pruebas presentadas en este escrito. Este repositorio sirve como base para futuros desarrollos que se requieran integrar a la plataforma y entrega a futuros entusiastas la posibilidad de profundizar, crear nuevas características y mejorar las funcionalidades ya existentes, lo que permitirá el continuo desarrollo de la gestión de los datos geoespaciales en Chile.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Albrecht *et al.*, 2019] Albrecht, C. M., Fisher, C., Freitag, M., Hamann, H. F., Pankanti, S., Pezzutti, F., y Rossi, F. (2019). Learning and recognizing archeological features from lidar data. En *2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, pp. 5630–5636. IEEE.
- [Álvarez *et al.*, 2018] Álvarez, M., Raposo, J., Miranda, M., y Bello, A. (2018). Metodología de generación de modelos virtuales urbanos 3d para ciudades inteligentes. *Informes de la Construcción*, 70(549):e237–e237.
- [Aubel, 2023] Aubel, M. (2023). Diseño e implementación de un sistema para el manejo de datos altimétricos para el proyecto Chile 3d. Manuscrito en preparación para su publicación.
- [Ayala Fernández e Infante Chavesta, 2021] Ayala Fernández, W. J. e Infante Chavesta, J. P. L. (2021). Simulación hidráulica y estructural de la defensa ribereña en el río Olmos, tramo entre Bocatoma La Juliana y Miraflores, Olmos-Lambayeque-2021.
- [Calmant *et al.*, 2016] Calmant, S., Crétaux, J.-F., y Rémy, F. (2016). 4 - principles of radar satellite altimetry for application on inland waters. En Baghdadi, N. y Zribi, M., editores, *Microwave Remote Sensing of Land Surface*, pp. 175–218. Elsevier.
- [Dewberry, 2012] Dewberry (2012). Appendix h – information technology infrastructure.
- [ESRI., 1997] ESRI., E. S. R. I. (1997). *ESRI Shapefile: A Technical Description*. The Institute.
- [Kelly y McCreary, 2013] Kelly, A. y McCreary, D. (2013). *Making Sense of NoSQL: A guide for managers and the rest of us*. Manning.
- [Lanas, 2023] Lanas, J. P. (2023). Diseño e implementación de interfaz de usuario para el proyecto Chile3d. Manuscrito en preparación para su publicación.
- [Lozano y Alonso, 2017] Lozano, J. F. y Alonso, G. G. (2017). Uso de lidar y aeronaves no tripuladas para la cartografía y registro de zonas de interés geomínero: un ejemplo de la

minería aurífera romana en el valle del eria (león, españa). En *Investigaciones arqueológicas en el valle del Duero: del Paleolítico a la Edad Media: actas de las V Jornadas de Jóvenes Investigadores del valle del Duero. Del Paleolítico a la Edad Media, desarrolladas en Valladolid entre los días 12 y 14 de noviembre de 2015*, pp. 520–536. Glyphos.

[Martínez Tobón *et al.*, 2013] Martínez Tobón, C. D., Aunta Duarte, J. E., y Valero Fandiño, J. A. (2013). Aplicación de datos lidar en la estimación del volumen forestal en el parque metropolitano bosque san carlos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(1):7–21.

[Pavo López M. F, 2010] Pavo López M. F, Vivas White P, C. A. E. (2010). El centro de descargas del cnig.

[Yim *et al.*, 2014] Yim, S. C., Olsen, M. J., Cheung, K. F., y Azadbakht, M. (2014). Tsunami modeling, fluid load simulation, and validation using geospatial field data. *Journal of Structural Engineering*, 140(8):A4014012.