

QGIS

Guía de ejercicios de QGIS Nivel Intermedio

Versión 202412

SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Guía de ejercicios de QGIS

Nivel Intermedio

Autores:

Samuel Fernando Mesa
sfmesa@sgc.gov.co
Jaime Alberto Garzón
jgarzon@sgc.gov.co

Revisor:

Luis Eduardo Salas
lesalas@sgc.gov.co



Esta obra es distribuida bajo licencia internacional *Creative Commons* Atribución/Reconocimiento igual 4.0.

Versión 202412
Bogotá D.C., Colombia

Historial de versiones

Versión	Fecha	Cambios
202412	12 de diciembre de 2024	Versión inicial de la guía

Contenido

Introducción	1
Ejercicio 1. Bases de Datos Espaciales	2
1. Introducción	3
2. Datos, software y recursos necesarios	3
3. Crear una base de datos espacial con PostgreSQL/PostGIS	4
4. Gestión de la base de datos espacial con QGIS	9
5. Consultas SQL	16
6. Entregable del ejercicio	18
Ejercicio 2. Georreferenciación, digitalización, topología y formularios	19
1. Introducción	20
2. Datos, software y recursos necesarios	20
3. Georreferenciación	21
4. Digitalización de capas vectoriales	24
5. Configuración avanzada de formularios	29
6. Entregable del ejercicio	31
Ejercicio 3. Despliegues multitemporales	32
1. Introducción	33
2. Datos, software y recursos necesarios	33
3. Despliegue de datos vectoriales multitemporales	34
4. Generación de la animación de despliegue multitemporal	36
5. Entregable del ejercicio	41
Ejercicio 4. Despliegues, animaciones y visores 3D Web	42
1. Introducción	43
2. Datos, software y recursos necesarios	43
3. Despliegue de vistas en 3D	44
4. Representaciones 3D usando el complemento de Qgis2threejs	55
5. Despliegue de teselas 3D	64
6. Entregable del ejercicio	65
Ejercicio 5. Perfiles del terreno	66
1. Introducción	67
2. Datos, software y recursos necesarios	67
3. Perfiles del terreno	68
4. Perfiles del terreno con qProf	75
5. Entregable del ejercicio	79
Ejercicio 6. Generación de estadísticas y gráficos	80
1. Introducción	81
2. Datos, software y recursos necesarios	81
3. Agregaciones y estadísticas	82

4. Gráficos 87

5. Entregable del ejercicio 99

Créditos y Atribuciones 100

Introducción

El Servicio Geológico Colombiano (**SGC**) lidera la investigación científica básica y aplicada sobre el potencial de los recursos del subsuelo, monitorea amenazas de origen geológico, administra información geocientífica y garantiza la gestión segura de materiales nucleares y radiactivos en Colombia. Además, coordina proyectos de investigación nuclear y opera el Reactor Nuclear de la Nación, todo bajo el marco de las disposiciones constitucionales.

En consonancia con el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, el **SGC** se ha comprometido a promover el uso de software libre, código abierto y tecnologías digitales emergentes, como se establece en el artículo 144 de dicho plan. En este contexto, hemos impulsado la implementación de software libre mediante capacitaciones en Sistemas de Información Geográfica (**SIG**), utilizando **QGIS** en niveles básico, intermedio y avanzado.

Como parte de nuestra contribución a la comunidad internacional de **QGIS**, hemos desarrollado una serie de ejercicios aplicados al área de las geociencias. Estos ejercicios están diseñados para compartir conocimientos, fomentar la colaboración y resaltar el potencial del software libre en la investigación y gestión geológica. Este esfuerzo refleja nuestro compromiso con la comunidad de software libre y con el fortalecimiento del acceso a tecnologías que promuevan el desarrollo sostenible y la innovación.

Continuando con el aprendizaje del nivel básico, esta guía de ejercicios está diseñada para explorar nuevas capacidades del software en el desarrollo de proyectos **SIG**. A través de seis ejercicios, los usuarios trabajarán con la gestión de datos espaciales libres y de código abierto como **PostgreSQL/PostGIS**, realizar procesos de georreferenciación, digitalización y validación topológica, así como el uso y despliegue formularios personalizados. El material aborda el manejo de información multitemporal y su animación, junto con una introducción práctica a las visualizaciones 3D y su publicación web. Los ejercicios incluyen la creación de perfiles del terreno utilizando diferentes herramientas como **qProf**, y concluyen con métodos de análisis estadístico y representación gráfica, proporcionando las competencias necesarias para proyectos **SIG** de mediana complejidad.

Ejercicio 1

Bases de Datos Espaciales

1. Introducción

Todos los Sistemas de Información, incluyendo los Sistemas de Información Geográfica (**SIG**), requieren la configuración y el establecimiento de un repositorio de datos adecuado. Esto es crucial para garantizar la integridad y conformidad de los datos, además de ofrecer ventajas adicionales como alta concurrencia, trazabilidad, auditoría, centralización y versionamiento de los datos geográficos. En este contexto, nos referimos a la Base de Datos Espacial (**BDE**), también conocida como *Base de Datos Geográfica* o *Base de Datos Geoespacial*.

Este ejercicio tiene como objetivo proporcionar una introducción a las **BDE**, abordando su creación, gestión y carga de datos. Asimismo, se explorará la realización de consultas por atributos y consultas espaciales utilizando **SQL**, una herramienta útil que permite extraer información y realizar análisis espaciales de manera eficiente.

2. Datos, software y recursos necesarios

Para el desarrollo correcto del presente ejercicio práctico se requiere la revisión de la sesión de conceptos teóricos de la semana 1 del Nivel Intermedio de **QGIS**:

- Revisión de los contenidos teóricos de la primera semana (Grabación disponible en la **Plataforma de Aulas Virtuales** del **SGC**)([Enlace web](#)).
- **QGIS Desktop** versión 3.34.x o superior.
- Instancia de la **BDE** de **PostgreSQL/PostGIS**. Instrucciones de instalación:
 - Local en Windows: <https://link.aulageo.xyz/postgislocal>
 - Tembo.io: <https://link.aulageo.xyz/postgistembo>
- **Cliente DbGate para la BDE**:
Instalador en este [enlace Web](#) o [portable](#).
- **Datos del ejercicio**: Corresponde a los datos de una zona de estudio del Banco de Información Petrolera (**BIP**) del **SGC** y las capas del **IGAC**: Descargar [datos](#).

3. Crear una base de datos espacial con PostgreSQL/PostGIS

Entre los motores de bases de datos relacionales de código abierto más destacados corresponde a **PostgreSQL**. Incluye la extensión para el soporte de datos geográficos con **PostGIS**. Algunos casos de éxito de uso los puede encontrar en este [enlace web](#).

3.1. Instalar, configurar y crear una instancia de base de datos espacial

Paso 1. Para configurar una instancia en el servidor de la base de datos de **PostgreSQL**, se recomiendan principalmente dos opciones: La primera es utilizar un servicio externo gratuito y limitado, proporcionado por la empresa [tembo.io](#). Mientras que la segunda opción es de forma local en el Sistema Operativo de Windows. Las instrucciones se documentan a continuación:

- Instrucciones para la instalación y configuración de PostgreSQL/PostGIS en Windows: <https://link.aulageo.xyz/postgislocal>
- Instrucciones para crear la BDE con Tembo con *tembo.io*: <https://link.aulageo.xyz/postgistembo>

3.2. Instalar, configurar y crear una base de datos espacial

El diseño de la base de datos corresponde al Modelo Entidad Relación (**MER**) propuesto para el ejercicio, generado con el software de [pgModeler](#).

En el **MER** de la Imagen 1 se puede encontrar:

- Dos **Esquemas** de base de datos: usadas como agrupaciones y organización de las capas y tablas.
 - Esquema de **cartografia_base**: Corresponde a las capas y tablas de cartografía base, provenientes generalmente del **IGAC**.
 - Esquema de **bip**: Corresponde a las capas y tablas del Banco de Información Petrolera (**BIP**) del **Servicio Geológico Colombiano**.
- **Capas geográficas y tablas**: Cada esquema, de acuerdo al almacenamiento lógico se almacena tres capas geográficas y dos tablas de atributos, todas relacionadas para garantizar la integridad referencial.
 - **Capas geográficas**: departamento, municipio y pozo.
 - **Tablas**: gobernacion, informacion.

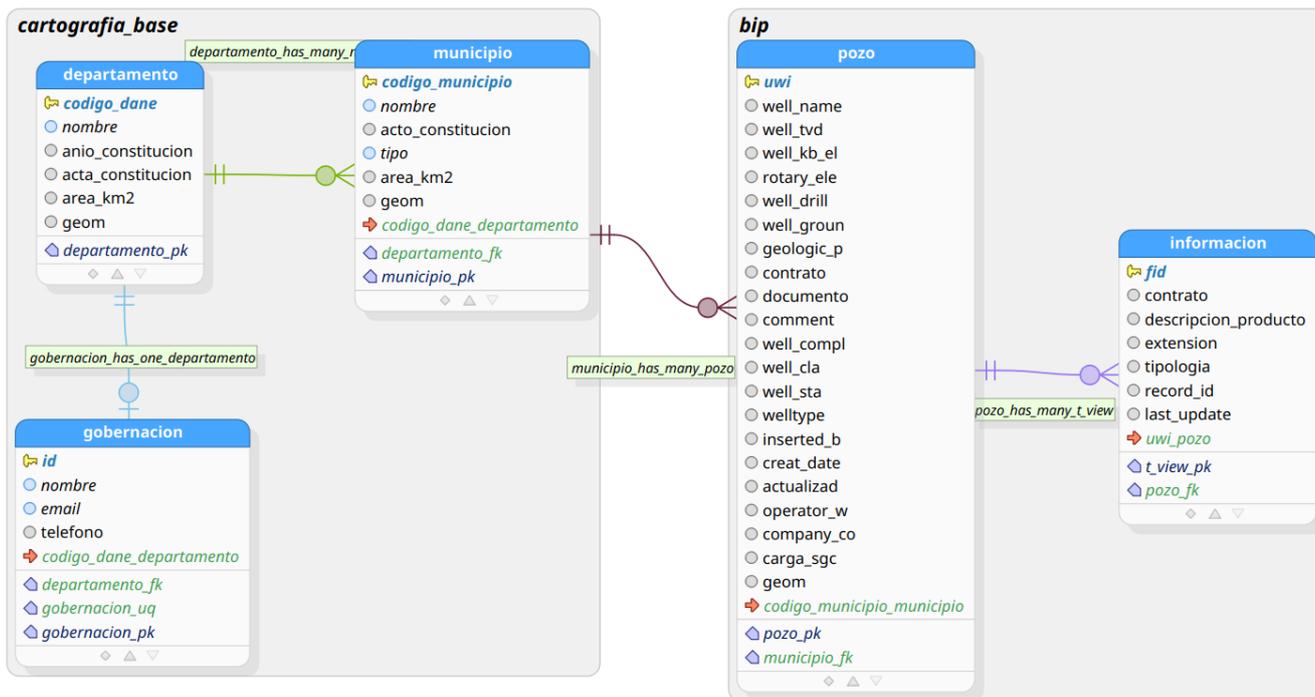


Imagen 1. Modelo Entidad Relación de la base de datos del ejercicio BIP

Conectar al cliente de bases de datos DbGate

DbGate es una herramienta cliente para la conexión a las bases de datos relacionales y no relacionales, es software libre y de código abierto. Para iniciar el programa, ejecutar el archivo **DbGate.exe**.

*** Nota 1**

Si bien esta guía utiliza DbGate por su interfaz simplificada y facilidad de uso, existen otras opciones populares como **pgAdmin** (el cliente oficial de PostgreSQL) o **DBeaver** (un cliente universal). La elección del cliente dependerá de sus preferencias personales y necesidades específicas. DbGate se destaca particularmente por su curva de aprendizaje reducida y enfoque intuitivo para usuarios que buscan una herramienta directa y funcional.

Paso 2. Iniciar el programa de **DbGate** y agregar los parámetros en la primera conexión por defecto del programa, o desde **File » Add connection**. En la Imagen 2 se muestra los parámetros de conexión a las instancias de los servidores de **BDE**.

Desde el primer icono **(1)** de **Database connection** se realiza la configuración de la conexión al servidor. En **(2)** seleccionar el motor de base de datos de **PostgreSQL**. En **(3)** y **(4)** ingresar los parámetros de servidor de acuerdo a la instancia seleccionada del servidor de base de datos. En **(5)** por defecto seleccionar la base de datos

de **postgres**. En **(6)** ingrese un nombre de la conexión que identifique la instancia. Por último en **(7)** realizar clic en el botón **Test** para verificar la conexión, como el mensaje que aparece a la derecha. En el caso del servidor de **TEMBO.IO**, es necesario habilitar **(8)** una conexión segura **SSL**. Luego guarde en **Save** y **Connect**.

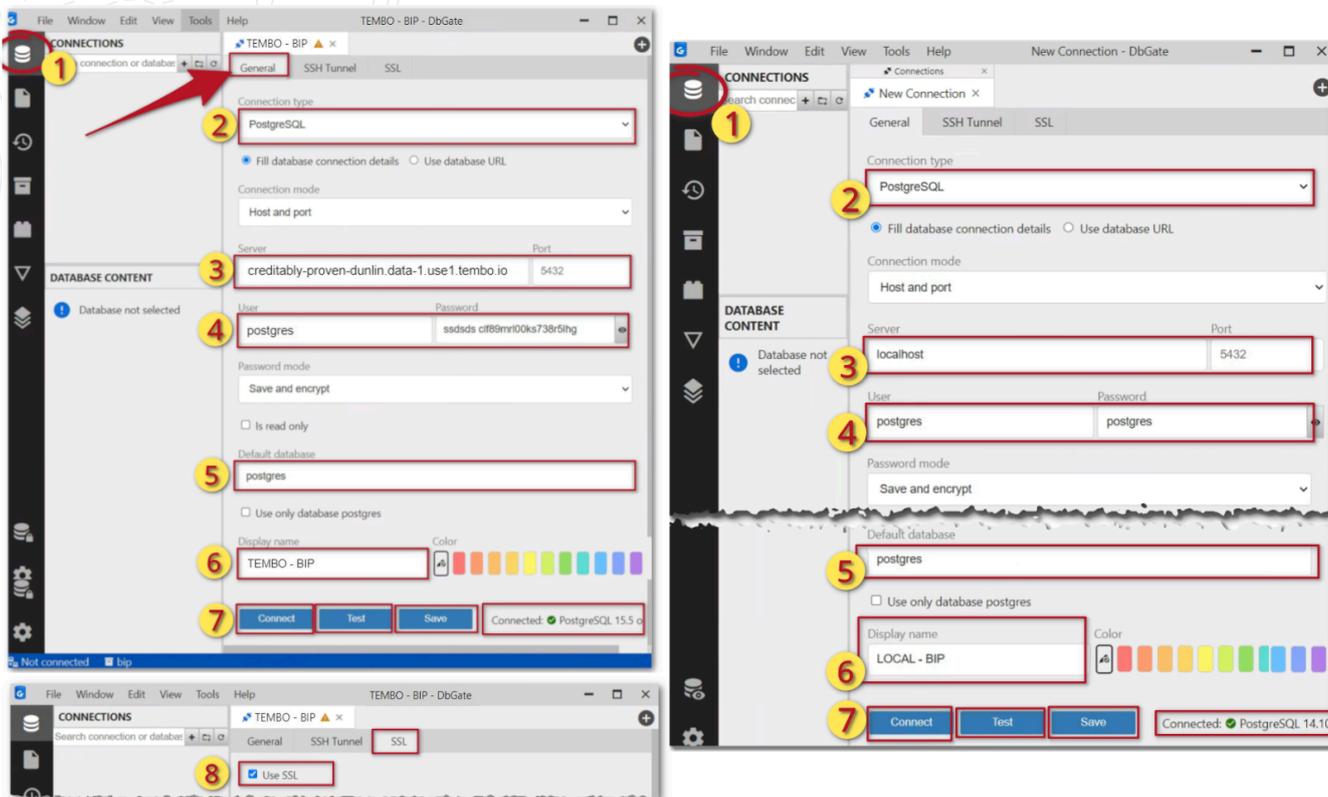
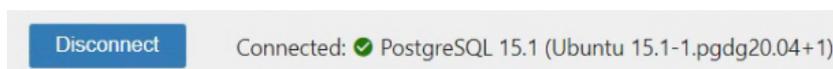


Imagen 2. Parámetros de conexión de TEMBO y local en DbGate

En el momento de conectar debe obtener el mensaje de *Connected* y los datos servidor de la base de datos, como se muestra a continuación:



Una vez establecida la conexión, hacer doble clic sobre el nombre de la base de datos para seleccionarla por defecto. La selección se muestra en negrilla.

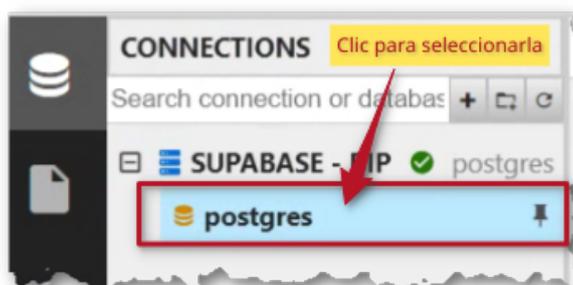


Imagen 3. Seleccionar la base de datos de postgres

Crear la base de datos de BIP

A partir del **MER** se genera una serie de scripts en el lenguaje de **SQL**, cada uno tiene un objetivo para la generación de la base de datos, habilitar la extensión de **PostGIS** y la creación de la estructura y restricciones del modelo relacional de tablas.

Paso 3. Con el paso anterior, de seleccionar la base de datos de **postgres**, se realiza la ejecución de cada script de **SQL** que se encuentra en la carpeta **sql**.

* Nota 2

Tener cuidado con los scripts, ya que al intentar establecer una segunda conexión con **Tembo.io** puede aparecer el error: "la base de datos bip ya existe". Para evitar este problema, cerciorarse de seleccionar la conexión de interés, de ser necesario borrar los scripts anteriores o desconectar la primera conexión realizada.

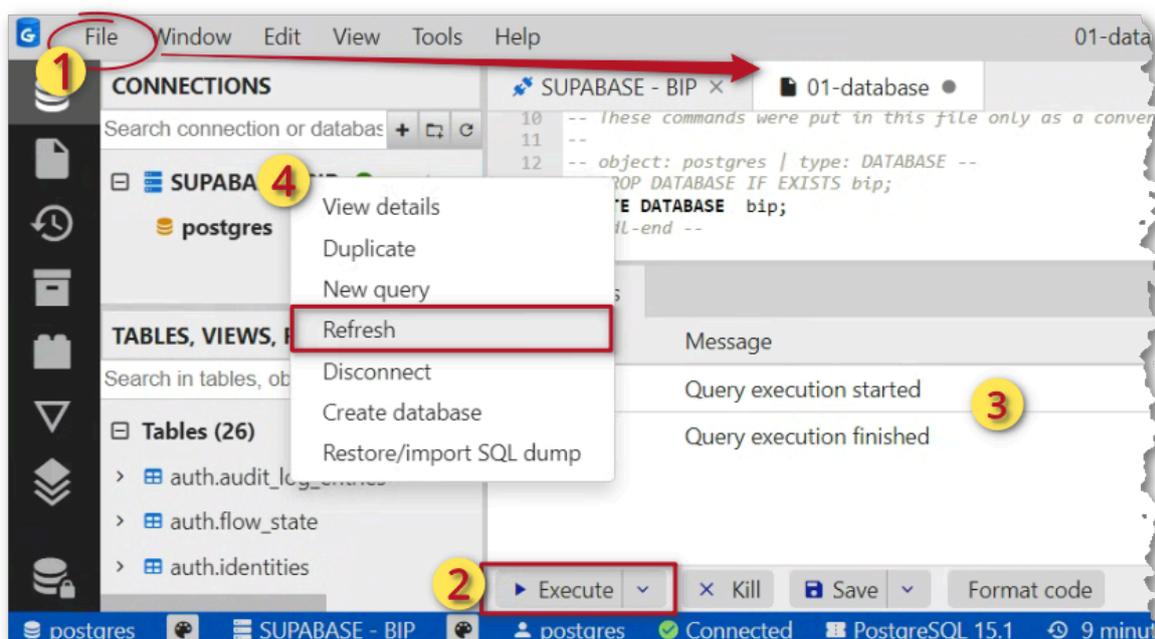


Imagen 4. Script de crear la base de datos de bip

Cargar el primer script, al hacer clic (1) en el menú **File** » **Open**, seleccionar el script de nombre `sql/01-database.sql`. Hacer clic (2) en el botón **Execute**, con esto se crea la base de datos. Los mensajes de ejecución de los scripts se observa en (3), debe entregar el mensaje *Query execution finished*. Finalmente, haga clic sobre el nombre de la conexión de la base de datos y seleccionar la opción **Refresh** para observar los cambios aplicados.

Cargar la extensión de PostGIS en la base de datos e BIP

PostgreSQL requiere instalar las extensiones para habilitar las características de terceros. Para este ejercicio, se requiere cargar la extensión de **PostGIS** para configurar como una base de datos espacial.

Paso 4. Seleccionar como base de datos activa la de **bip**. Para esto haga doble clic sobre la misma en la conexión del servidor de **PostgreSQL**, esto debe resaltar el nombre de la base de datos en negrilla. Cargar el siguiente script de nombre `sql/02-extension_postgis.sql` y luego ejecutar el script.

* Nota 3

Se recomienda utilizar una base de datos distinta a la que se instala por defecto, la cual lleva el nombre de "postgres".

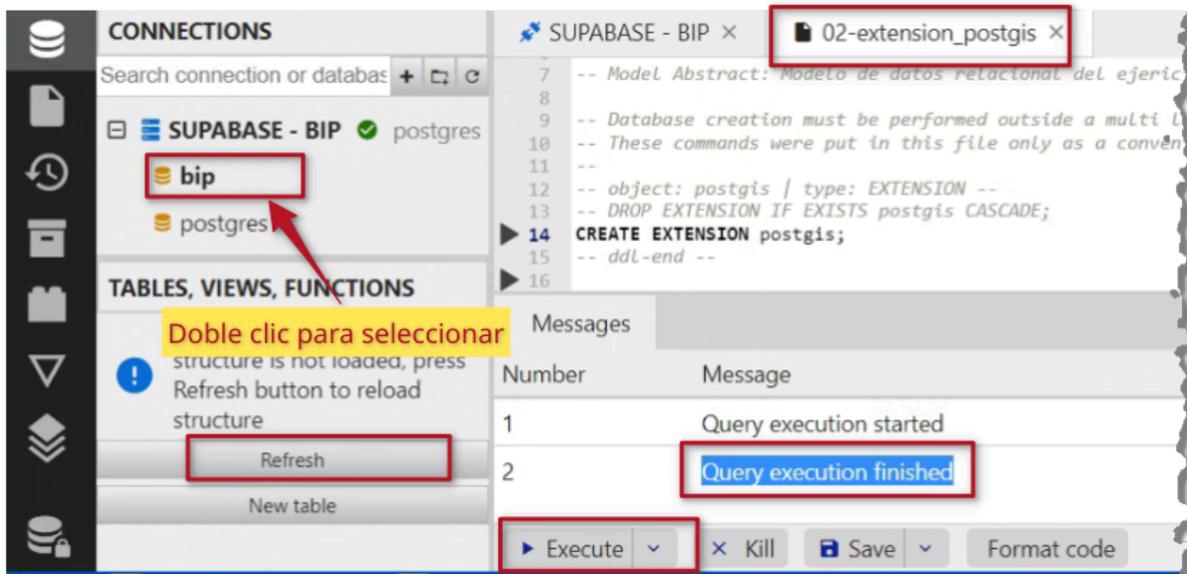


Imagen 5. Crear la extensión de **PostGIS** en la base de datos de **bip**

Crear los esquemas en la base de datos de BIP

Paso 5. Ejecutar el siguiente script de nombre `sql/03-esquemas.sql`. Esto creará los esquemas de nombre **cartografia_base** y **bip**.

Crear la estructura de tablas y capas geográficas en la base de datos BIP

Paso 6. Ejecutar el siguiente script de nombre `sql/04-estructura.sql`. Esto creará la estructura relacional de tablas y capas geográficas. Se recomienda refrescar el listado de tablas como se muestra en la imagen a continuación.

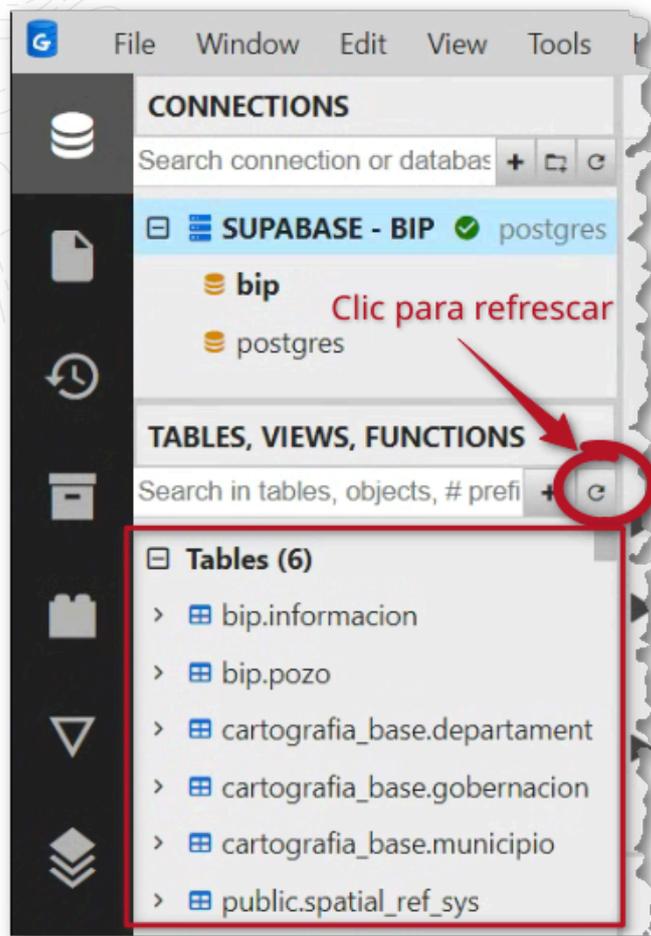


Imagen 6. Estructura de tablas en la base de datos **bip**

4. Gestión de la base de datos espacial con QGIS

QGIS proporciona una variedad de herramientas e interfaces que facilitan la gestión de capas geográficas, tablas de atributos, cargas, ediciones y consultas de datos. Una vez establecida la estructura inicial de la base de datos (**MER**), es necesario emplear herramientas conocidas como **ETL** (extraer, transformar y cargar) para realizar las operaciones necesarias.

4.1. Conexión a la base de datos espaciales en QGIS

Para llevar a cabo las tareas de gestión en la base de datos, es necesario establecer la conexión al servidor seleccionado desde las fuentes de datos de **QGIS**.

Paso 7. Desde la fuente de datos, geográficos en **QGIS**, seleccionar la opción de **PostgreSQL** y crear una Nueva conexión. Usar los parámetros de conexión del servidor y usar la base de datos de **bip** o la suministrada anteriormente.

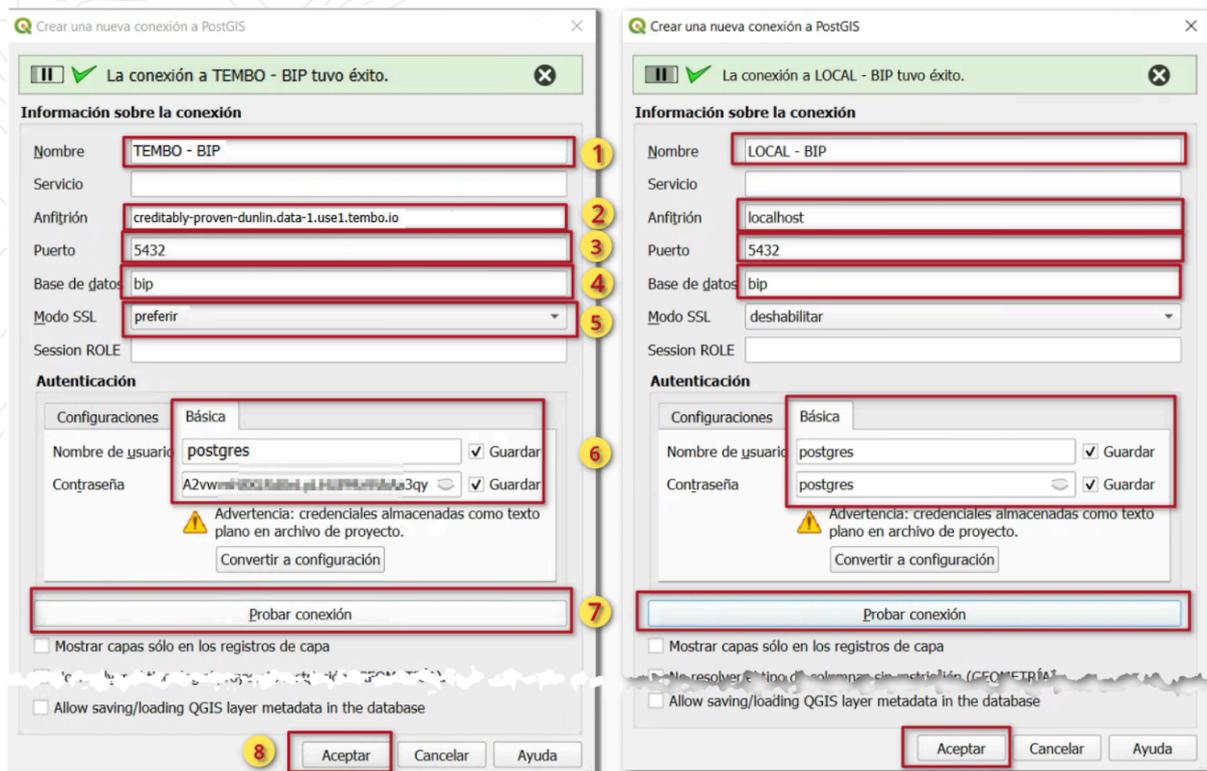


Imagen 7. Conexión al servidor de base de datos TEMBO y local

Establecer un nombre de conexión en (1), luego en (2) y (3) ingresar los parámetros del servidor seleccionado. En (4) verificar que el nombre ingresado corresponda al nombre **bip** o el generado por el servidor. Para **TEMBO.IO** habilite (5) **preferir** conexión **SSL**. Ingresar y guardar el nombre de usuario y contraseña (6). Verifique la conexión en el botón (7) **Probar conexión** y comprobar el mensaje en la parte superior de la ventana. Finalmente, guardar la conexión (8) en el botón **Aceptar**.

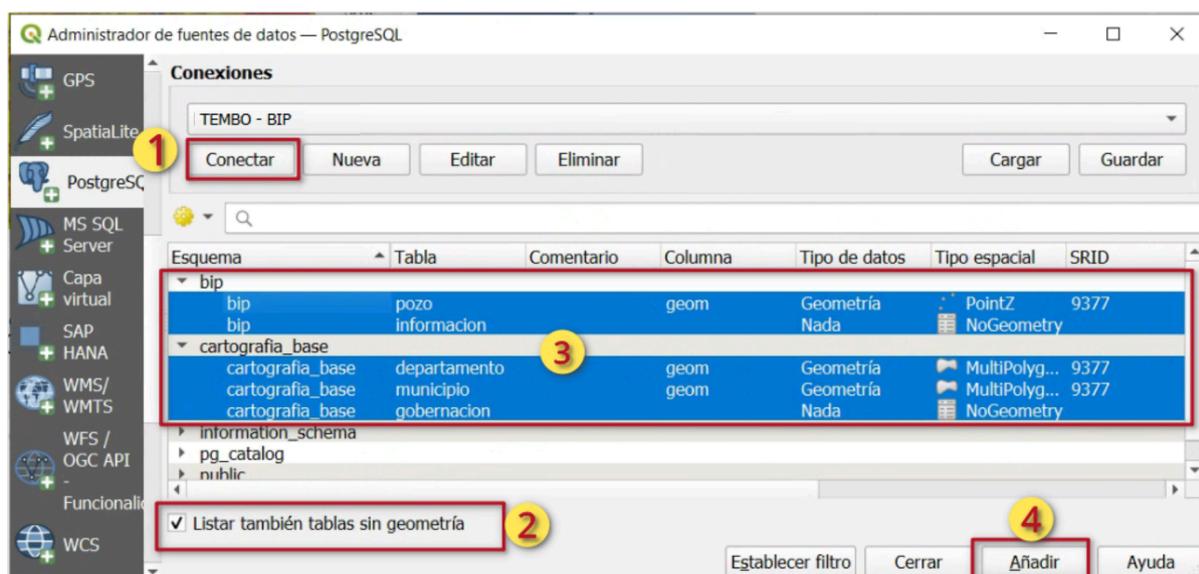


Imagen 8. Cargar capas y tablas de la base de datos espacial **bip**

Luego de establecer la conexión al servidor de base de datos, se añaden las capas y tablas a un nuevo proyecto de **QGIS**. Esto se logra (1) en el botón **Conectar**, luego habilitando (2) la opción de **Listar también tablas sin geometría**. En (3) seleccionar las capas y tablas del modelo de datos relacional y finalmente, hacer clic (4) en el botón en **Añadir** al nuevo proyecto.

Guardar el proyecto de **QGIS** con el nombre **BIP.qgz**. Asignar el **SRC** de las capas geográficas con el **EPSG:9377**. Ordenar y representar las capas de acuerdo a prioridad de despliegue.

4.2. Cargue de datos a las capas geográficas

El proceso de carga de información en la base de datos espacial sigue el modelo relacional presentado en la Imagen 1. Esto implica un orden específico de carga, por ejemplo, la capa de municipio debe cargarse previamente a la capa de departamento.

Paso 8. Instalar el complemento de nombre **Append Features to Layer**. Luego, desde los datos suministrados para el ejercicio de la base **dane.gpkg**, agregar al proyecto la capa de nombre **mgn_dpto_politico**, organizar en el grupo de capas de nombre **Insumos**.

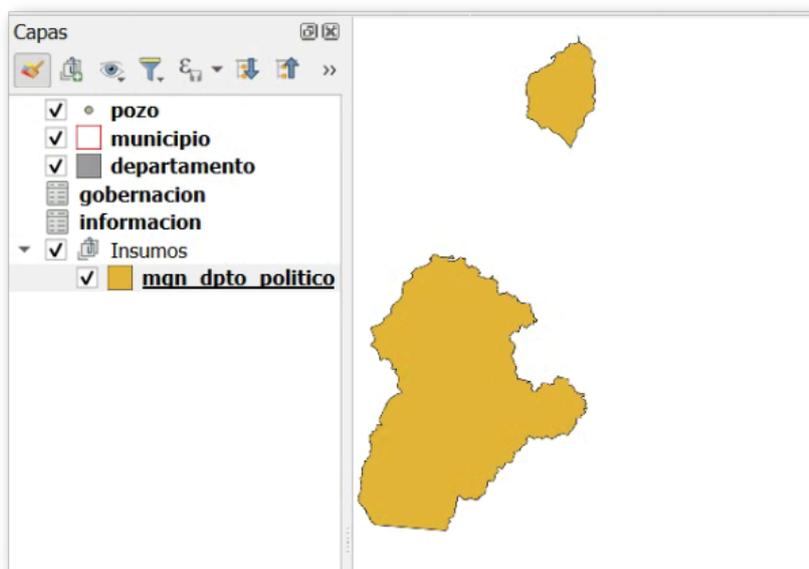


Imagen 9. Agregar capas e insumos al proyecto

Paso 9. Ejecutar desde la Caja de herramientas de **QGIS** la herramienta **ETL basic model (Append)**. En la nueva ventana y como se muestra en la Imagen 10, el orden establecido para **Extraer** los datos del insumo del **GPKG**, **Transformar** los atributos y mapear con la capa del servidor y finalmente **Cargar** a la capa remota. En (1) seleccionar la capa de entrada del insumo, corresponde a **mgn_dpto_politico**. En (2)

seleccionar la capa de destino, en este caso la capa remota de **departamento**. En (3) la estructura de campos y mapeo se realiza con esta capa remota. En (4) el botón **Cargar campos** realiza el despliegue de los campos de la capa remota. Luego en (5) seleccionar y mapear cada campo de la capa del **GPKG** con el campo remoto. Finalmente, haga clic en el botón **Ejecutar** para iniciar el proceso.

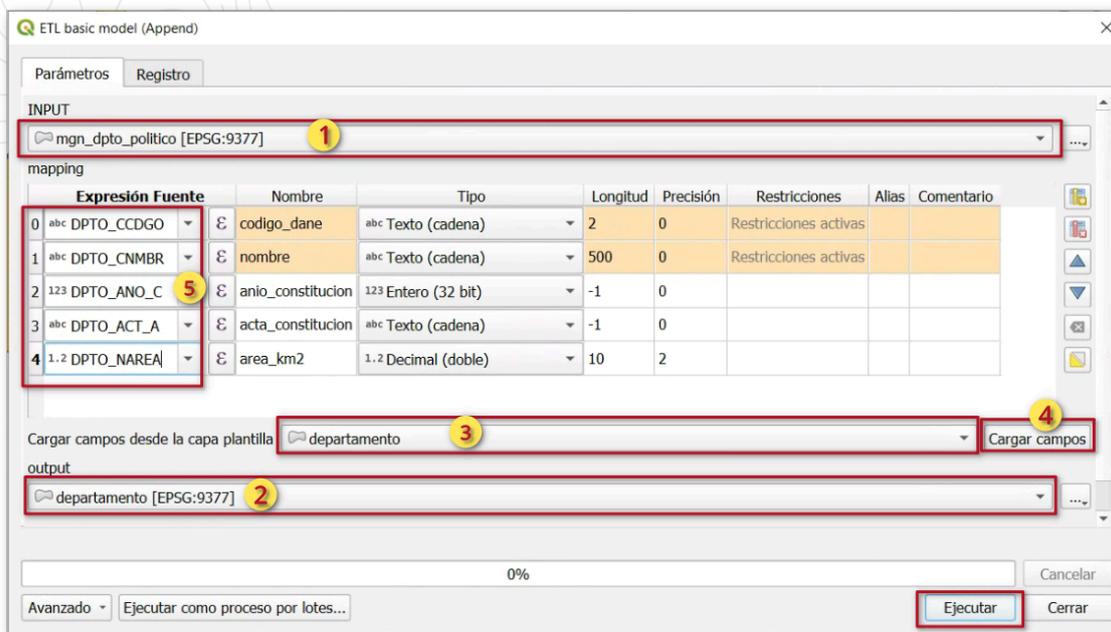


Imagen 10. Cargue de la capa departamento

Debe finalizar el proceso con el mensaje **Execution completed**.

Paso 10. En el grupo de capas de insumos cargar la capa del **DANE** de nombre **mgn_mpios_politico**.

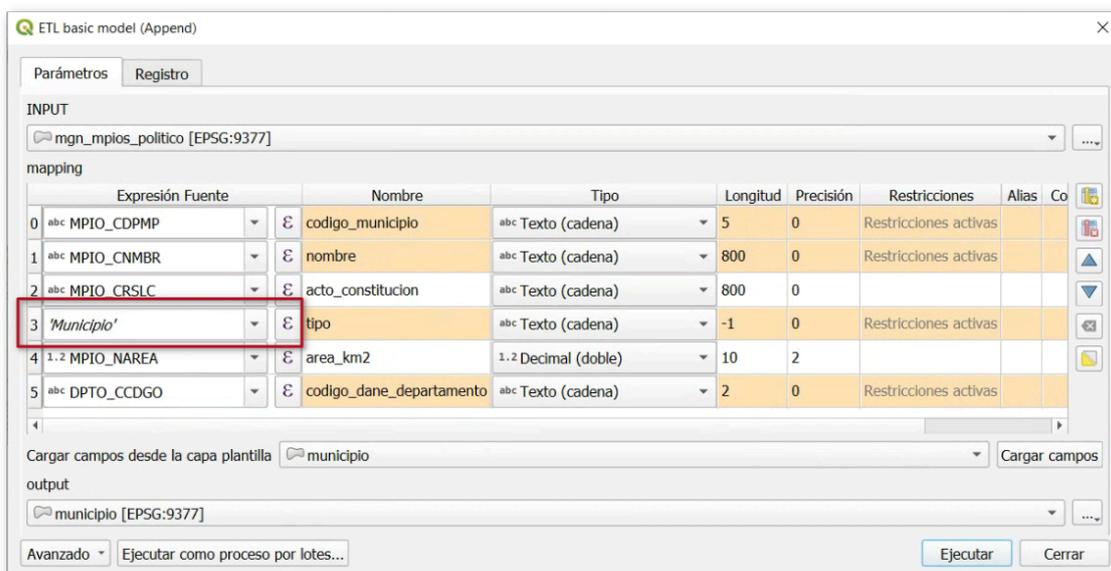


Imagen 11. Cargue de la capa municipio

Realizar el proceso de cargue como la capa anterior de departamento, asociando cada campo del insumo a la capa remota. Debe tener en cuenta que el campo **tipo** del municipio es un dominio de valores, por lo que debe ingresar el valor **'Municipio'** respetando las comillas simples, las minúsculas y las mayúsculas.

Paso 11. En el grupo de capas de insumos cargar la capa de **pozos** desde la base del `sgc.gpkg`. Para esta capa, solo falta incluir el código de municipio. Para realizar este proceso se debe usar la herramienta de nombre **Unir atributos por localización**.

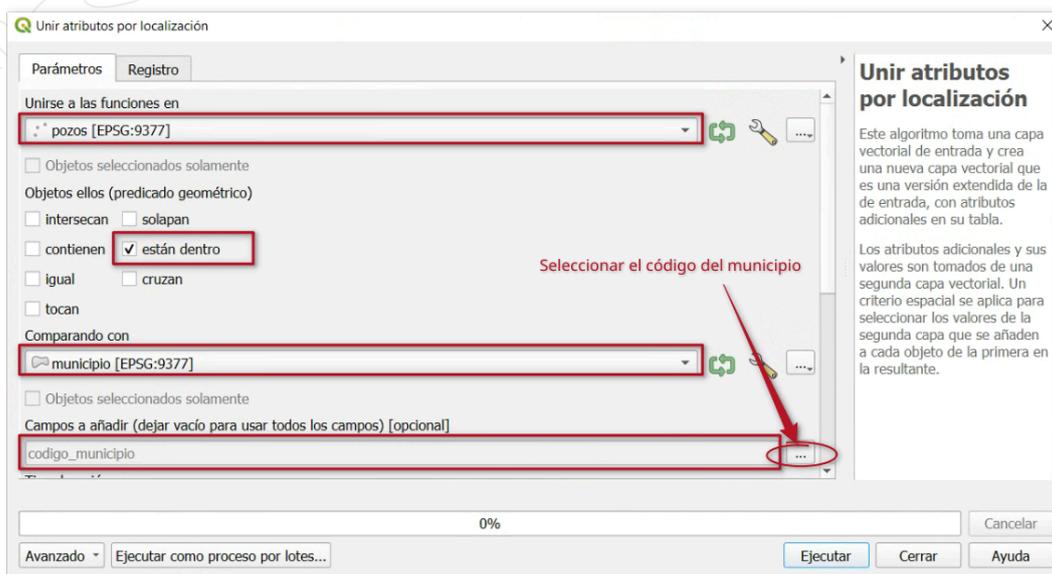


Imagen 12. Transferir el código de municipio a la capa de pozo

Dado que la capa unida tiene dimensiones de geometría diferente a la capa remota, es necesario realizar la conversión de **PointZM** a **Point**. Simplemente, use la herramienta de conversión como se muestra en la Imagen 13.

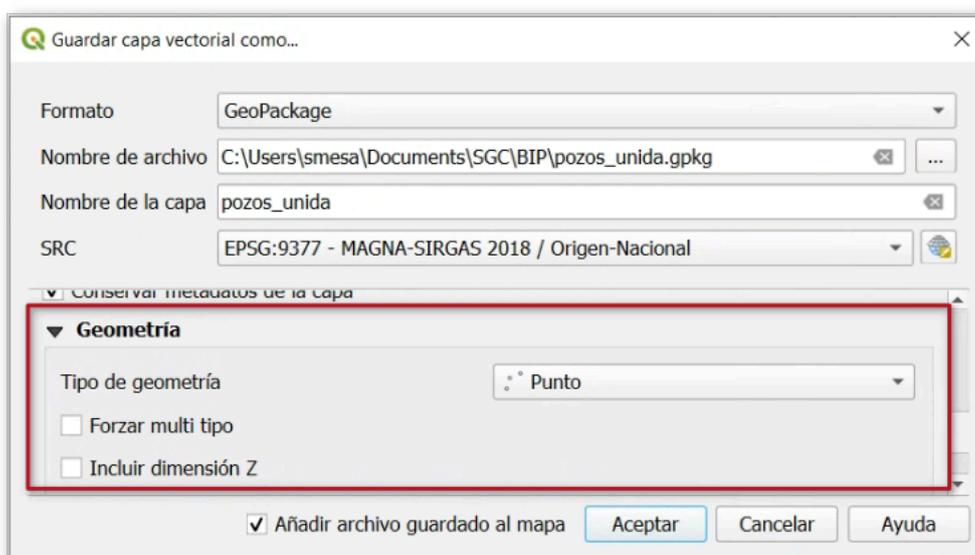


Imagen 13. Conversión de las dimensiones de la geometría

Con la nueva capa generada de nombre **pozos_unida**, realizar finalmente el cargue a la capa remota de **pozo**, con las recomendaciones y parámetros que se muestran en la Imagen 14.

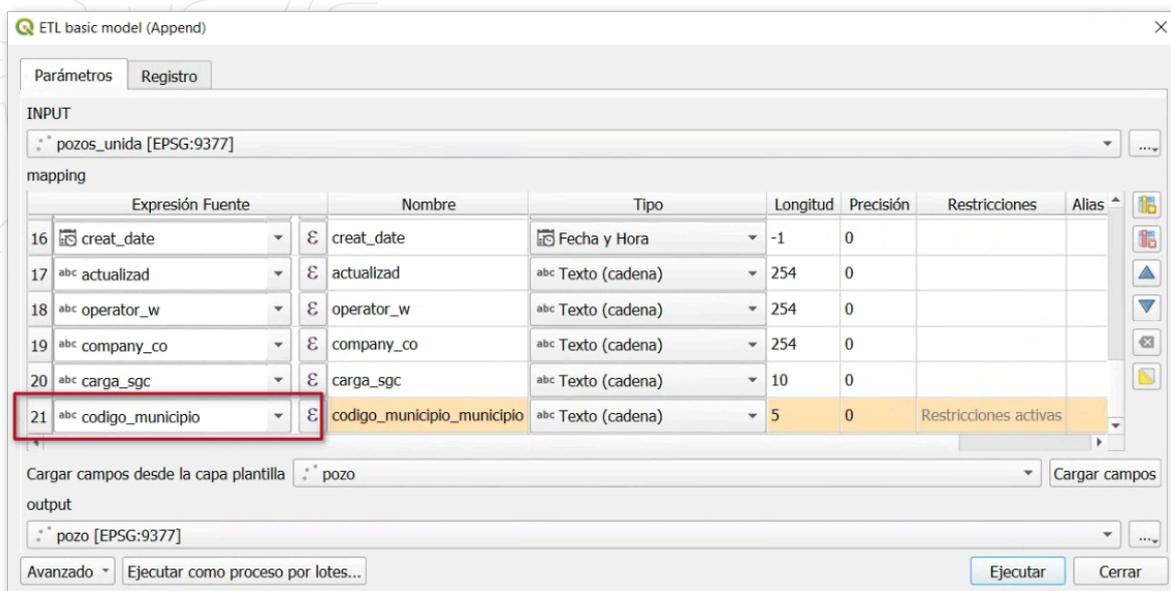


Imagen 14. Cargue a la capa de pozo

En la Imagen 14 se debe tener en cuenta seleccionar correctamente los campos de **well_cla** por **well_cla_1**, **well_sta** por **well_sta_1**, **comment** por **comment_** y **codigo_municipio_municipio** por **codigo_municipio** de municipio, para que cargue correctamente todos los atributos.

Paso 12. Desde la base del `sgc.gpkg` y la tabla **t_view_pozo** realizar el cargue a la tabla de información. Tenga en cuenta seleccionar el campo de la tabla remoto **uwi_pozo** por el campo de la capa del insumo **uwi**. Este proceso puede tardar unos minutos.

En caso de fallo en la herramienta **ETL basic model (Append)**, como alternativa, considere utilizar la lectura y ejecución del **script SQL** denominado `sql/05-informacion.sql` desde el cliente de **DbGate**. Este script, obtenido al exportar la capa con el formato **PostgreSQL volcado SQL**, puede ofrecer una solución.

4.3. Convertir en una base de datos Offline

Este complemento de **QGIS** facilita la creación de una copia local de la base de datos remota, además de ofrecer características como la sincronización de todos los cambios locales con la base de datos remota.

Paso 13. Habilitar el complemento **EdiciónFueraDeLínea**. Dejar solo las capas que correspondan a las 3 capas y 2 tablas remotas, guardar el proyecto como

BIP.qgz . Luego desde el menú **Bases de datos » Edición fuera de línea » Convertir en proyecto fuera de línea...** En los parámetros seleccionar tipo de almacenamiento en **GeoPackage**, todas las capas remotas y como ruta de la base datos de **GeoPackage** la que corresponde a la carpeta raíz del proyecto y nombre de archivo **offline.gpkg** .

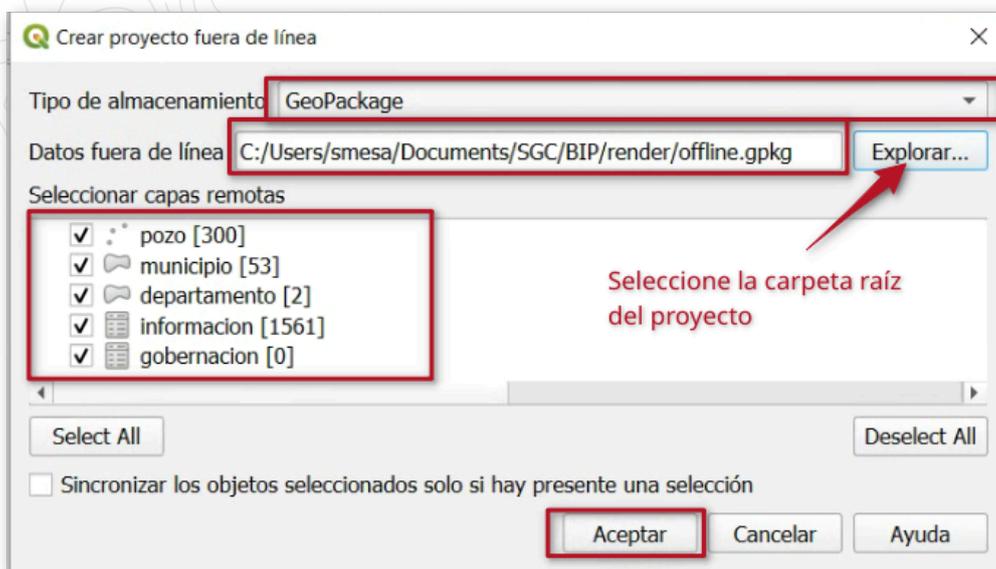


Imagen 15. Proyecto fuera de línea de la base de datos de **bip**

Una vez se realice la conversión del proyecto fuera de línea, guarde como **BIP_offline.qgz** . Observe en la Imagen 16, el icono  indica una capa **offline**.

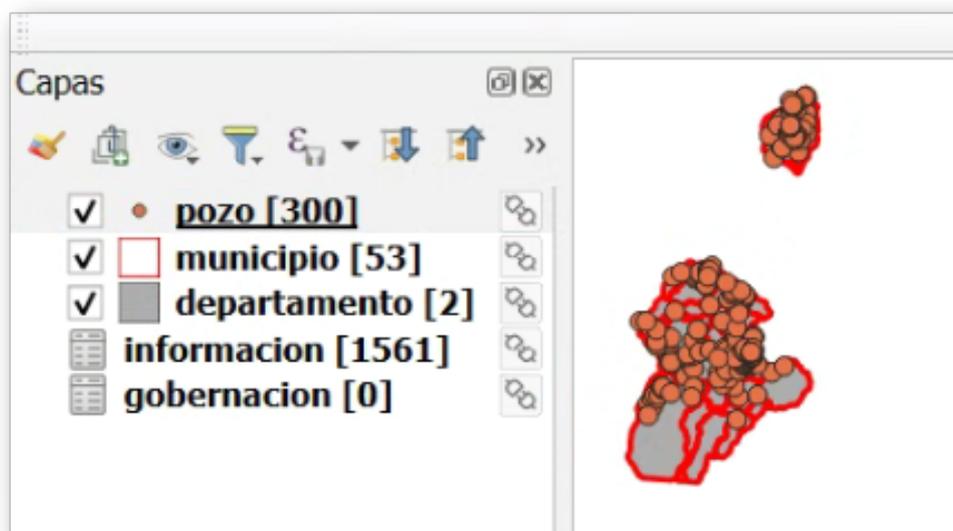


Imagen 16. Ejemplo de las capas y tablas del proyecto fuera de línea.

5. Consultas SQL

Para ejecutar consultas en la base de datos en **QGIS**, puede utilizar el *Panel Navegador* haciendo clic derecho sobre la base de datos y seleccionando **Ejecutar SQL**. Sin embargo, **QGIS** ofrece una interfaz más amigable para gestionar y almacenar consultas en el proyecto.

Paso 14. Ingresar al menú de **Bases de datos** » **Administrador de Base de datos...** En la nueva ventana seleccionar la conexión de base de datos de **PostGIS** y luego en el menú **Base de datos** » **Ventana SQL**.

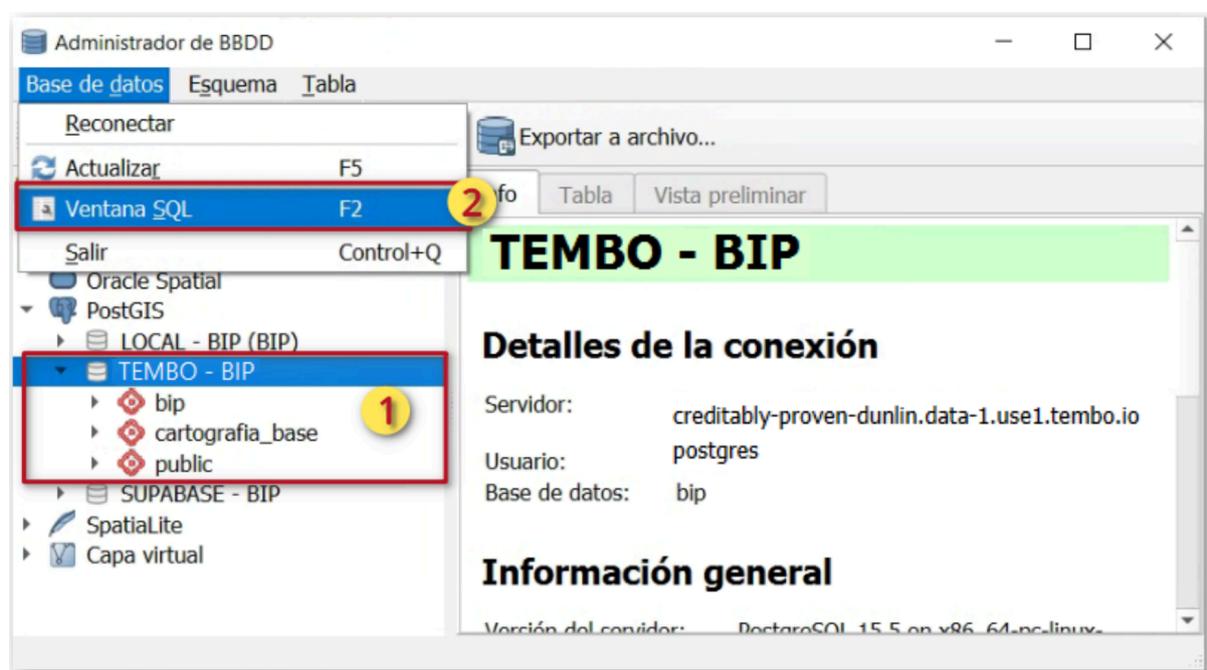


Imagen 17. Administrador de base de datos de **QGIS**

Desde la ventana de **SQL** ejecutar algunas sentencias y guardar en el proyecto, como se indica en la Imagen 18. Ingrese la consulta de **SQL** en (1), luego hacer clic (2) en el botón **Ejecutar** para retornar los resultados en forma de tabla en (3). Para desplegar la capa en el lienzo o vista de mapa en **QGIS**, habilitar (4) **Cargar como capa nueva**, en (5) proveer un nombre de la capa de salida, la columna de valores únicos y la columna de geometría. En el botón (6) de **Cargar**, permite finalmente el despliegue en la vista de mapa de **QGIS**. Para guardar la consulta puede usar el formulario de consulta guardada que se encuentra en (7) con un nombre de la sentencia de **SQL** y luego usar el botón **Guardar**. Para almacenar lo anterior como un archivo de **SQL** usar el botón **Guardar como archivo**.

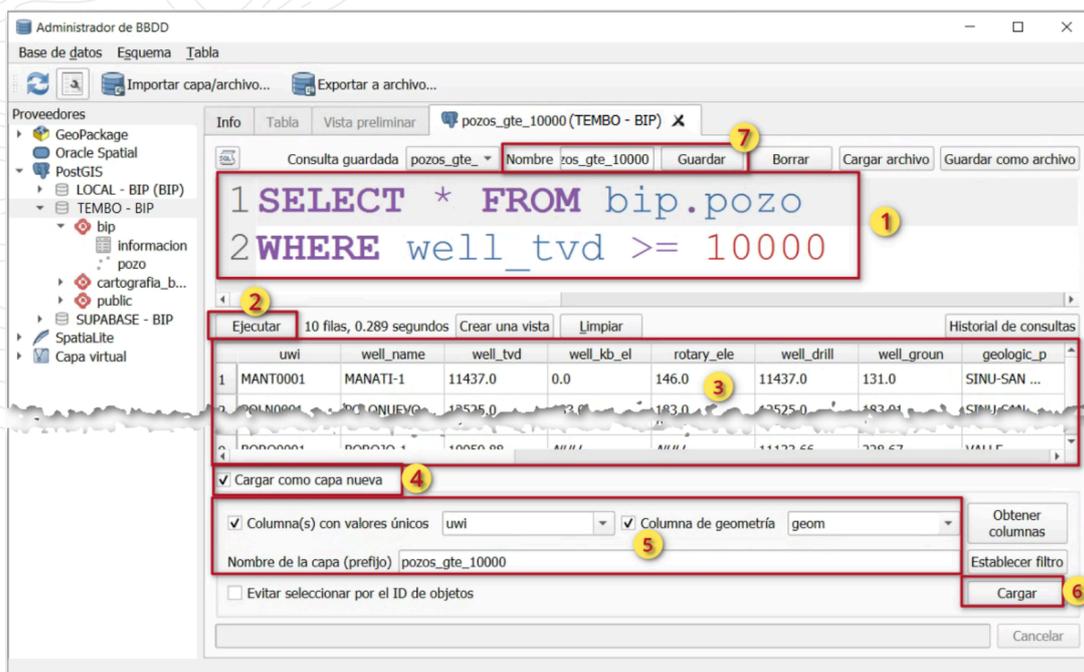


Imagen 18. Consulta de SQL con DB Manager de QGIS

Otras consultas por atributos, con *joins* a las tablas relacionadas y espaciales se encuentran en los siguientes ejemplos:

- Obtener toda la información realizada para el año 2023 y agregada de la capa de pozos.

```
SELECT p.uwi, p.well_name, COUNT(*) AS total_entregas,
MIN(i.last_update) AS fecha_min, MAX(i.last_update) AS fecha_max
FROM bip.pozo AS p
JOIN bip.informacion AS i ON p.uwi = i.uwi_pozo
WHERE last_update >= '2023-01-01'
GROUP BY p.uwi, p.well_name
ORDER BY total_entregas DESC
```

- Realizar el conteo y cálculo de porcentaje de los pozos por cada departamento.

```
SELECT d.codigo_dane, d.nombre, d.geom, COUNT(*) AS conteo,
100 * COUNT(*) / SUM(COUNT(*)) OVER() AS porc
FROM cartografia_base.departamento AS d
JOIN bip.pozo AS p ON st_contains(d.geom, p.geom)
GROUP BY d.codigo_dane
```

6. Entregable del ejercicio

La entrega corresponde a la carpeta raíz del proyecto de **BIP** comprimida en formato **ZIP**. Los archivos son el resultado del desarrollo del presente ejercicio 1 de la semana 1 y deben contener lo siguiente:

- El proyecto de **BIP.qgz** con las capas remotas y con el desarrollo de cargas de las capas de **municipio, departamento, pozos e informacion**.
- Para las bases de datos remotas de **TEMBO.IO**, agregar un archivo de nombre de **credenciales.txt** con el nombre de usuario y contraseña de la conexión de la base de datos espacial.
- El proyecto fuera de línea de nombre **BIP_offline.qgz** y con la base de datos **offline.gpkg**. Las rutas son relativas en el proyecto.
- Las consultas **SQL** del ejercicio almacenadas en el proyecto a través del administrador de bases de datos.
- Plantear una consulta **SQL** adicional y almacenar en el proyecto de **QGIS** a través del administrador de base de datos.
- Exportar la base de datos en formato **SQL**.

Ejercicio 2

Georreferenciación, digitalización, topología y formularios

1. Introducción

Al continuar explorando las funcionalidades de los Sistemas de Información Geográfica (**SIG**), es necesario abordar tareas centradas en la captura de datos, como la digitalización y la edición de datos vectoriales. En este contexto, **QGIS** proporciona una amplia gama de herramientas, que abarcan desde la georreferenciación de imágenes hasta opciones para la captura de geometrías, garantizando una correcta estructuración y topología durante el proceso de edición.

2. Datos, software y recursos necesarios

Para el desarrollo correcto del presente ejercicio práctico se requiere las siguientes herramientas y datos:

- Revisión de los contenidos teóricos de la segunda semana (Grabación disponible en la **Plataforma de Aulas Virtuales** del **SGC**)([Enlace web](#)).
- **QGIS Desktop** versión 3.34.x o superior.
- **Datos del ejercicio**: Corresponde a los datos de una zona de estudio del Banco de Información Petrolera (**BIP**) del **SGC** y las capas del **IGAC**: Descarga de [datos](#).

3. Georreferenciación

El primer objetivo del ejercicio es familiarizarse con el proceso y las herramientas de georreferenciación que ofrece **QGIS**. Para ello, se utilizará una imagen escaneada de la geología del Departamento del Atlántico, extraída del Atlas Geológico Colombiano. A esta imagen se le asignarán las coordenadas correspondientes y una referencia espacial para proceder con la captura de datos en formatos vectoriales geográficos.

3.1. Iniciar el georreferenciador de QGIS

Paso 1. Conectar a la carpeta de los datos de la semana 2. Luego, crear y guardar un nuevo proyecto de **QGIS** en la carpeta raíz con nombre `digitalizacion.qgz`. Agregar un mapa base de su preferencia para la zona de estudio. A continuación, desde el menú **Capa** » **Georreferenciador...** ingresar a la ventana que permite asignar o corregir geoméricamente la referencia espacial de una imagen. En este caso, se tratará del mapa escaneado proporcionado como insumo.

En esta nueva ventana agregar desde **Archivo** » **Open Raster...** o haciendo clic en el botón con el icono  y seleccionar la imagen `Insumos/UC2023-Atlantico.jpeg`.



Imagen 1. Agregar el recursos de dato raster para la georreferenciación

3.2. Configuración de la transformación o corrección geométrica

La *configuración* se refiere al método de corrección geométrica o transformación, el cual convierte las coordenadas de la imagen (columnas y filas) en coordenadas del mapa (coordenadas proyectadas).

Paso 2. Acceder a **Configuración** » **Transformation Settings...** y configurar según lo indicado en la Imagen 2. Es importante definir el tipo de transformación, una salida de la imagen georreferenciada en formato **GeoTIFF**, especificar una resolución de salida y resultados del reporte y mapa en **PDF**. Guardar los tres archivos en una carpeta de nombre “**salidas**” en la carpeta raíz.

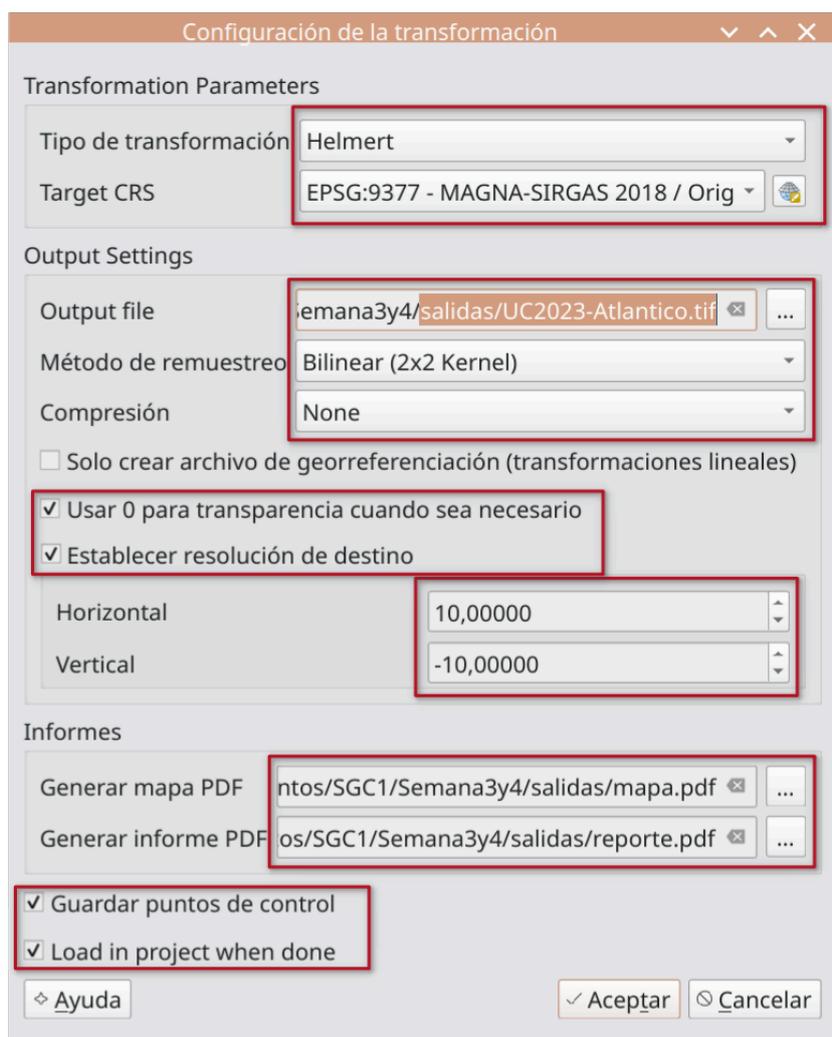


Imagen 2. Configuración del georreferenciador

3.3. Asignar puntos de control e iniciar la georreferenciación

Para iniciar la georreferenciación, es necesario definir las coordenadas de referencia en relación a las coordenadas de imagen escaneada y, luego, aplicar la transformación de acuerdo al método seleccionado.

Paso 3. Por defecto, el georreferenciador se encuentra en modo de asignar los puntos de control  sobre el mapa escaneado. Buscar en la imagen un cruce de cuadrícula de coordenadas y asignarlas de acuerdo a la proyección cartográfica **MAGNA SIRGAS Origen Nacional**. Para ello, hacer clic derecho en la imagen e ingresar en la nueva ventana las coordenadas correspondientes.

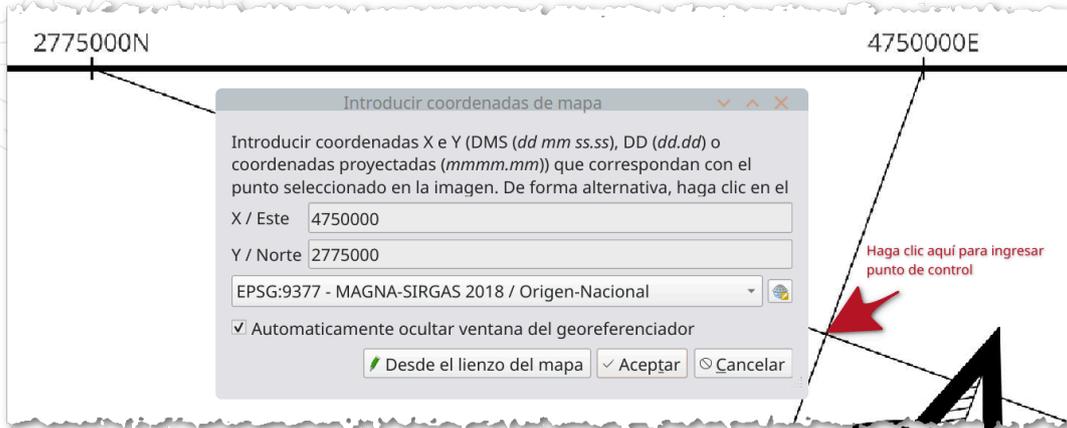


Imagen 3. Asignación de los puntos de control

Ingresa por lo mínimo cuatro (4) puntos de control terrestre (**PCT**), distribuidos equitativamente a lo largo de la imagen. Al añadir el cuarto punto, la tabla de los puntos de control desplegará los residuales y el error total de la transformación, expresado por defecto en píxeles. Es recomendable que los residuales y el error medio cuadrático estén cerca a 0, con una tolerancia máxima de 1 píxel. Es posible editar o actualizar la posición de cada punto de control, para esto hacer clic en el registro de la tabla de **PCT** y seleccionar la herramienta de mover punto de control  en el mapa del georreferenciador.

Enabled	ID	X de origen	Y de origen	X de destino	Y de destino	dX (píxeles)	dY (píxeles)	Residual (píxeles)
<input checked="" type="checkbox"/>	0	1556.2106	-478.731896	4750000.00	2775000.00	0.035585	-0.027393	0.044907
<input checked="" type="checkbox"/>	1	5477.6210	-8888.8194	4825000.00	2700000.00	0.111154	-0.061734	0.127146
<input checked="" type="checkbox"/>	2	1367.3357	-7392.5591	4775000.00	2700000.00	-0.116648	0.009529	0.117036
<input checked="" type="checkbox"/>	3	5666.7893	-1974.8140	4800000.00	2775000.00	-0.030091	0.079598	0.085096

Rotación: 0,0 ° Transformación: Helmert Translación (4.73141e+06, 2.77406e+06) Escala (11.4303, 11.4303) Rotación: 20,001 Error medio: 0.1398 154,-8977 Ningun

Imagen 4. Residuales y error medio de la georreferenciación

Paso 4. Finalmente, iniciar el proceso de georreferenciación de la imagen escaneada desde el menú **Archivo** » **Comenzar georreferenciado** o en el botón . Este paso generará los resultados en la carpeta seleccionada y añadirá la imagen georreferenciada al lienzo o la vista de mapa de **QGIS**. Una vez completado este proceso, puedes cerrar el georreferenciador.

4. Digitalización de capas vectoriales

El proceso de digitalización consiste en capturar objetos en formato vectorial (puntos, líneas y polígonos) a partir de mapas escaneados o imágenes de sensores remotos. Este proceso generalmente requiere una estructura de bases de datos predefinida, configuraciones para el autoensamblado de las coordenadas de vértices o segmentos entre los elementos, y la definición de reglas de topología que garanticen las relaciones espaciales adecuadas entre los objetos geográficos, como superposición, conectividad y continuidad espacial. La digitalización no solo implica la captura de coordenadas, sino también de sus atributos, para lo cual **QGIS** ofrece alternativas mediante formularios.

Paso 5. Haciendo uso del resultado del proceso anterior de georreferenciación, se recomienda guardar el proyecto.

4.1. Crear la base de datos de digitalización en GeoPackage

Paso 6. En la carpeta del proyecto, construir una base de datos de nombre `sgc.gpkg`. Para esto, dirigirse al panel de navegador y hacer clic derecho sobre la carpeta del proyecto, seleccionar **Nueva** » **GeoPackage**, y renombrar el **GeoPackage**, originalmente llamado `New GeoPackage.gpkg`, desde la opción **Explorador de archivos** y **Cambiar nombre**.

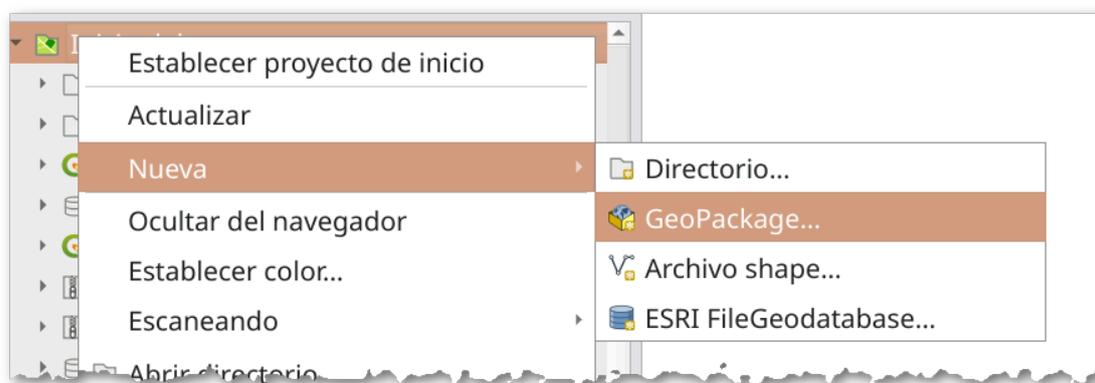


Imagen 5. Crear nueva base de datos **GeoPackage**

Consejo 1

Es posible realizar el almacenamiento de los proyectos **QZ** en las base de datos de **PostgreSQL/PostGIS** y **GeoPackage**. Para esto use el menú en **Proyectos** » **Guardar en**.

En el caso de **PostgreSQL**, es necesario asegurar en la conexión las opciones de **“Permitir guardar / cargar proyectos de QGIS en la base de datos”**.

4.2. Crear la capas de fallas y UC en la base de datos espacial

Paso 7. En la base de datos `sgc.gpkg`, crear las capas para el proceso de digitalización. Hacer clic derecho sobre la base de datos `sgc.gpkg` y seleccionar del menú contextual **Tabla Nueva...**

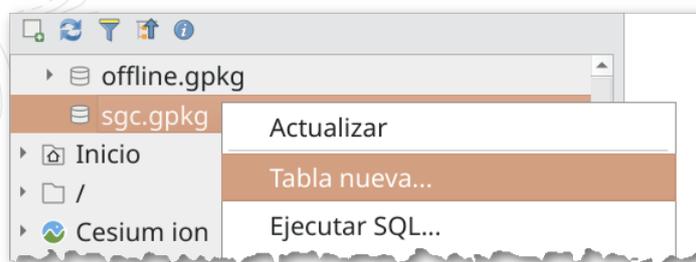


Imagen 6. Crear una nueva capa espacial en la base de datos

Crear la capa de **fallas** y luego la capa **UC**. Ambas deben contener un campo de nombre **codigo** con tipo de dato Entero de 32 bit. El nombre de la columna geometría debe corresponder a **geom** y **SRC** debe ser **EPSG:9377**. Verificar de habilitar la opción **“Crear índice espacial”**.

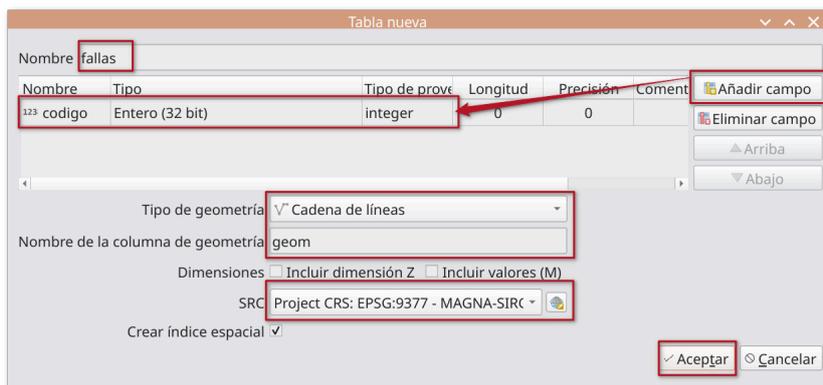


Imagen 7. Crear una capa espacial en la base de datos de GeoPackage

Para **fallas** seleccionar el tipo de geometría **Cadena de líneas** y para **UC** el tipo de geometría será de tipo **Polígono**. Puede habilitar **“Incluir dimensión Z”** en la geometría de fallas para incluir los valores de altitud.

4.3. Configurar la digitalización topológica y autoensamblado

Para asegurar la calidad de la digitalización, **QGIS** ofrece opciones de autoensamblado a los vértices o segmentos, así como la validación de la topología durante la edición.

Paso 8. Habilitar la **Barra de autoensamblado** desde el icono  o en el menú **Proyecto** » **Opciones de autoensamblado...**. Activar la herramienta

haciendo clic sobre el icono de autoensamblado. Habilitar las siguientes opciones disponibles: **Capa activa**, **Vértice y segmento**, **12 px**, **Edición topológica**, **Avoid Overlap on Active Layer**, **Autoensamblado en intersecciones**, **Self-snapping**, como se muestra en la Imagen 8:



Imagen 8. Configuración de autoensamblado

Paso 9. Cargar las dos capas creadas en el Paso 7 de la base de datos de `sgc.gpkg`. Luego, para la capa de **fallas** configurar en las propiedades de *Digitalización* **Eliminar nodos duplicados** y **Es válido**. Así mismo, para la capa **UC** incluir **Comprobaciones de topología** las opciones de **Salto**, **Vértices faltantes** y **Solapa**.

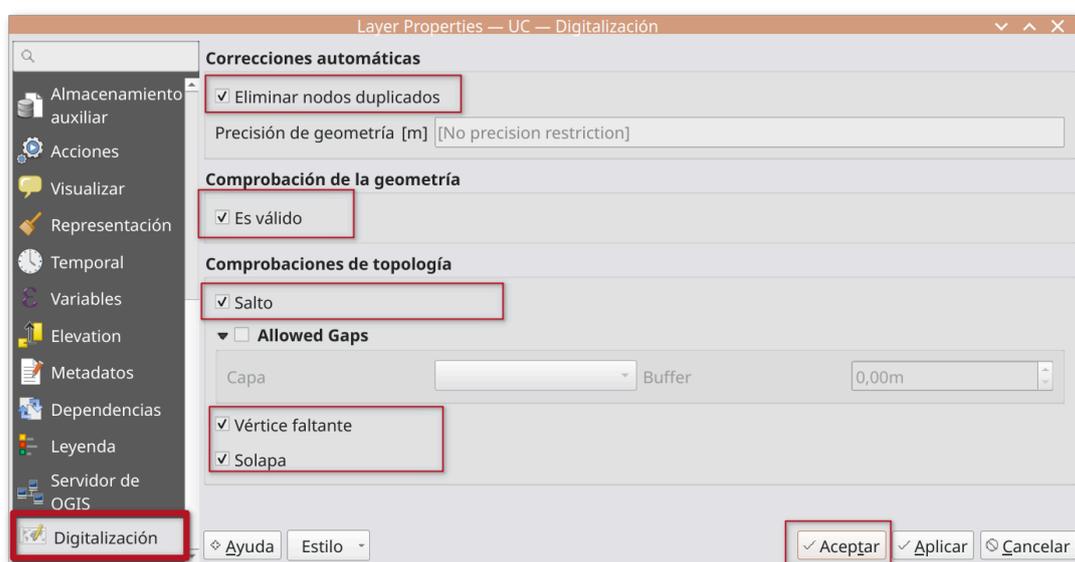


Imagen 9. Configurar la validación de la digitalización

4.4. Configurar formularios de atributos

El formulario de atributos ofrece una interfaz amigable para capturar atributos durante el proceso de digitalización o edición. Esta utilidad se extiende a aplicaciones de recolección de datos en dispositivos móviles y a la publicación en visores web de mapas.

Paso 10. En la capa de **fallas**, acceder a las propiedades del **Formulario de atributos** y seguir la configuración que se muestra en la Imagen 10. Seleccionar en (1) **Diseñador de arrastrar y soltar** y seleccionar el campo de **codigo**. Tener en cuenta en (2) quitar el campo **fid** con el botón . En (3) definir el nombre de Alias como **“Código de falla”**, recordar que los Alias proporcionan el nombre o

título correcto de las capas y campos, para un despliegue orientado al usuario. En (4) seleccionar **Mapa de valor** y (5) cargar desde la carpeta **insumos** el archivo de **fallas.csv** y en (6) eliminar el encabezado del **CSV** o la primera fila, esto es seleccionado y luego hace clic en el botón **Eliminar lo seleccionado**.

Tener en cuenta habilitar en el mismo formulario en **Restricciones** las opciones de **No nulo** y **Forzar restricción no nula**.

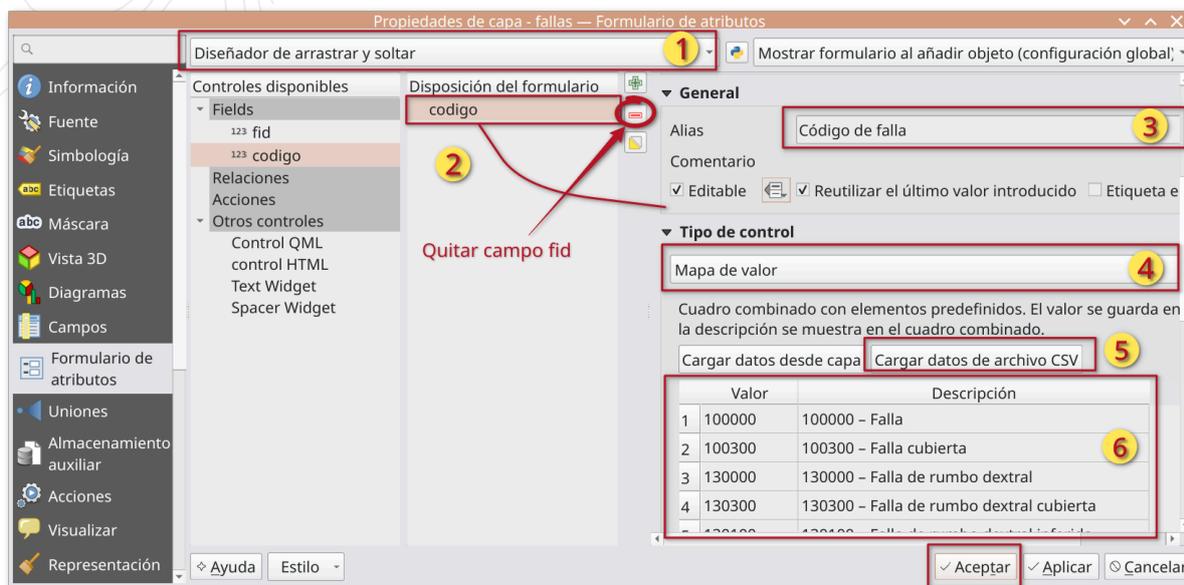


Imagen 10. Configuración del formulario de atributo de fallas

Realizar el mismo proceso para la capa de **UC**, asociando los valores del archivo de **uc.csv**. Recordar eliminar el encabezado de la tabla de atributos en el formulario y **Forzar restricción no nula**.

4.5. Digitalización de las capas de fallas y UC.

Dependiendo del tipo de geometría y configuración previa de la edición, **QGIS** ofrece una serie de herramientas para captura la geometría y sus atributos.

Paso 11. Agregar de la carpeta de **insumos** la imagen georreferenciada de **Fallas2023-Atlantico-Escaneado.png** al proyecto. Seleccionar la capa vectorial de **fallas** como capa activa e inicia la digitalización haciendo clic en el botón correspondiente  de la barra de herramientas o clic derecho y seleccionar la opción «**Conmutar edición**». Adicionalmente, añadir la barra de herramientas de **Digitalización avanzada**. Empezar a dibujar las líneas de fallas para el departamento de Atlántico, usando la herramienta de **Añadir línea** . Con el clic izquierdo definir cada vértice; el clic derecho finaliza la digitalización de un objeto y despliega el formulario para seleccionar el atributo de la falla.

Varios consejos o recomendaciones de la edición:

- Durante el proceso de edición usar el botón **Suprimir** o **Delete** para borrar el último vértice ingresado.
- Recordar que el despliegue en el lienzo de  indica autoensamblado a las coordenadas de la capa activa, a los vértices y a los segmentos.
- Es posible intercambiar en diferentes modos de edición en **Añadir geometría**: digitalizar con segmento, digitalizar con curva, digitalizar en flujo, digitalizar en forma.
- Durante la digitalización puede mantener presionada la **barra espaciadora** para mover o desplazar el mapa, y la rueda del ratón para acercar o alejar.
- Puede agregar o eliminar vértices en una línea creada con la opción de herramientas de vértices . Para agregar haga doble clic sobre la mitad de la línea. Para eliminar, seleccione con un dibujo de recuadro en pantalla en los vértices de interés y luego usar la tecla **Suprimir**.
- Recomendable ir almacenando la digitalización con frecuencia con la opción de **Guardar cambios de la capa** . No se aconseja acumular ediciones.

Una vez finalizada la digitalización, es importante completar el proceso con *Conmutar edición* nuevamente o haciendo clic en el botón correspondiente . Luego, verificar la tabla de atributos para confirmar que los datos se hayan registrado correctamente.

Paso 12. Usar como capa base la imagen obtenida de la georreferenciación del mapa escaneado **UC** del Paso 4, y la capa vectorial de **UC** de la base de datos de `sgc.gpkg`, empezar el proceso de digitalización con **Añadir polígono** .

De esta manera se facilita la digitalización, junto con la configuración seleccionada en el Paso 8, para evitar la superposición de polígonos. Al digitalizar el primer polígono, las posteriores digitalizaciones de polígonos vecinos ajustarán automáticamente los vértices al límite del polígono existente, evitando así traslapes entre sus geometrías. Esto hace que la digitalización sea más eficiente y asegura la validación de topología configurada anteriormente. Para comprobar, dibujar un polígono vecino que se superponga al polígono ya creado. Al cerrar la digitalización del polígono vecino, los vértices se autoensamblarán automáticamente en el límite del polígono existente, evitando nuevamente el traslape.

Realizar el proceso de digitalización para al menos seis (6) polígonos, asegurándose de que mantengan continuidad espacial y no generen “**huecos**” en la capa **UC**.

5. Configuración avanzada de formularios

Los formularios de atributos de **QGIS** ofrecen diversas interfaces y componentes para una presentación amigable de los atributos. Según el tipo de dato, como en el caso de fechas y horas, el formulario utilizará un componente de calendario para su visualización.

Paso 13. Abrir el proyecto de **QGIS** llamado `BIP_offline.qgz`. Si se requiere validar la sincronización con **PostgreSQL/PostGIS**, utilizar su propio proyecto con los resultados generados en el ejercicio 1 de la semana 1.

Configurar el formulario de atributos para **gubernacion**, quitando los campos de **fid**, **id**. Asignar los alias a los campos restantes, por ejemplo, para la llave foránea de **codigo_dane_departamento** por el nombre de alias a **Departamento**.

Abrir la tabla de atributos y, en (1), cambiar a la vista de formulario en la parte inferior derecha. Agregar un nuevo objeto espacial usando el botón correspondiente en (2) y (3). Completa la información en el formulario según corresponda a la gobernación de los departamentos en (4). Guardar los cambios y conmutar la edición a solo lectura.

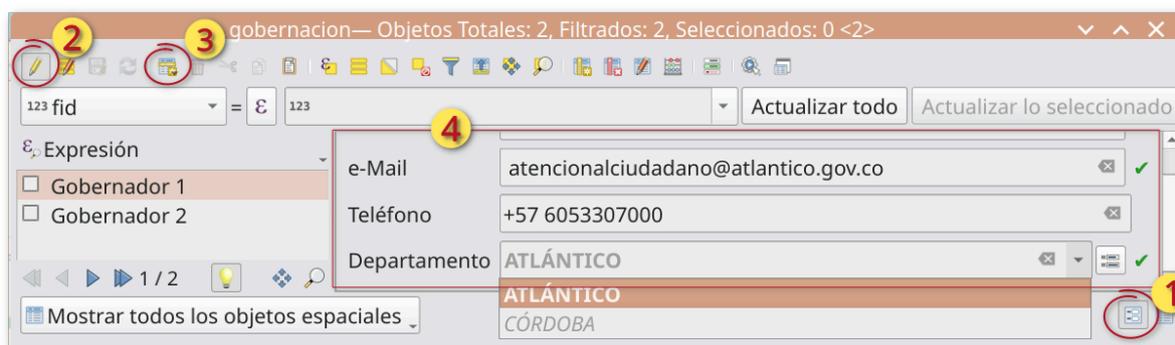


Imagen 11. Configuración del formulario de gobernación

Consejo 2

Si utilizar su proyecto de `BIP_offline.qgz` obtenido en el ejercicio 1 de la semana 1, puede probar la sincronización a **PostgreSQL/PostGIS**. Se recomienda realizar previamente una copia de seguridad de los archivos del **QZ** y de la base de datos de `offline.gpkg`, antes de proceder.

Para realizar la sincronización inversa con la base de datos de producción, utilizar el menú **Base de datos** » **Edición fuera de línea** » **Sincronizar** y sube los dos registros de la tabla gobernación y el registro multimedia de la capa pozo.

De acuerdo al Error: “No se encontró el origen de la referencia”, lo realizado en el Paso 10 y la Imagen 10, para la capa de **pozo** configurar los alias de acuerdo al catálogo de objetos de `insumos/CATALOGO_OBJETOS_EPIS_20190321.xlsx`.

Agregar dos pestañas (**Tabulador**) con el icono  con nombre de etiquetas **Información** y **Multimedia**, y que contenga los campos como se muestra en (1), para esto seleccionar y arrastrar los campos en cada pestaña. Para el campo **comment** (2) configurar como tipo de control **Adjunto** para permitir el despliegue de una galería de imágenes.

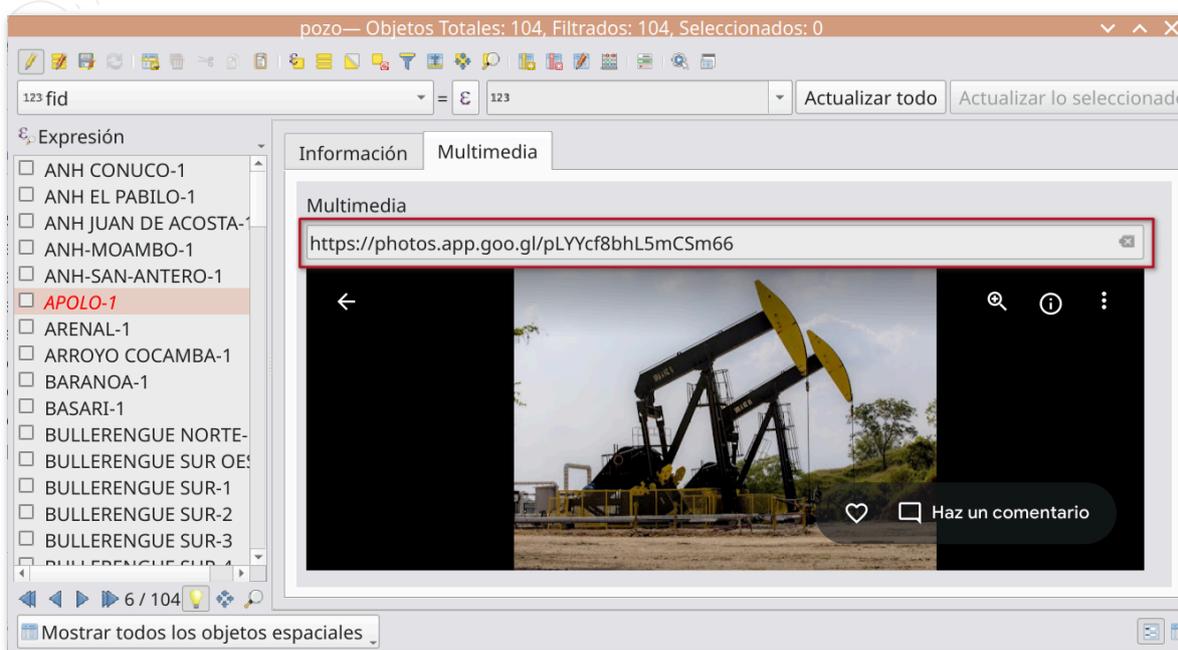


Imagen 12. Despliegue de formulario de pozo

Una vez configurada la capa de pozo, editar y guardar la información para solo uno de los pozos en la pestaña «**Multimedia**», incluyendo el enlace web <https://photos.app.goo.gl/pLYYcf8bhL5mCSm66> para el despliegue de la galería de imágenes. Observar que el componente despliega el archivo **HTML** embebido.

6. Entregable del ejercicio

La entrega debe consistir en un archivo **ZIP** de la carpeta raíz del proyecto, excluyendo la carpeta de **INSUMOS**. Los archivos son los resultados del desarrollo del ejercicio 1 de la semana 2 y deben incluir lo siguiente:

- El proyecto `digitalizacion.qgz`, que muestre el resultado de la georreferenciación de la imagen `UC2023-Atlantico.jpeg`, junto con los reportes del Paso 2 en formato PDF y la digitalización realizada.
- La base de datos en formato **GeoPackage** denominada `sgc.gpkg` con las capas digitalizadas de al menos 6 registros contiguos para cada capa de **Fallas** y **UC**.
- El proyecto de `BIP_offline.qgz` con la edición de la tabla de **gobernacion** y la configuración del formulario de atributos, con el despliegue en pestañas y la galería de imágenes configurada para al menos un **pozo**.

Ejercicio 3

Despliegues multitemporales

1. Introducción

Por lo general, se realiza el despliegue de datos de forma estática. Sin embargo, muchos datos presentan características multitemporales, para gestionarlos, los Sistemas de Información Geográfica (**SIG**), como **QGIS**, ofrecen una serie de herramientas y utilidades que aseguran un correcto funcionamiento. Por ejemplo, **QGIS** permite manejar campos de datos de tipo fecha en las bases de datos, lo cual facilita el despliegue y la generación adecuada de representaciones en instantes específicos de tiempo o de manera acumulativa.

En el ejercicio con el Banco de Información Petrolera (**BIP**) y datos del Servicio Geológico Colombiano, se disponen diversos conjuntos de datos a lo largo del tiempo, como el histórico de sismos, que permiten despliegues visuales para facilitar la interpretación adecuada y la creación de animaciones.

Además de los datos vectoriales, **QGIS** ofrece una serie de recursos adicionales para el despliegue de datos ráster (**Raster Time Manager**) y de datos malla (mesh), orientados a representar fenómenos espacio-temporales. Entre otros complementos de interés para el manejo de datos de tipo fecha, se incluyen **QGIS D3 Date and Time Heatmap** y las herramientas de conversión de formato de fecha y tiempo (**Date/Time Tools Plugin**).

2. Datos, software y recursos necesarios

Para el desarrollo correcto del presente ejercicio práctico se requiere las siguientes herramientas y datos:

- Revisión de los contenidos teóricos de la tercera semana (Grabación disponible en la **Plataforma de Aulas Virtuales** del **SGC**)([Enlace web](#)).
- **QGIS Desktop** versión 3.34.x o superior.
- **Datos del ejercicio**: Corresponde a los datos de una zona de estudio del Banco de Información Petrolera (**BIP**) del **SGC** y las capas del **IGAC**: Descargar [datos](#).

3. Despliegue de datos vectoriales multitemporales

A continuación, se presenta un ejemplo de despliegue de datos multitemporales utilizando el proyecto `BIP_offline.qgz` y los datos proporcionados. Se trabaja con el histórico de sismos en la zona, y se realiza el despliegue junto con la generación de una animación.

3.1. Configuración del despliegue temporal en QGIS en capas

Paso 1. Del conjunto de datos descargados abrir el proyecto de nombre `BIP_offline.qgz`, y sobre las propiedades de la capa **sismo** realizar la configuración en la pestaña **Temporal**, habilitar la opción de **Dynamic Temporal Control** y la configuración de **Single Field with Date/Time**, con Límites de **Incluir Inicio, excluir final (predeterminado)**, y **fecha_hora** el campo de configuración de nombre **fecha_hora**.

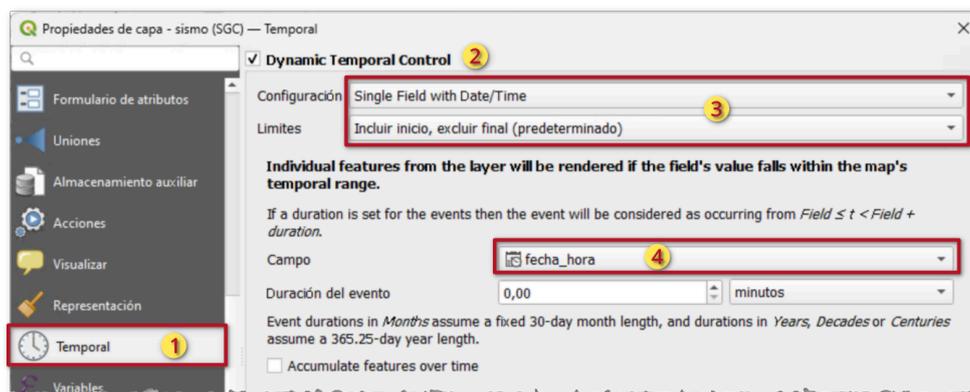


Imagen 1. Propiedades temporales de la capa de sismo

De esta manera se configuran las propiedades temporales en cada capa con soporte de despliegue multitemporal.

3.2. Configuración del despliegue temporal en el proyecto

Paso 2. En las propiedades del proyecto de QGIS ingresar a la pestaña de **Temporal** y en la opción de **Temporal Options** hacer clic sobre el botón de **Calcular a partir de capas**.

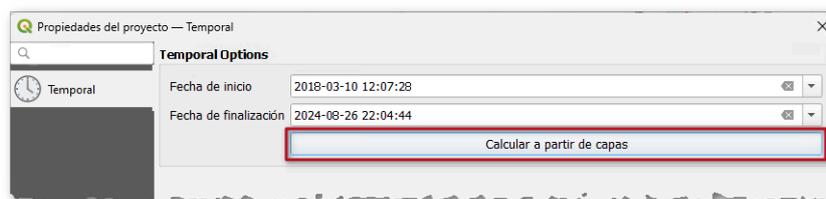


Imagen 2. Propiedades temporal del proyecto

Esto permite configurar para todas las capas temporales las fechas de inicio y fin del proyecto, con el objeto de la sincronización.

3.3. Despliegue del panel de control temporal

El Panel de Control Temporal permite la visualización de datos en agregaciones temporales, incluyendo la generación de secuencias de imágenes para cada marca temporal anual.

Paso 3. Desde el menú **Ver** » **Paneles** desplegar el correspondiente de **Controlador Temporal** o directamente en la barra de herramientas en el icono . Este panel muestra por defecto la primera configuración de despliegue temporal deshabilitado , el siguiente icono permite la configuración del rango de representación, por defecto configurado en el Paso 2 sobre las propiedades temporales del proyecto . En la siguiente opción  se realiza el despliegue paso a paso de la configuración de agregación temporal para el proyecto de **QGIS**.

Paso 4. Antes de realizar la configuración multitemporal, seleccionar el departamento de Córdoba, para esto se ofrecen unos marcadores espaciales en el proyecto, recuerde acceder a estos desde el Panel de Navegador.

Paso 5. Como se muestra en la Imagen 3 en las opciones de la **(1)** navegación de animación temporal  configurar el rango o agregación temporal definida en el paso **(2)** a un (1) año. Luego, activar la opción de **(3)** para permitir la animación de forma cíclica. Usando el botón de **Reproducir** o **Play** , se realiza el despliegue de la animación. Observar el filtrado temporal aplicado por cada paso de agregación temporal. Realizar pruebas de despliegue temporal a nivel mensual o semestral, configurando correctamente el intervalo de tiempo.

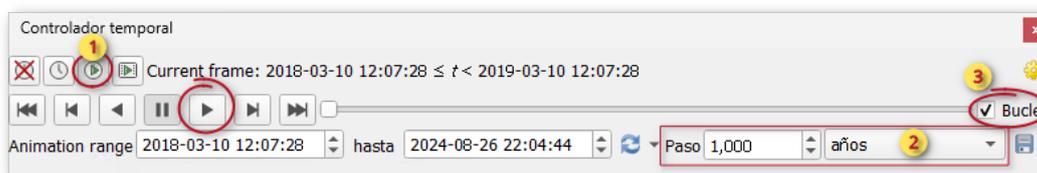


Imagen 3. Panel de control temporal

4. Generación de la animación de despliegue multitemporal

QGIS permite generar una secuencia de imágenes para cada fotograma o paso de la reproducción animada. Esto facilita la compilación de las imágenes en formato de video o animación GIF.

4.1. Configuración de ilustraciones en la vista de mapa

Antes de exportar la secuencia de pasos de agregación multitemporal, es necesario añadir una serie de elementos en la vista actual del mapa, tales como: el título, la escala, la flecha norte, la autoría y la leyenda.

Paso 6. Desde el menú de **Ver** » **Ilustraciones** » **Etiqueta de título** agregar inicialmente el título del mapa con la estampilla de tiempo a desplegar.

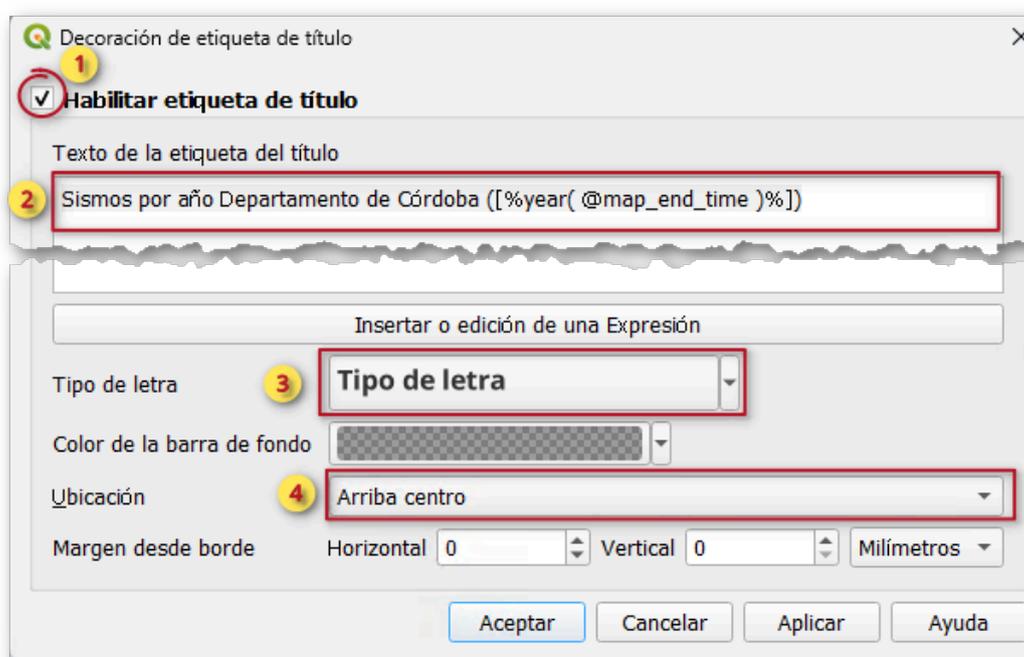


Imagen 4. Configuración del título de la vista del mapa con variable de fecha

En esta nueva ventana configurar según muestra en la Imagen 4, (1) habilitar el despliegue del título, (2) el texto de la etiqueta del título debe incluir la cadena con la variable de tiempo del mapa, que en este caso es **Sismos por año Departamento de Córdoba ([%year(@map_end_time)%])**; (3) ajustar el tamaño del texto a 12 puntos; y (4) establecer la ubicación del título en “**Arriba Centro**”.

Paso 7. Agregar barra de escala, flecha norte, autoría y leyenda al mapa. Posicionar la barra de escala en la esquina “**Superior izquierda**” con un margen vertical de 5 mm para evitar el solapamiento con el título previamente creado.

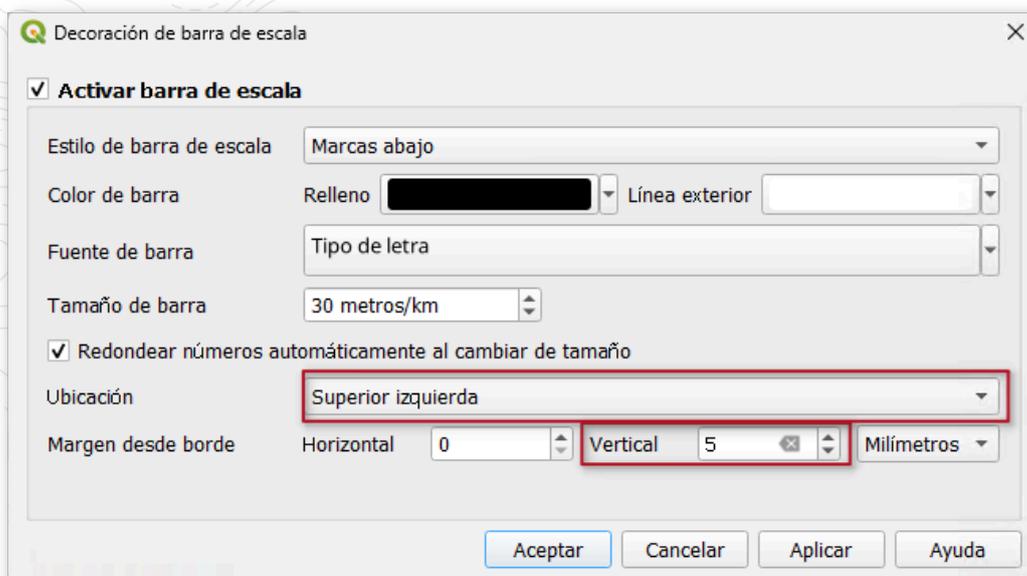


Imagen 5. Ilustración de barra de escala

La siguiente ilustración muestra la flecha norte. Utilizar un tamaño de 16 mm, colocar en la esquina **“Superior izquierda”** y establecer un margen vertical de 15 mm para evitar el solapamiento con el resto de las decoraciones previamente añadidas.

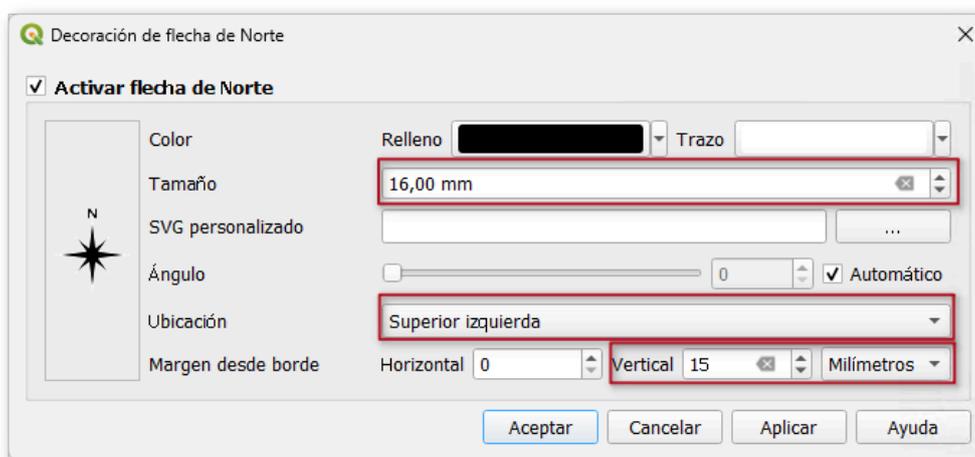


Imagen 6. Decoración de flecha norte

La etiqueta de copyright se coloca en la parte **“Inferior derecha”**, con el nombre de autoría de la animación, por ejemplo, **“Samuel Mesa © SGC 2024”**. Reemplazar con su propio nombre.

Para la leyenda, incrustar la ilustración de imagen. Seleccionar el archivo **leyenda.png** de la carpeta img y configurar con un tamaño de 86 mm. Ubicar la leyenda en la esquina **“Inferior izquierda”**.

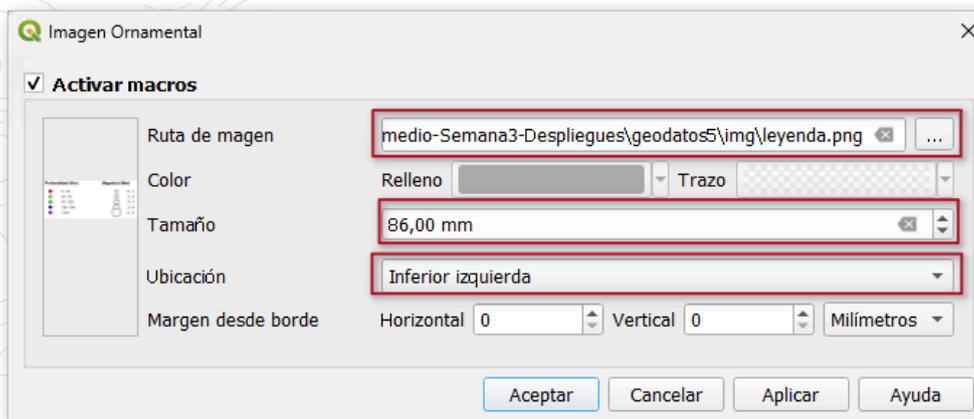


Imagen 7. Decoración de imagen para el despliegue de leyenda de la vista de mapa

Finalmente, la vista del mapa con todas las ilustraciones se muestra a continuación. Además, asegurar de ajustar la representación para que solo incluya años completos de datos. Es decir, configurar el rango de animación desde el 01 de enero de 2019 a las 00:00:00 hasta el 31 de diciembre de 2023 a las 23:59:59.

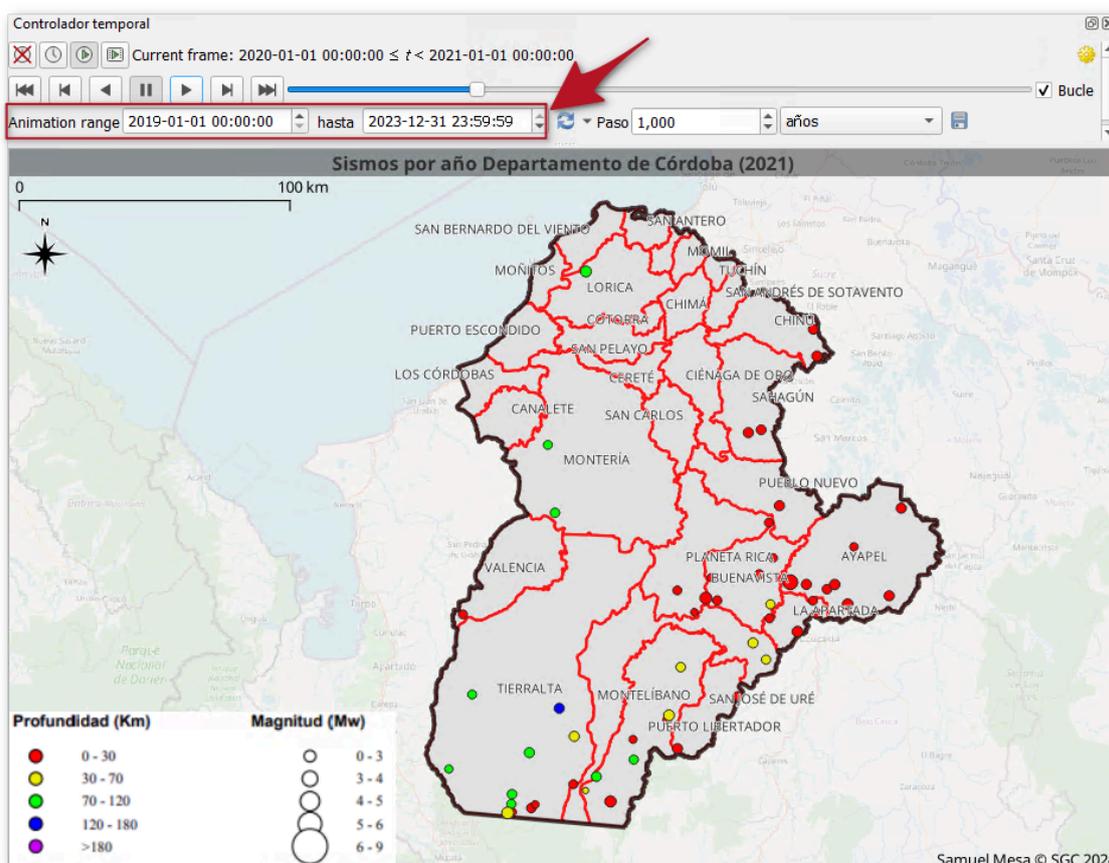


Imagen 8. Vista de mapa con las decoraciones

Realizar la representación de la animación usando una agregación por año.

4.2. Generar la secuencia de imágenes y animación

La secuencia de imágenes se puede almacenar en formato PNG para la generación de la animación final. Asegurarse de que la vista esté correctamente configurada y luego utilizar las opciones de exportación.

Paso 8. Una vez configuradas las decoraciones del mapa y el despliegue del departamento de Córdoba, hacer clic en el botón de **Exportar animación**  en la barra de herramientas del Panel de control temporal. En la ventana seleccionar **(1)** el nombre de las imágenes de salida y el directorio donde se guardarán, en **(2)** habilitar las decoraciones del mapa, en **(3)** configurar las fechas desde 2018 hasta 2024 con hora 23:59:59, para la generación de todos los fotogramas necesarios y en **(4)** seleccionar 1 año de agregación temporal.

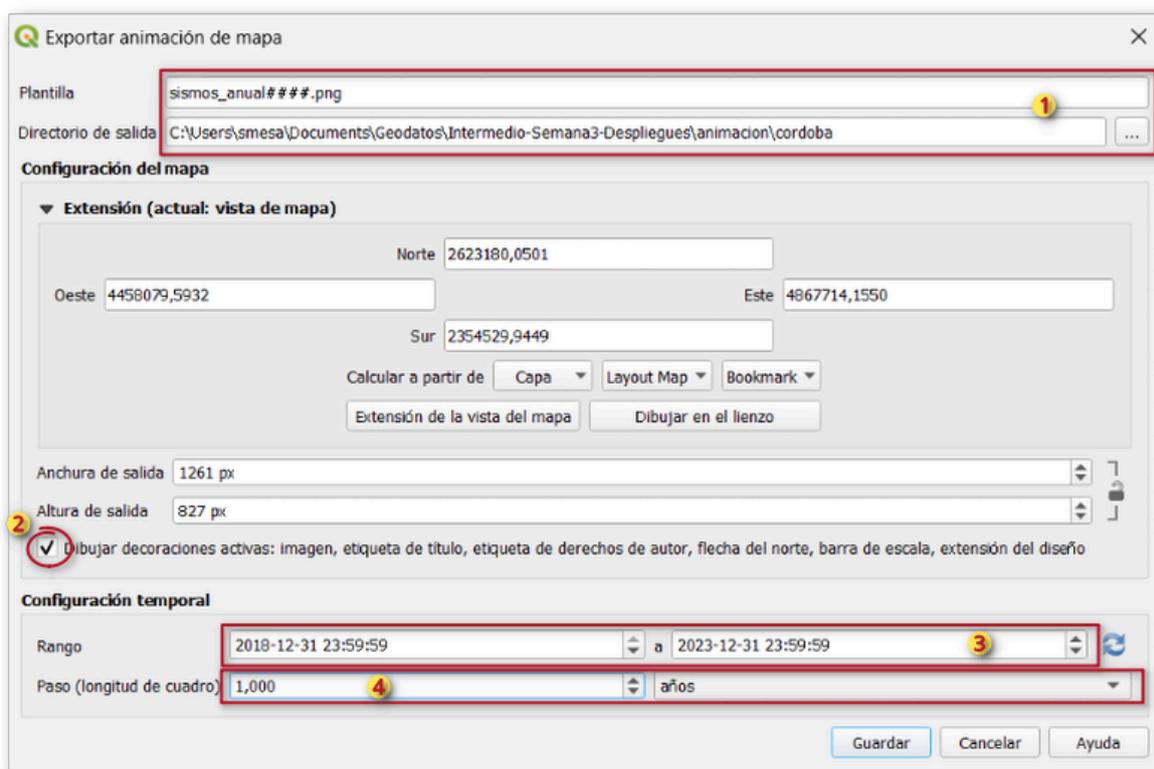


Imagen 9. Exportar secuencia de imágenes como animación

Paso 9. Al hacer clic en el botón **Guardar**, se generarán todas las secuencias en formato de imagen. A continuación, eliminar los fotogramas correspondientes a 2018 y a los posteriores a 2023. Luego, utilizar un servicio en web como <https://ezgif.com/maker> para crear la animación en formato GIF.

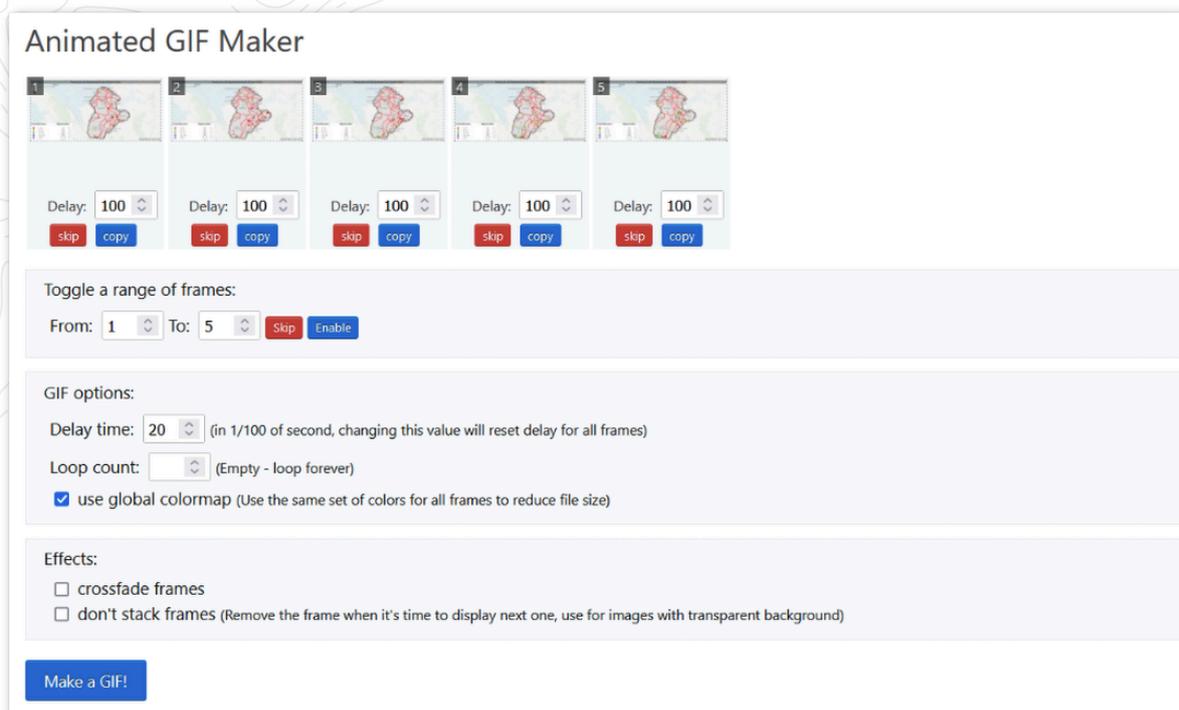


Imagen 10. Animación GIF generada con ezfig

Tener en cuenta en la herramienta anterior, aumentar el tiempo de retraso o Delay de cada fotograma a 100.

Algunos ejemplos de salidas se muestran a continuación:

[Animación GIF del Departamento de Córdoba de Sismos \(2019 a 2023\).](#)

[Animación GIF Mapa de Calor de Sismos del Departamento de Córdoba \(2019 a 2023\)](#)

4.3. Configuración de representación de eventos acumulados

Para generar las representaciones con eventos acumulados sobre el tiempo, habilitar desde las propiedades de la capa sismos, en la pestaña **Temporal**, la opción **Accumulated features over time**.

Algunos ejemplos de salidas se muestran a continuación:

[Animación GIF del Departamento de Córdoba Sismos Acumulados \(2019 a 2023\).](#)

[Animación GIF Mapa de Calor Acumulado de Sismos del Departamento de Córdoba \(2019 a 2023\)](#)

5. Entregable del ejercicio

La entrega debe consistir en un archivo **ZIP** de la carpeta raíz del proyecto, excluyendo la carpeta de **INSUMOS**. Los archivos son los resultados del desarrollo del ejercicio 1 de la semana 3 y deben incluir lo siguiente:

- El proyecto `BIP_offline.qgz`, que muestre el resultado de la configuración multitemporal de capas y del proyecto.
- Generar la animación GIF de los *sismos anuales* del Departamento de Córdoba para el período de 2019 a 2023, utilizando el estilo de nombre **SGC**. Incluir todas las ilustraciones requeridas.
- Generar la animación GIF del *mapa de calor de los sismos anuales* del Departamento de Córdoba para el período de 2019 a 2023, utilizando el estilo de nombre **heatmap**. Asegúrate de incluir todas las ilustraciones requeridas.
- Generar la animación GIF de los *sismos anuales acumulados* del Departamento de Córdoba para el período de 2019 a 2023, utilizando el estilo de nombre **SGC**. Incluir todas las ilustraciones requeridas.
- Generar la animación GIF del *mapa de calor de los sismos anuales acumulados* del Departamento de Córdoba para el período de 2019 a 2023, utilizando el estilo de nombre **heatmap**. Asegúrate de incluir todas las ilustraciones requeridas.

Ejercicio 4

Despliegues, animaciones y visores 3D Web

1. Introducción

De manera similar a los despliegues temporales de los datos geográficos, las representaciones generalmente se limitan a dos dimensiones o planos, utilizando una proyección ortogonal. Para estos casos, el relieve se representan mediante isolíneas de curvas de nivel o mapas de sombras. Sin embargo, dado que se pueden asociar los valores de altura, ya sea en un modelo digital de elevaciones (**DEM**) y/o extruídos sobre el mismo, su representación puede realizarse en interfaces gráficas más avanzadas, como las ofrecidas de forma nativa por **QGIS** o a través de complementos adicionales como **QGIS2threejs**.

Los datos geográficos del **SGC** permiten visualizar información de alturas o profundidades, como en el caso de sismos o pozos, así como las proyecciones de unidades geológicas, buzamientos y fallas geológicas en vistas 3D, entre otros posibles despliegues.

En este ejercicio, se explorarán las posibilidades de despliegue de datos en 3D, asociando valores de altura a partir de diferentes estructuras de datos ráster y de malla, así como la extrusión de elementos vectoriales en las vistas 3D. También se revisará el despliegue de teselas 3D, una opción disponible en las últimas versiones de **QGIS** que permite representaciones más completas con las tecnologías actuales de capturas de datos. Finalmente, se abordará la generación de visores web, animaciones y narrativas interactivas con mapas.

2. Datos, software y recursos necesarios

Para el desarrollo correcto del presente ejercicio práctico se requiere las siguientes herramientas y datos:

- Revisión de los contenidos teóricos de la tercera semana (Grabación disponible en la **Plataforma de Aulas Virtuales del SGC**)([Enlace web](#)).
- **QGIS Desktop** versión 3.34.x o superior.
- **Datos del ejercicio:** Corresponde a los datos de una zona de estudio del Banco de Información Petrolera (**BIP**) del **SGC** y las capas del **IGAC: datos**.

3. Despliegue de vistas en 3D

Utilizando el proyecto generado en `BIP_offline.qgz` y los datos proporcionados, se realizan visualizaciones tridimensionales de varios elementos de interés, aprovechando las capacidades de despliegue en 3D del software.

* Nota 1

Debido a las exigencias de memoria y procesamiento que requiere la representación de visualizaciones en 3D, el proyecto se limita al alcance del departamento del Atlántico.

3.1. Configuración del DEM y Sistema de Referencia Vertical

Paso 1. En el conjunto de datos descargados, abrir el proyecto denominado `BIP_offline.qgz`. Agregar el archivo ráster `atlantico_curvas_nivel` y organizar debajo de la capa base de **OSM Standard**. A continuación, acceder a las propiedades del proyecto y seleccionar la pestaña **Terreno** (o “**Elevation**” en versiones más recientes). Asociar el **(1)** tipo de **DEM** y active el despliegue del mapa de sombras fotorrealista, habilitando las opciones predeterminadas **(2)** de **Global Map Shading**, **Eye-Dome Lighting** y **Hillshade**. La configuración final corresponde a la imagen.

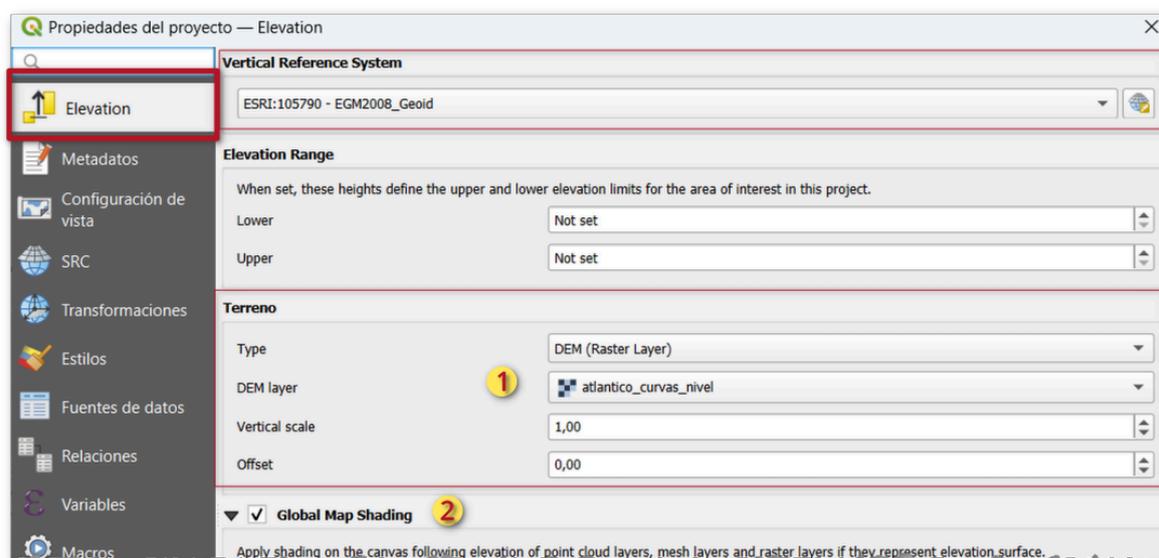


Imagen 1. Configuración del proyecto de las elevaciones

Observar que para las configuraciones se asocia, de forma similar a la opción temporal del proyecto, la vinculación del Terreno con la capa del **DEM** o malla (**mesh**). De igual forma, para las últimas versiones de **QGIS**, es posible asociar el Sistema de

Referencia Vertical, por ejemplo, un modelo geoidal. Para mayor información sobre esta opción, consultar el anuncio oficial del proyecto **QGIS** en y documentación del **IGAC**.

* Nota 2

Dado que el soporte y las modificaciones en los sistemas de referencia vertical son recientes, no es imprescindible utilizar esta configuración. Simplemente ajuste los parámetros disponibles en la pestaña de **Terreno**.

3.2. Despliegue de la vista en 3D

QGIS incluye de forma nativa una interfaz que permite el despliegue sencillo de vistas y datos en 3D, además de integrar dichas vistas en composiciones de mapas y reportes.

Paso 2. Desde el menú de **Ver** » **Vistas de Mapa 3D** » **Nueva vista de mapa 3D**, se abre una ventana que muestra el despliegue en **3D** del mapa **2D** actual. Para facilitar la navegación en la vista de mapa 3D, se recomienda habilitar el panel de navegación a través del botón de  **Alternar navegación en pantalla** o utilizar los siguientes atajos de teclado: **clic izquierdo sostenido** para desplazar la vista, rueda del ratón sostenida para inclinar verticalmente, y **clic derecho** para acercar. Como alternativa, usar **clic derecho sostenido** junto con las teclas **ALT**, **SHIFT** o **CTRL** para realizar las mismas acciones. El tipo de proyección de la vista puede cambiarse entre perspectiva y proyección ortogonal desde el botón de  **Zoom completo**.

* Nota 3

Es fundamental verificar la versión de **QGIS** en uso, pues algunas versiones pueden presentar problemas en la visualización 3D y con el complemento que se abordará más adelante. Para mayor estabilidad y menor incidencia de errores, se recomienda instalar **QGIS** a través de OSGeo4W.

Desde el menú principal de la vista 2D de **QGIS**, en **Ver** » **Vistas de Mapa 3D** » **Administrar vistas de mapa 3D**, es posible cambiar, duplicar y visualizar las distintas vistas en 3D. Para la vista actual, cambiar el nombre a **Mapa 3D DEM**.

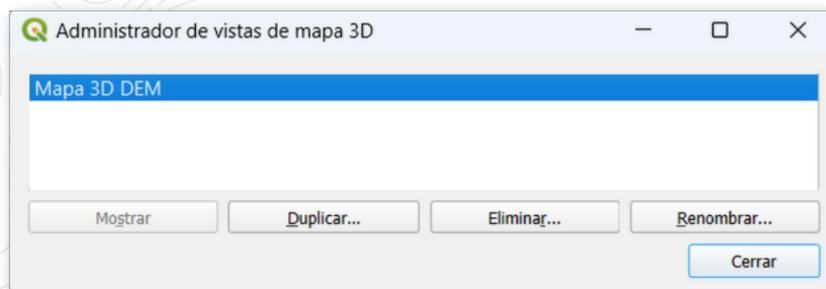


Imagen 2. Administrador de vistas de mapa 3D

3.3. Configuración de la vista en 3D

Las configuraciones pueden variar entre versiones de QGIS, pero, básicamente, se asocian los valores de altura de la vista a partir de un DEM, junto con otras opciones como la configuración de luces, efectos y la sincronización con la vista 2D.

Paso 3. Ingresar a la opción de  **Configurar** y verificar o ajustar el terreno asociado al DEM raster, la exageración vertical, la resolución de visualización y el despliegue de etiquetas. En la configuración de **(1) Terreno**, asociar en **(2)** el DEM para representar las elevaciones en perspectiva. En **(3)**, seleccionar las opciones de mejora de visualización; Se recomienda exagerar verticalmente el despliegue con un valor de 2, aumentar la resolución de las teselas de 64 px a 512 px, y ajustar la altura lateral a 100 para corregir los agujeros generados en las teselas. En la pestaña **(4) Avanzado**, **(5)** mejorar la resolución de las teselas de mapa a 512 px o 1024 px, y en **(6)** habilitar la opción de **Mostrar etiquetas**. Configurar la resolución de acuerdo con la capacidad del equipo; un mayor valor proporciona una mejor representación, aunque a expensas de un mayor consumo de recursos del computador.

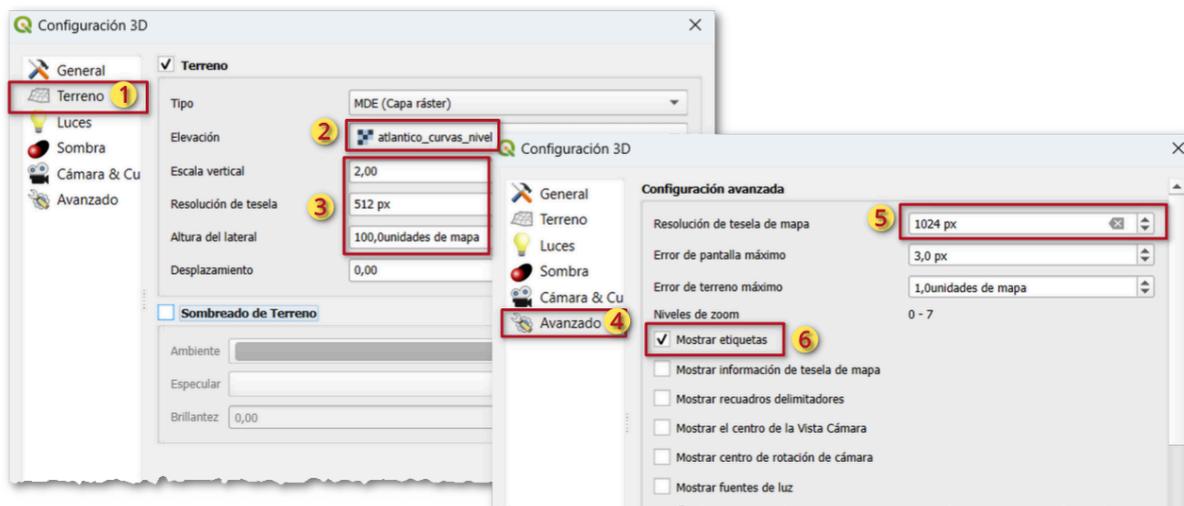


Imagen 3. Configuración de la representación de la vista de mapa 3D

Al aceptar la configuración, se podrán observar las mejoras en el despliegue, incluyendo las etiquetas definidas en el mapa 2D. Para terrenos muy planos, se puede exagerar la representación ajustando la altura del DEM según el valor ingresado. Para integrar la visualización 2D y 3D en las vistas de mapa, si no se dispone de una segunda pantalla, se recomienda  *Acoplar la vista de mapa 3D*. Además, habilitar la sincronización entre vistas desde la opción en la barra de herramientas de la vista de mapa 3D  o , seleccionar las opciones de *Vista de mapa 2D sigue a cámara 3D* y *Mostrar área visible de cámara en vista de mapa 2D*. También se puede probar la opción alternativa *Mostrar iluminación de cúpula focal*.

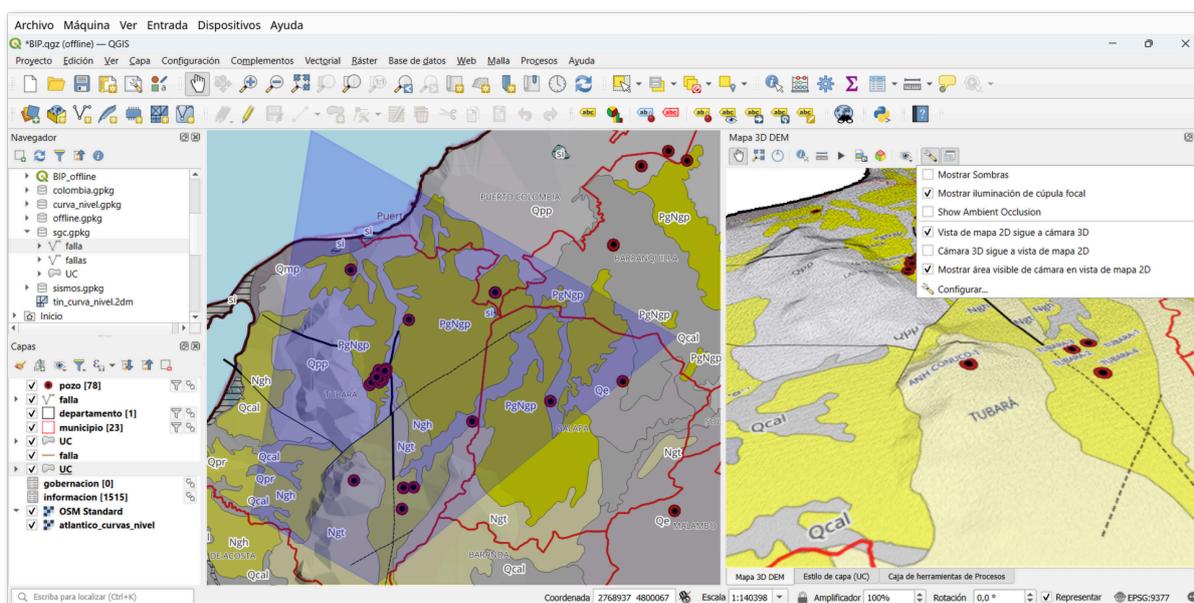


Imagen 4. Despliegue de mapa 3D inicial del proyecto

 **Nota 4**

Si el consumo de recursos para la representación es muy alto, se recomienda deshabilitar las opciones de sincronización entre vistas y reducir la resolución de las teselas.

3.4. Configuración de alturas en capas vectoriales

El modelo vectorial permite almacenar coordenadas 3D, donde cada vértice puede incluir la altura proporcionada, generalmente durante la digitalización, o transferida directamente desde un modelo digital de elevaciones (DEM). Es importante señalar que los valores de altura se almacenan en la dimensión de la geometría *Z* o *m*, y pueden ser coordenadas absolutas de altitud sobre el nivel medio del mar, o relativas, es decir, altura o profundidad respecto al valor del terreno.

Paso 4. Para transferir o definir los valores de altura en los vértices de una geometría vectorial, se debe utilizar la herramienta de **Drapeado (Establecer el valor Z del raster)** y agregar la altura a partir del modelo digital de elevaciones raster. En la Imagen 5, se selecciona **(1)** la capa vectorial de **pozo**, **(2)** el modelo digital de elevaciones del Atlántico previamente agregado, y **(3)** se guarda el resultado con el nombre **pozo_3D**. La altura se define por defecto como una coordenada Z absoluta. Es posible, además, establecer un desplazamiento en el algoritmo, ya sea sumando o restando al valor de altitud definido en el DEM, lo que resulta útil, por ejemplo, para definir alturas o profundidades, respectivamente. También se puede establecer un valor predeterminado para los casos en que no se obtenga un valor de Z desde el MDE, siendo el valor predeterminado 0.

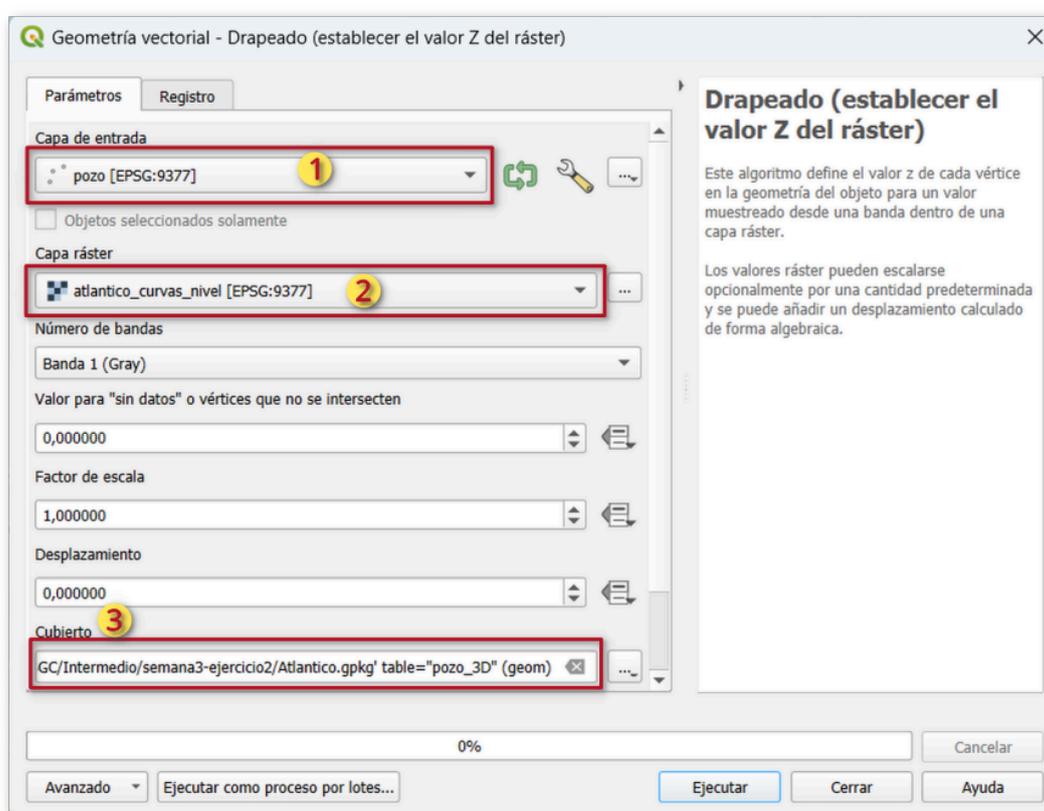


Imagen 5. Establecer valores de Z en una capa vectorial

3.5. Representación 3D de capas vectoriales punto

Los vectores permiten la representación de simbología en 3D, ofreciendo diversas opciones de despliegue. Al utilizar únicamente el DEM su representación corresponde a un *Modelo Digital del Terreno (DTM)*. En cambio, al incorporar valores de altura o profundidad, extraer el elemento o agregar un objeto de representación, se obtiene un *Modelo Digital de Superficies (DSM)* (Ver en [USGS](#)).

Paso 5. La simbología en **3D** se aplica a las capas vectoriales. Para la capa **pozo_3D**, seleccionar la opción de  **Vista 3D**. Inicialmente, se puede desplegar un icono en formato **SVG**. Posteriormente, se puede utilizar un modelo tridimensional específico con diferentes modos de despliegues de texturas.

Representación Billboard

En este caso, se utilizará la forma denominada *Billboard* y para el símbolo de la cartelera se empleará el icono llamado `well.svg`, con un tamaño de 20 mm, proporcionado en la carpeta de **recursos**. El tipo de fijación de altura es absoluto, y se ajustará la altura de la cartelera a 103 para compensar el tamaño del icono SVG.

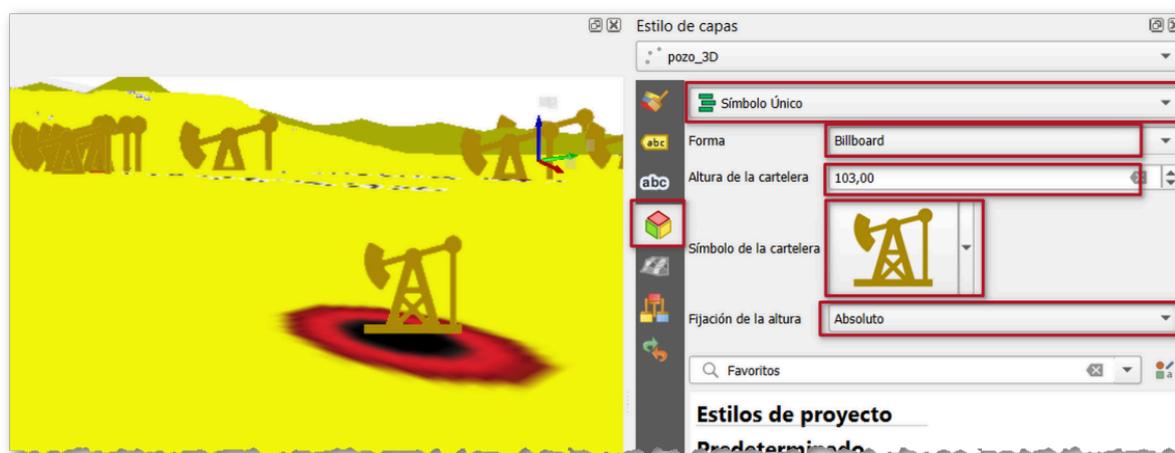


Imagen 6. Vista 3D Billboard

Representación de objeto 3D

Al usar modelos 3D en formatos `.obj`, `.glTF` y `.fbx`, se puede representar geometrías de tipo punto. Estos modelos pueden encontrarse en línea y en la página de modelos 3D de **QGIS Hub**. Para el despliegue, seleccionar desde la opción de  **Vista 3D** en la capa **pozo_3D**, elegir la forma **Modelo 3D**, y utilizar el archivo `pozo.obj` de la carpeta de **recursos**. Configurar el sombreado como **CAD (Gooch)**, redimensionar el modelo, y ajustar las escalas **X**, **Y** y **Z** a 10. Compensar la altura de traslación con un valor de **80**, como se muestra a continuación.

Consejo 1

Se puede construir o editar objetos 3D utilizando herramientas de software libre y de código abierto, como **Blender**, **FreeCAD** o **MeshLab**.

Probar las diferentes opciones de sombreado ofrecidas para el despliegue de color en el objeto 3D.

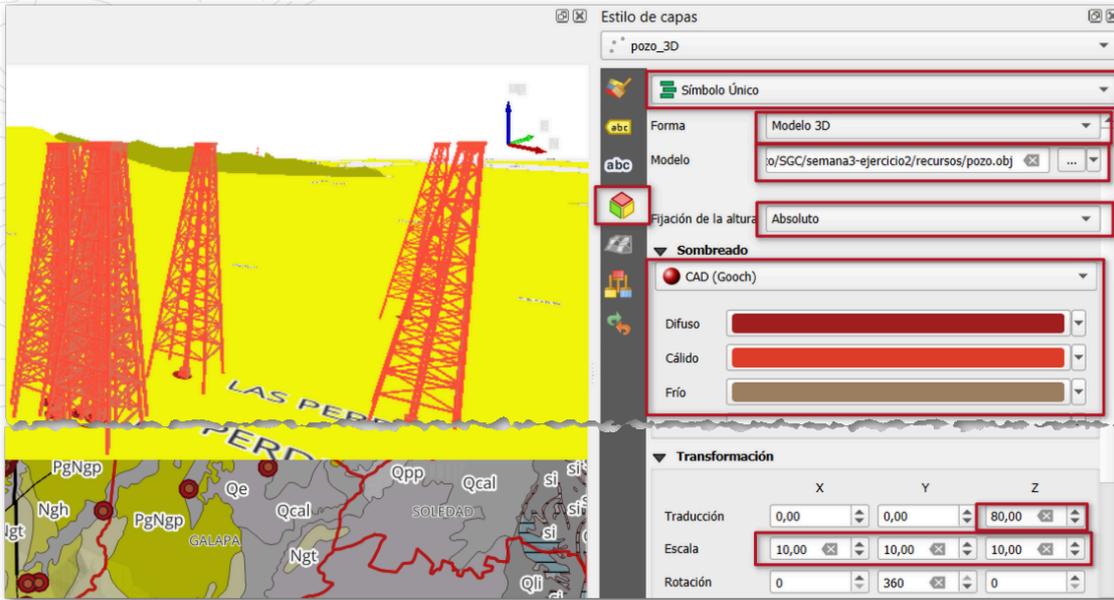


Imagen 7. Despliegue de objetos 3D en puntos

Representación 3D de los sismos

Paso 6. Agregar la capa de **sismo** desde la base de datos `sismos.gpkg`. En este caso, establecer el valor de Z con valores de elevación relativos, calculados a partir del campo de profundidad en kilómetros, utilizando la herramienta Establecer valor Z. Emplear una expresión de conversión de la profundidad a metros, acceder a *Expression Builder* desde la opción **Editar**, recordando que este valor debe ser negativo para restar como altura relativa al terreno definido por el DEM. Almacenar esta capa como **sismo_3D**.

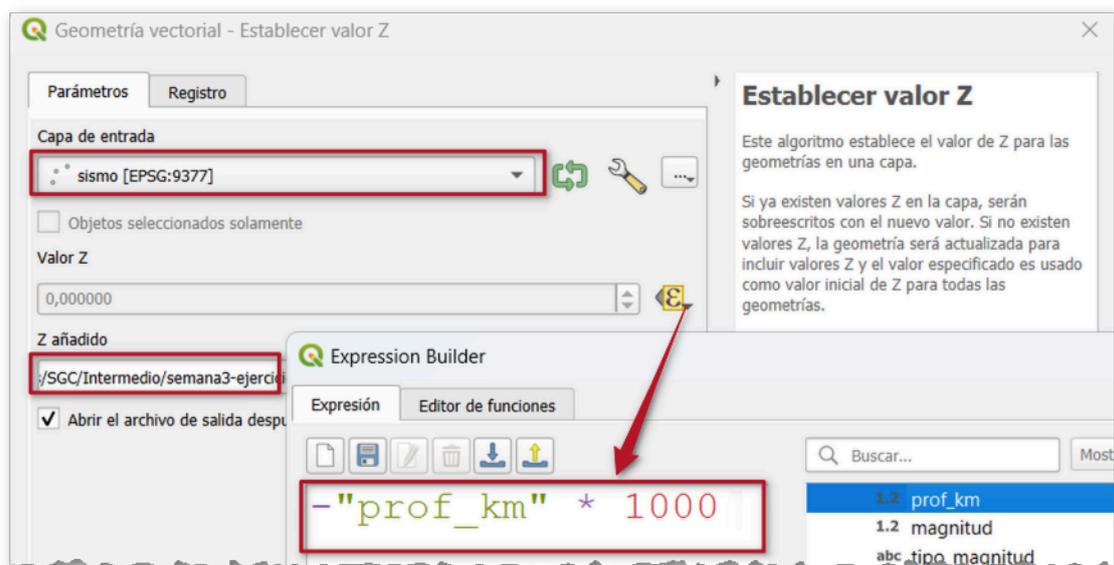


Imagen 8. Definir las alturas relativas al terreno

Paso 7. En la capa **sismo_3D**, realizar la representación utilizando la forma **Esfera** con un radio de 1000 m y modificar la simbología de sombreado.

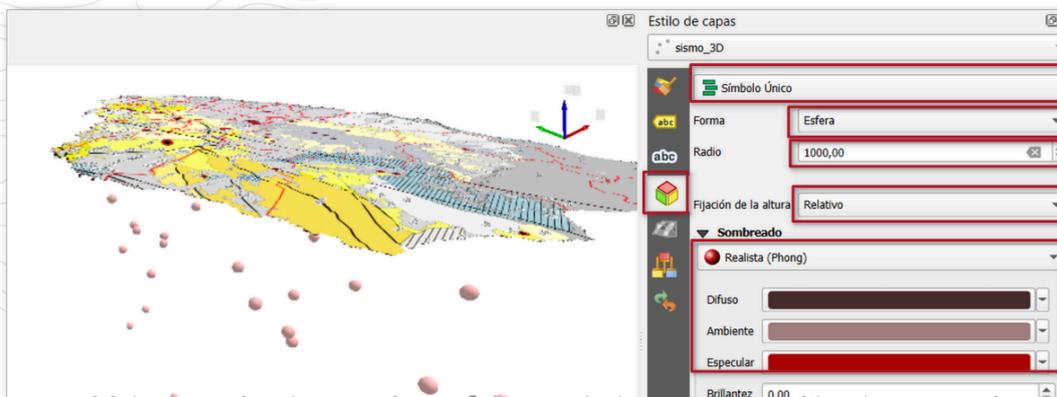


Imagen 9. Despliegue de los sismos con alturas relativas de profundidad

3.6. Representación 3D de capas vectoriales de líneas

Paso 8. Con la capa de **fallas**, realizar el proceso de **Drapeado (Establecer el valor Z del ráster)** utilizando el modelo digital de elevaciones del departamento. Almacenar el resultado con el nombre **falla_3D**.

Representación de simbología en 3D de las fallas

Paso 9. En las propiedades de representación de la capa **Vista 3D** de la capa **falla_3D**, seleccionar **Símbolo único** con la fijación de altura absoluta, ya que los valores de altura se obtuvieron del DEM. Proyectar las líneas como una lámina debajo del terreno, con un valor de -2500 m. Es importante tener en cuenta que la extrusión corresponde a la representación 3D y que la altura determina la posición del elemento. Adicionalmente, configurar el sombreado y la representación.



Imagen 10. Representación de líneas de fallas en 3D

3.7. Representación 3D de capas vectoriales de polígonos

En esta representación, se propone realizar un despliegue con una base a partir de las Unidades Cronoestratigráficas del departamento y luego extruir los valores correspondientes.

Paso 10. Utilizar la capa de **UC** y el modelo digital de elevaciones **aster_gdem_v3.tif** para realizar el proceso de **Drapeado (establecer el valor de Z del ráster)** y definir en los vértices de los polígonos los valores de altitud o alturas absolutas. Tener en cuenta que se establecerá una extrusión de 2500 m como valor de desplazamiento y se asignará un valor por defecto para los casos sin datos. Almacenar esta capa como **UC_3D**.

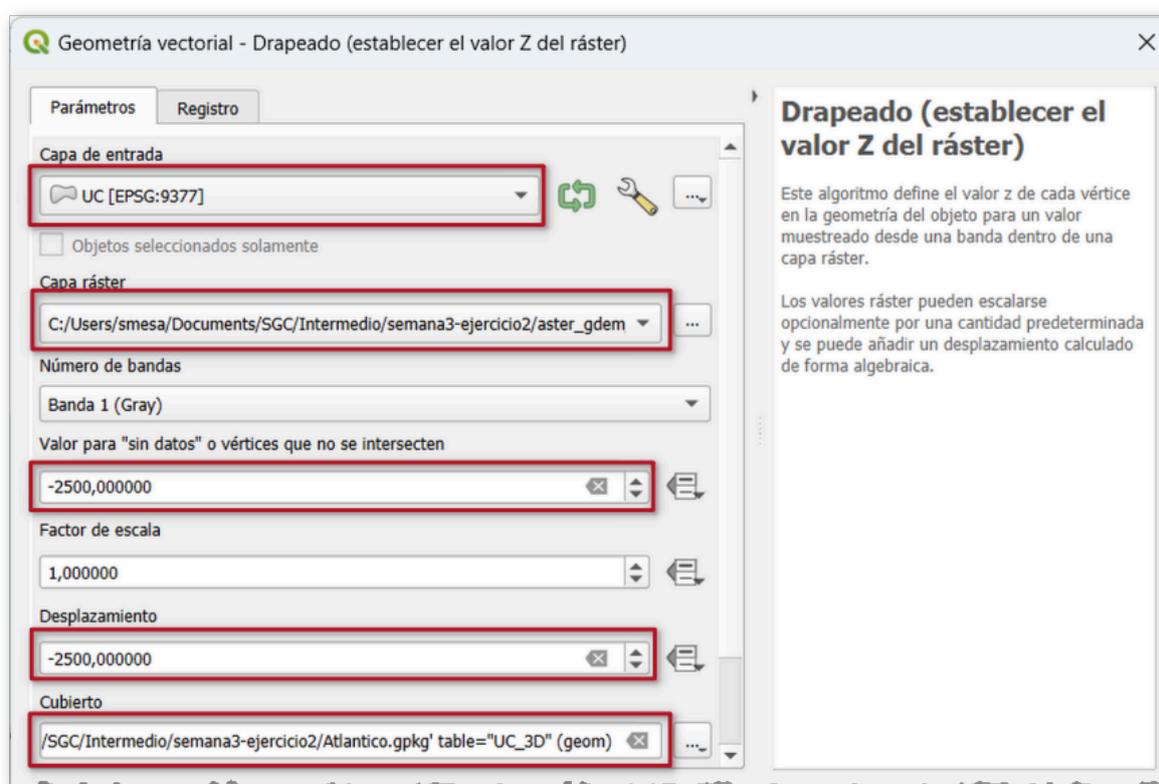


Imagen 11. Establecer alturas relativas en capa UC

Paso 11. La representación de **UC_3D** se configura con la simbología de **Símbolo único de muros**, aplicando una extrusión de **5000 m** para compensar el valor de escala vertical de 2. Se debe establecer la fijación de alturas relativas.

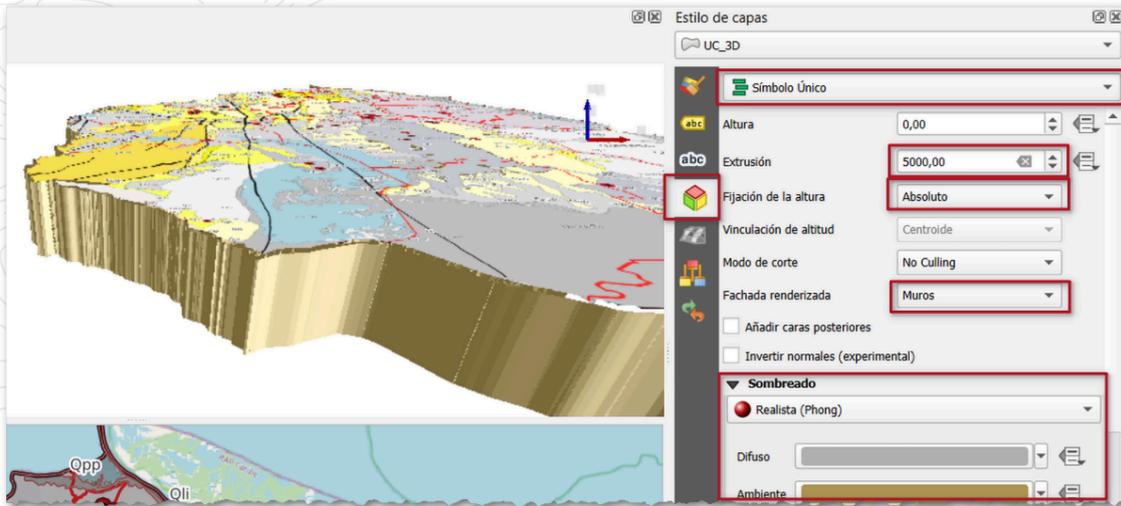


Imagen 12. Representación de la UC en 3D

Representación 3D basada en reglas de la simbología de UC

Es posible realizar el despliegue de simbología categorizada mediante el renderizador de simbología 3D basado en reglas. Para este caso, se proporciona un estilo predefinido para la representación de cada UC con un color específico, lo que permite obtener una representación en corte del terreno.

Paso 12. Sobre la capa **UC_3D**, cargar la simbología ubicada en la carpeta de **recursos** con el nombre **UC3D.qml**. Para explorar la definición de cada regla, ingresar a algunas de ellas y revisar su configuración. En este caso, se utilizó una expresión basada en el campo de **color** para definir el color de los muros.

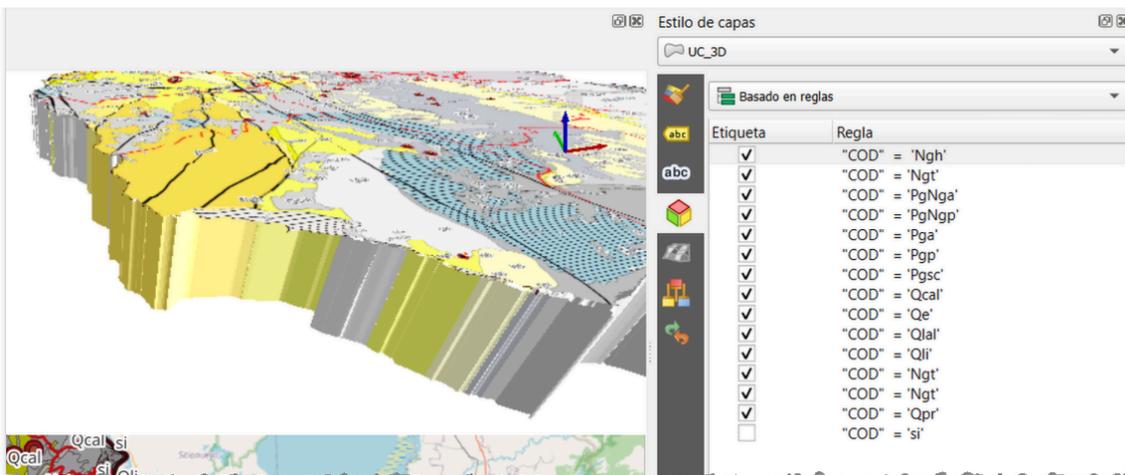


Imagen 13. Representación 3D de UC basado en reglas

3.8. Exportando la vista de mapa en 3D

Es posible exportar el trabajo de representación en 3D utilizando herramientas para imágenes estáticas, animaciones o formatos editables de 3D en software de edición de objetos 3D.

Paso 13. Usar la herramienta de  Exportar como Imagen desde la Vista de Mapa 3D para guardar todos los resultados en la carpeta denominada Salidas. Esto se puede encontrar en el siguiente ícono .

Utilizar la herramienta de  **Animaciones** para desplegar el panel de control de fotogramas. El proceso consiste en cambiar la posición en la vista del mapa y agregar un fotograma en cada cambio. La interpolación conectará la trayectoria generada anteriormente. Para facilitar el proceso, eliminar los primeros dos fotogramas con la opción  **Eliminar fotograma clave** y añadir la posición de partida con  **Añadir fotograma clave** en 0s. Luego, cambiar la posición de la vista y agregar el segundo fotograma clave en 2s, y así sucesivamente hasta completar los 10 segundos de animación en intervalos de 2 segundos.

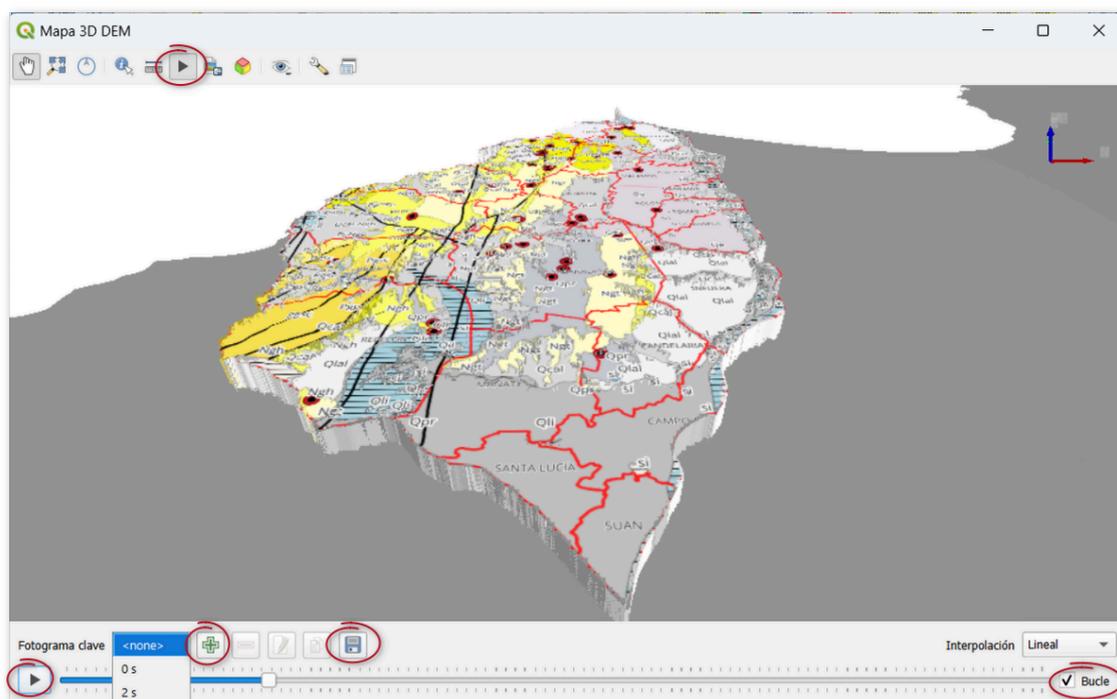


Imagen 14. Generación de animaciones con vistas de mapa 3D

Realizar la  reproducción y ajustar la interpolación para previsualizar la animación. Finalmente, usar el botón de  **Exportar los marcos de animación** en una carpeta vacía. Para la generación del video, se recomienda usar la herramienta

en <https://ezgif.com/webp-maker>, así como subir las imágenes en un archivo comprimido.

Adicionalmente, se ha agregado un fotograma de imagen con los títulos y la autoría del video en la aplicación de **ezgif**, utilizando las herramientas para agregar textos ofrecidas por la plataforma.

El resultado final se observa en:

<https://sgc.codeberg.page/recursos/animaciones/animacion3D.mp4>

* Nota 6

En el ejemplo de salida se muestra el despliegue de la capa de Colombia como mapa base de la animación. El uso de esta capa puede implicar una sobrecarga de recursos de memoria en la representación.

4. Representaciones 3D usando el complemento de Qgis2threejs

Qgis2threejs es un complemento disponible desde 2013 que permite generar despliegues en 3D y exportar en formato web utilizando la tecnología WebGL, basada en una serie de librerías de JavaScript, destacando principalmente la librería **three.js**. Entre sus características, Qgis2threejs complementa las limitaciones actuales de la representación de mapas 3D nativa de **QGIS**, ofreciendo la posibilidad de crear visores 3D Web interactivos. Además, permite exportar en formatos adecuados para la edición en software e impresión 3D.

4.1. Instalar y configurar la representación el complemento

Paso 14. Después de instalar el complemento Qgis2threejs, se debe acceder a la configuración desde el menú **Web** » **Qgis2threejs** » **Qgis2threejs Exporter**. Esto desplegará una nueva ventana donde se llevará a cabo todo el proceso de configuración del visor 3D.

Se recomienda reiniciar el software **QGIS** después de la instalación del complemento. Si presenta algún error durante el despliegue 3D, para restablecer los parámetros del complemento, es necesario eliminar el archivo creado en la carpeta del proyecto con la extensión **.qto3settings*. Además, el **SRC** (Sistema de Referencia de Coordenadas) debe estar en coordenadas planas.

Configurar despliegue del DEM y la escena

Paso 15. Tener en cuenta que el despliegue corresponde a la vista actual del mapa 2D, por lo que se recomienda tener habilitada la visualización de las capas de **UC, falla, departamento, municipio** y el mapa base **OSM Standard**. Luego, en la ventana de **Qgis2threejs Exporter**, realizar la configuración en el panel de **Layers** del DEM (1), habilitando la visualización de la capa de **atlantico_curvas_nivel**. Posteriormente, ingresar en el menú **Scene » Scene Settings** (2), configurar la exageración vertical en 2 y definir la extensión espacial (3).

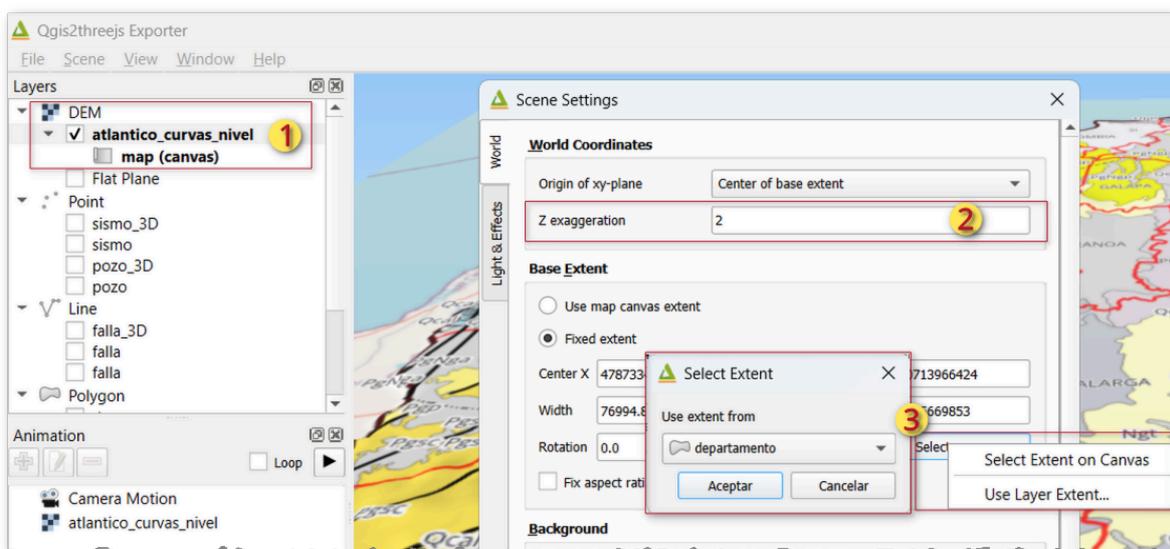


Imagen 15. Configurar escena y DEM

* Nota 7

En las propiedades de la capa DEM en **QGIS2threejs**, es posible el recorte con una capa de polígono, aunque la versión actual presenta un error que limita esta función. Como alternativa, se puede usar el rectángulo envolvente de la zona de estudio. Para crear una base con espesor específico, en la pestaña **Others** de las propiedades de la capa DEM, habilitar **Build sides with altitude** y definir un valor negativo en metros.

Para mejorar la resolución de la imagen del DEM, dentro de las propiedades de la capa, en la pestaña **Main** aumentar el ancho de la imagen (**Image Width (px)**) y el nivel de remuestreo, aumentando sobrecargas. Si ocurren errores, desplegados en la ventana principal de **QGIS**, cerrar **QGIS2threejs** y reiniciar desde la interfaz de **QGIS**.

Paso 16. Ingresar en las propiedades de la capa denominada **atlantico_curvas_nivel** y configurar en la pestaña **Main** (1). Eliminar el material por defecto y (2)  agregar

la opción **Select Layer(s)...** con las siguientes capas (3): **departamento**, **municipio**, **UC**, **falla** y **OSM Standard**. Este será el despliegue en el terreno. Habilitar (4) **Enable Shading** para representar un sombreado. Igualmente, desde la pestaña **Others** cambiar el nombre de la capa a **DEM**.

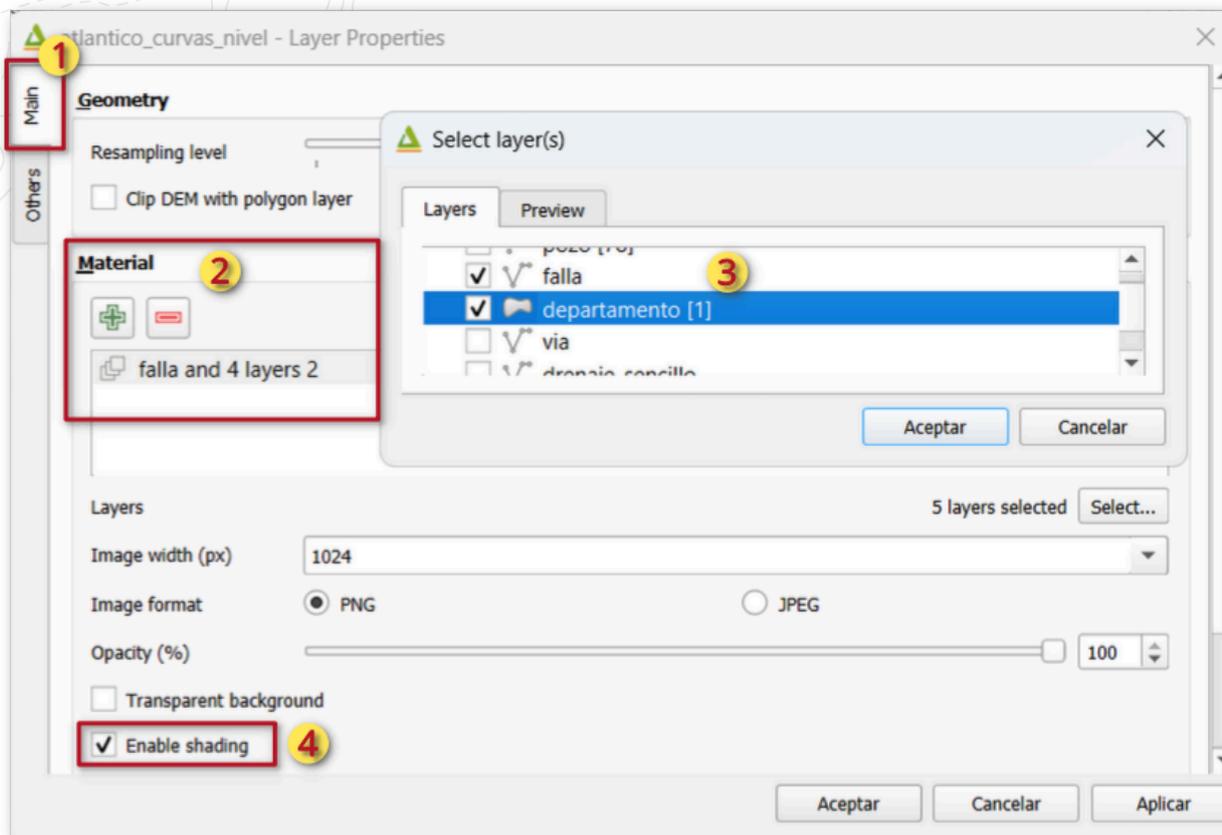


Imagen 16. Configuración del despliegue de la vista 3D

Despliegue 3D de capas puntos

Paso 17. Usar la capa **pozo_3D** y **sismo_3D**, previamente configurada con valores de altura Z, para realizar el despliegue en la capa. Luego, en las propiedades de la capa **pozo_3D**, seleccionar en la pestaña (1) **Main** el tipo (2) **3D Model**, con modo de coordenadas (3) **Absoluta**, y agregar una altura de (4) **-90** m. Seleccionar el archivo de modelo denominado (5) **pozo.glb** de la carpeta de **recursos**, y establecer (6) la escala en 50 metros para la altura del objeto. En la pestaña **Others**, cambiar el nombre a **Pozo de EPIS**.

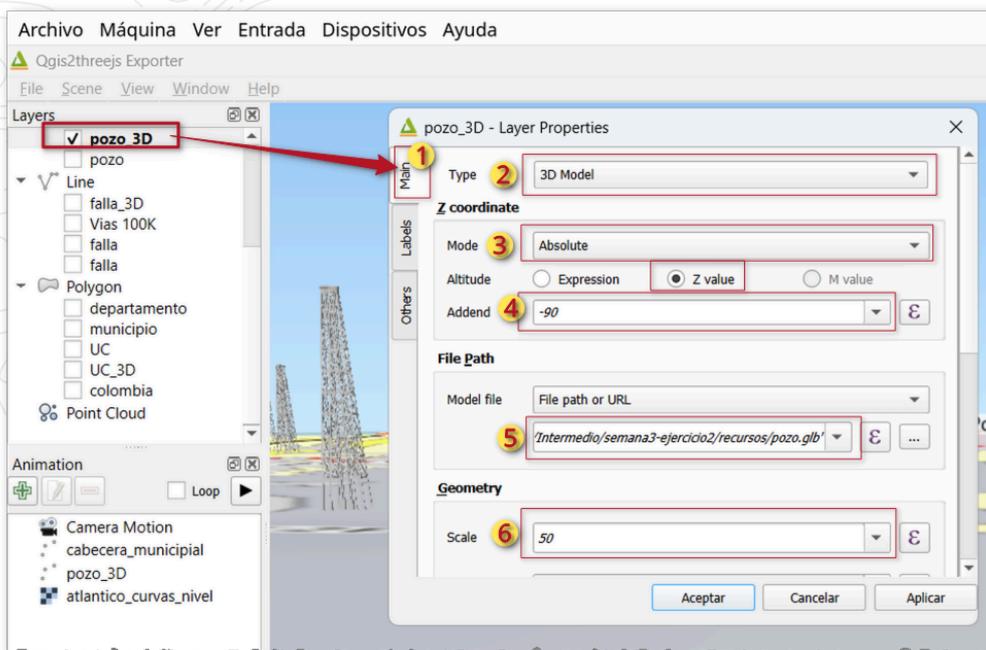


Imagen 17. Despliegue de objeto 3D de pozo

Para la capa **sismo_3D**, realizar el proceso de configuración en la pestaña (1) **Main**, seleccionando el tipo (2) **Cilindro**, con modo de coordenadas (3) **Absoluta**, y estableciendo una altura de (4) valor de coordenada Z. Configurar un radio de (5) **300 m** y una altura del objeto 3D (6) utilizando la expresión **prof_km * 1000** basada en el valor Z. En la pestaña **Others**, cambiar el nombre de la capa a **Sismo** y deshabilitar la opción **Visible on load**. Por último, (7) en **Material** establece un color.

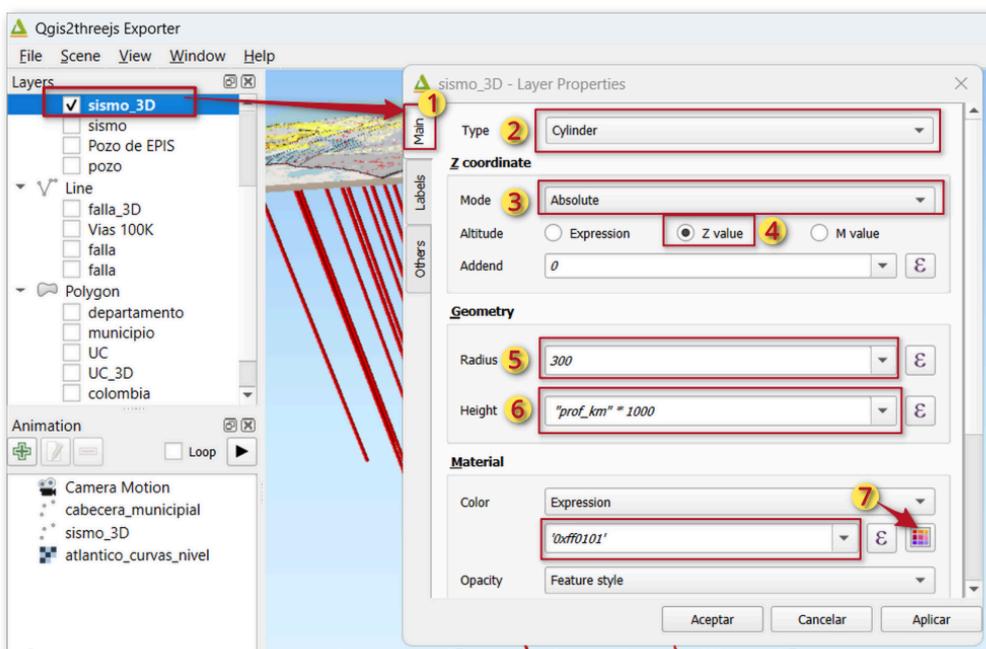


Imagen 18. Configuración de sismos 3D

Despliegue 3D de capas líneas

Paso 18. Sobre las propiedades de la capa **falla_3D**, realizar la configuración en la pestaña **(1) Main**, seleccionando el tipo **(2) Muro (wall)**, con un valor de profundidad de **(3) -5000 m** y **(4)** eligiendo un color para la proyección de la falla en 3D. En la pestaña **Others**, cambiar el nombre a **Falla** y deshabilitar la opción **Visible on load**.

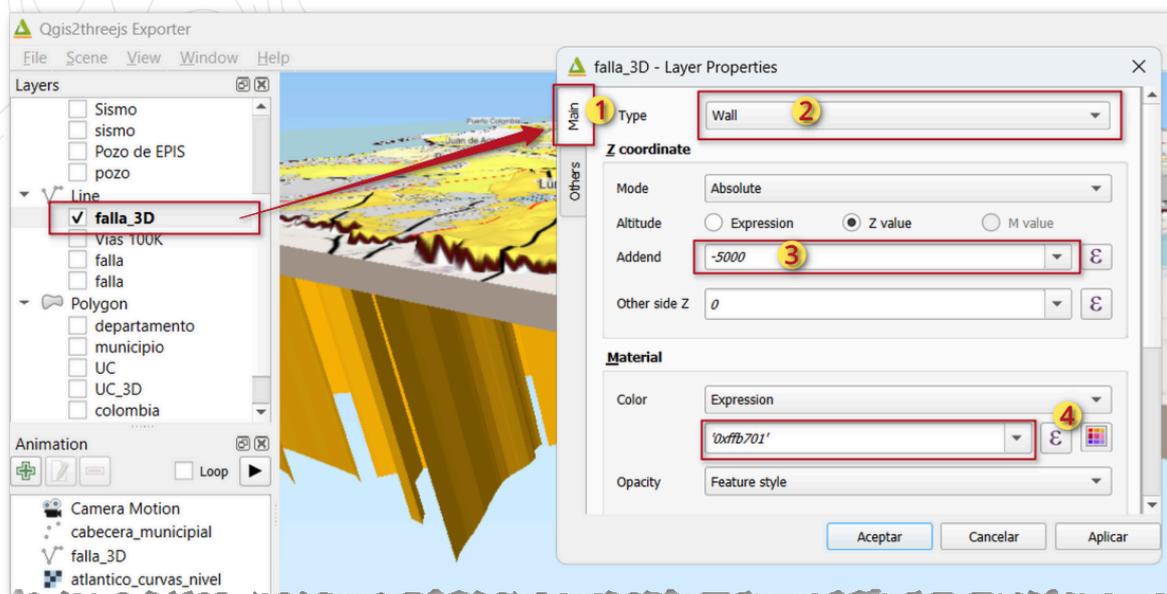


Imagen 19. Despliegue de objeto 3D de falla

Despliegue 3D de las capas polígonos

Paso 19. En este caso, realizar la proyección de la capa **UC_3D**. En las propiedades, seleccionar en la pestaña **(1) Main** el tipo **(2) Extruido**, con modo de coordenadas **(3) Absolutas**, y establecer la altura de base en **-5000 m** y la altura de extrusión en **5000 m**. Elegir el despliegue de **(4) color** desde el campo correspondiente. Adicionalmente, en la pestaña **Others**, cambiar el nombre a **Unidad Cronoestratigráfica**.

En 3D, **extruir** es un proceso que permite transformar una geometría bidimensional (2D) en una forma tridimensional (3D) al añadir una dimensión adicional. Este proceso se utiliza comúnmente para crear modelos 3D a partir de contornos o perfiles 2D.

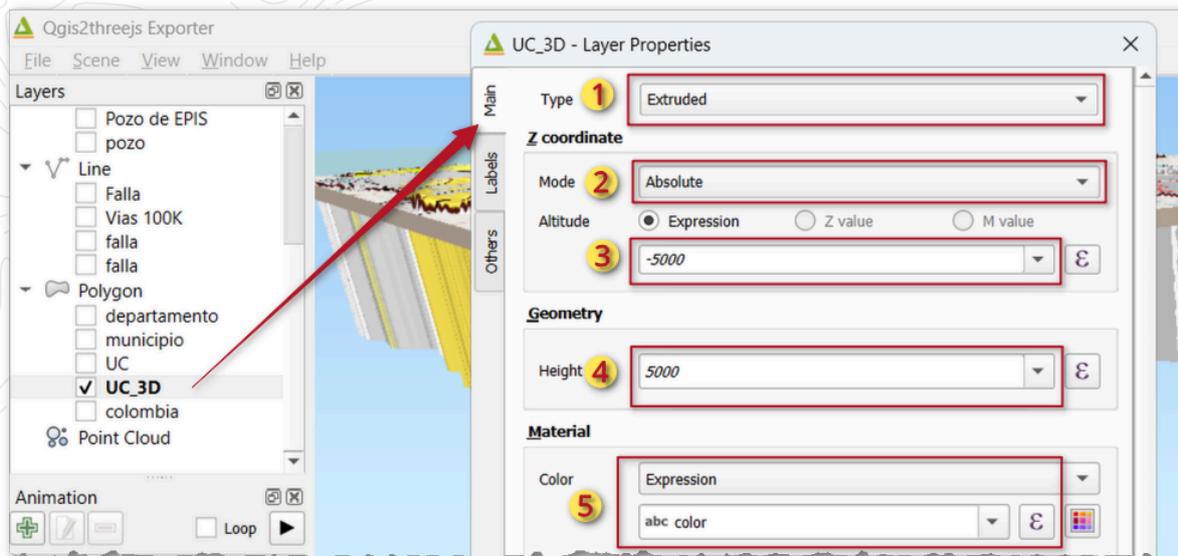


Imagen 20. Despliegue de objeto 3D de UC

Despliegue de etiquetas 3D

Paso 20. Agregar la capa llamada **cabecera_municipal** desde `colombia.gpkg` y luego acceder a sus propiedades desde **QGIS2threejs**. En la pestaña **(1) Main**, seleccionar el **(2) tipo Esfera** y configurar tanto la **(3) altura** como el **(4) radio** a 0 m. En la pestaña **(5) Label**, ajustar el despliegue de la etiqueta configurando la **(6) posición Relativa** a una altura de 80 m, establecer la **(7) etiqueta** del campo como **NOMBRE**, y definir **(8) el tamaño** de la etiqueta como **small**. Finalmente, cambiar el nombre de la capa a **Cabecera Municipal** para que la etiqueta se muestre correctamente en 3D.

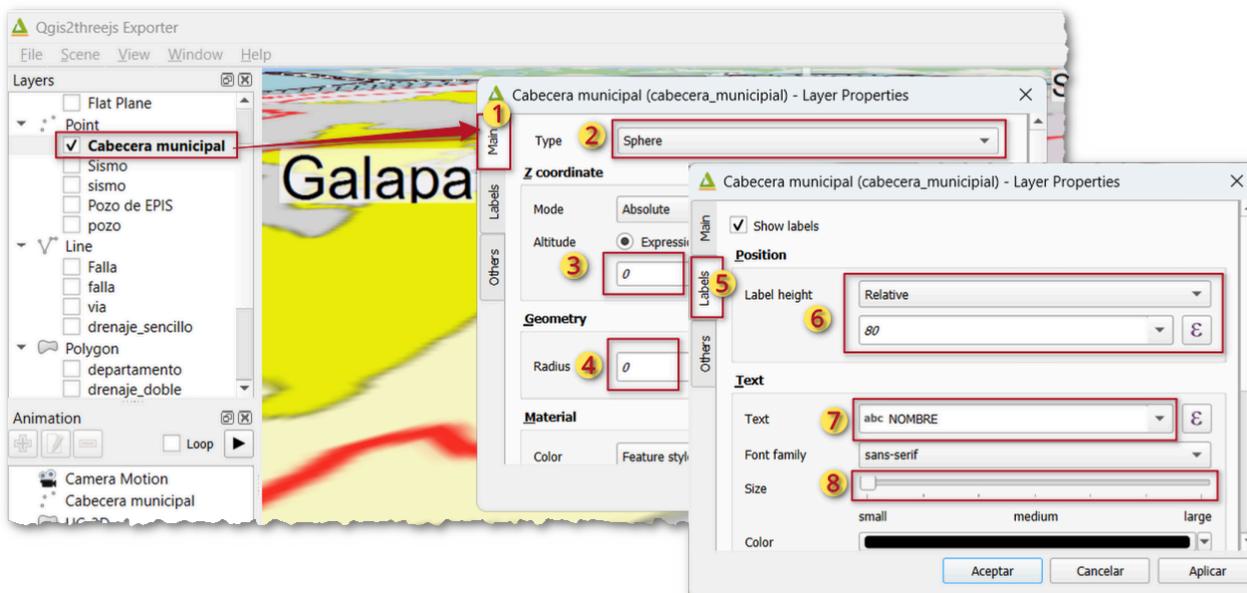


Imagen 21. Configurar etiquetas 3D de la Cabecera Municipal

4.2. Exportar visor 3D Web

Una de las ventajas del complemento Qgis2threejs es que permite generar un visor web para el despliegue en 3D, ofreciendo opciones para agregar narrativas y contenido multimedia. A diferencia del visor 3D nativo de **QGIS**, este visor web no solo permite visualizar trayectorias en puntos específicos, sino que también incorpora elementos interactivos y multimedia.

Además, es posible configurar las capas que serán consultables y añadir componentes **HTML**, como flechas de orientación y datos de autoría, para proporcionar una experiencia más completa y enriquecedora en la visualización de los datos.

Configurar capas con atributos de consulta.

Paso 21. Esta opción se aplica a las capas denominadas **pozo_3D (Pozo de EPIS)**, **UC_3D (Unidad Cronoestratigráfica)** y **sismo_3D (Sismo)**. En la pestaña **Main** de las propiedades de cada capa, en la parte inferior habilitar la opción **Export Attributes**. Esto permitirá que, al hacer clic sobre los elementos 3D en la vista, se despliegue la información correspondiente a cada elemento.

Configurar los componentes HTML (widgets) en el mapa.

Paso 22. Desde el menú de **View** » **Widgets**, habilitar los componentes de flecha norte y las etiquetas de encabezado y pie de página. A continuación se propone ingresar como encabezado el texto en **HTML** como “**<h3>Departamento del Atlántico</h3>**” y pie de página la autoría del visor.

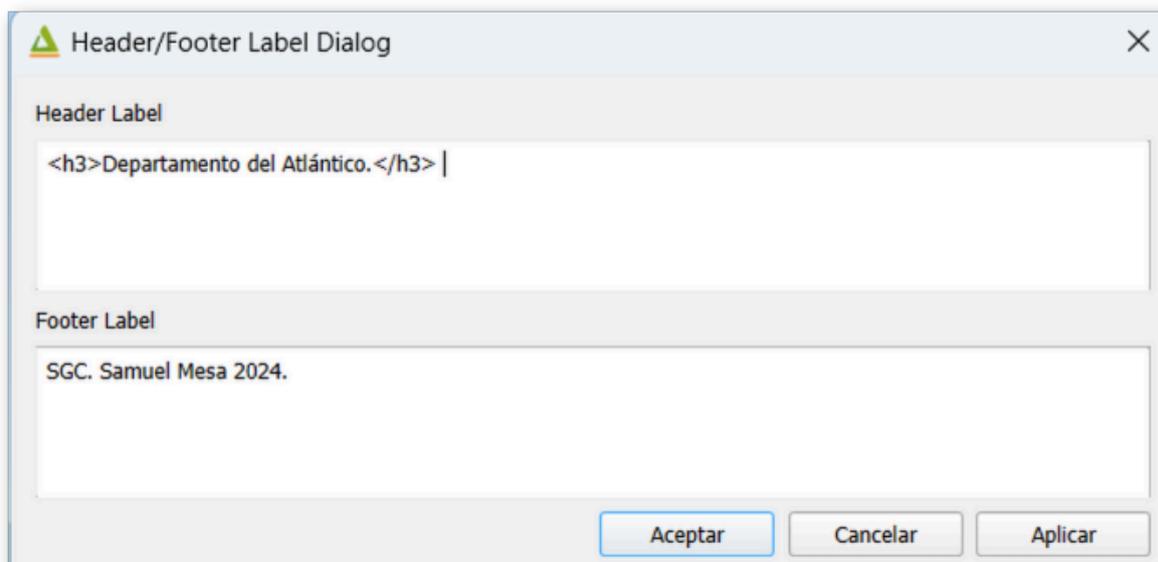


Imagen 22. Despliegue del componente (widget) de encabezado y pie de página

Configurar animaciones y narrativas

Las narrativas permiten asociar a una animación recursos multimedia, como texto, imágenes y otros elementos **HTML**, creando historias interactivas con mapas. Para implementar estas narrativas, se utilizan los fotogramas clave, que permiten sincronizar el contenido multimedia con la animación y controlar su presentación en momentos específicos de la misma.

Paso 23. Realizar el despliegue de una vista inicial de todo el departamento. Desde el panel de Animación, seleccionar la opción de  **Camera Motion**, agregar un fotograma con (1) el botón  **Add a keyframe group and/or a keyframe item**, lo que crea un grupo con un fotograma clave. Luego, (2) cambiar la posición del mapa y agregar un segundo fotograma, y de esta manera realizar cambios de posición navegando y creando una trayectoria dentro del departamento, mostrando al final el despliegue de una vista con los pozos.

Después, editar los fotogramas haciendo clic derecho sobre el primer, segundo y penúltimo fotograma, respectivamente, y asociar (3) los nombres de **Reseña**, **Geología** y **Yacimientos** con el documento suministrado en **recursos** de nombre `narrativa.txt`, agregando (4) el contenido de la narrativa. Esto permitirá crear una animación con el despliegue de una ventana **HTML** con los elementos suministrados.

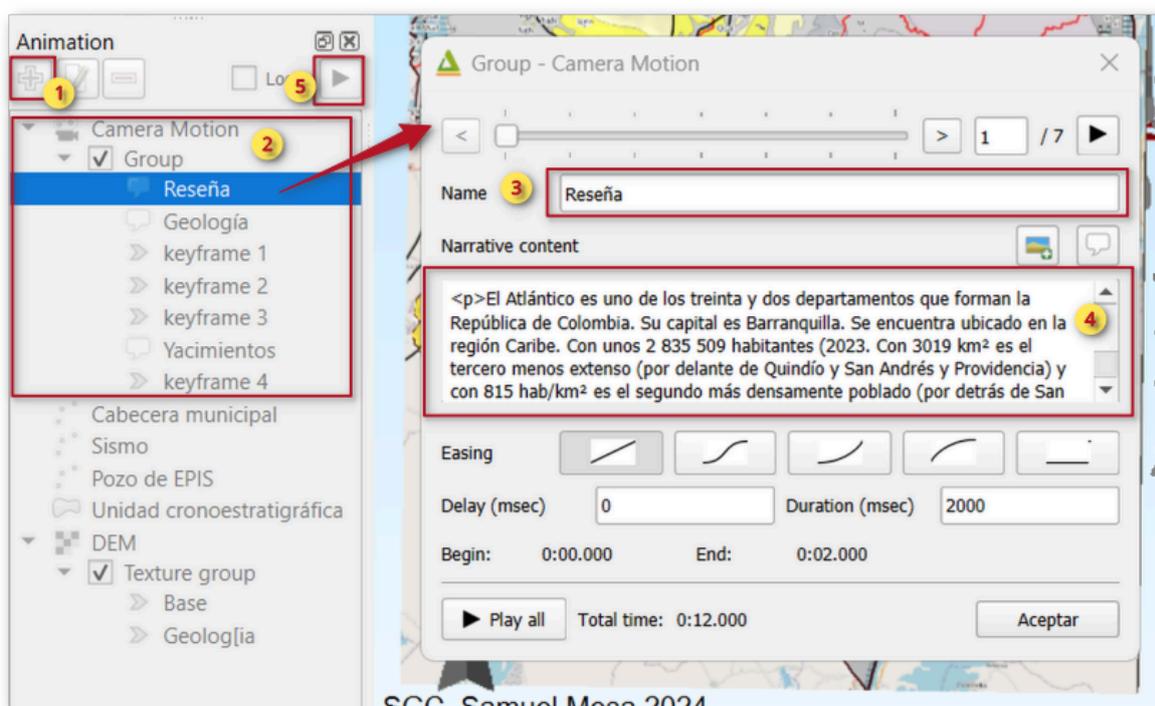


Imagen 23. Agregando animación y narrativas

Adicionalmente, y de forma opcional, agregar sobre la capa DEM dos capas de texturas, asociando diferentes capas base y de geología. Finalmente, para visualizar los cambios, realizar el despliegue de la animación usando el botón  **Perform the checked animations in parallels**, lo que indica que sincroniza las posiciones de los diferentes grupos configurados.

Exportar el visor de mapas y modelo 3D

El visor web es independiente del software **QGIS** y solo requiere un navegador web para su despliegue. Además, permite exportar las vistas en forma de imagen o como un modelo 3D en formato glTF.

Paso 24. Desde el menú **File** » **Export to Web...**, se debe **(1)** seleccionar un directorio vacío para la salida. A continuación, establecer **(2)** el título de la página web y asegurarse de habilitar **(3)** la opción **Enable the viewer to run locally**, para permitir el despliegue desde un navegador web local. Se recomienda elegir **(4)** la plantilla denominada **3D viewer** y activar las opciones **(5)** de **Animations and Narrative** para iniciar la visualización. Una vez finalizada la configuración, hacer clic en el botón **Export**. Tras completar el proceso, hacer clic en el último enlace de la pestaña **Log**, titulado **Web page file**, lo que permitirá desplegar el visor automáticamente en el navegador web.

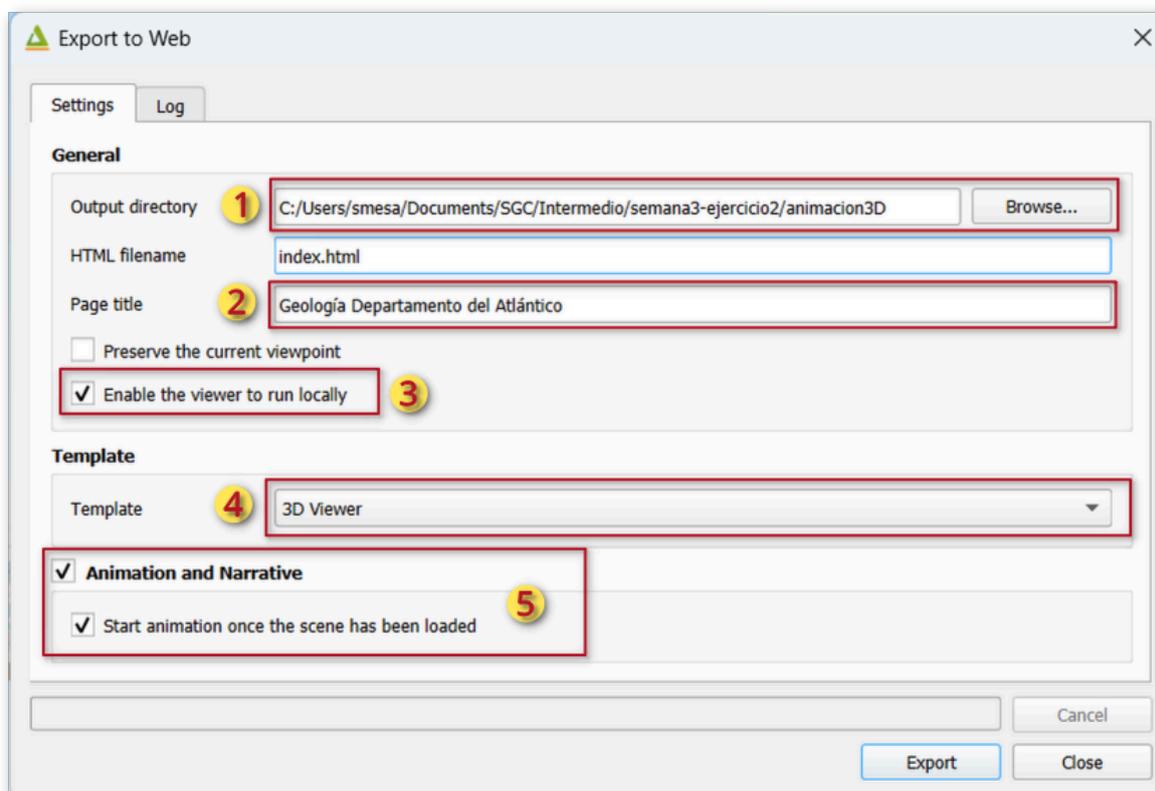


Imagen 24. Exportar el visor web 3D

5. Despliegue de teselas 3D

Una de las novedades en las últimas versiones de **QGIS**, a partir de la versión 3.34, es la incorporación del soporte para teselas de mapas 3D. Este nuevo formato, similar a los servicios raster o vectoriales, permite el despliegue eficiente de datos tridimensionales a través de Internet.

Paso 25. Para un nuevo proyecto de prueba, y usar algunas de las siguientes URLs de ejemplo de despliegue de teselas 3D:

- Agi-hq: <https://pelican-public.s3.amazonaws.com/3dtiles/agi-hq/tileset.json>
- Bathurst:
https://nsw.digitaltwin.terria.io/api/v0/data/bathurst-reality-mesh-2022-03-29/Scene/Cesium_Bathurst.json
- Maillage:
https://webimaging.lillemetropole.fr/externe/maillage/2020_mel_5cm/Cesium_Global.json

Para conectar y desplegar teselas 3D utilizando algunas de las URL proporcionadas, se debe seguir el siguiente procedimiento: Acceder al **Administrador de fuentes de datos** y seleccionar la opción de  **Scena**. Luego, agregar un nombre y definir la URL correspondiente, y finalmente añadirla al mapa. Una vez que se despliegue el modelo digital de superficies (MDS), resultado de procesos fotogramétricos o datos LiDAR. A continuación, realizar el despliegue de la vista en mapa 3D. Es importante observar los distintos tipos de representaciones que se pueden realizar con texturas en esta vista. Ejemplo: <https://sgc.codeberg.page/recursos/animaciones/atlantico/>



Imagen 25. Despliegue de teselas 3D

Para mayor información sobre esta funcionalidad consultar el blog de [Lutra Consulting](#).

6. Entregable del ejercicio

La entrega debe consistir en un archivo **ZIP** de la carpeta raíz del proyecto, excluyendo la carpeta de los insumos iniciales. Los archivos son los resultados del desarrollo del ejercicio 2 de la semana 3 y deben incluir lo siguiente:

- El proyecto **BIP_offline.qgz** , que muestre el resultado de la configuración del proyecto con las opciones de 3D. El proyecto debe incluir las capas finales resultantes de los geoprocесamientos, así como la configuración de Q2threejs.
- Generar el video de la animación de la vista de mapa de 3D de **QGIS** con lo mínimo 5 pasos con intervalos de 2 segundos, desplegando los objetos 3D de **pozos, UC, sismos** y el **DEM**.
- Realizar los despliegues de objeto 3D de **pozos, UC**, texto 3D de **cabecera municipal, sismo** y **DEM**, así como generar la salida del visor 3D web con el complemento de **Q2threejs**, incluyendo las narrativas y animaciones del departamento del Atlántico.

Ejercicio 5

Perfiles del terreno

1. Introducción

En el contexto de los Sistemas de Información Geográfica (**SIG**), y específicamente en el análisis espacial del terreno, los perfiles topográficos son una salida de representación esencial para comprender y analizar la topografía de un área. Estos permiten visualizar la variación vertical del terreno a lo largo de una línea específica, proporcionando información sobre la pendiente, altitud y forma del paisaje.

El software **QGIS** ofrece una serie de herramientas, tanto nativas como a través de complementos de terceros para generar y analizar perfiles de terreno, incluyendo el complemento **qProf**. Este permite crear perfiles a lo largo de una línea de forma rápida e intuitiva, además proporciona diversas opciones de visualización y análisis, como la superposición de datos de diferentes capas geológicas.

Este ejercicio se enfocará en las herramientas de generación y análisis de perfiles de terreno dentro del software **QGIS**. Continúa el proyecto del Banco de Información Petrolera (**BIP**) desarrollado previamente a partir de datos topográficos para crear perfiles a lo largo de líneas específicas. Se explorarán las características del relieve como la pendiente, altitud y forma del paisaje. Aprenderemos a visualizar estos perfiles y analizar la información para comprender mejor la topografía de la zona de estudio.

2. Datos, software y recursos necesarios

Para el desarrollo correcto del presente ejercicio práctico se requiere las siguientes herramientas y datos:

- Revisión de los contenidos teóricos de la cuarta semana (Grabación disponible en la **Plataforma de Aulas Virtuales** del **SGC**) ([Enlace web](#)).
- **QGIS** Desktop versión 3.34.x o superior.
- Datos del ejercicio: Corresponde a los datos de una zona de estudio del Banco de Información Petrolera (**BIP**) del **SGC** y las capas del **IGAC**: Descargar [datos](#).

3. Perfiles del terreno

Un **perfil topográfico** es una sección transversal que representa la forma del terreno a lo largo de una línea específica. Mide la elevación en puntos a lo largo de esa línea, mostrando el relieve y características como colinas, valles, planicies y pendientes. **QGIS** ofrece la visualización nativa de perfiles de elevación, compatible con datos vectoriales, ráster, mallas y nubes de puntos. Los resultados pueden integrarse en composiciones de mapas y reportes. Además, es posible configurar según requerimientos del usuario: ajustar la escala vertical y horizontal, elegir el tipo de gráfico (línea, área o puntos), establecer colores y marcas personalizadas, entre otras opciones de visualización.

Los resultados de visualización de perfiles pueden exportarse como datos **2D** y **3D** en distintos formatos de archivo, como hojas de cálculo, **Shapefile**, **KML** o **DXF**. Esto permite su edición con herramientas como **CAD** o programas de diseño gráfico.

Por otro lado, un **perfil geológico** es una representación gráfica que muestra las capas del subsuelo y sus características a lo largo de una sección transversal del terreno. A diferencia de un perfil topográfico, que solo refleja cambios en la elevación, el perfil geológico incluye información sobre la disposición de estratos, fallas, pliegues y otros rasgos geológicos. **QGIS** ofrece una serie de complementos para la generación de gráficos base de perfiles geológicos.

3.1. Configuración de elevaciones

Paso 1. Abrir el proyecto `BIP_offline.qgz` y agregar la capa de **falla3D** desde la base de datos `SGC.gpkg`. Esta capa representa los resultados finales con altura, obtenidos mediante la funcionalidad de **Drapeado (asignando valores Z al ráster)**. Explorar las opciones preconfiguradas del proyecto como requisito para el despliegue de perfiles, como la definición del modelo de elevaciones en las propiedades del proyecto, en la pestaña **Terreno** o **Elevation** (para versiones recientes de **QGIS**). En las propiedades de la capa agregada, desde la pestaña **(1) Elevation**, establecer los valores de altura como absolutos, es decir, derivados de los valores almacenados en la coordenada Z de su geometría. Configurar el estilo de despliegue para cada capa según se muestra en **(2)**.

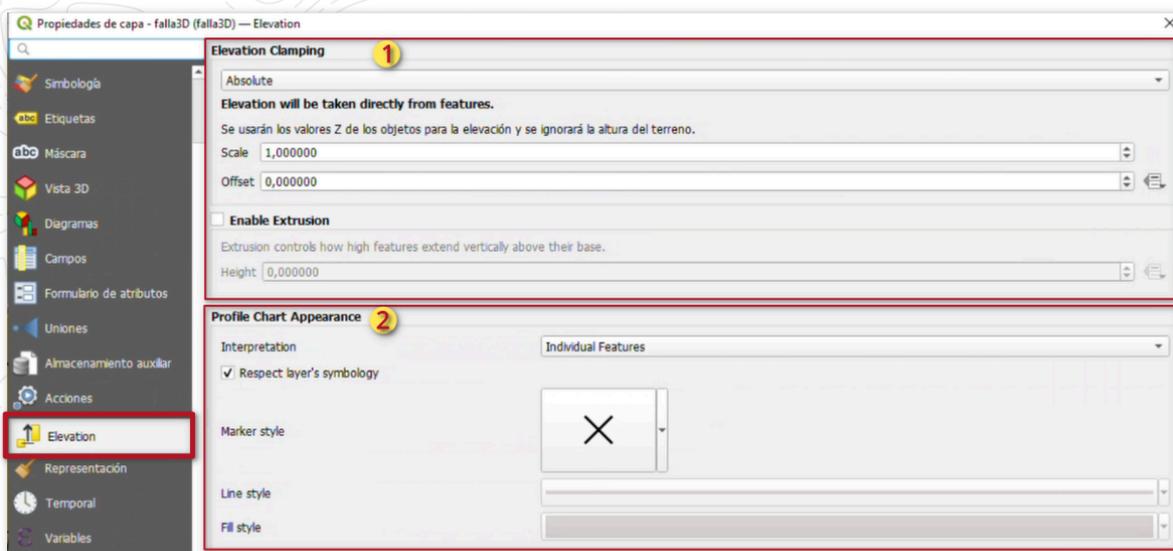


Imagen 1. Propiedades de elevación para la capa de fallas3D

Para la capa de **pozo**, configurar las elevaciones utilizando el modelo DEM del proyecto. Luego, configurar el desplazamiento y extrusión del pozo usando el campo "well_drill" (profundidad). Para mejorar la escala de representación, se divide el campo entre 100. Usar las siguientes expresiones: **Offset:** `-"well_drill"/100` y **Extrusión:** `"well_drill"/100`.

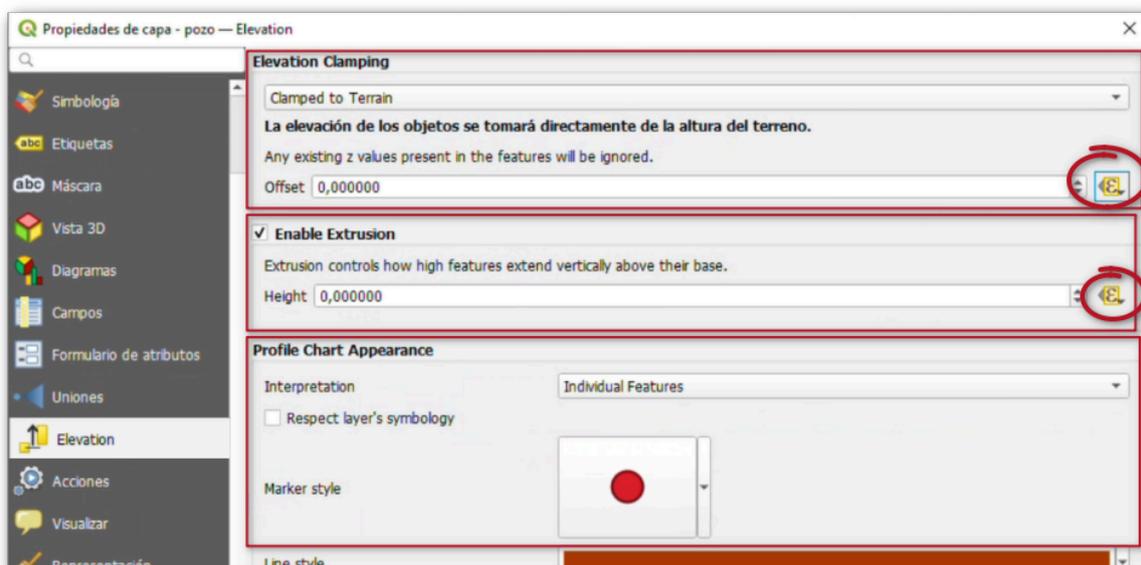


Imagen 2. Configuración de elevaciones en la capa de pozo

Igualmente, configurar la representación de las elevaciones de las capas **DEM** obtenidas a partir de las curvas de nivel del mapa topográfico del **IGAC**.

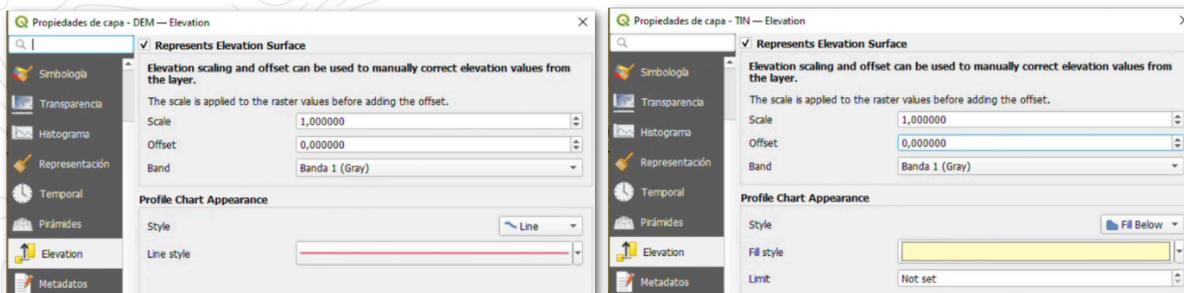


Imagen 3. Propiedades de la capa DEM y TIN

Nota 1

Actualmente se encuentra un caso abierto [#54085](#) donde se reporta el despliegue erróneo de capas polígonos en el perfil de elevaciones de QGIS.

3.2. Despliegue del perfil de elevaciones

El Perfil de Elevaciones de QGIS se integra como un panel a la interfaz de QGIS. Su uso es intuitivo y permite asociar capas, configurar el orden de representación y definir la línea del perfil, además de opciones para exportar los resultados.

Paso 2. Desde el menú **Ver** » **Perfil de elevación**, abrir el panel correspondiente. Configurar el despliegue para las capas **pozo**, **falla3D**, **DEM** y **TIN**, manteniendo el mismo orden del despliegue al listado.

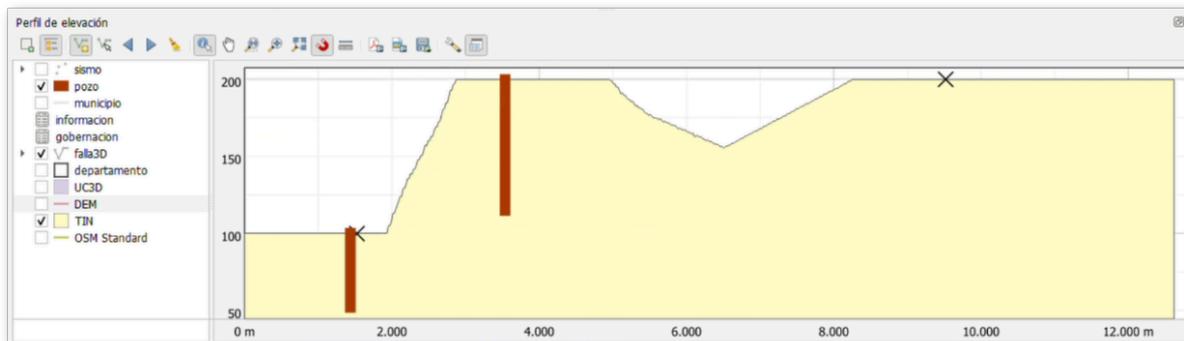


Imagen 4. Despliegue del panel de Perfil de elevaciones

Para obtener el perfil anterior, se deben definir adicionalmente dos **opciones**  en el panel del perfil de elevaciones. La primera permite definir la tolerancia para tener en cuenta las geometrías de tipo punto; en este caso, se establece un valor de 200 metros. Esto permite la generación de perfiles más elaborados en las estructuras de nube de puntos, ya que aborda todos en la banda. La segunda opción corresponde al trazado de la polilínea en el mapa para definir el perfil. Para ello, se utiliza la opción de dibujo libre llamada **“Capturar curva”** . Se recomienda igualmente apoyar en la

opción **“Habilitar autoensamblado”**  para precisar el dibujo y empezar a definir los vértices con clic izquierdo y finalizar el trazado con clic derecho.

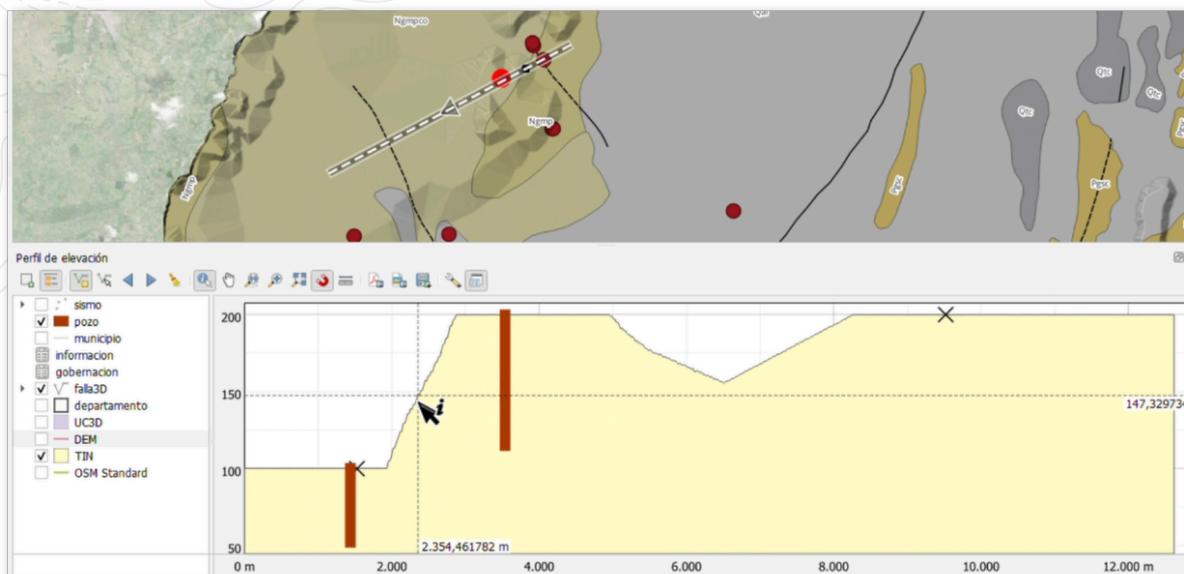


Imagen 5. Trazado de la curva del perfil en el mapa

Paso 3. Importante mencionar la herramienta **“Identificar elementos”**  que permite seleccionar desde la representación del perfil de elevación la identificación del objeto y desplegar sus atributos. Para ello, hacer clic en los pozos y las intersecciones con fallas desplegadas desde el gráfico. De igual forma se observa, que al mover el puntero del ratón sobre el gráfico del perfil, se mostrará el homólogo indicador en la representación del mapa. La herramienta **“Medir distancias”**  calcula la separación entre dos puntos, como por ejemplo, los pozos. Permite obtener tanto la distancia horizontal, a lo largo del terreno plano, como la distancia geométrica, considerando la pendiente del terreno.

Paso 4. Otra forma de representar un perfil es seleccionar un objeto de una capa de líneas existente. Se puede utilizar la capa **“falla3D”** y la herramienta **“Capturar curva desde elemento”**  para seleccionar una falla y observar el despliegue automático del perfil. Simultáneamente, se pueden usar las herramientas para desplazar el perfil a la derecha  o izquierda , creando así una secuencia de representaciones de perfiles topográficos.

Para asegurar un adecuado despliegue del perfil topográfico, las escalas horizontal y vertical por defecto no coinciden. Para modificar este comportamiento, active la opción **“Bloquear Distancia/Elevación”** en los ajustes , de esta manera un plano mostrado a 45° se mostrará correctamente como tal.

Exportar y guardar resultados del perfil topográfico

El resultado del perfil topográfico se puede exportar en diferentes formatos, lo que permite la edición en otras herramientas de software como los **CAD**, software de diseño gráfico o 3D.

Paso 5. Exportar el gráfico de perfil de elevaciones en la carpeta de **salidas**, utilizando diferentes opciones disponibles de formatos como **imagen** , **PDF**  y vectores **2D** y **3D** . También exportar en tabla con los formatos de hoja de cálculo **XLSX** y **ODS**. Para el formato de vectores 3D, utilizar los formatos **KML** y **GPKG**. Una vez generado el archivo **KML**, realizar el despliegue del mismo en **Google Earth**. Por último, realizar el despliegue del grupo de capas del perfil en 3D, generado en formato **GPKG**, en el proyecto con el objetivo de utilizarlo a continuación en la composición del mapa.

3.3. Insertar vistas del perfil en la composición del mapa

La composición de mapas en **QGIS** permite insertar representaciones de vistas de mapa 3D, perfiles de elevación y otros elementos como gráficos, vistas **HTML** y tablas. Todo ello con el objetivo de lograr una comunicación efectiva a través de las salidas cartográficas.

Paso 6. Para crear una representación del perfil en el mapa, se debe agregar el conjunto de capas resultantes del paso anterior de elementos 3D al proyecto y asociar la simbología correspondiente desde la carpeta **styles**. Realizar igualmente el despliegue de la capa de nombre **UC** desde la base de datos `sgc.gpkg`.

Paso 7. Abrir la composición de mapa de nombre “**Mapa perfil**” y actualizar cada uno de los elementos requeridos en el mapa, como se muestra en la Imagen 6. En **(1)** actualizar la vista de mapa 2D, tomando el despliegue con las capas del perfil. En **Convenciones (2)** incluir las capas agregadas en los pasos anteriores. En la información marginal del mapa **(3)** actualizar el nombre del autor y fecha de elaboración. En **(4)** incluir el despliegue de una vista en 3D, paso que se explicará a continuación, así como del **(5)** del perfil de elevación, tomando la configuración establecida y paneles correspondientes.

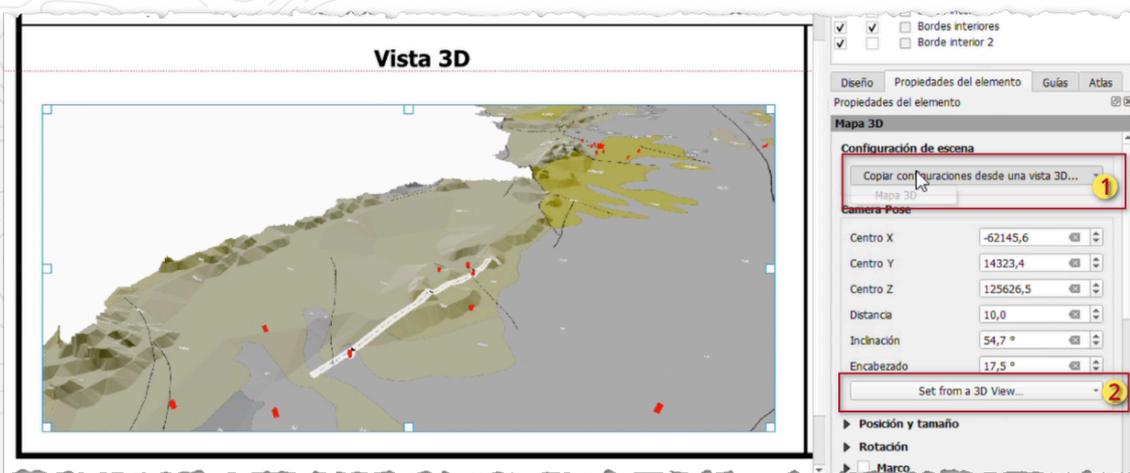


Imagen 7. Configurar Vista de mapa 3D en composición de mapa

En **(1)** desde la opción de Copiar configuraciones desde una vista 3D... y **(2)** seleccionar Set from a 3D view... seleccionar la vista de Mapa 3D, para el despliegue correcto en la plantilla de mapa.

Añadir el perfil de elevaciones

Paso 9. El perfil de elevaciones corresponde al construido en el Paso 5, y cuya representación se encuentra actualmente en la vista de mapa 2D, recuerda que puede recuperar su representación seleccionando desde el perfil el objeto de tramo creado con la herramienta . Luego, desde el menú de la composición de mapa, Añadir elemento » Añadir perfil de elevación y ubicar en el espacio de nombre de perfil topográfico. Para actualizar el despliegue, seleccione en **(1)** la opción de Copiar de Perfil de elevación, y en **(2)** ordenar las capas de forma descendente de visualización, como se muestra en la Imagen 8.

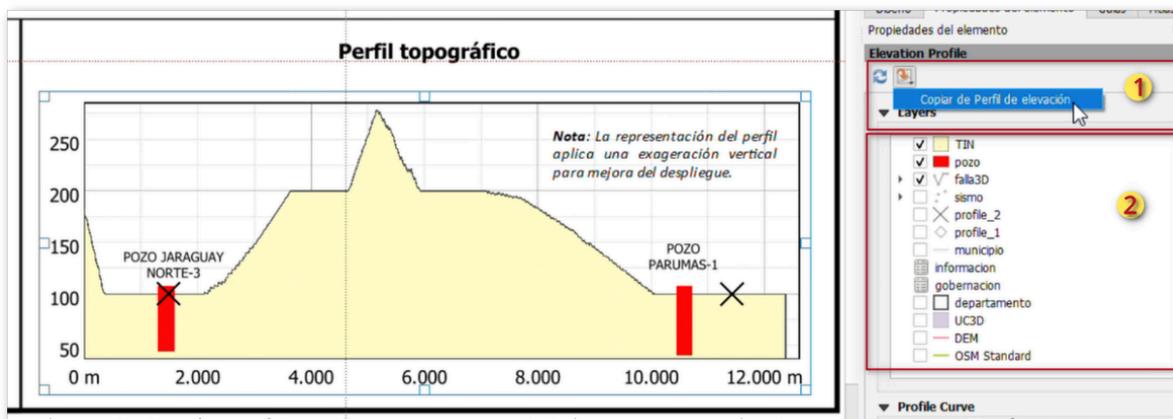


Imagen 8. Configurar perfil de elevación en composición de mapa

Adicionalmente, agregar las etiquetas de nombres de pozos en el perfil, así como la nota aclaratoria de “Nota: La representación del perfil aplica una exageración vertical para mejora del despliegue.”.

Para ver el resultado final del mapa consultar el siguiente enlace Web publicado en [Flicker](#).

4. Perfiles del terreno con qProf

Debido a ciertas limitaciones de la herramienta de perfiles de QGIS, resulta necesario emplear algunos complementos específicos para la generación de perfiles geológicos. Estos complementos están más enfocados en producir una salida básica que pueda servir como base para generar representaciones de cortes transversales de un terreno, permitiendo observar las estructuras geológicas y la litología. En este caso, además del perfil topográfico, se incorpora información adicional del subsuelo. Para el presente ejercicio se explora la herramienta de qProf, pero existen complementos adicionales como [OpenLog](#), [qgSurf](#) y [QgeoloGIS](#).

4.1. Despliegue del perfil topográfico con qProf

Paso 10. Realizar la instalación del complemento de qProf, desde el menú de Complementos » Administrar e instalar complementos... Una vez instalado, se accede al despliegue desde el menú Complementos » qProf » qProf.

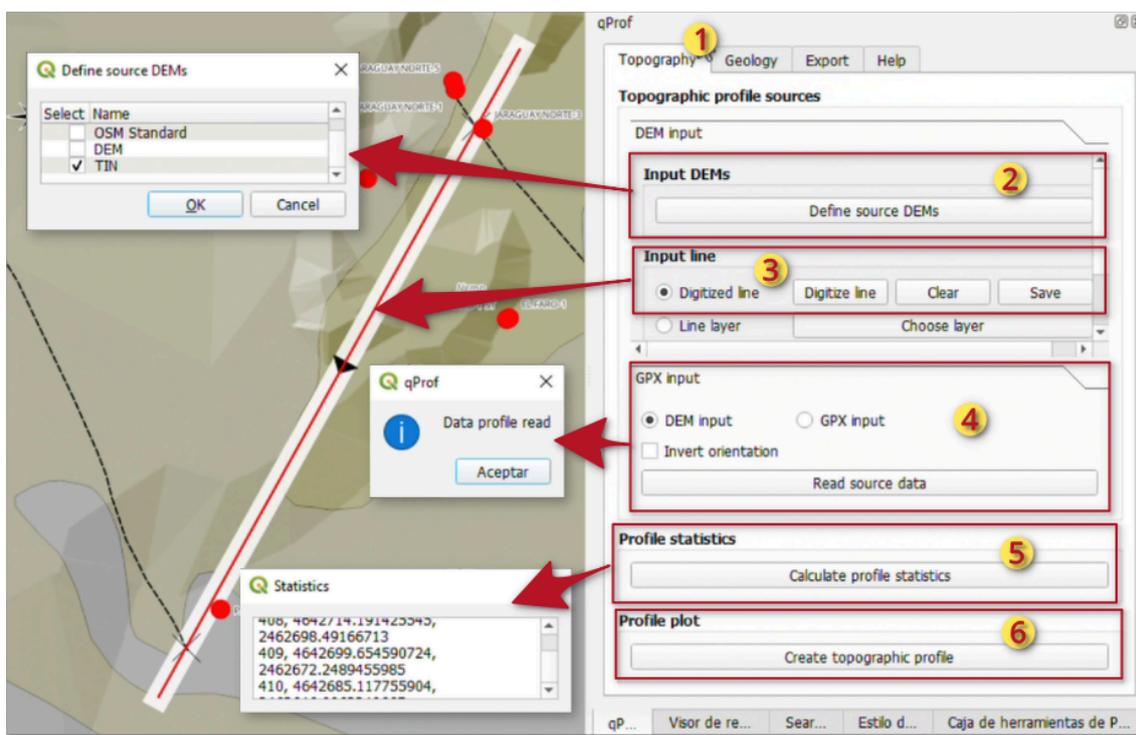


Imagen 9. Interfaz gráfica de qProj

Es importante destacar, para el correcto funcionamiento del complemento, se debe seleccionar o dibujar una capa de línea simple, conformada por dos vértices, y seguir los diferentes pasos que permite convertir a datos numéricos y finalmente generar la gráfica del perfil.

En la primera pestaña de **Topography** (1) seleccionar en (2) el DEM, para este caso la capa de nombre **TIN**. Luego se realiza en (3) la digitalización de la línea, desde el botón **Digitize line**, y definir el punto inicial y final de la línea simple sobre el mapa, esta se desplegará con color rojo. Luego continuar la generación de los valores numéricos desde el botón (4) **Read source data** y luego generar las estadísticas con el botón (5) **Calculate profile statistics**. Finalmente, para desplegar el perfil de elevaciones, hacer clic en el botón **Create topographic profile**. Los parámetros de despliegue se muestra en la siguiente imagen.

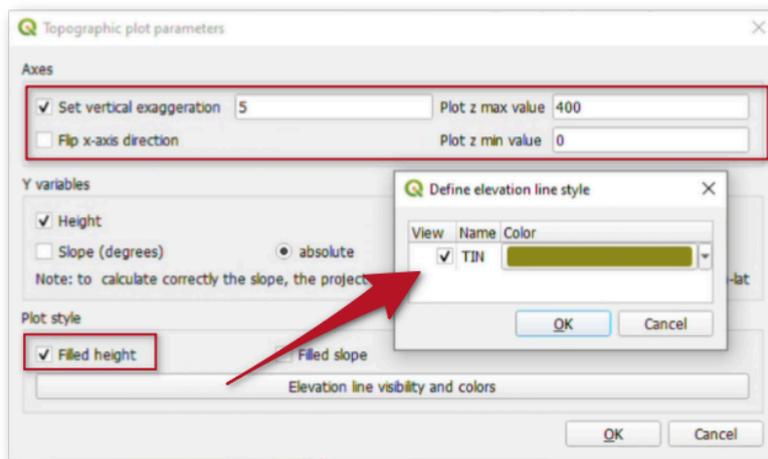


Imagen 10. Parámetros de despliegue del perfil topográfico en qProf

Simplemente, cambiar la exageración vertical, así como los valores más próximos de intervalo de altura, así como el color de relleno del perfil topográfico. El resultado es el que se muestra a continuación.

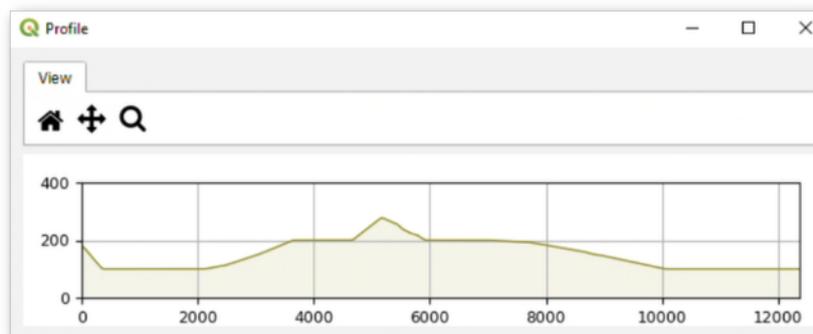


Imagen 11. Despliegue del perfil en qProf

4.2. Despliegue del perfil geológico con qProf

Paso 11. Seleccionar la segunda pestaña del panel de **qProf** de nombre **Geology**, y continuar directamente el despliegue de las intersecciones de las capas disponibles en el proyecto, esto son las **fallas3D** y **UC**. Como se muestra en la Imagen 12, para la primera opción de (1) de **Intersect line layer**, se debe seleccionar la capa de nombre **falla3D**, el nombre de campo a desplegar **NMG**, el color, y posteriormente realizar clic en los botones **Reset intersections** y luego **Intersect** para desplegar el perfil con los datos de las fallas. El mismo proceso se realiza para (2) de **Intersects polygon layer**, cuya capa seleccionada es **UC**, con el nombre de campo **COD** y seleccionar los estilos desde la carpeta **styles**. Finalmente, el despliegue, requiere hacer clic en el botón **Reset intersections** y luego **Intersect**.

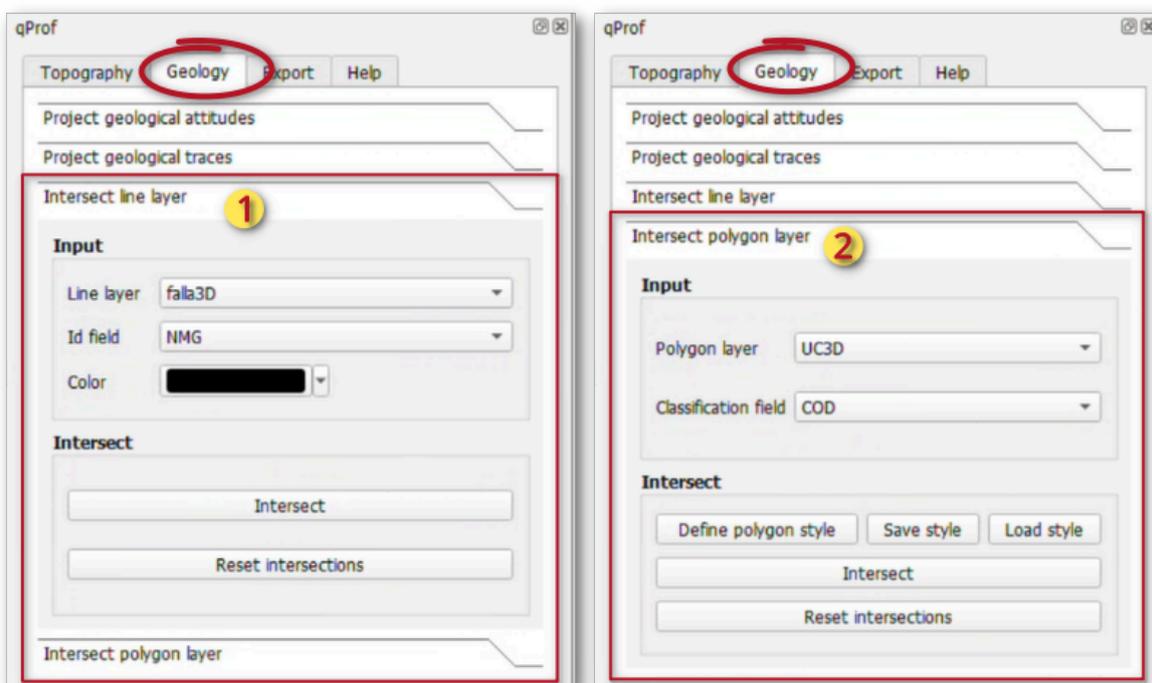


Imagen 12. Configurar parámetros del perfil geológico

4.3. Exportar y editar el gráfico de perfil geológico

El resultado generado por el complemento **qprof** de **QGIS**, representa una base para el perfil geológico, por lo que es necesario exportarlo a un formato gráfico editable. Este proceso ofrece una edición más precisa y completa utilizando herramientas de diseño gráfico. Para lograr lo anterior, se recomienda usar el software de **Inkscape**, un programa libre y de código abierto reconocido por su versatilidad en la creación y edición de gráficos vectoriales de alta calidad.

Paso 12. Desde la pestaña de **Export** en el panel **qProf**, exportar el gráfico generado, usando la opción de **Figure** y en el formato **SVG (Scalable Vector Graphics)**, También puede usar las otras opciones disponibles para generar salidas en formatos geográficos o en hojas de cálculo que puede usar en otras herramientas. Para el primer caso, se realizó la edición del formato gráfico **SVG** en el software de **Inkscape** obteniendo la siguiente salida de la Imagen 13.

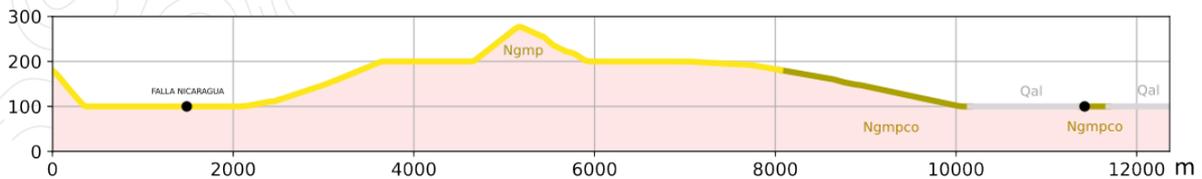


Imagen 13. Resultado de la base de perfil geológico en qProf

Para mayor información de perfiles geológicos en **QGIS** puede consultar:

- Taller para **QGIS** 2020: Introducción a los mapas geológicos y secciones transversales para el aficionado a la geología: ([Documento](#)) ([Video](#))
- Construcción de una sección transversal geológica usando **QGIS**: ([Documento](#))

5. Entregable del ejercicio

La entrega debe consistir en un archivo **ZIP** de la carpeta raíz del proyecto, excluyendo la carpeta de **INSUMOS**. Los archivos son los resultados del desarrollo del ejercicio 1 de la semana 4 y deben incluir lo siguiente:

- El proyecto **BIP_offline.qgz**, que muestre el resultado de la configuración del terreno o elevación durante el desarrollo del proyecto.
- Las salidas usando el perfil de elevaciones de **QGIS** con las capas de pozos y fallas, esto incluye la imagen en PNG, PDF, archivo de **EXCEL** y capas geográficas del perfil en 3D.
- La salida del mapa en **PDF** con la actualización de los elementos del mapa de convenciones, vista de mapa 3D y perfil de elevaciones.
- La salida del gráfico base del perfil geológico en formato **PDF** y **SVG**, usando el complemento de **qProf** en **QGIS**.
- En **qProf** prueba usar la capa de **atlantico_dato_estructural** en la primera opción de la pestaña geología y obtenga una propuesta de salida de perfil en formato de imagen, junto con las intersecciones de **fallas** y la **UC** del departamento del Atlántico.

Ejercicio 6

Generación de estadísticas y gráficos

1. Introducción

En el contexto de las capacidades de despliegue de datos geográficos en **QGIS**, se exploran diversas funcionalidades para generar estadísticas y gráficos básicos que complementan la comunicación en mapas y reportes de análisis espacial. Aunque normalmente se recurre a paquetes de análisis estadístico, **QGIS** ofrece una serie de herramientas y complementos que permiten realizar este proceso de manera práctica y configurable.

En este ejercicio se revisan tanto las funcionalidades nativas de **QGIS** como las que ofrecen los complementos para la generación de estadísticas y gráficos. Se aprovechan características clave del software **SIG**, como el uso de **SQL** y expresiones para crear resúmenes y agregaciones de datos, así como la generación de gráficos interactivos en formato **HTML**, integrados adicionalmente en las composiciones de mapas.

2. Datos, software y recursos necesarios

Para el desarrollo correcto del presente ejercicio práctico se requiere las siguientes herramientas y datos:

- Revisión de los contenidos teóricos de la cuarta semana (Grabación disponible en la **Plataforma de Aulas Virtuales** del **SGC**) ([Enlace web](#)).
- **QGIS Desktop** versión 3.34.x o superior.
- **Datos del ejercicio**: Corresponde a los datos de una zona de estudio del Banco de Información Petrolera (**BIP**) del **SGC** y las capas del **IGAC**: Descarga [datos](#).

3. Agregaciones y estadísticas

Para crear representaciones gráficas y tabulares, es fundamental generar resúmenes estadísticos o agregaciones de datos. Estas agregaciones pueden basarse en variables temáticas, fechas o divisiones político-administrativas. Este proceso cumple dos objetivos: satisfacer los requisitos del software para generar las representaciones y optimizar la eficiencia en el procesamiento de datos. En bases de datos, se utilizan vistas de datos, lo que resulta más eficiente al generar estas salidas con capas previamente almacenadas, reduciendo la carga computacional y mejorando el rendimiento del sistema.

QGIS ofrece varias herramientas para realizar agregaciones, como la herramienta “Agrupar”, el uso de SQL y complementos adicionales. Estas herramientas permiten crear resúmenes basados en campos comunes o extraer datos específicos para la presentación de resultados.

3.1. Agregaciones y estadísticas por consulta SQL

El lenguaje SQL (*Structured Query Language*) se destaca como una de las herramientas más eficientes para la agregación de capas en sistemas de información geográfica como QGIS. Su versatilidad y robustez permiten una amplia gama de operaciones fundamentales en el análisis y manejo de datos espaciales.

Una de sus principales fortalezas en el contexto de los SIG es la capacidad de mantener la integridad referencial entre tablas. Esto es crucial cuando se trabaja con datos geográficos complejos que involucran múltiples capas y atributos relacionados, garantizando que los datos permanezcan consistentes y correctamente vinculados.

Paso 1. Abrir el proyecto de `BIP_offline.qgz`. Realizar el despliegue o aplicar el marcador del proyecto de ubicación del departamento del Atlántico. A continuación realizar la consulta SQL para seleccionar todos los pozos del BIP del departamento, con el detalle del mismo de identificación, nombre, estado, contrato, ubicación geográfica, y relacionado con la agregación total de información vinculada, así como las fechas mínimas y máximas de actualización. Para llevar a cabo esta consulta, sobre el panel del explorador de datos, (1) realizar clic derecho sobre la capa de pozos o la base de datos `offline.gpkg` y luego en (2) ingresar el código que se provee a continuación y hacer clic en el botón de `Ejecutar`. Por último, definir el nombre de la capa en (3) como `view_atlantico_pozo_info` y luego realizar la carga a la vista del mapa con el botón `Load Layer`.

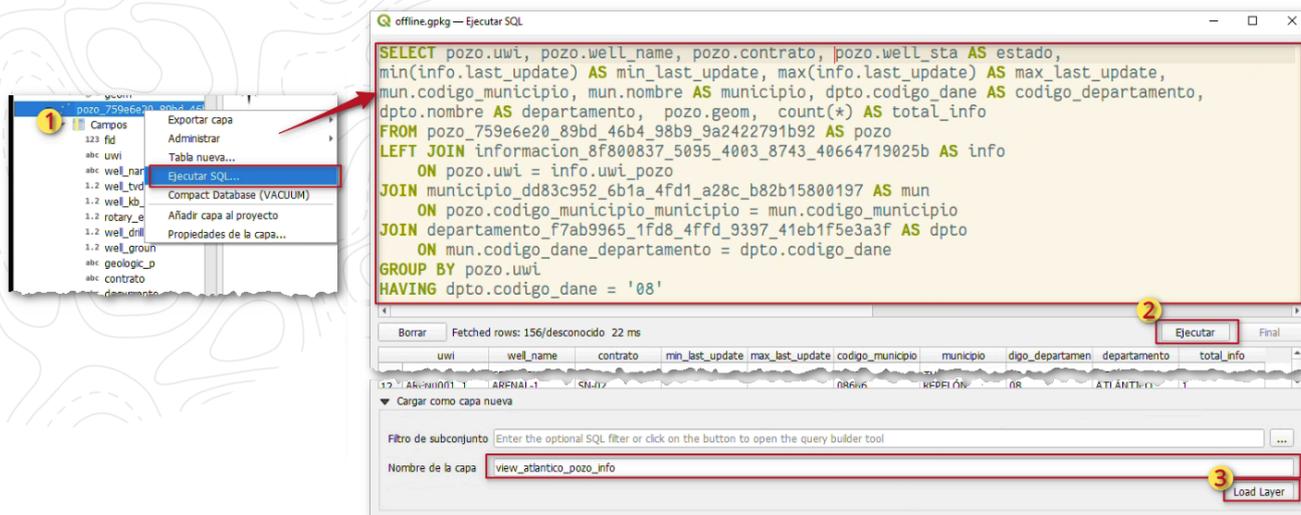


Imagen 1. Ejecutar la consulta de agregación SQL

Con la siguiente consulta SQL:

```
SELECT pozo.uwi, pozo.well_name, pozo.contrato,
pozo.well_sta AS estado, min(info.last_update) AS min_last_update,
max(info.last_update) AS max_last_update,
mun.codigo_municipio, mun.nombre AS municipio, dpto.codigo_dane AS
codigo_departamento,
dpto.nombre AS departamento, pozo.geom, count(*) AS total_info
FROM pozo_759e6e20_89bd_46b4_98b9_9a2422791b92 AS pozo
LEFT JOIN informacion_8f800837_5095_4003_8743_40664719025b AS info
ON pozo.uwi = info.uwi_pozo
JOIN municipio_dd83c952_6b1a_4fd1_a28c_b82b15800197 AS mun
ON pozo.codigo_municipio_municipio = mun.codigo_municipio
JOIN departamento_f7ab9965_1fd8_4ffd_9397_41eb1f5e3a3f AS dpto
ON mun.codigo_dane_departamento = dpto.codigo_dane
GROUP BY pozo.uwi
HAVING dpto.codigo_dane = '08'
```

3.2. Agregaciones y estadísticas en la herramienta Agregar

La herramienta “Agrega” en QGIS es una función simple que permite agrupar directamente desde la tabla de atributos utilizando la calculadora de campos.

Paso 2. Desde la caja de herramientas, ejecutar la herramienta de **Agrega**, y llevar a cabo la agregación de los pozos de la capa (1) “view_atlantico_pozo_info”, aplicando una agregación espacial por municipio y estado del pozo.

Usar la expresión para agrupar por estado del pozo y municipio como (2) array(“municipio”, “estado”).

En (3) realizar los cambios, que correspondan a las agregaciones de los campos de **estado**, **codigo_municipio**, **municipio** y **conteo** de registros agrupados con el campo **uwi**. Es importante definir los valores de las columnas de *Función de agregación*, *Nombre* y *Tipo*. En (4) guardar el resultado final con el nombre de `agg_pozo_mun_estado.gpkg`.

Para la capa de agregación resultante, aplicar el estilo con mismo nombre que se encuentra disponible en la carpeta **styles**.

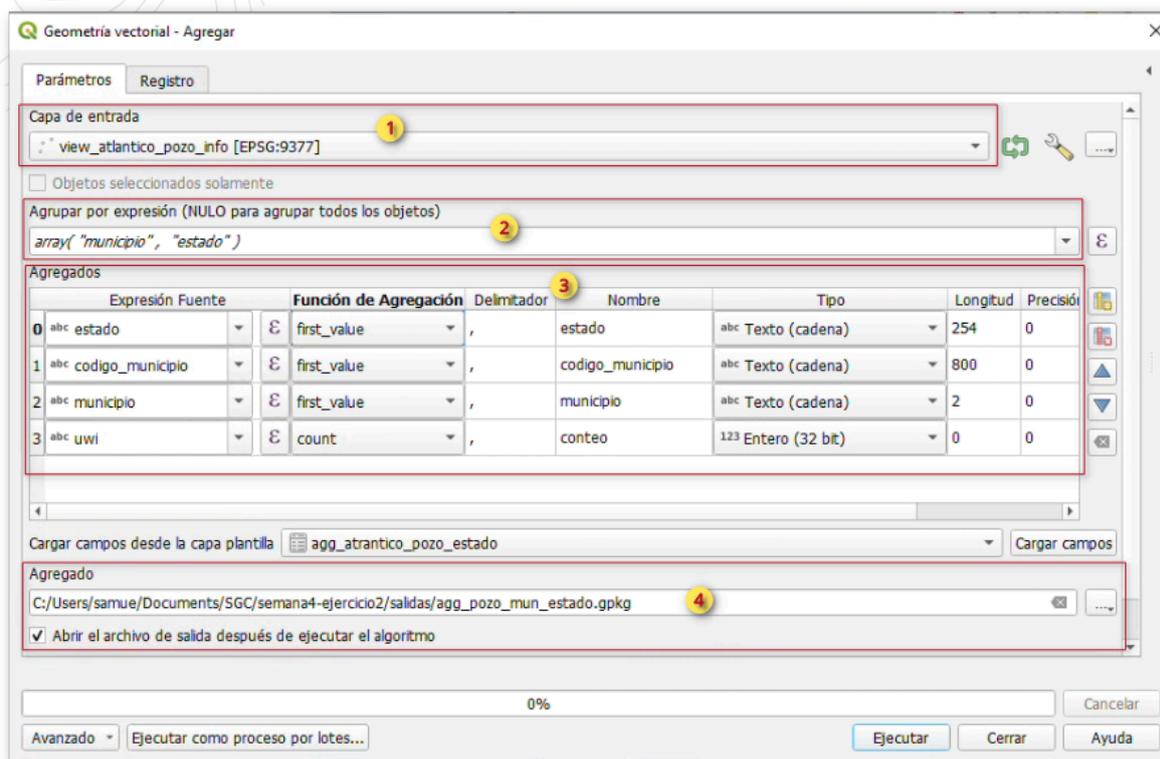


Imagen 2. Herramienta de agregar en QGIS

3.3. Agregaciones y estadísticas con el complemento Group Stats

El complemento **Group Stats** en QGIS permite realizar análisis estadísticos simples agrupando datos según uno o varios campos de la tabla de atributos. Las funciones estadísticas disponibles incluyen suma, promedio, conteo, mínimo, máximo, entre otras. Es útil para obtener resúmenes rápidos de los datos sin necesidad de escribir consultas complejas.

Aunque el complemento **Group Stats** facilita la obtención de estadísticas, presenta algunas limitaciones, como su capacidad de almacenamiento restringida a la tabla de atributos y el uso de una sola variable para generar los cálculos.

Estadísticas de la capa de sismo

Paso 3. Instalar el complemento **Group Stats**. Para su uso, es necesario agregar algunas columnas mediante la calculadora de campos en la tabla de atributos de la capa de sismo. Los siguientes campos nuevos son planteados:

- **year:** Campo de tipo numérico **Entero**, calculado con la expresión para extraer el año de fecha como `year("fecha_hora")`.
- **departamento:** Campo de tipo texto, definido con la expresión, a partir del municipio `if("codigo_municipio" LIKE '08%', 'Atlántico', 'Córdoba')`.

Recordar guardar los cambios, conmutando la edición de la capa.

Paso 4. Ejecutar el complemento de **Group Stats** desde el menú **Vectorial** » **Group Stats** » **GroupStats**. En la ventana, seleccionar la capa (1) de **sismo**. Luego, mover (2) cada campo y función de agregación a las cajas de entradas correspondientes como se muestra en la Imagen 3. En este caso, se desplegará la agregación en filas de los departamentos y años (**year**). El campo utilizado para los cálculos es la **magnitud**, aplicando las estadísticas de mínimo (**min**), máximo (**max**), conteo (**count**) y promedio (**average**). A continuación, hacer clic en el botón (3) **Calculate** para mostrar los resultados en forma de tabla. Una de las características destacables, es la posibilidad seleccionar una fila y resaltar los elementos correspondientes en el mapa, desde el menú **Features** » **Show selected on map**. Además, es posible guardar la tabla del resumen estadístico en formato **CSV** (valores separados por comas) desde el menú **Data**.

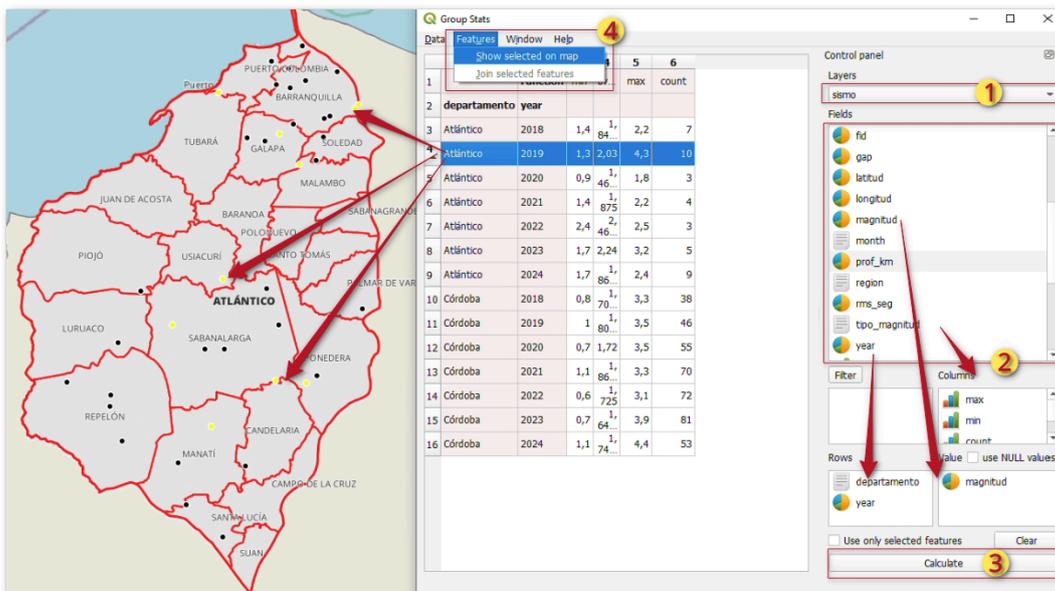


Imagen 3. Complemento de **Group Stats** para generar resúmenes

Estadísticas de la capa de pozos

Paso 5. Realizar el proceso de agregación en la capa resultante denominada **agg_pozo_mun_estado**, generada en el **Paso 2**. Realizar la agregación del campo estado del pozo y sumar el conteo para obtener el resumen de pozos del municipio del Atlántico. Finalmente, guardar la tabla resumen con el nombre de **agg_atlantico_pozo_estado.csv**.

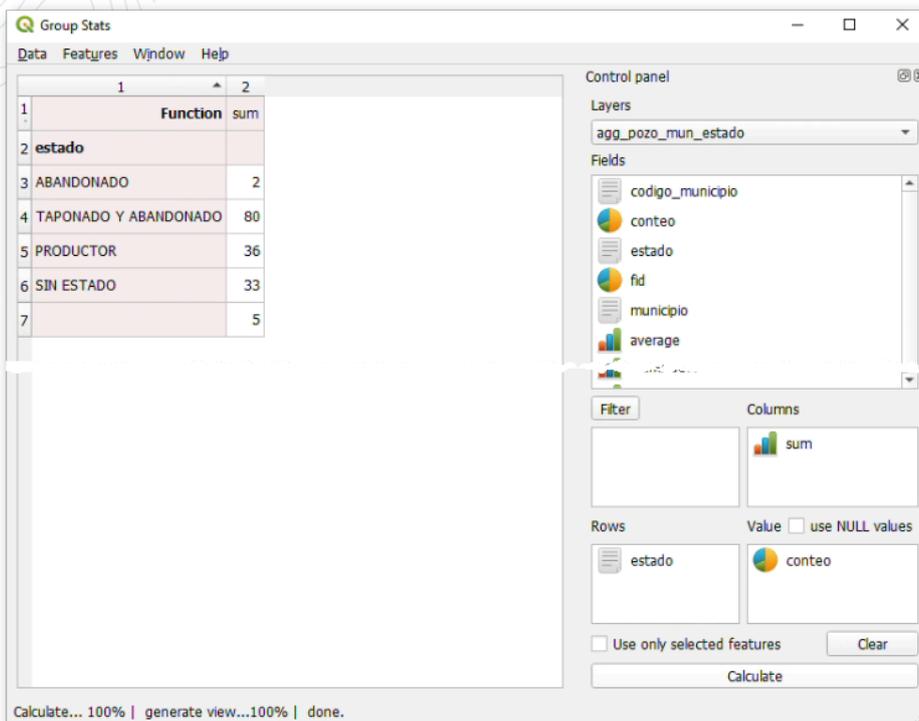


Imagen 4. Generación del resumen de la capa de **agg_pozo_mun_estado**

Paso 6. Editar el resultado anterior, cambiando los nombres de los campos y calculando una nueva columna llamada **porcentaje**, que representará la proporción respecto al total de pozos. Esta tabla se utilizará posteriormente en la composición del mapa.

	A	B	C
1	estado	total	porcentaje
2	ABANDONADO	2	1,3%
3	TAPONADO Y ABANDONADO	80	53,0%
4	PRODUCTOR	36	23,8%
5	SIN ESTADO	33	21,9%
6	TOTAL	151	100,0%
7			

Imagen 5. Edición de la tabla de resumen de estados de pozos en el departamento del Atlántico

4. Gráficos

Existen diversas posibilidades para la generación de gráficos en **QGIS**. Una opción es utilizar las herramientas nativas desde la caja de herramientas, aunque están limitadas a capas vectoriales y raster. Además, la personalización de los gráficos generados es limitada, ya que modificaciones como cambios en títulos o colores deben realizarse a través del código **HTML** generado.

Una mejor alternativa es el uso de complementos que amplían estas capacidades, cada uno con un enfoque específico. Entre ellos, destacan **Field Stats**, orientado a obtener estadísticas de un campo; **Data Clock**, que permite la creación de gráficos de reloj para datos temporales; y el más versátil y ampliamente utilizado, **Data Plotly**, que facilita la creación de gráficos estadísticos parametrizables.

Con las agregaciones y resúmenes generados anteriormente, se puede proceder a explorar una amplia variedad de gráficos estadísticos.

4.1. Gráficos de campo básicos con el complemento de Field Stats

Field Stats es un complemento para **QGIS** desarrollado por Manuel Montealegre que ofrece funcionalidades mejoradas para el análisis estadístico de campos en capas vectoriales. Este complemento está diseñado para calcular estadísticas básicas y generar representaciones visuales de los datos, como histogramas y diagramas de caja.

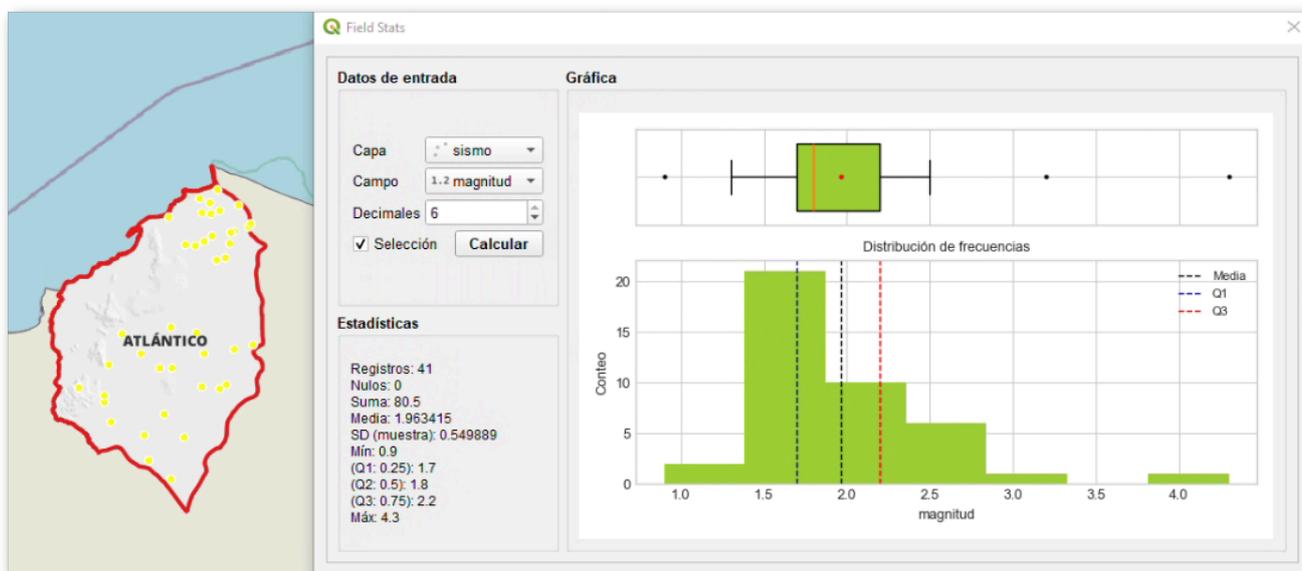


Imagen 6. Uso del complemento de *Field Stats*

Esta herramienta es especialmente útil para realizar análisis estadísticos rápidos y visuales de datos vectoriales directamente en **QGIS**, sin necesidad de exportar los datos a software estadístico especializado. **Field Stats** simplifica el proceso de

obtención de información estadística básica y representaciones gráficas de los datos

4.2. Gráficos generados por herramientas nativas de QGIS

QGIS ofrece la posibilidad de generar gráficos, aunque presenta limitaciones anteriormente mencionadas, ya que está principalmente enfocado en datos vectoriales y raster. Además, la personalización de los gráficos no es flexible, dado que requiere modificar el archivo **HTML** generado.

Paso 7. Un gráfico que se puede generar con los sismos del departamento del Atlántico es el trazado de dispersión 3D de una capa vectorial. Para ello, se debe ejecutar la herramienta **Trazado de dispersión de capa vectorial 3D** desde la caja de procesamiento, utilizando la capa de sismo con los objetos seleccionados de este departamento. Definir los campos: **Atributo X** como **error_long_km**, **Atributo Y** como **error_lat_km**, y **Atributo Z** como **error_prof_km**. Finalmente, guardar el resultado en un archivo **HTML**.

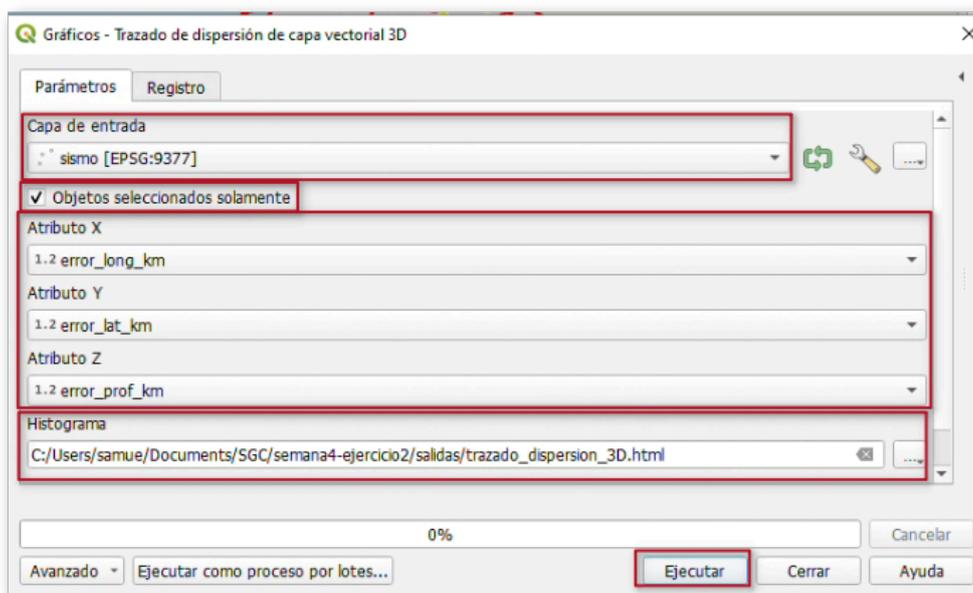


Imagen 7. Herramienta de dispersión de capa vectorial 3D

Al hacer clic en el enlace generado, el gráfico se abrirá directamente en el navegador web.

4.3. Complementos de Data Plotly

Data Plotly es un complemento versátil para **QGIS 3** que permite crear una amplia gama de gráficos estadísticos interactivos directamente desde la interfaz del programa. Desarrollado por Matteo Ghetta, esta herramienta ofrece diversos tipos de visualizaciones, incluyendo gráficos de dispersión, diagramas de cajas y bigotes,

barras, histogramas, sectores, polares, ternarios, contornos y de violín. Su interfaz intuitiva facilita la personalización de aspectos como colores, símbolos, tamaños, títulos y leyendas. Una característica destacada es su capacidad de vinculación dinámica con la vista de mapa y composición de mapas de **QGIS**, permitiendo filtros interactivos entre el gráfico y el mapa. Además, ofrece opciones de exportación en formato **HTML** para proyectos web o como imágenes para documentos.

*** Nota 1**

Si surge algún problema con la visualización del gráfico, intente actualizar el complemento o utilice el complemento **Plugin Reloader**.

Generar histograma simple de sismos

Un histograma simple es una representación gráfica de datos numéricos que muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de valores.

Paso 8. Instalar el complemento **Data Plotly** y abrir el panel desde la barra de herramientas utilizando el ícono correspondiente . En este paso, se utilizará la capa de sismos con los campos calculados en el **Paso 3**.

Primero, seleccionar solo los sismos del departamento del Atlántico. Como se muestra en la Imagen 8. En **(1)** definir el tipo de gráfico como **Histogram**, utilizando la capa de **sismo** y seleccionando únicamente las características filtradas. El campo X corresponde al año (**year**). Opcionalmente, se pueden personalizar los colores del gráfico. En **(2)**, se configuran los nombres del título y las etiquetas de los campos X y Y, así como la fuente de texto. Es importante en la pestaña de **Layout Options**, habilitar la opción de **Show legend, Horizontal legend** y definir la opción **Bar Mode** como **Superponer**. Finalmente, hacer clic en el botón **Crear Diagrama** para mostrar el gráfico.

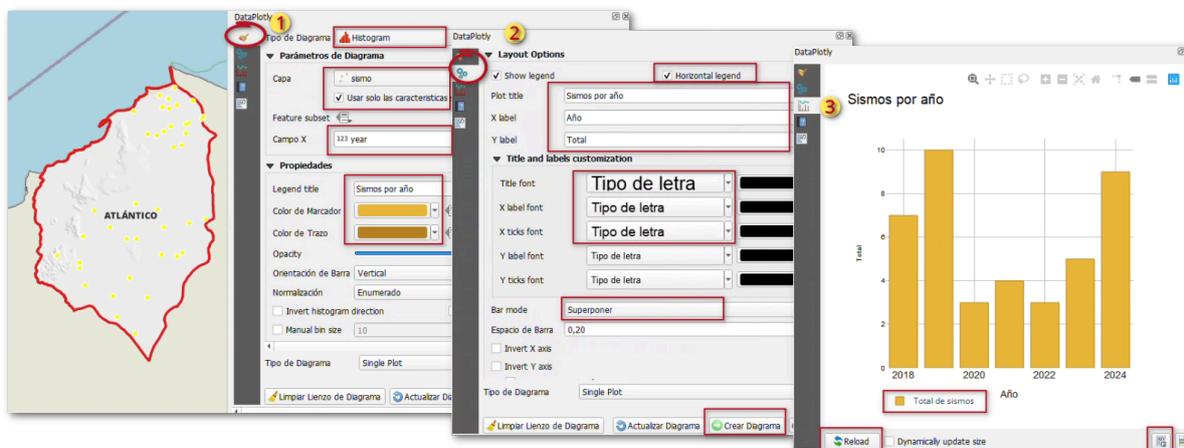


Imagen 8. Generación de un gráfico de histograma de sismos en **Data Plotly**

Es importante destacar varias funciones clave del complemento. La primera es la posibilidad de almacenar los parámetros seleccionados como un archivo **XML**, utilizando las opciones de las primeras pestañas y el botón **Configuration** ubicado en la parte inferior derecha. La segunda es la capacidad de interactuar con los objetos del mapa mediante las herramientas de selección  , aunque no funciona con una selección previa existente. Por último, en la pestaña de visualización del gráfico **(3)**, se pueden utilizar los botones en la parte inferior derecha para exportar  el gráfico en formato de imagen o **HTML**.

Consejo 1

En **Data Plotly**, es posible superponer gráficos, lo que permite combinar varias representaciones en un solo lienzo. Si se prefiere una única representación gráfica, se puede utilizar el botón **Limpiar lienzo de diagrama** para eliminar las visualizaciones anteriores antes de generar un nuevo gráfico..

Generar gráfico de barras apilado de los pozos

Un gráfico de barras apilado es un tipo de visualización de datos que muestra la composición de diferentes categorías y permite comparar el total entre ellas.

Paso 9. Continuando con la capa de pozos, generada en el **Paso 2** de nombre **agg_pozo_mun_estado**, generar un gráfico de tipo **Bar Chart**, con los campos X **estado** y valores del campo Y de **conteo**. Es importante editar en **(1)** la expresión  de **Color de la barra** con el valor **get_symbol_colors()**, que permite asociar los colores actuales de la capa. En **Legend Options (2)** realizar la configuración de títulos y seleccionar el tipo de **Bar mode** como Apilado.

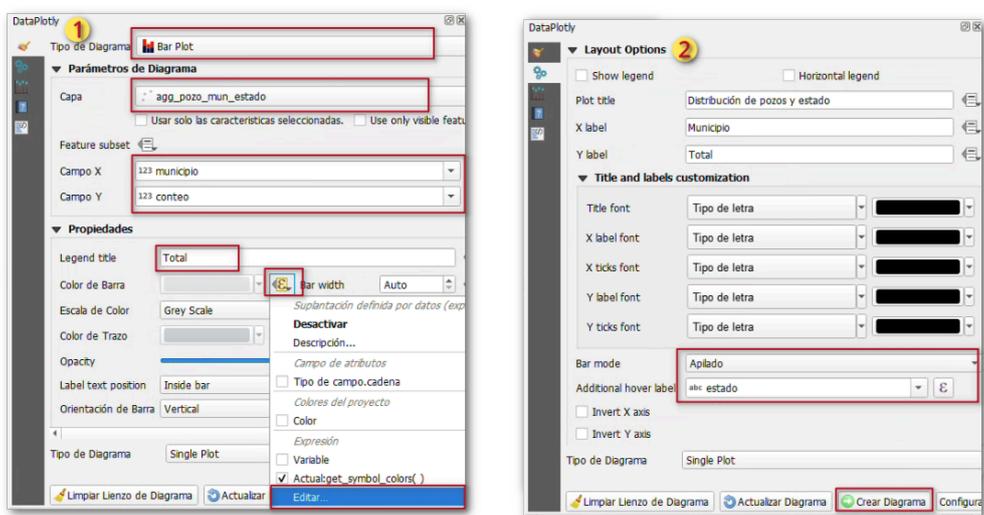


Imagen 9. Generación del gráficos de barras apilado en **Data Plotly**.

Almacenar tanto la configuración de los parámetros del gráfico, como el resultado en **HTML** en la carpeta **salidas**, ya que se usará en la composición de mapas.

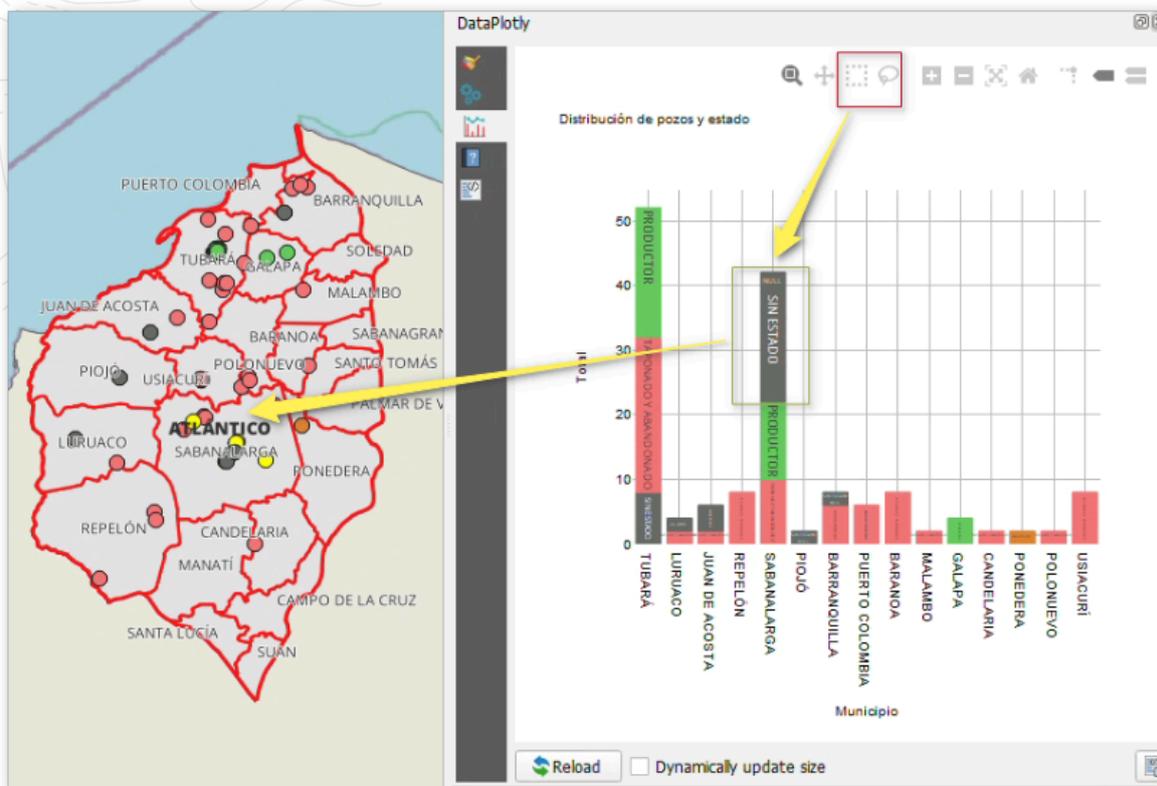


Imagen 10. Gráficos de barras apilado en *Data Plotly*

Es importante destacar aquí algunas opciones de interacción con los gráficos y el lienzo del mapa. En la primera pestaña del complemento, la opción **Use only visible features**, permite actualizar dinámicamente el gráfico según los datos visibles en la vista del mapa. Además, las herramientas de selección permiten interactuar con el gráfico, resaltando todos los elementos de una categoría específica al dibujar sobre él.

Generar un gráfico circular de los pozos

Un gráfico circular o de pie es una herramienta de visualización de datos que sirve para representar proporciones o porcentajes de un todo. Este tipo de gráfico divide un círculo en sectores, donde cada sector representa una categoría y su tamaño es proporcional al valor que representa.

Paso 10. Continuando con los parámetros del paso anterior, cambiar el tipo de gráfico por **Pie Chart**, y definir el valor de anillo en **Pie Hole**.

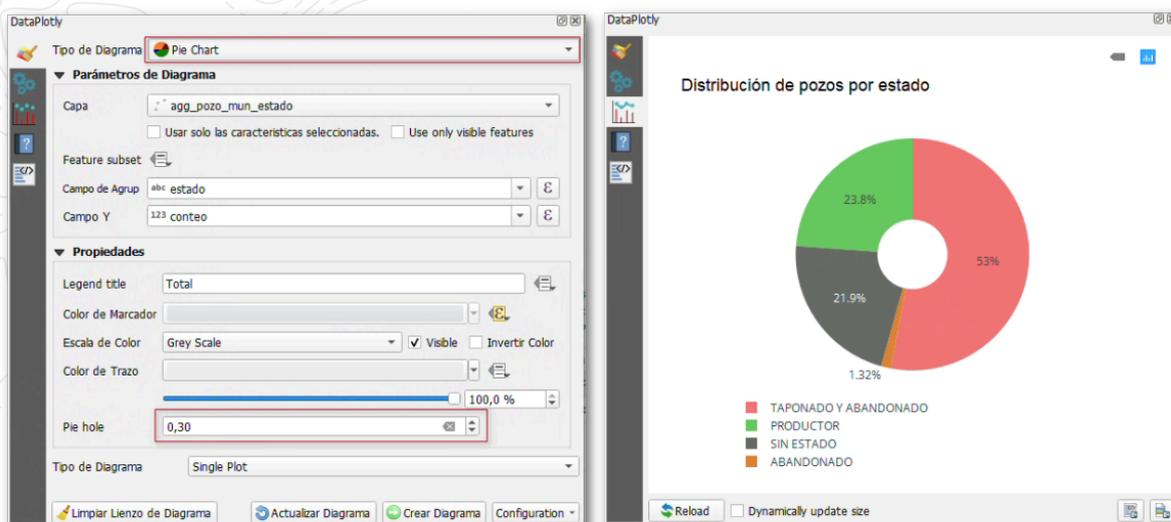


Imagen 11. Generación de un gráfico circular en *Data Plotly*

Almacenar tanto la configuración del gráfico y exportar el resultado en un formato **HTML**, ya que se utilizará posteriormente en la composición de mapa.

Generar un gráfico múltiple de sismos

Un gráfico múltiple en *Data Plotly* es una función que permite visualizar varios conjuntos de datos o variables en una sola vista dentro de **QGIS**. Esta característica es útil para comparar diferentes aspectos de los datos geoespaciales de manera simultánea.

Paso 11. Antes de continuar, es importante borrar todas las expresiones definidas previamente , y limpiar el lienzo del gráfico. En este paso, en **(1)** seleccionar el primer gráfico de **histograma** y la capa de **sismo**, filtrando los datos en **Feature subset** con la expresión  de `"departamento" = 'Córdoba'`. A continuación, definir colores personalizados y seleccionar en la parte inferior, el **Tipo de diagrama** como **Diagrama múltiple** y **Diagrama en columnas**. Por último, hacer clic en el botón **Crear Diagrama**. Los títulos del gráfico no deben definirse en este momento, ya que se establecerán al final del proceso.

Continuar con los siguientes gráficos **(2)** de tipo **Box Plot**, para el campo de valores de **magnitud**. Actualizar los colores y configurar las estadísticas para mostrar el promedio de todos los puntos. Agregar este nuevo gráfico utilizando el botón **Crear Diagrama**. Repetir el mismo proceso para la variable **(3) prof_km**.

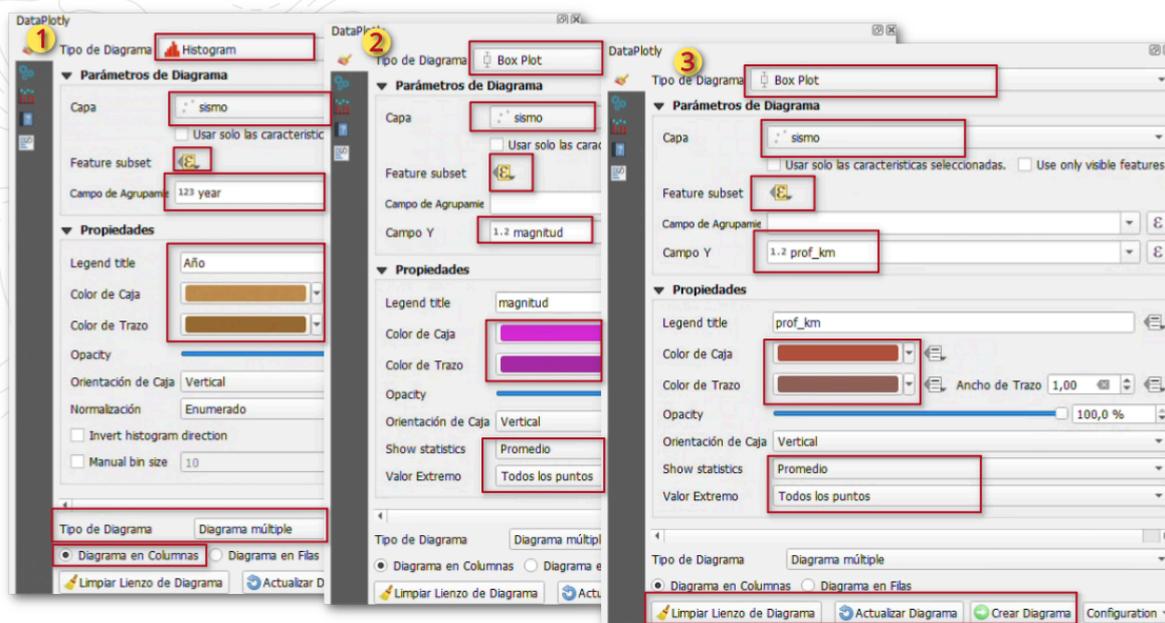


Imagen 12. Generación de un gráfico múltiple con *Data Plotly*

El resultado de la configuración anterior es una salida por columnas. Para asignar los títulos, hacer clic sobre los textos y modificar los nombres según corresponda.

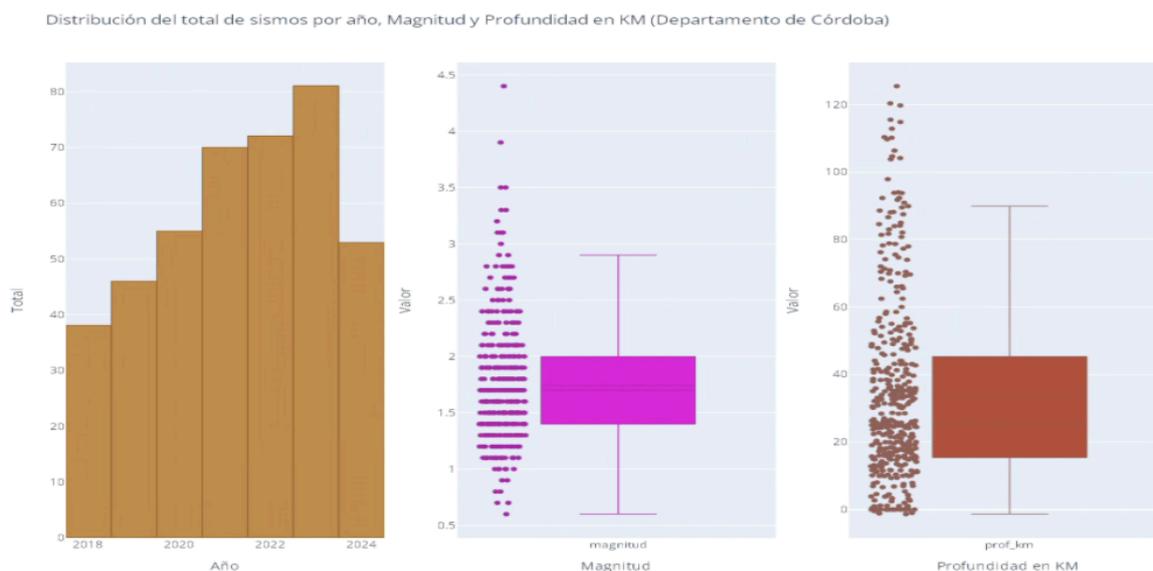


Imagen 13. Resultado de un gráfico múltiple en *Data Plotly*

Recordar almacenar las configuraciones y exportar las salidas en **HTML**.

4.4. Complementos de Data Clock

Un Reloj de Datos, es un tipo de gráfico circular diseñado para visualizar datos temporales cíclicos o estacionales. Este tipo de visualización es particularmente útil para representar patrones que se repiten en intervalos regulares, como datos

diarios, semanales, mensuales o anuales. En **QGIS** actualmente cuenta con dos opciones, el complemento de **Data Clock** y el otro **D3 Data Visualization**.

Paso 12. Instalar el complemento experimental **Data Clock**. Luego, ejecutar la herramienta **Data Clock** desde la caja de procesamiento. Previamente, seleccionar los sismos del departamento de Córdoba. Configurar los parámetros como se muestra en la Imagen 14. En (1) seleccionar la capa de **sismo** con los objetos seleccionados del departamento de Córdoba. Para (2) elegir el campo de **fecha_hora**, con los modos de **Year-Month** y **conteo**. En (3) definir la escala de color. Finalmente, en (4) especificar títulos y exportar el gráfico en formato **HTML**.

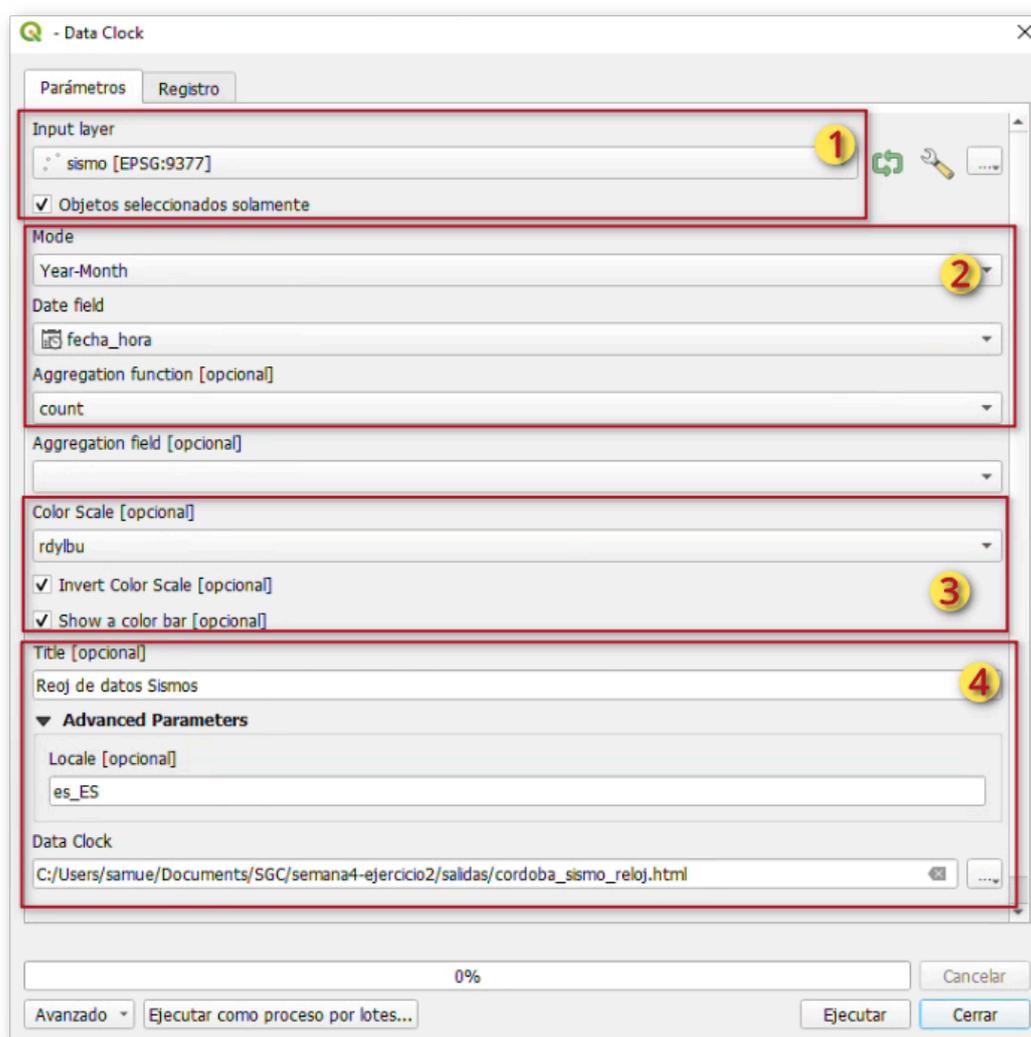


Imagen 14. Parámetros del Reloj de datos

El gráfico se despliega como se muestra a continuación, con cada círculo concéntrico representando un año, desde 2018 hasta 2024, siendo este último el más externo.

Reoj de datos Sismos

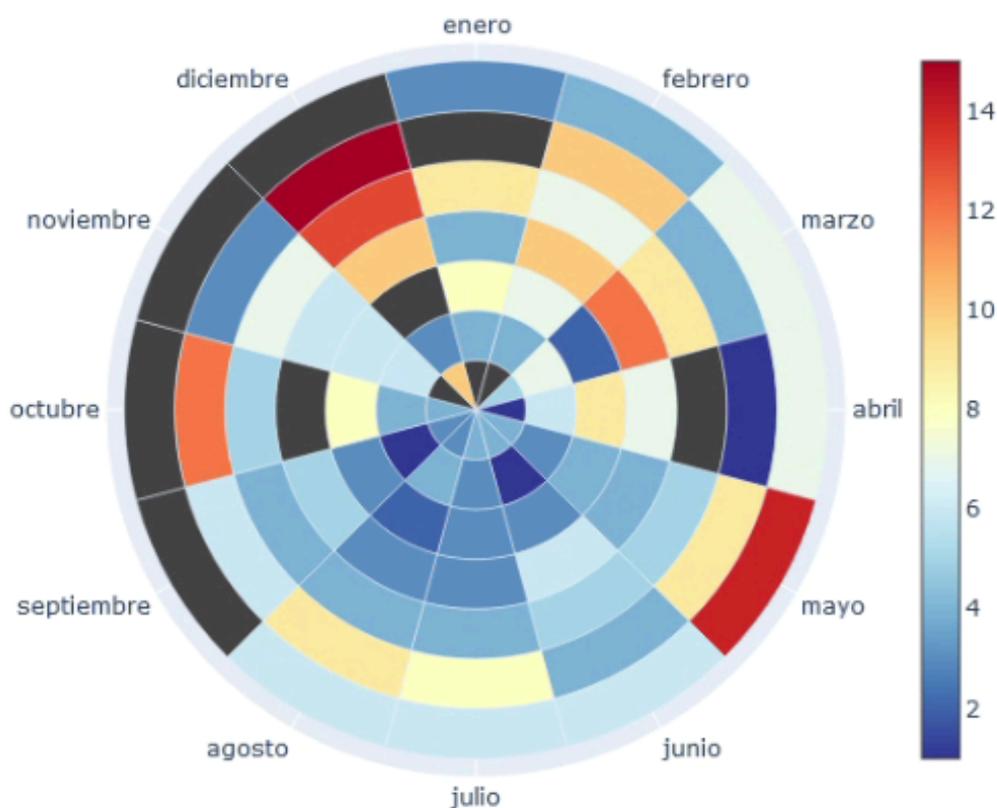


Imagen 15. Reloj de datos generado por *Data Clock*

4.5. Añadir gráficos en composiciones de mapa

La composición de mapas en **QGIS** se puede enriquecer significativamente mediante la integración de elementos **HTML**, tablas y gráficos interactivos generados por **Data Plotly**. Esta funcionalidad permite crear salidas cartográficas dinámicas y visualmente atractivas, mejorando la comunicación de los mapas.

Actualizar información marginal del mapa

Paso 13. Abrir la composición de mapa denominada **Mapa pozos Atlántico**. Asegurarse de que estén habilitadas las capas de **municipio**, **departamento**, **agg_pozo_mun_estado** y el mapa base de **OSM**. Seleccionar la extensión geográfica del departamento del Atlántico, utilizando el marcador creado previamente en el proyecto . Actualizar las convenciones, la leyenda y los datos de autoría y fecha de elaboración.

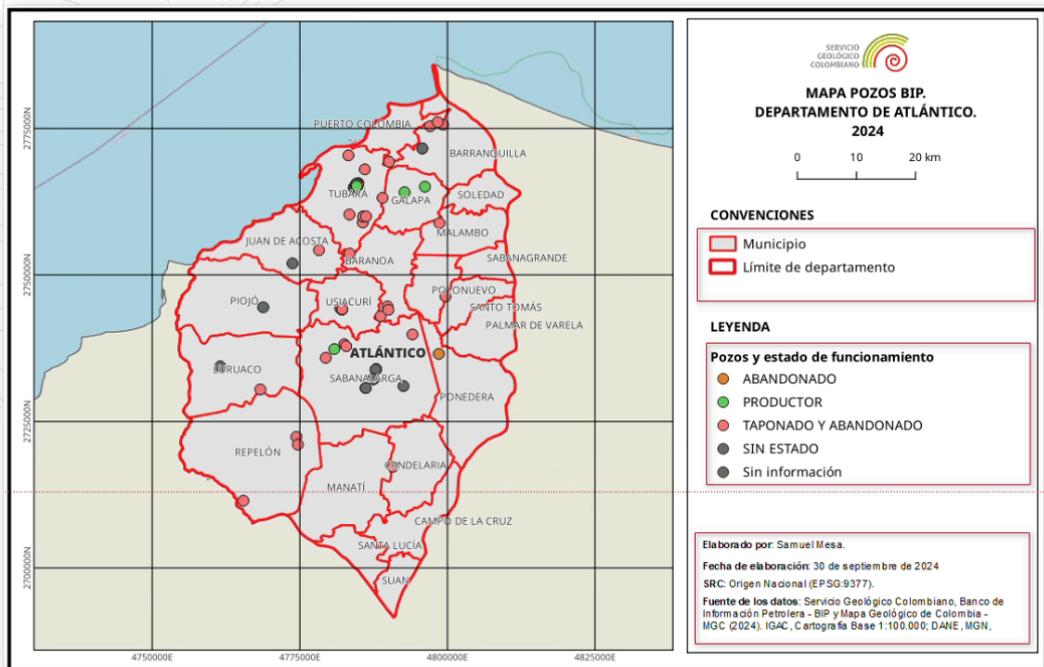


Imagen 16. Actualización de la representación del mapa de pozos e información marginal

Agregar la tabla de atributos y gráfico en HTML

Paso 14. En la parte inferior del mapa, agregar inicialmente un elemento de **HTML**. En sus propiedades, especificar la ruta del archivo o **URL** generado en el **Paso 10** para gráfico circular de estados de pozo. Además, activar la hoja de estilo personalizada para ocultar algunos elementos generados por **Data Plotly**, como el título y las barras de herramientas.

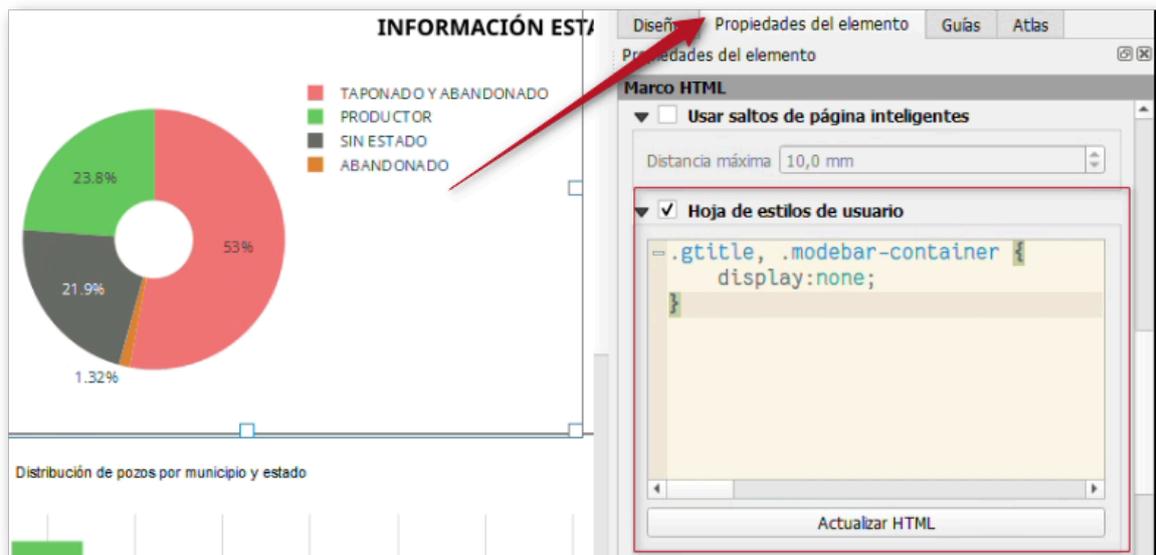


Imagen 17. Elemento HTML del gráfico circular de pozos

Con el siguiente código de la hoja de estilo:

```
.gtitle, .modebar-container {
    display:none;
}
```

CSS

Paso 15. Añadir al mapa un elemento de tabla de atributos y seleccionar como fuente la capa **agg_atlantico_pozo_estado** generada en el **Paso 5**. Ajustar las configuraciones para el despliegue de la tabla, como los atributos a mostrar, los nombres de los encabezados, la alineación y la anchura de las columnas. En la opción de apariencia, habilitar la personalización avanzada de color de fondo, activando el color alternado para filas impares y pares. También se modificaron las fuentes y el formato del texto.

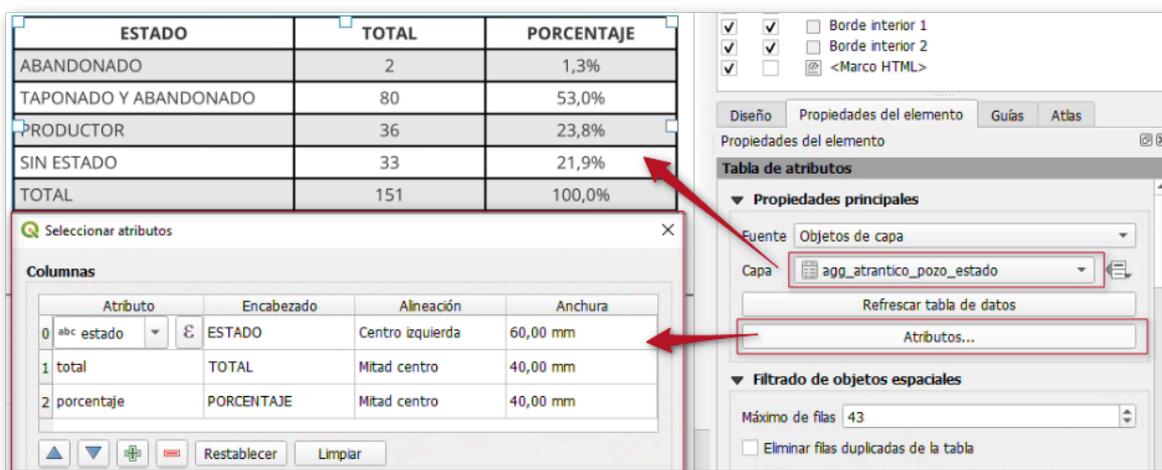


Imagen 18. Elemento de tabla de atributos de estados de pozo

Agregar gráfico de Data Plotly

Paso 16. Añadir en el mapa el elemento de nombre **Añadir Plot item**, y en la última parte del mapa realizar el despliegue. En las propiedades del elemento, seleccione **(1) crear un nuevo gráfico**, y en el botón de **Setup Selected Plot**. En la parte inferior derecha del nuevo panel, **(2)** realizar el cargue de la configuración del gráfico creado en el **Paso 9**, a través del botón **Configuration** » **Load Configuration**. Cualquier cambio requerido se debe realizar en el panel principal del complemento y nuevamente realizar la lectura de los parámetros desde la composición del mapa.

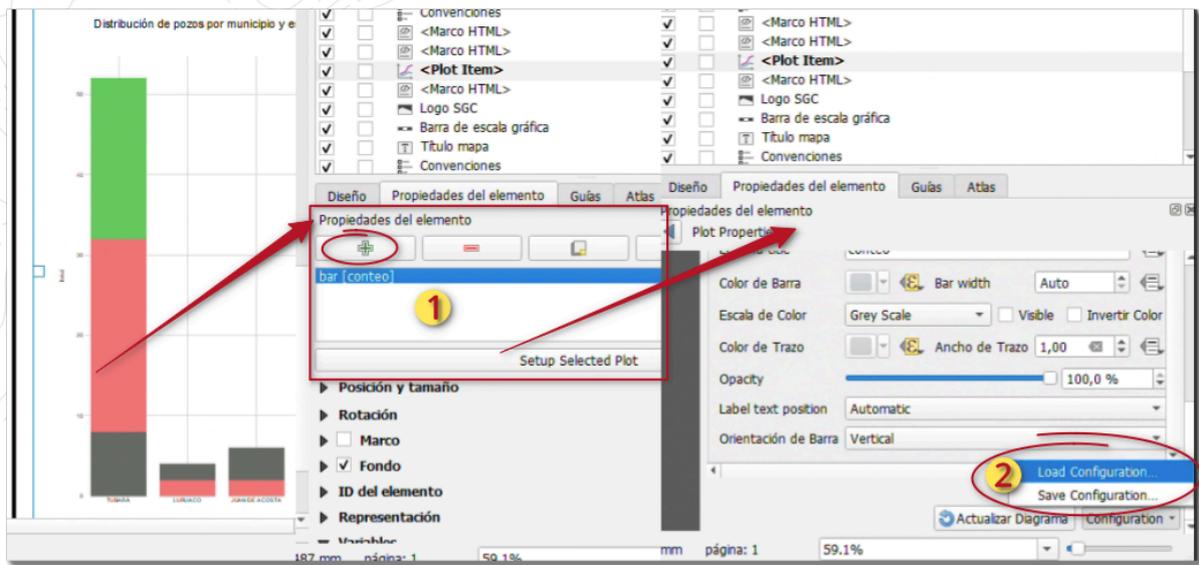


Imagen 19. Configurar elemento de gráfico en la composición de mapa

El resultado del mapa se puede observar en la comunidad de [QGIS en Flickr](#).

5. Entregable del ejercicio

La entrega debe consistir en un archivo **ZIP** de la carpeta raíz del proyecto, excluyendo la carpeta de **INSUMOS**. Los archivos son los resultados del desarrollo del ejercicio 2 de la semana 4 y deben incluir lo siguiente:

- El proyecto **BIP_offline.qgz**, que muestre el resultado de las agregaciones de capas por **SQL** y usando demás herramientas, así como la composición de mapa.
- Las salidas de los gráficos en formato **HTML**, generados para pozos y sismos en el desarrollo del ejercicio.
- El **Mapa pozos Atlántico** en formato **PDF** con los elementos actualizados de convenciones, leyenda, tabla de resumen estadístico y gráficos.

Créditos y Atribuciones

Software libre y de código abierto de QGIS

QGIS es un Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto. El proyecto está licenciado bajo la **GNU General Public License (GPL v2.0)**.

La comunidad global de **QGIS** invita a participar en el desarrollo continuo del proyecto a través de contribuciones financieras, desarrollo de código y actividades de promoción. Para más información visite qgis.org.

QGIS® es una marca registrada de **QGIS.org**, protegida bajo la legislación europea. Tanto el nombre **QGIS** como su logotipo están protegidos contra usos no autorizados según las [directrices oficiales de la marca registrada](#).

Datos abiertos

Los datos utilizados en este tutorial son propiedad de sus respectivas instituciones y están disponibles a través de diferentes plataformas de datos abiertos. Cada conjunto de datos está sujeto a sus propios términos de uso y licencias de datos abiertos según lo establecido por la institución proveedora. Se recomienda consultar las condiciones de uso específicas en la fuente original de los datos.

Sobre la guía de ejercicios en QGIS

Esta guía de ejercicios de **QGIS** es un recurso técnico desarrollado por el **SGC** para los procesos de entrenamiento institucional. El desarrollo y mantenimiento de este documento está bajo la coordinación del Ingeniero Jaime Alberto Garzón, profesional del Servicio Geológico Colombiano (**SGC**). Para consultas técnicas, sugerencias de mejora o contribuciones al contenido, puede comunicarse a través del correo institucional jgarzon@sgc.gov.co.

Este documento se distribuye bajo una licencia **Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)**. Esto significa que usted es libre de compartir y adaptar el material, siempre que otorgue el crédito apropiado, proporcione un enlace a la licencia, e indique si se realizaron cambios. Si modifica o desarrolla sobre este material, debe distribuir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original.