

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**PROPUESTA DE PLAN PILOTO PARA UNA ESTRUCTURA DE BASE DE
DATOS VINCULADA A LA INFORMACIÓN ESPACIAL DE LOS BANCOS DE
NIVEL Y GRAVEDAD DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE
COSTA RICA, EN EL AÑO 2020.**

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía para optar por el grado y título de Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

MARÍA MARTA MORA RIVAS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2020

Dedicatoria

A Dios,

A los que me dieron la vida,

Al amor de mi vida,

Y todos lo que comparten mi vida.

Agradecimientos

Primero a Dios y a Virgen, por darme salud y acompañarme para lograr mis objetivos.

A mi esposo Erick gracias por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de estos dos años y medio maestría y tesis.

A mis padres, Sigifredo y Maruja por creer en mí, por enseñarme el amor de Dios, la paciencia, el esfuerzo y la dedicación es clave para obtener lo que uno quiere.

A María de los Ángeles Jiménez, por tenerme paciencia y amor de madre en este proceso.

A mi profesor y tutor, MSc. Andrés Víquez, por su disposición y gran colaboración en la realización de este trabajo.

A mis lectores Mag. Marta Aguilar y MSc. Efraín Menjívar, por su disposición y anuencia en cualquier momento.

Al Instituto Geográfico Nacional, por brindarme apoyo en este proyecto de investigación.

A los docentes de la Maestría de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección por enriquecer mis conocimientos en el ámbito profesional y académico, en especial a Manuel Vargas, Francisco Rodríguez y Melvin Lizano.

A mis amigos Dora Palacios y Bryan Zúñiga, por contar con su incondicional ayuda.

A mi amigo Carlos Gómez, por vivir conmigo tan bella aventura que fue la maestría.

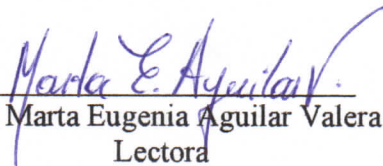
“Trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.”



MSc. Melvin Lizano Araya.
Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado



MSc. Andrés Víquez Víquez.
Profesor Guía



Mag. Marta Eugenia Aguilar Valera.
Lectora



MSc. Efraín Menjívar Pérez.
Lector



MSc. Jonnathan Reyes Chaves.
Representante del Director del
Programa de Posgrado en Geografía.



María Marta Mora Rivas.
Sustentante

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Hoja de Aprobación.....	iv
Resumen.....	vii
Lista de tablas	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de abreviaturas	xi
Capítulo 1 Introducción	1
b. Introducción al tema.	1
c. Justificación del tema.....	3
d. Objetivos.....	5
a. Objetivo general.....	5
b. Objetivos específicos	5
e. Definición de variables.	6
f. Delimitaciones.	8
g. Alcances del proyecto.....	9
h. Limitaciones.....	10
Capítulo 2 Marco teórico	11
i. ¿Qué se entiende por cartografía?.....	11
ii. Infraestructura de Datos Espaciales	12
iii. Modelo de datos.....	19
iv. Apache Tomcat	22
v. GeoServer.	22
vi. GeoNetwork.....	22
vii. Red vertical.....	23
viii. Red de gravedad.....	26
Capítulo 3 Marco metodológico.	31
i. Tipo Investigación	31
ii. Participantes y su selección	32
a. Sujeto:	32
b. Población	32
c. Unidad de muestreo	33
iii. Muestreo no probabilístico	33
iv. Instrumentos.....	34
v. Instrumentos para la recolección de la información	34
vi. Método de recolección de datos.....	35
i. Fuentes primarias	35
ii. Fuentes secundaria.....	35
Capítulo 4 Procedimiento para desarrollar la base de datos	37

i.	Estructura de la base de datos	37
a.	Diseño conceptual.....	37
b.	Modelo lógico.....	43
c.	Modelo físico	50
ii.	Almacenamiento de información.....	51
iii.	Publicación.....	53
a.	Metadato	53
b.	Simbología.....	54
c.	Publicar en el GeoServer	56
Capítulo 5	Resultados	57
a.	Resultados de los cuestionarios	57
b.	Resultados del diseño de la base de datos.....	61
a.	Diseño conceptual.....	61
b.	Modelo lógico	68
c.	Modelo físico	71
d.	Almacenamiento de información.....	73
e.	Publicar.	76
a.	Metadatos.....	76
b.	Simbología.....	78
c.	Publicación en el GeoServer	78
Capítulo 5	Conclusiones y recomendaciones	82
a.	Conclusiones.....	82
b.	Recomendaciones	83
Bibliografía	85
Anexos	90
Anexo 1.	Entrevista aplicada a los funcionarios del Instituto Geográfico Nacional ...	91
Anexo 2.	Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica, apartado de provincias.	94
Anexo 3.	Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica, apartado de punto de control geodésico.....	95
Anexo 4.	Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica, apartado de punto gravimétrico.	96
Anexo 5.	Pasos para crear el modelo de la base de datos de pgModeler.....	97
Anexo 6.	Código exportado de pgModeler del diseño de la base de datos.	101
Anexo 7.	Pasos para cargar la información en pgAdmin.....	105
Anexo 8.	Pasos para Instalar Apache Tomcat, GeoNetwork y GeoServer.....	119
Anexo 9.	Pasos para publicar en GeoServer.....	125
Anexo 10.	Pasos para publicar en GeoNetwork.	136

Resumen

Al Departamento de Geodinámica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), se le propone desarrollar una estructura de bases de datos vinculada a la información espacial de Bancos de Nivel (BN) y Gravedad con la información de Red Vertical que tiene el Costa Rica, ya que solamente una parte de la información de BN en el geoportal SNIT, y esta información complementaria está siendo requerida por los usuarios.

Mediante entrevistas a actores claves se lograron definir las fuentes de información, los requisitos funcionales y no funcionales, así como los objetos geográficos que se van a desarrollar en esta investigación. Lo anterior contribuyó a determinar las pautas a seguir en el diseño de la base de datos y priorización de la información de los Bancos de Nivel, la Línea de Nivelación, la Gravedad Absoluta y la Gravedad Relativa.

Uno de los grandes desafíos en este proyecto de investigación fue: el estudio de la normativa que aplica la Institución, ya que, hubo que analizar para cada uno de los objetos geográficos, la información histórica relacionada y además, de asociar metadatos y simbología en productos.

La finalidad de este proyecto de investigación, es crear el diseño de una Base de Datos funcional para el IGN, que facilite la administración de la información, para llevarlo a cabo, se estructuró en tres etapas: primera etapa, diseño del Modelo Conceptual (Entidad – Relación); segunda etapa, el Modelo Lógico (Modelo Relacional) y la tercera etapa, el Modelo Físico que es la materialización de las dos etapas anteriores utilizando el programa de código abierto *pgModel*.

Posteriormente para almacenar y compila la información, se empleó el programa *pgAdmin* ya que es un buen gestor de bases de datos espaciales en *PostGIS*, por lograr una buena conexión con el programa *GeoServer*, muy útil para gestionar la publicación de capas en los servicios web geográficos (*WMS* y *WFS*), además de que son de código abierto y descarga gratuita.

Palabras claves:

Estructura de Base de Datos, Bancos de Nivel, Gravedad, Instituto Geográfico Nacional y Normativa Técnica.

Lista de tablas

Tabla 1. Estructura de la base de datos de acuerdo a la información de bancos de nivel y gravedad.....	6
Tabla 2. Almacenar la información de bancos de nivel y gravedad.	7
Tabla 3. Publicar la información de bancos de nivel y gravedad.	8
Tabla 4. Población total de Costa Rica para el año 2011.	39
Tabla 5. Representación gráfica de las entidades.	43
Tabla 6. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción del GAM.....	44
Tabla 7. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Provincia.....	44
Tabla 8. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Banco de Nivel.	45
Tabla 9. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Línea de Nivelación.	45
Tabla 10. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Gravedad Relativa.	46
Tabla 11. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Gravedad Absoluta.	47
Tabla 12. Extracto de información entidad provincia.....	61
Tabla 13. Extracto de información entidad banco de nivel.	62
Tabla 14. Extracto de información entidad Línea de nivelación.	63
Tabla 15. Extracto de información entidad Gravedad Absoluta.....	64
Tabla 16. Extracto de información entidad Gravedad Relativa.	66
Tabla 17. Cardinalidad, atributos y llaves primarias entre las entidades.	68
Tabla 18. Propuesta de simbología.	78

Lista de figuras

Figura 1. Delimitación espacial del área de estudio, con información suministrada por el IGN, la escala descrita en el mapa no corresponde por reducción en el documento.	9
Figura 2. Estructura del catálogo de objetos, tomado de documento NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica, Registro Nacional, 2016, p11 y modificado.	16
Figura 3. Cardinalidad de objetos, autor Proal, (s.f.), p1.	20
Figura 4. Conformación de los circuitos de nivelación, mapa histórico suministrado por el IGN-CR, no cuenta con escala, ni creador y es un documento escaneado, s. f.	25
Figura 5. Conformación de la red IGSN71, Recuperado del sitio web https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a006203.pdf , no cuenta con escala ni creador, s. f.	27
Figura 6. Conformación de la red RELANG77, Información tomada del ampo Sistema Informativo Latinoamericano de Gravedad, 1977, escala 1 / 45.000.000.	29
Figura 7. Flujograma de trabajo, creación propia, 2019.	37
Figura 8. Ficha histórica del banco de nivel 29, Instituto Geográfico Nacional, 1957, pag1.	40
Figura 9. Ficha histórica de la línea de niveación 16E.5,4 Instituto Geográfico Nacional, 1967, pag122.	41
Figura 10. Ficha historica Gravedad Relativa BM24, Instituto Geográfico Nacional, 1962, pag1.	42
Figura 11. Esquema metodológico del modelo físico, creación propia, 2019.	51
Figura 12. Recorte de NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000, Instituto Geográfico Nacional / Registro Nacional, 2016, p1	54
Figura 13. Recorte del Catálogo de símbolos y sus especificaciones para las cartas topográficas, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), s.f., p13 y 20.	55

Figura 14. Recorte del Manual Técnico Convenciones Cartográficas, Ministerio de Defensa Ejército Brasileño, 2000, p41.	55
Figura 15. Recorte del Manual de signos cartográficos, República de Argentina, 2010, p177. 56	
Figura 16. Modelo Conceptual, Creación propia 2019.....	67
Figura 17. Modelo Lógico, Creación propia 2019.....	70
Figura 18. Extracto del código importado, Creación propia 2019.....	71
Figura 19. Modelo físico, Creación propia 2019.	72
Figura 20. Código SQL ejecutado en pgAdmin, Creación propia 2019.....	73
Figura 21. Datos cargados en el esquema sig, Creación propia 2019.	73
Figura 22. Datos conectados a Qgis, Creación propia 2019.....	74
Figura 23. Base de Datos asociados a las entidades en Qgis, Creación propia 2019.	74
Figura 24. Vista de la entidad Banco de Nivel, Creación propia 2019.....	75
Figura 25. Vista de la entidad Gravedad Relativa, Creación propia 2019.....	75
Figura 26. Vista del catálogo de metadatos, Creación propia 2020.....	76
Figura 27. Vista del metadato línea de nivelación, Creación propia 2020.	77
Figura 28. Visor de GeoNetwork de las entidades con metadato, Creación propia 2020.	77
Figura 29. Conexión y publicación en GeoServer, Creación propia 2020.	79
Figura 30. Publicación de las entidades en GeoServer, Creación propia 2020.	79
Figura 31. Publicación de las capas determinando el estilo, Creación propia 2020.....	80
Figura 32. Consumo WMS de las capas desde QGIS, Creación propia 2020.	80
Figura 32. Consumo WFS de las capas desde QGIS, Creación propia 2020.	81

Lista de abreviaturas

Siglas	Significado
CR05	Costa Rica, 2005
BD	Base de Datos.
BDE	Base de Datos Espacial
BN	Banco de Nivel.
DACR52	Datum Altimétrico de Costa Rica de 1952.
GAM	Gran Área Metropolitana.
IDE	Infraestructura de Datos Espaciales
Idecori	Infraestructura de Datos Espaciales de Costa Rica
IERS	Servicio Internacional de Rotación de la Tierra
IGN	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
IGSN71	Red Internacional de Normalización de la Gravedad 1971.
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
IUGG	Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.
ITRF2000	Marco Internacional de Referencia Terrestre 2000
SQL	Lenguaje de consulta estructurado.
SIG	Sistemas de información geográfica
SNIT	Sistema Nacional Información Territorial.
MER	Modelo Entidad Relación
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
n.m.m.	nivel medio del mar.
NTIG	Norma Técnica de Información Geográfica
QGIS	Quantum Sistema de Información Geográfica
WFS	Web Feature Service [Servicio de funciones Web]
WMS	Warehouse Management System [Sistema de Gestión de Almacenes]



Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, María Marta Mora Rivas, con cédula de identidad 1-1239-0234, en mi condición de autor del TFG titulado PROPUESTA DE PLAN PILOTO PARA UNA ESTRUCTURA DE BASE DE DATOS VINCULADA A LA INFORMACIÓN ESPACIAL DE LOS BANCOS DE NIVEL Y GRAVEDAD DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE COSTA RICA, EN EL AÑO 2020.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:


Nombre Completo: María Marta Mora Rivas

Número de Carné: B89575 Número de cédula: 1-1239-0234

Correo Electrónico: mmmora13@gmail.com

Fecha: 06-10-2020 Número de teléfono: 8386-3494

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): MSc. Andrés Víquez Víquez


FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

Capítulo 1

Introducción

b. Introducción al tema.

La investigación se realizará en la Dirección del Instituto Geográfico Nacional, la cual a partir del 2012 forma parte de la estructura organizativa del Registro Nacional de Costa Rica, institución pública adscrita al Ministerio de Justicia y Paz, responsable de las "...actividades registrales y geoespaciales, protege los derechos inscritos de las personas físicas y jurídicas brindando servicio de calidad al usuario..." ("Filosofía Institucional", s.f., párr. 1).

Aún más, en la Ley N°59 de 1944, Ley de Creación y Organización del Instituto Geográfico Nacional (IGN) artículo N°3 incisos h) e i) y artículo N°10 inciso d), se le otorga al IGN a ser el garante de los datos y proveer una densificación de la Red Vertical para diversas labores técnicas.

De acuerdo con lo anterior en los Decretos: N°33797 MJ-MOPT "Declara como datum horizontal oficial para Costa Rica, el CR05, enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005.83", y el N°40962 MJP "Actualización del Sistema Geodésico de Referencia Horizontal Oficial para Costa Rica", en los artículos 3° y 4° respectivamente, indican que la Red Vertical, seguirá vigente siempre que no exista un modelo geoidal a nivel nacional.

Concretamente el Instituto Geográfico Nacional, como garante de la información de Bancos de Nivel y Gravedad en el país, tiene la función de proveer a los usuarios datos de referencia vertical, información conformada por una red de puntos denominados Bancos de Nivel, ubicados en el campo por medio de monumentos de concreto, placas o pines que brindan la referencia vertical en cada sitio.

Las referidas señales verticales están marcadas al nivel medio del mar (n.m.m.) y se correlacionan al Datum Altimétrico de Costa Rica de 1952 (DACR52), establecido en el antiguo Mareógrafo de Puntarenas.

Actualmente el administrador de la información de los Bancos de Nivel es el Departamento de Geodinámica del IGN, cuenta con documentos históricos digitalizados relacionados con las fichas de elevación de los Bancos de Nivel (BN), gravedad relativa y Ajuste de líneas de nivelación. Así mismo contiene datos procesados por el Departamento como son: la conformación de los circuitos de nivelación, gravedad interpolada y el informe de cálculo de gravedad absoluta.

Debido a la cantidad de consultas que frecuentemente llegan al Instituto Geográfico Nacional relacionadas a la Red Vertical, en el año 2016 el Departamento de Geodinámica, se propuso como objetivo, proveer al Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) una capa de información básica publicada en el geoportal Web www.snitcr.go.cr, la cual se publicó a finales del año 2017.

Con esta información básica, se le proporciona al usuario una herramienta rápida y accesible de consulta, sin embargo, la capa geográfica de bancos de nivel publicada en el SNIT, no cuenta con la totalidad de la información, debido a que solo se compilaron los datos que tuvieran una posición espacial y una ficha relacionada, hoy día el Departamento de Geodinámica trabaja en completar la información para aquellos BN que carecen de los requisitos anteriores.

El propósito de la investigación, es crear una Base de Datos Espacial (BDE) que facilite la administración de la información, para tal fin, se deben llevar a cabo tres etapas: la primera es el diseño del Modelo Conceptual de la base de datos de acuerdo al Modelo de Entidad – Relación (MER); la segunda es la construcción del Modelo Lógico en el cual se usa el Modelo Relacional (MR) y por último el Modelo Físico que corresponde al desarrollo de las etapas anteriores. Posteriormente se implementará un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) utilizando la aplicación de código abierto *Postgres SQL*.

Con el almacenaje de la información en la base de datos, se procede a realizar la publicación de las capas generadas mediante los servicios web geográficos de tipo WMS y WFS, así como los metadatos geográficos, basados en la Normativa Técnica NTIG_CR04, sobre el Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica y a su vez interoperables con el geoportal del SNIT.

c. Justificación del tema.

El presente trabajo es una propuesta e implementación para una estructura de base de datos, asociada a Bancos de Nivel y Gravedad para el Departamento de Geodinámica del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica. Este tema es importante para el Departamento, debido a que administra 6645 registros de fichas de Bancos de Nivel y 2385 fichas de Gravedad Relativa en formato digital, actualmente se encuentran 3757 fichas de BN publicados en el SNIT, que es, el equivalente a un cincuenta y seis por ciento de la totalidad de datos que posee la institución y no cuenta con ficha de Gravedad Relativa publicada.

Prevalece un porcentaje significativo faltante, debido a que cuando se realizó el levantamiento de nivelación, el equipo utilizado solo traslada información vertical (Z), por lo que la información de la posición (X, Y) fue estimada y dibujada manualmente sobre la cartografía básica a escala 1:50.000 para algunos vértices, por lo que se deben posicionar a los puntos faltantes.

Con esta propuesta de base de datos el Instituto Geográfico Nacional mejorará las respuestas a las consultas de los usuarios, con la información constantemente actualizada por los funcionarios del Departamento de Geodinámica.

La información de Bancos de Nivel data de las décadas de 1940 a 1960, y se distribuye a lo largo y ancho del territorio nacional, en concordancia con el artículo 3 del Decreto Ejecutivo N° 33797-MJ-MOPT (2007), donde se indica textualmente que:

Mientras no se disponga de un modelo de geoides oficializado para Costa Rica asociado al datum CR05, el datum o nivel de referencia vertical o red de nivelación

seguirá siendo el tradicional determinado por técnicas de topografía convencionales y fundamentado en observaciones mareográficas entre 1940 y 1960 para la determinación del nivel de referencia con base en el nivel medio del mar. (p.10)

Todos los proyectos, que requieran información oficial de referencia vertical, precisan de los datos que proporcionan las fichas con esta información histórica.

El Instituto Geográfico Nacional a finales del año 2017, publicó en el geoportal del SNIT la capa de bancos de nivel como servicio el web geográfico de tipo WMS y WFS, permitiéndole al usuario, una consulta básica de la información como lo es: el identificador del banco de nivel, las posiciones coordenadas en “X” y “Y”, elevación, orden, la línea de nivelación, escala y la ficha relacionada.

Con los conocimientos adquiridos en la Maestría Sistemas de Información Geográfica y Teledetección sobre el modelo conceptual, lógico y físico; el almacenamiento de objetos espaciales y los metadatos, aunado al estudio y procesamiento de los datos históricos, se generará más información, siendo necesario realizar un análisis para vincular la Base de Datos Espacial (BDE) con la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) misma que considera diferentes componentes para posibilitar el intercambio uso y acceso a la información geográfica, de forma tal, que la información publicitada, se encuentre acorde con la normativa técnica del Instituto Geográfico Nacional y que la misma sea dinámica para el personal del Departamento de Geodinámica y usuarios.

d. Objetivos.**a Objetivo general**

Proponer un plan piloto para una estructura de base de datos vinculada a la información espacial de los bancos de nivel y gravedad, situado en el Departamento de Geodinámica del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Costa Rica en el año 2020.

b Objetivos específicos

- i. Diseñar una estructura de Base de Datos Dinámicos a partir del modelo de datos espaciales de acuerdo con la información de Bancos de Nivel y Gravedad del Departamento de Geodinámica, del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
- ii. Vincular la información espacial de los bancos de nivel y gravedad en la estructura de base de datos desarrollada para el Departamento de Geodinámica, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
- iii. Publicar el plan piloto de las Bases de Datos para analizar su estructura y funcionamiento operativo.

e. Definición de variables.

Las variables ayudan al desarrollo y ejecución del proyecto.

Tabla 1. Estructura de la base de datos de acuerdo a la información de bancos de nivel y gravedad.

Objetivo específico	Variable	Indicador	Instrumento	Operación de la variable
Diseñar una estructura de Base de Datos Dinámicos a partir del modelo de datos espaciales de acuerdo a la información de Bancos de Nivel y Gravedad del Departamento de Geodinámica, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.	Estructura de una Base de Datos Dinámicos a partir del modelo de datos espaciales de acuerdo a la información de Bancos de Nivel y Gravedad del Departamento de Geodinámica, IGN - CR.	Información bancos de nivel y gravedad.	Tipo de dato espacial. Revisión gráfica y tabular de las capas de información. Libros de Excel. Catálogo de objetos institucional.	Forma como se utiliza cada uno de los recursos institucionales para estructurar una base de datos dinámica con la información de bancos de nivel y gravedad que cuenta el país.
		Requerimientos funcionales.	Declaración del servicio que prestará el sistema de base de datos. Encuesta oral a los funcionarios del IGN, para analizar la necesidad. Estudiar los requisitos que requieren el IGN.	
		Requerimientos no funcionales.	Rendimiento. Seguridad. Disponibilidad. Requisitos legales. Lenguaje de programación. Método del diseño a utilizar	

Nota: Variables del objetivo específico 1, determinación de las fuentes de donde se búsqueda la información para desarrollar el proyecto. Las abreviaturas IGN – CR significa, Instituto Geográfico Nacional – Costa Rica (Creación propia, 2020).

Tabla 2. Almacenar la información de bancos de nivel y gravedad.

Objetivo específico	Variable	Indicador	Instrumento	Operación de la variable
Vincular la información espacial de los bancos de nivel y gravedad en la estructura de base de datos desarrollada por el Departamento de Geodinámica, Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Compilar la información espacial de los bancos de nivel y gravedad en la estructura de base de datos desarrollada por el Departamento de Geodinámica, IGN - CR.	Diseño conceptual.	Modelos entidad relación.	Sistematización de la información donde se busca la interoperabilidad entre los archivos cartográficos y el diseño de la base de datos.
		Diseño lógico.	Modelo relacional.	
		Diseño físico.	Modelo relacional en lenguaje SQL.	
		Almacenamiento de información.	Generar los contenedores en el <i>pgAdmin</i> utilizando el código SQL y vincular la información.	

Nota: Variables del objetivo específico 2, almacenar la información con relación al diseño. Las abreviaturas IGN – CR significa, Instituto Geográfico Nacional – Costa Rica (Creación propia, 2020).

Tabla 3. Publicar la información de bancos de nivel y gravedad.

Objetivo específico	Variable	Indicador	Instrumento	Operación de la variable
Publicar el plan piloto de las Bases de Datos para analizar su estructura y funcionamiento operativo	Publicación del plan piloto de la Base de Dato para analizar su estructura y funcionamiento operativo.	Publicar en el <i>GeoServer</i>	Subir la información de los archivos geográficos. Geoserver, contar con servicio WMS y WFS.	Difusión de la información que tiene el plan piloto donde se analiza el funcionamiento del diseño de la base de datos.
		Interoperabilidad de la información.	Metadatos de objetos geográficos, catálogo de metadatos en <i>GeoNetwork</i> .	
			Añadir simbología a los objetos geográficos publicados.	

Nota: Variables del objetivo específico 3, publicar la información con relación al diseño. Las abreviaturas WMS y WFS significa, Warehouse Management System [Sistema de Gestión de Almacenes] y Web Feature Service [Servicio de funciones Web] (Creación propia, 2020).

f. Delimitaciones.

En este proyecto, se considera como área de estudio la información de Bancos de Nivel de las tres órdenes: líneas de nivelación, gravedad relativa y gravedad absoluta de la Gran Área Metropolitana (GAM), información ubicada en el Departamento de Geodinámica del Instituto Geográfico Nacional.

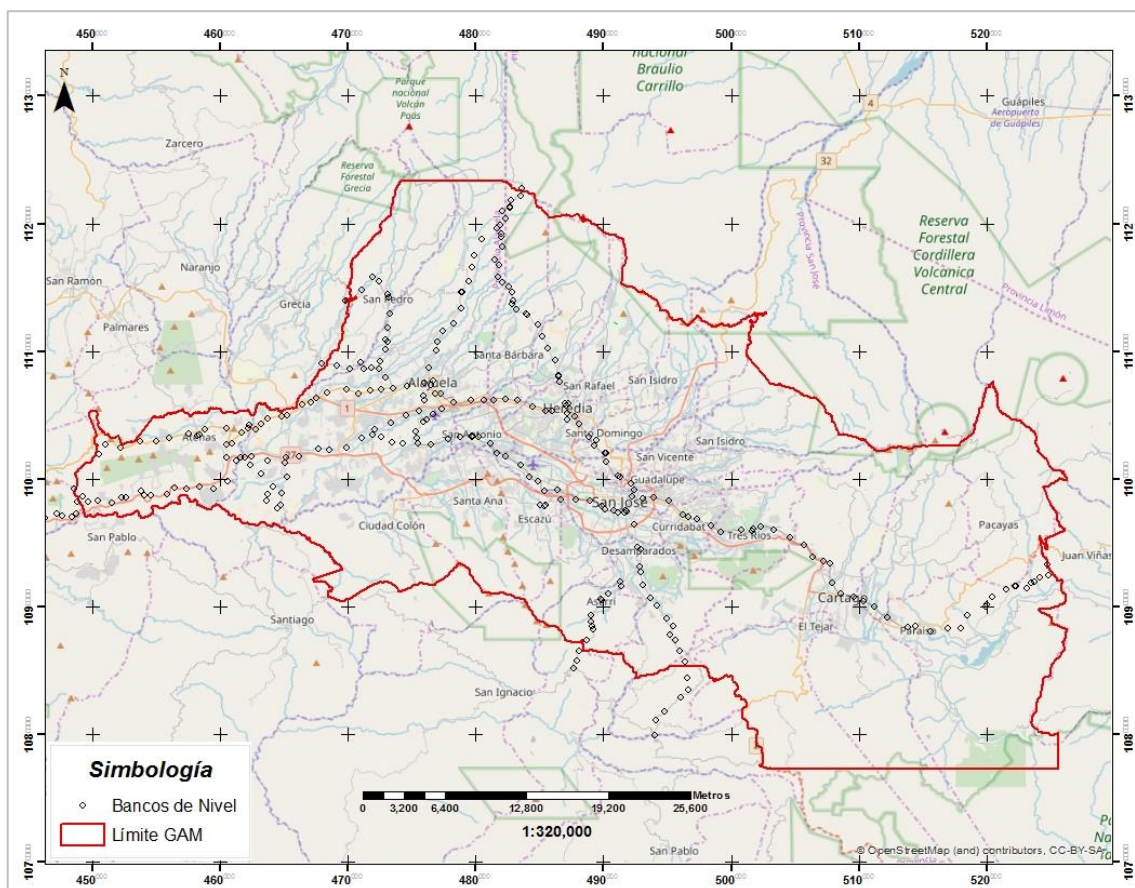


Figura 1. Delimitación espacial del área de estudio, con información suministrada por el IGN, la escala descrita en el mapa no corresponde por reducción en el documento.

Adicionalmente se tiene la delimitación técnica en el diseño y desarrollo del proyecto, ya que se va a utilizar un software de plataforma libre, de código abierto y compatible con Postgres SQL, todo en concordancia con la publicación en el geoportal del Sistema Nacional de Información Territorial y los servicios web geográficos (WMS y WFS).

g. Alcances del proyecto.

Este proyecto propone utilizar la normativa técnica de información geográfica promovida por el Instituto Geográfico Nacional, con el objetivo de que, la información que se encuentre de Bancos de Nivel y Gravedad sea analizada y proponer reestructuraciones en caso de ser necesario.

La normativa técnica que se va analizar:

- NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica.
- NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica.
- NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones Cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000 de Costa Rica.

Se planteará una Base de Datos Espacial (BDE), con el propósito de facilitar la disposición y acceso de la información espacial de Bancos de Nivel y Gravedad a los usuarios nacionales e internacionales que la requieran. Lo cual es una capa fundamental para el país, los usuarios, el SNIT y la IDECORI.

Al ser este proyecto un plan piloto, se busca que el diseño sea interoperable y sirva de modelo al Departamento de Geodinámica del IGN y se pueda replicar para el resto del país.

h. Limitaciones

Las limitaciones que se encontraron para desarrollar el proyecto de investigación son las siguientes:

- Falta de datos relacionados a la gravedad relativa, en puntos con nueva ubicación geográfica esto equivale a un cinco punto dos por ciento (5.2%) de la información total del plan piloto, por lo tanto, dichos puntos se contabilizaron sin la información de la gravedad relativa asociada, debido que para tener datos asociados a estos registros la Institución tenía que hacer un recalcu de interpolación de la gravedad relativa.
- Extravío de un dos por ciento (2%) de las fichas de bancos de nivel en su versión digital y analógica, las cuales detallaban la información del tipo de marca, dimensión de la base y la fecha cuando se realizó la medición. Esto imposibilitó asociar a la base de datos, la ficha de banco de nivel respectiva.

Capítulo 2

Marco teórico

El marco conceptual organiza y desarrolla los conceptos, ideas y argumentos teóricos centrales relacionados con el tema de la investigación.

i. ¿Qué se entiende por cartografía?

La cartografía además de que ayuda a dar una visión del mundo, permite observar los diferentes contextos históricos en los que se llevan a cabo, el análisis materializado artísticamente en una superficie plana como lo es la hoja de papel (Importancia de la cartografía, 2013, párr.2).

Para Bernal (2016) la geografía es importante porque “investiga un fenómeno biofísico o social, con todas sus causas y consecuencias; su trabajo final lo transmite a través de símbolos cartográficos, a escala y a colores, en documentos llamados mapas” (párr.5). El mismo autor, define los mapas como: “el lenguaje gráfico por el cual se comunica la geografía” (Bernal, 2016, párr.5).

A mediados del siglo XX, con el avance acelerado de las tecnologías informáticas que se describe como el “uso de equipos de telecomunicaciones y computadoras para la transmisión, el procesamiento y almacenamiento de datos” (Pérez, J., Gardey A, 2014, párr1). Debido a este fenómeno se desarrolla la cartografía digital, por la alta demanda de disponer de datos espaciales para análisis y toma de decisiones (“1 Cartografía Digital”, s.f., párr.6) y utiliza como insumo los sistemas de información geográficas (SIG), los cuales “codifican y gestionan variables y datos geoespaciales mediante diferentes recursos como bases de datos, aplicaciones estadísticas, programas de diseño asistido por ordenador, de cartografía automatizada y de teledetección” (“Cartografía”, 2014, párr.4).

Por otra parte, con el desarrollo del Internet que “es una red de redes que permite la interconexión descentralizada de computadoras” (Pérez, 2008, párr.1), es un medio dinámico que permite presentar la información en diferentes formatos y ofrece acceso a los datos en segundos.

Así mismo la información geográfica y cartográfica ha revolucionado conceptualmente, ya que con la aparición del mapa, inicialmente estaba pensada para ser leído por el ojo humano, posteriormente los SIG permitieron, la consulta en computadoras y por último la interconexión con el mundo con la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) (IGN España, 2019).

ii. Infraestructura de Datos Espaciales

Se entiende, por Infraestructura de Datos Espaciales a:

Una estructura de red basada en un sistema informático integrado por un conjunto de datos georreferenciados y servicios interoperables espaciales, descritos a través de sus ficheros de metadatos, que incluye una serie de aplicaciones (catálogo de metadatos, visualizador, páginas web...) dedicadas a gestionar la Información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos...), disponible en Internet... que permiten que un usuario por medio de un simple navegador, pueda encontrar, visualizar, acceder y combinar la Información Geográfica. (IGN España, 2019, Unidad 1 IDE, p1)

Gracias al concepto IDE, se promueve en el año 2011 con ayuda del Programa de Regularización de Catastro Registro la primera versión del portal web del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) (Aguilar, 2020, p27). En el año 2013, se establece el sustento jurídico del SNIT, a partir de la promulgación del Decreto Ejecutivo N° 37773-JP-H-MINAE-MICITT, publicado en la Gaceta N°134 del 12 de julio 2013, donde el SNIT tiene el “objetivo de promover la generación de productos, servicios e información geográfica georreferenciada de cubrimiento nacional, regional y local, y publicar en forma integrada y georreferenciada la información territorial... de órganos públicos... y de personas privadas, físicas o jurídicas” (Aguilar, 2020, p27), con la finalidad de homologar la información espacial. Lo anterior se fundamenta en los artículos 10, 11, 12, 13 y 15 de la Ley N°59 de creación del Instituto Geográfico Nacional y su reforma por Ley N° 8905” (“Acerca del SNIT”, s.f., párr.1).

En el año 2020, nace el concepto de Infraestructura de Datos Espaciales de Costa Rica (IDECORI) con el Decreto Ejecutivo N° 42120-JP, publicado en la Gaceta N°28 del 12

de febrero de 2020. “Su objetivo general es el de promover la gestión de datos e información geográfica de interés nacional de calidad, para fortalecer la toma de decisiones en todos los campos de la política pública y privada” (Aguilar, 2020, p29).

Esta iniciativa gubernamental es liderada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Registro Nacional de Costa Rica, al constituir el IGN, la dependencia permanente y autoridad oficial representante del Estado, científica y técnica rectora de la cartografía nacional, destinada a la ejecución del Mapa básico oficial y la Descripción básica geográfica de la República de Costa Rica y a los estudios, las investigaciones o labores y el desarrollo de políticas nacionales de carácter cartográfico, geográfico, geodésico, geofísico y de índole similar que tenga relación con dichas obras, con el fin de apoyar los procesos de planificación. (“Recursos Digitales, SNIT”, s.f., párr.2)

El IGN de Costa Rica promueve la utilización del geoportal del SNIT, “al que puede acceder cualquier ciudadano sin mayores conocimientos en temas especializados, hasta usuarios de perfil especializado con experiencia en uso de herramientas de gestión de sistemas de información geográfica” (“Administración del SNIT”, s.f., párr.5). Este portal web geográfico busca ahorrar tiempo, esfuerzo y dinero en el acceso a la información geográfica que requieran los usuarios.

Los servicios del SNIT, están orientados a la interoperabilidad de los datos espaciales permitiendo el intercambio de información geográfica, por lo que es “necesario el establecimiento de estándares y normas de modo que los datos, servicios y recursos de una IDE puedan ser utilizados, combinados y compartidos” (IGN España, 2019, Unidad 1 Componentes, p2).

El país cuenta con estándares y normas que buscan el intercambio de datos espaciales, denominada Normativa¹ Técnica de Información Geográfica (NTIG), que permite orientar a los funcionarios y usuarios gestores de datos espaciales a estandarizar la compatibilidad e interoperabilidad en los procesos facilitando la toma de decisiones (Registro Nacional, 2016, p3).

En este proyecto de investigación, se considera la siguiente normativa: NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica, NTIG_CR02_01_2016 Catálogo Objetos Geográficos, NTIG_CR03_01_2016: Modelo Datos Geográficos de Costa Rica Escalas_1000_5000_25000 y por último NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones Cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000 de Costa Rica. Las cuales se detallarán más adelante.

Por lo que se refiere al metadato “comparte la misma raíz griega que la palabra metamorfosis Meta significa cambio. Metadatos o datos acerca de datos, describe los orígenes y rastrea los cambios hacia los datos” (Taylor, 2004, p23), es un término que se ha popularizado con la evolución que ha tenido el internet porque ayudan “a las personas que utilizan información geoespacial a encontrar la información que necesitan y a determinar cómo utilizarla mejor” (Taylor, 2004, p25).

Los archivos² digitales contienen metadatos para que las personas que trabajan con ellos puedan comprender los contenidos y el uso de la base de datos digitales asociadas, si no se agrega el metadato puede provocar desconfianza de los resultados de la información y una duplicidad de esfuerzos entre instituciones (Taylor, 2004, p25).

Taylor (2004) afirma “el metadato es uno de esos términos que es convenientemente ignorado o evitado” (p25), por lo que el país promueve la utilización del Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica, según se indica en la Directriz DIG-004-2016 es

¹ Norma es todo documento que armoniza aspectos técnicos de un producto, servicio o componente, definido como tal por algún organismo oficial de normalización como son ISO, CEN o AENOR (Ariza y Rodríguez, 2008, p22)

² Conjunto nombrado de registros almacenados o procesados como una unidad (IPGH, 2015, p1)

de acatamiento obligatorio para todas las entidades generadoras de información geográfica.

El Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica tiene su origen en el ejercicio del cumplimiento de las competencias de Ley del Instituto Geográfico Nacional en materia de normalización, generación y estandarización de la información geoespacial. Esta primera versión es una iniciativa que nos facilitará el intercambio de informaciones interinstitucionales, además de promover de una manera precisa y ordenada la difusión y uso de los datos geográficos. Nuestra posición es inclusiva y abierta en cuanto a los aportes de la comunidad productora, gestora y usuaria de información geoespacial en el ámbito nacional. (Registro Nacional, 2016, p2)

Para el perfil de metadatos anterior, el IGN se basó en la norma ISO 19115 Geographic Information Metadata [Metadatos de Información Geográfica], personalizada para América Latina llamado “Perfil Latinoamericano de Metadatos (LAMP), el cual surge como una respuesta a la necesidad de obtener una estructura estandarizada para documentar la información geográfica de Latinoamérica y el Caribe” (Registro Nacional, 2016, p6).

El Perfil Oficial de Metadato Geográfico de Costa Rica, busca tener una trazabilidad del origen de las fuentes y facilitar la exploración en los archivos geográficos digitales asociados a una infraestructura de datos espaciales (Registro Nacional, 2016, p2). Por lo anterior es necesario la utilización de esta normativa en los productos geográficos que se generen en este proyecto de investigación.

Además, se cuenta con el catálogo de datos espaciales definidos estos como “sistemas de detección y acceso que utilizan metadatos como objetivo para pesquisas sobre información geoespacial tabular, vectorial o raster” (Nebert, 2004, p11), almacenados en bases de datos, el cual busca “la integración posterior de estos servicios con la cartografía en red, el acceso directo a los datos espaciales” (Nebert, 2004, p40).

El país inició la estandarización del catálogo de datos espaciales con la publicación de la Directriz DIG-002- 2016, donde se crea la Norma Técnica de Información Geográfica (NTIG) NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica, la cual se entiende como: “una disposición de datos que incluye la definición de objetos geográficos, sus atributos y la codificación correspondiente, con el fin de facilitar la generación e intercambio de la geoinformación entre los usuarios” (Registro Nacional, 2016, p6), el cual busca la interoperabilidad entre diferentes instituciones, en ésta normativa se indican los requisitos mínimos que deben tener los gestores de datos geográficos.

La normalización de los procesos se basa en el ISO 19110:2005 que es la estandarización de “cómo se clasifican y organizan los tipos de objetos geográficos en un catálogo, es decir, Temas, Grupos, Objetos y sus respectivos atributos” (Registro Nacional, 2016, p8) (figura 2). Por otro lado, también se consideró el ISO 19126:2009 “que proporciona un esquema para la conformación de un diccionario de conceptos dentro de cada Tema y Grupo, permitiendo la clasificación, descripción de los atributos y valor de los códigos de cada uno de los datos geográficos” (Registro Nacional, 2016, p8).

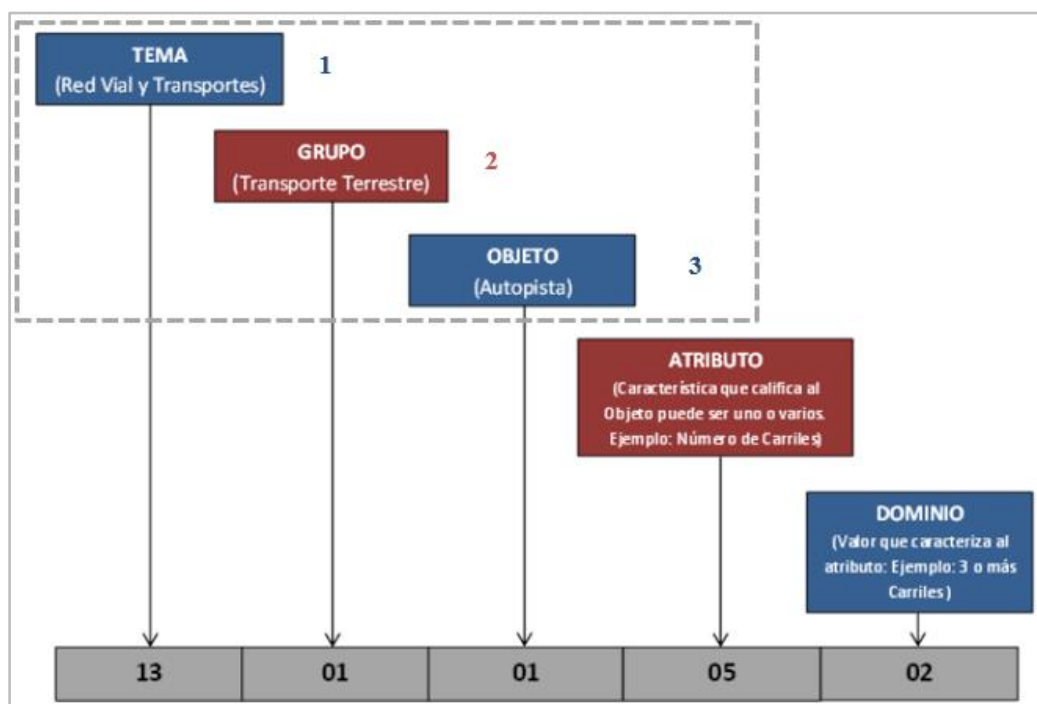


Figura 2. Estructura del catálogo de objetos, tomado de documento NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica, Registro Nacional, 2016, p11 y modificado.

El Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica se compone de tres niveles. El primero es Tema esta categoría agrupa los datos según el tipo de accidente geográfico, el segundo es Grupo que representan los subtemas que guardan características comunes y por último es Objeto o entidad es un elemento espacial el cual tiene se representa gráficamente (Registro Nacional, 2016, p11).

El objetivo del catálogo de objetos geográficos, es ayudar a fundamentar la estructura de base de datos³, donde el Objeto o entidad⁴ está constituida por tablas que permiten el almacenamiento información. Este objeto a su vez, tiene atributos que son características descriptivas de la entidad (Blázquez, 2014, párr4), y los atributos tienen “dominios que se refieren a las valoraciones cuantitativas o cualitativas de los mismos, siempre y cuando... se repiten en forma sistemática en el tiempo y en el espacio” (Registro Nacional, 2016, p11).

Ahora bien, parte del tema de investigación es la confección de la base de datos basada en el protocolo de normalización establecido por el Instituto Geográfico Nacional el apartado de mayor interés es el Tema 10 Control Geodésico, en los Grupos 1001 Control Geodésico Geométrico y 1002 Control Geodésico Físico. Específicamente los Objetos 100102 Punto Geodésico de Control Vertical y 100201 Punto Gravimétrico.

El Catálogo de Objetos Geográficos trabaja de forma conjunta con el Modelo de Datos Geográficos por tener como punto de conexión “el código particular a cada objeto geográfico en una forma más estructurada y homogenizada” (Registro Nacional, 2016, p6), y existe una interconexión entre los “diferentes tipos de objetos, atributos, dominios y relaciones⁵” (Registro Nacional, 2016, p6) establecidas en el catálogo.

³ Una base de datos es una colección de datos almacenados y organizados de forma que un programa del ordenador pueda seleccionarlos rápidamente y capaces de ser: recobrados, actualizados, insertados y borrados. En una base de datos es un sistema de archivos electrónico. (Gutiérrez, s.f. p3)

⁴ Conjunto de elementos presentes o no, en un contexto determinado dado por el sistema de información o las funciones y procesos que se definen en un plan de automatización (Blázquez, 2014, párr3)

⁵ Vínculo que permite definir una dependencia entre los conjuntos de dos o más entidades (Blázquez, 2014, párr5)

La Normativa Técnica de Información Geográfica (NTIG) se denomina NTIG_CR03_01.2016: Modelo de Datos Geográficos de Costa Rica, Escalas 1:1.000, 1:5.000 y 1:25.000, esta normativa es de acatamiento obligatorio para todos los generadores de información geográfica como se indica en la directriz DIG-006-2016.

El modelo de datos geográficos de Costa Rica, para las escalas 1:1.000, 1:5.000 y 1:25.000, se constituye en la primera versión del modelo de datos oficial para la producción, homologación y estandarización de las bases de datos geoespaciales, publicadas en la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial y por consiguiente para la Infraestructura de Datos Espaciales de Costa Rica (IDECORI). (Registro Nacional, 2016, p6)

La Normativa Técnica establece en el modelo de datos geográficos, el tipo de geometría⁶ que se debe de utilizar en los objetos geográficos de estudio para esta investigación.

Por último, se tiene la Normativa Técnica de Información Geográfica denominada NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones Cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000 de Costa Rica, la cual tiene como objetivo “proporcionar los elementos necesarios para representar de manera simbólica tanto en formato digital o gráfica impresa, los distintos fenómenos de la realidad del terreno a escala 1:25.000, sin que dicho dibujo pierda relación con el contexto del objeto” (Registro Nacional, 2016, p2).

Esta normativa de especificaciones cartográfica se basó en dos normas como lo son:

El Manual Técnico de Convenciones Topográficas, publicado por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia y preparado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia en su segunda edición ... y Especificaciones para la producción de mapas topográficos de territorios extranjeros a Escala de 1:50.000 elaborado por la DMA. (Registro Nacional, 2016, p4)

⁶ Los objetos o entidades geográficas se representan más comúnmente como puntos, líneas o polígonos. (Tres representaciones fundamentales de capas de información geográfica, s.f.)

Esta normativa técnica contempla “la definición de formas, tamaños y colores (en composición RGB que sea indiferente a la gama de colores que manejan diferentes softwares)” (Registro Nacional, 2016, p5). Esto ayuda a los generadores de información geográfica a contar con las especificaciones técnicas para el diseño de símbolos.

La normativa NTIG_CR06_01.2016 se encuentra interconectada con las otras normativas mencionadas en este apartado NTIG_CR03_01.2016, NTIG_CR02_01_2016 y NTIG_CR04_01.2016.

Por todo lo anterior es preciso analizar estas normativas para que la información de esta investigación cuente con una trazabilidad y compatibilidad de publicación.

iii. Modelo de datos

El modelo de datos definido como: “un conjunto de herramientas conceptuales para describir datos, sus relaciones, su significado y sus restricciones de consistencia” (Modelado de datos, s.f., párr1); es una tarea compleja, porque deben mapear los procesos que requiere el Instituto Geográfico Nacional y lo establecido en las Normativas Técnicas Información Geográfica (NTIG).

Un modelo de datos tiene tres etapas las cuales son: Modelo Conceptual (es general), Modelo Lógico (detalles de los datos) y Modelo Físico (base de datos) a continuación, se explican y analizan.

El modelo conceptual se basa en objetos, cuenta con el Modelo Entidad – Relación (ME-R) entendido como: “datos organizados en conjuntos interrelacionados de objetos (entidades) con atributos asociados” (Proal, s.f., párr27), y se representa en forma de diagrama.

El autor Proal (s.f.) menciona que el modelo Entidad – Relación está compuesto por:

- **Objetos (o entidades):** es todo lo que existe y es capaz de ser descrito (párr36). Se representa por medio de un Rectángulo.
- **Atributos:** son características del objetivo (párr37). Se distingue por medio de un ovalo.

- Llaves: es el atributo que identifica de manera única a la entidad (párr50). Se diferencia porque la palabra del atributo se subraya.
- Relaciones: es la conexión que existe entre dos entidades (párr63). Se representa con un Rombo.
- Cardinalidad: Existen de tres tipos de muchos a muchos (m-n), de uno a muchos (1-n) y de uno a uno (1-1). Se representa gráficamente como se muestra en la figura 3.

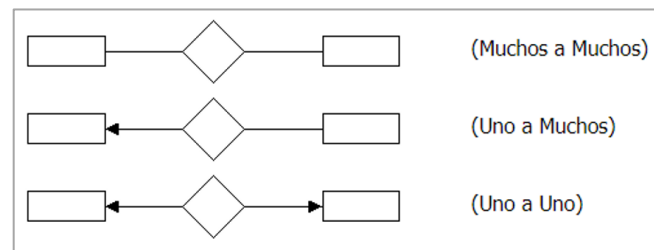


Figura 3. Cardinalidad de objetos, autor Proal, (s.f.), p1.

La finalidad de crear un modelo, es satisfacer las necesidades del problema, lo ventajoso de realizar un diagrama es la facilidad de ver la información, la misma debe ser simple sin dejar de sustentar el problema (Proal, s.f., p1).

Sucesivo al modelo conceptual está el modelo lógico, éste resuelve el problema planteado por la institución. Se representa gráficamente por medio de un esquema es la “versión completa que incluye todos los detalles acerca de los datos” (Proal, s.f., párr12). Por ejemplo, se señalan las llaves (candidatas y foráneas), el tipo de geometría que representa la entidad, atributos, por mencionar algunas.

Como menciona Proal, (s.f.) el modelo lógico es “el paso de convertir el modelo a tablas hace que las entidades pasen a ser tablas (más las derivadas de las relaciones) y los atributos se convierten en las columnas de dichas tablas” (párr7).

Y por último se tiene el modelo físico que tiene una relación directa con el lenguaje de programación, para este proyecto de investigación se utilizará *PostgreSQL* como administrador de la base de datos. Específicamente las herramientas en estudio es

pgModeler y *pgAdmin*, los cuales son “*Open Source*”⁷ y se utiliza para modelar bases de datos” (Segovia, 2018, párr6).

Previo a la confección del modelo físico se debe tener algunas consideraciones definidas con la información que se va a manejar en la base de datos, como lo menciona Proal, (s.f.) los mismos son:

- a los atributos se le deben definir el tipo de dato que contiene: número entero, número de coma flotante (decimal), cadenas alfanuméricas (texto) (párr8).
- se debe definir en los atributos la longitud y precisión de la fila (párr16).
- llaves primarias en algunos casos estas no son adecuadas o no se pueden determinar en la base de datos (párr13).
- tener bien definido las llaves primarias y llaves foráneas en las entidades (párr26).

Lo ventajoso de utilizar en el modelo físico la herramienta *pgModeler*, es que cuenta con una interface simple que por medio de formularios y campos, va guiando al usuario a “generar el código SQL de forma correcta” (Segovia, 2018, párr7). Con la misma herramienta se puede exportar o compilar el código fuente en lenguaje SQL.

Para posteriormente, utilizar la herramienta *pgAdmin*, que funciona como un repositorio público o servidor PostgreSQL, para que la base de datos pueda modificar, exportar y manejar datos de la interfase *on-line*. En esta herramienta, se pega el *scripts* SQL o código fuente generado desde el programa *pgModeler*.

Ya generada la base de datos se puede conectar con el programa QGIS que es un “Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio, gratuito y de código abierto” (QGIS, s.f., p1). Solamente se utiliza la extensión *PostGIS* desarrollada por PostgreSQL, para bases de datos espaciales, por ser la combinación “perfecta para el almacenamiento, gestión y mantenimiento de datos espaciales” (Morales, 2016, párr1).

⁷ Código abierto.

La ventaja de la compatibilización entre QGIS y PostgreSQL, es que, el PostGIS genera automáticamente las características de “software libre y es compatible con los estándares de *Open Geospatial Consortium* (OGC) con el objetivo de facilitar el intercambio de información geográfica” (Morales, s.f., p1), teniendo la posibilidad de trabajar multiusuario facilitándose la importación y exportación de datos.

iv. Apache Tomcat

Es un Software de código abierto, es un contenedor de servicios que trabaja con “las tecnologías Java Servlet, JavaServer Pages, Java Expression Language y Java WebSocket” (Tomcat, s.f., p1).

v. GeoServer

Uno de los alcances que cuenta esta investigación, es la publicación en la que se utilizará GeoServer que “es un servidor de código abierto para compartir datos geoespaciales” (GeoServer, s.f., p1). Este servicio está diseñado para la interoperabilidad y publicación de cualquier fuente de datos espacial que utilice estándares abiertos (GeoServer, s.f., p1).

“GeoServer implementa protocolos OGC estándar de la industria, como el Web Feature Service (WFS), el Web Map Service (WMS) y el Web Coverage Service (WCS)” (GeoServer, s.f., p1). Este servicio gratuito, los servidores web permite la salida de información geográfica.

vi. GeoNetwork

Los generadores de archivos cartográficos nuevos, deben de tener en cuenta, que la a nueva información producida, se le debe asignar un metadato. Por lo que, se utiliza el programa GeoNetwork “es una aplicación de catálogo para administrar recursos referenciados espacialmente. Proporciona potentes funciones de búsqueda y edición de metadatos, así como un visor interactivo de mapas web” (GeoNetwork, s.f., p1).

El GeoNetwork es muy utilizado para Infraestructura de Datos Espaciales. Tiene “una interface web que es fácil de usar para buscar datos geoespaciales en múltiples catálogos” (GeoNetwork, s.f., p2).

vii. Red vertical.

Se entiende como red vertical al “conjunto de puntos, físicamente establecidos mediante marcas, hitos o señales sobre el terreno, medidos con gran precisión en altimetría y está formada principalmente por desniveles y distancias horizontales” (IGN Perú, 2016).

La red vertical de Costa Rica surgió gracias a la colaboración del Gobierno de los Estados Unidos, por medio de la oficina U.S. Coast Geodetic Survey [Servicio Costero y Geodésico], la cual colocó mareógrafos que son instrumentos utilizados “para medir y registrar las variaciones de las mareas” (Mareógrafo, s.f., pág1), en el territorio costarricense, al igual que en el resto del continente americano.

Los mareógrafos son instrumentos utilizados para determinar el datum altimétrico, es el que “suele utilizarse el nivel medio del mar, asumiendo que de esta forma se tiene un punto del geoides, determinado por mediciones prolongadas con mareógrafos y materializado mediante la construcción de hitos fundamentales en las proximidades” (Dörries y Roldán, 2004, p129).

En el caso de Costa Rica datum altimétrico, tiene su origen en el antiguo mareógrafo de Puntarenas, que inició su funcionamiento en el año 1948 y se denomina oficialmente Datum Altimétrico de Costa Rica de 1952 (DACR52).

Posteriormente, la Oficina Inter American Geodetic Survey (IAGS) [Servicio Geodésico Interamericano] se encargó en realizar la medición, cálculo y ajuste para la red vertical de Costa Rica y otros países de Centroamericanos.

La Oficina del Servicio Geodésico Interamericano o IAGS de sus siglas en inglés, para realizar la medición de la red vertical del país, amojonó en campo, con una placa o espiga de bronce. Estos mojonos son marcas que se conocen como Bancos de Nivel (BN) o Bench Mark (BM) y se define, como un “punto de referencia cuya elevación con respecto a un plano es conocida. Se usa como punto de arranque o punto de cierre de una nivelación” (IGN Perú, 2016).

Para la red vertical de Costa Rica, estas marcas, se encuentran espaciadas cada kilómetro o kilómetro y medio, y fueron medidas con nivelación geométrica de alta precisión. Esta red cuenta con una extensión alrededor de 8100 km que van a lo largo de la red vial del país.

Dentro de la información histórica con que cuenta el Instituto Geográfico Nacional, está el libro denominado “Manual of Leveling Computation and Adjustment” [Manual de nivelación, cálculo y ajuste] de Rappleye H. S. del año 1948, donde se constata, la similitud de los parámetros en Costa Rica, con los establecidos por el Gobierno de los Estados Unidos para las redes desarrolladas en su país.

Afirma Rappleye (1948, p.2), que el orden de las líneas de nivelación, se dividen en tres:

Nivelación de primer orden debe ser usado para desarrollar el nivel principal, además las líneas deben ser colocadas de tal manera que eventualmente ningún punto en el país estará a más de 50 millas de una marca de referencia establecida por nivelación de este orden. Todas las líneas deben ser divididas en secciones de 1 a 2 kilómetros de longitud, y cada sección se debe ejecutar hacia delante y hacia atrás, los dos recorridos de una sección de no diferir más de $4mm\sqrt{k^8}$.

Nivelación segundo orden deben usarse para subdividir los circuitos de nivelación de primer orden hasta que ningún punto dentro del área esté a más de $12\frac{1}{2}$ millas de una marca de referencia de primer o segundo orden. La nivelación de segundo orden incluirá líneas ejecutadas por métodos de primer orden, pero en una sola dirección, llevándose entre marcas de referencia establecidas previamente por nivelación de primer orden y todas las líneas de nivelación de doble ejecución cuyas secciones se ejecutan en dirección hacia atrás y hacia delante, Comprobar dentro de los límites de $8,4mm\sqrt{k^1}$.

⁸ k : es la longitud de la sección en Km, según Rappleye 1948.

Nivelación de tercer orden se puede utilizar en subdivisiones de circuitos de nivelación de primer o segundo orden, donde puede ser necesario un control adicional. Las líneas de tercer orden no deben extenderse más de 30 millas de las líneas de primer o segundo orden; Pueden ser líneas de una sola operación, pero siempre deben ser circuitos cerrados en líneas de igual o mayor orden. Los cheques de cierre no deben exceder $12mm \sqrt{k \text{ en circuito}}^1$.

Como indica Rappleye (1948) el primer orden conforma líneas de nivelación de alta precisión del país, buscando crear polígonos cerrados o circuitos de nivelación. Debido a que el país contó con el trabajo colaborativo del Gobierno de los Estados Unidos, en la figura 4 se observa la interconexión con los países de Nicaragua y Panamá.

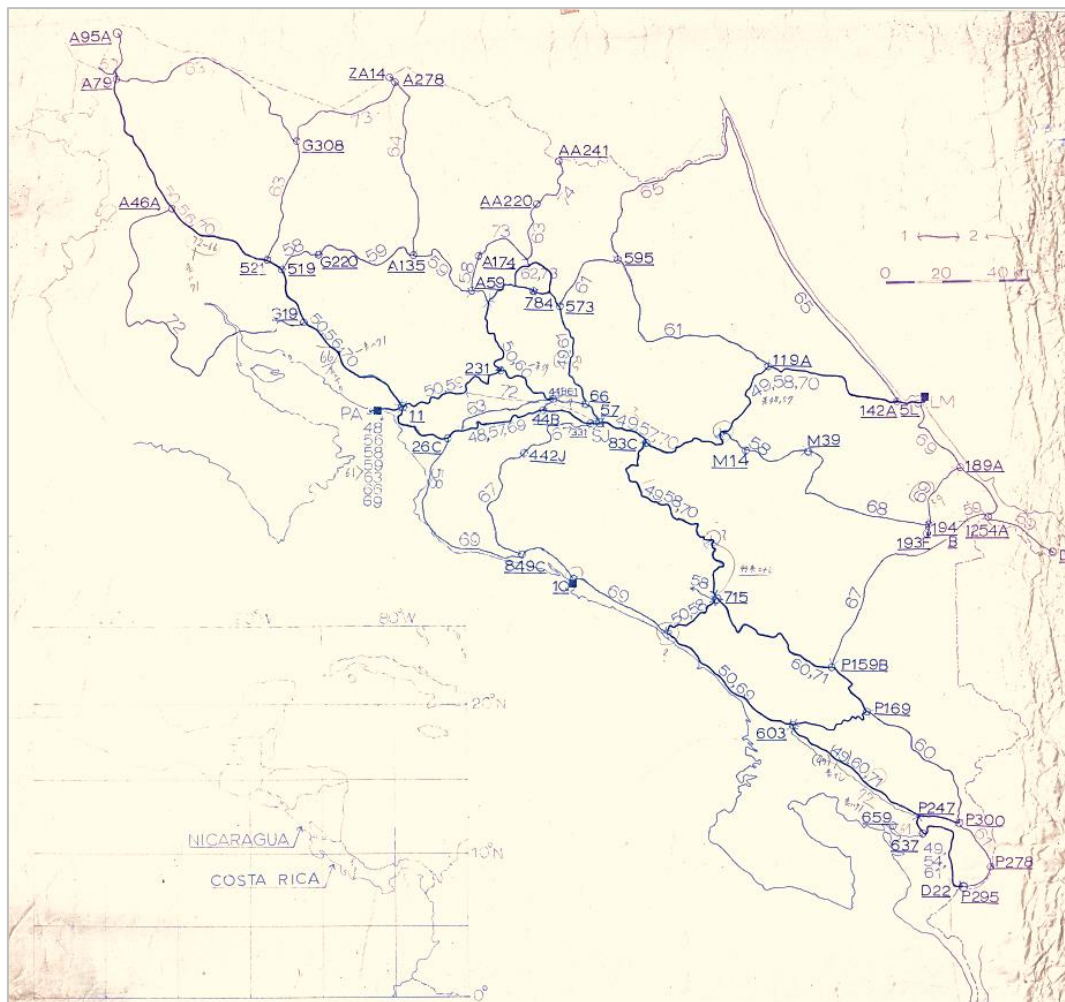


Figura 4. Conformación de los circuitos de nivelación, mapa histórico suministrado por el IGN-CR, no cuenta con escala, ni creador y es un documento escaneado, s. f.

Dichas líneas de nivelación tienen su amarre y cierre en puntos nodales, el Instituto Geográfico Nacional tiene tres libros históricos llamados: SX0 LEVELS ADJUSTMENT 1967 [SX0 Ajuste de niveles 1967], lo que los diferencia, es la clasificación, catalogados en primero, segundo y tercer orden. Dichos libros están conformados por tablas, constituidas por varios elementos, donde se destaca la columna denominada REMARKS [Observaciones] que indica la conexión del punto nodal con otras líneas de nivelación.

El administrador de la información histórica de la Red vertical del país es el Instituto Geográfico Nacional, específicamente el Departamento de Geodinámica. Este Departamento tiene fichas de bancos de nivel, libros de ajuste para las líneas de nivelación y hojas cartográficas a escala 1:50.000 donde se encuentra dibujada la posición aproximada (X, Y) con un error de posición superior a los 50m.

viii. Red de gravedad

Según Esparza y Torres, una red de gravimetría se define como:

La distribución de estaciones de valores medidos de la aceleración de la gravedad (g) cuyas ubicaciones se seleccionan para cubrir un área determinada (local o regional). Las redes gravimétricas cumplen varios propósitos que incluyen el monitoreo permanente de variaciones del valor de g, hasta su uso como referencias establecidas para propósitos de prospección o monitoreo de eventos geológicos de corto plazo. Las redes se establecen con estaciones de primer orden, es decir a partir de mediciones directas en cada una de las estaciones que la integran utilizando un instrumento de gravedad absoluta⁹. (2015, p1)

⁹ Es el valor de la gravedad determinado en un punto, por medio de la observación directa (péndulos verticales) o cuantificado a partir de procedimientos indirectos (instrumentos de caída libre y gravímetros) (X. APENDICE, s.f.)

La red gravimétrica de Costa Rica surgió gracias a la colaboración del gobierno de los Estados Unidos de América, por medio de la IAGS quien aportó para el desarrollo un par de gravímetros relativos a inicios de la década de 1960.

Las mediciones de gravedad, en su mayoría se desarrollaron a lo largo de las líneas de nivelación, con el propósito de vincular estas observaciones al proyecto internacional denominado International Gravity Standardization Net [Red Internacional de Normalización de la Gravedad] el cual se conoce como IGSN71 (figura 5). Este proyecto tiene la finalidad de establecer estaciones de medición absoluta en todo el mundo y también una red interconectada con vínculos de gravedad relativa (Morelli, Gantar, McConnell, Szabo, y Uotila, 1972, p.8).

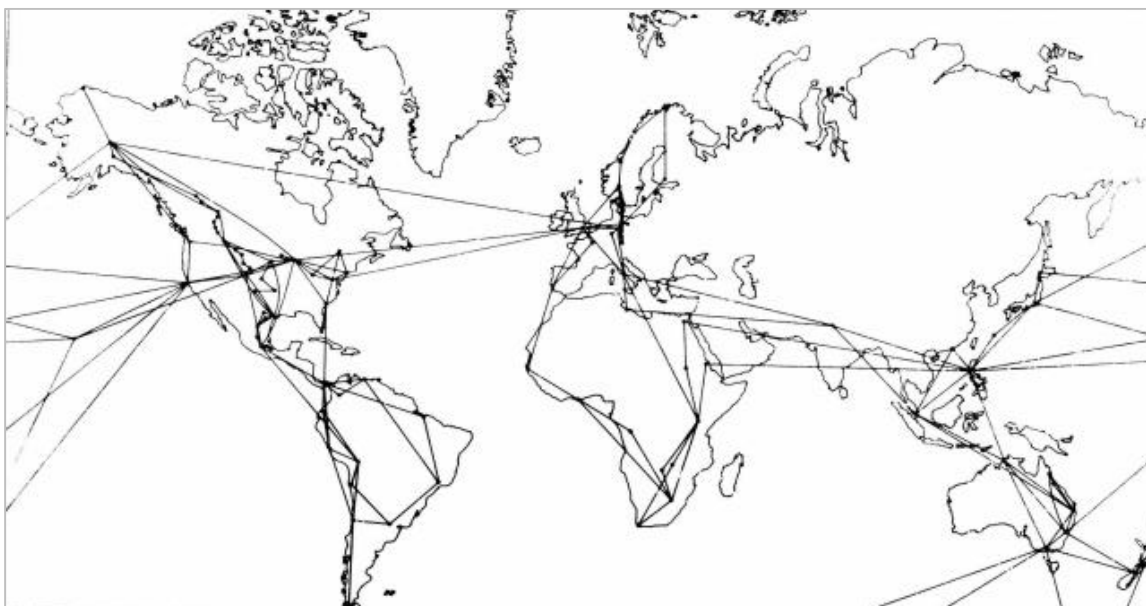


Figura 5. Conformación de la red IGSN71, Recuperado del sitio web <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a006203.pdf>, no cuenta con escala ni creador, s. f.

En el país se establecieron dos estaciones de referencia de gravedad absoluta, una en el Parque Central de San José y el segundo punto cerca del mareógrafo de Puntarenas (Blitzkow y Oliveira, 2019, p.1). Este segundo lugar es importante porque es donde se determina el datum vertical del país.

Posteriormente la Comisión de Geofísica del “Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) formó un grupo llamado Sistema Informativo de Gravedad Latinoamericano (conocido como SILAG, por sus iniciales en español) con el apoyo de la ... IAGS” (Blitzkow y Oliveira, 2019, p.1).

Para la labor anterior, se involucraron diversos Institutos Geográficos, donde se implementó el proyecto Red Latinoamericana de Normalización de la Gravedad 1977 (en adelante RELANG77, por sus siglas en español) (Blitzkow y Oliveira, 2019, p.1), con el propósito de establecer una Red Latinoamericana (figura 6) de puntos observados de forma relativa vinculados a las estaciones de la red IGSN71.

Las mediciones de gravedad relativa¹⁰ en el país, disponía en ese momento con gravímetros relativos de la marca LaCoste y Romberg proporcionados por la IAGS (Álvarez, 2019, p.32).

Cuando se finalizó el proyecto RELANG77 “en Centroamérica se establecieron en total 188 puntos..., con los valores de gravedad ajustados, las elevaciones, las coordenadas y las fichas descriptivas de ubicación” (Álvarez, 2019, p.32). Particularmente para Costa Rica se determinaron ocho estaciones de referencia de gravedad como parte de la Red RELANG77.

Las estaciones de referencias de gravedad proporcionadas por los proyectos IGSN71 y RELANG77, con el pasar de los años no contaron con mantenimiento y se han perdido. Por lo anterior el 19 de abril del año 2018 se firmó un “Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Junta Administrativa del Registro Nacional y Universidad de Costa Rica para la realización del proyecto: Materialización y Medición de la red de gravedad absoluta para Costa Rica, aprobado por Acuerdo J160-2018, tomado en la Sesión N°.13-2018” (Junta Administrativa del Registro Nacional, 2018, p.7), donde se tiene el propósito de establecer en el país nuevas estaciones de gravedad absoluta.

¹⁰ Es la diferencia de gravedad existente entre dos puntos, uno de los cuales es de gravedad conocida” (X. APENDICE, “s.f.)

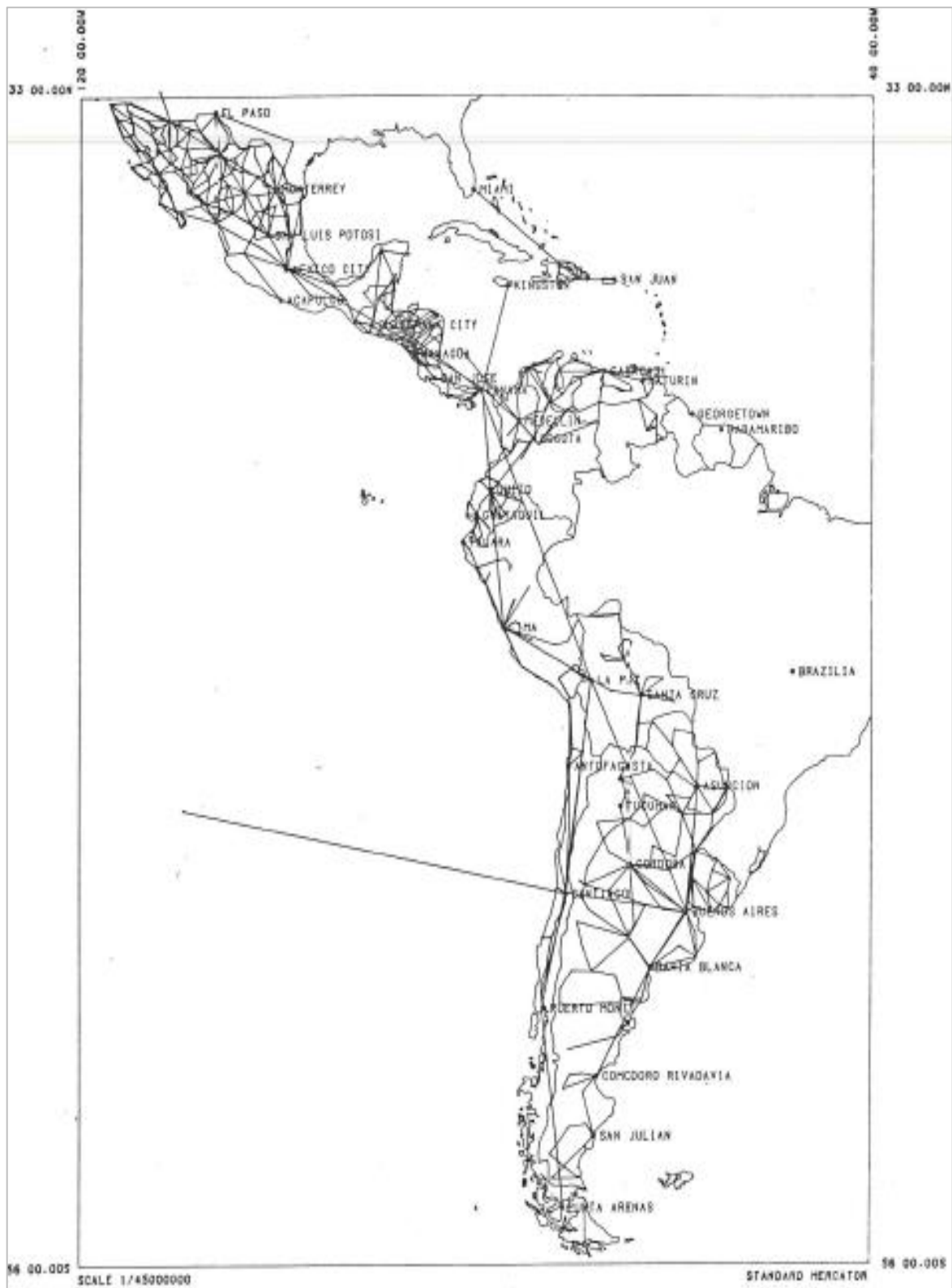


Figura 6. Conformación de la red RELANG77, Información tomada del ampo Sistema Informativo Latinoamericano de Gravedad, 1977, escala 1 / 45.000.000.

Por lo tanto, a inicios del año 2019, en el país se midieron dieciocho puntos nuevos con un gravímetro absoluto modelo A10 de Micro-g Lacoste, serie N°32 que es propiedad de la Universidad de São Paulo. Este instrumento llega al país gracias a un convenio de cooperación que cuenta la Universidad de Costa Rica con la Universidad de São Paulo.

El gravímetro absoluto modelo A10, tiene la particularidad de ser un “Gravímetro absoluto portátil de nivelación automatizada y optimizado para la adquisición rápida de datos y la portabilidad en aplicaciones al aire libre. Este instrumento permite la operación en condiciones de campo adversas en sitios abiertos al aire libre bajo el sol, la nieve y el viento” (“Detalle de gravímetro absoluto modelo A10,” s.f., p.1).

Los dieciocho puntos se distribuyen por todo el país, necesarios para trasladar gravedad relativa a otros sitios, donde se requiere salir de un punto de gravedad conocida. La importancia de monitorear la gravedad en el país es porque la “región es altamente dinámica con respecto a la tectónica de placas y el vulcanismo, esto significa que el valor de la gravedad puede cambiar con el tiempo” (Blitzkow y Oliveira, 2019, p.1).

Por otro lado, se tiene la red de gravedad relativa histórica, que se utilizó como insumo en el proyecto de la red de nivelación creada entre 1940 - 1960 por lo que, existe correlación entre la información histórica de bancos de nivel y gravedad relativa. Estos puntos de gravedad cuentan con elevación y placa, son aproximadamente 2385 bancos de nivel con valores de gravedad relativa medidos. Para aquellos puntos cuya gravedad no había sido registrada o tomada en campo, el Instituto Geográfico Nacional utiliza la rutina PredGrav para la interpolación de la gravedad relativa, la misma es proporcionado por SIRGAS.

Capítulo 3

Marco metodológico.

Se planteará en este capítulo, las actividades que se realizaron para obtener la información en cumplimiento de los objetivos planteados. Ya que, es aquí, donde se especifican: los métodos, las técnicas y los procedimientos para el logro de los resultados de esta investigación.

i. Tipo Investigación

Para exponer y estudiar el tema: propuesta de un plan piloto para una estructura de base de datos vinculada a la información espacial de los bancos de nivel y gravedad del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, en el año 2020 es fundamental conocer: el enfoque, el diseño y el tipo de investigación, precisando los sujetos de la investigación e identificando las fuentes de información que la sustentan.

La investigación es cualitativa, porque busca la comprensión de los participantes con relación con su entorno, de los fenómenos que los rodean, y profundizar sus experiencias, perspectivas, opiniones y significados (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010, p.364), con el fin de generar el conocimiento necesario de la información espacial de bancos de nivel y gravedad que cuenta el país y comprender las necesidades que requiere la estructura de base de datos.

Además, la investigación, tendrá un alcance descriptivo, según Hernández, Fernández y Baptista (2010), es donde, “únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas” (p.92). Con el objetivo de dar respuesta a la problemática planteada, en la investigación, se diseñarán instrumentos para recolectar la información pertinente.

Por otro lado, la investigación se realizará en Costa Rica, en el Instituto Geográfico Nacional concretamente en el Departamento de Geodinámica. El área de estudio es urbana

y contempla el territorio comprendido en la Gran Área Metropolitana (GAM), donde convergen porciones de cuatro provincias: San José, Alajuela, Cartago y Heredia localizadas en la Meseta Central.

Esta investigación se le propuso a la institución el 20 de diciembre de 2018 por medio del oficio PPGeo-103-2018 realizado por el Programa de Posgrado en Geografía donde se indica el tema y se solicita información de la Red Vertical. Posteriormente el 15 de enero de 2019 el director del Instituto Geográfico Nacional, por medio de correo electrónico autoriza la elaborar del proyecto en la institución y autoriza a la postulante a manejar una parte de la información de la Red Vertical de Costa Rica, con la finalidad de crear un plan piloto en el GAM, para que después se pueda replicar en el Departamento de Geodinámica del IGN.

ii. Participantes y su selección

a. Sujeto:

A los objetos o personas que suministran la información para la investigación se les llama sujetos, para Barrantes (2007), éstos “son las personas objeto de estudio, es decir la unidad de análisis” (p.132).

Para esta investigación los sujetos de la investigación están constituido por los funcionarios del Instituto Geográfico Nacional, del Departamento de Geodinámica y se tiene como objeto de estudio la base de datos vinculada a la información espacial de los bancos de nivel y gravedad del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica

b. Población

Es el conjunto específico de personas, las cuales se les tomará su opinión. Según Hernández, son quienes van a ser medidos: “es la población que se va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados” (1991, p. 210).

Para llevar a cabo esta investigación, la población serán los funcionarios del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica donde se destaca: el Director del IGN, la jefatura y funcionarios del Departamento de Geodinámica, la jefatura del SNIT y el Departamento de Geomática específicamente a los coordinadores de la Administración de Metadatos y a la Gestión de Calidad y Normativa Geoespacial.

En otras palabras, esta población influye directamente al objeto que se está estudiando en esta investigación, ya que son pieza clave para responder el primer objetivo que es el diseño de una estructura de Base de Datos Dinámico.

c. Unidad de muestreo

La población es “el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Lepkowski, 2008b) citado por Hernández, Fernández, y Baptista, y que, “muestrear” es el acto de seleccionar un subconjunto de un conjunto mayor, universo o población de interés para recolectar datos a fin de responder a un planteamiento de un problema de investigación” (2010, p. 567).

Por lo anterior la unidad de análisis de muestreo de la presente investigación es, la base de datos y de los funcionarios del IGN se hizo por conveniencia, ya que se toma en cuenta la representatividad de los usuarios, así como el poder de decisión que tienen dentro del Instituto.

iii. Muestreo no probabilístico

El tipo de muestreo de la presente investigación, es de tipo no probabilístico, es decir “los elementos de la población no se seleccionaron por procedimientos al azar, sino que son identificados por el investigador según su criterio, como idóneos para constituir una muestra representativa” (Pacheco y Flores, 1993, p.81-82). Esta investigación la sustentante eligió como muestra al Director del IGN, la jefatura y los funcionarios del

Departamento de Geodinámica del Instituto Geográfico Nacional del Registro Nacional por ser usuarios, tener poder de decisión.

iv. Instrumentos

Este apartado se va a referir, a la necesidad de identificar los métodos e instrumentos para recolectar la información que se requiere para la investigación. (Pineda, Alvarado y Canales, 1994, p.31).

v. Instrumentos para la recolección de la información

Para obtener la información requerida para desarrollar el presente estudio, se utilizará la entrevista.

La entrevista se aplicará, como si se tratara de una conversación, con el fin de obtener respuestas precisas a través del diálogo asimétrico que consiste de la siguiente manera: el primero formula las preguntas y el segundo da sus conocimientos del tema. (Barrantes, 2007, pp. 208- 209).

Con la entrevista en profundidad, se logra escuchar lo que el entrevistado tiene que expresar, accesoriamente, el lugar donde se realice la entrevista, más la observación directa, favorecen a entender mejor lo que se quiere.

Esta investigación obtendrá información relevante, para a conocer los requerimientos y establecer un diagnóstico de la información, que ayude a determinar la infraestructura de datos y que sea sustentable con los datos históricos con que cuenta el país y que mejore la visualización de la información y la captación de datos de los usuarios que usen el servicio de consulta.

vi. Método de recolección de datos

Por las particularidades de esta investigación se va a definir como se realizará la recolección de datos, a fin de lograr cumplir el objetivo general de la investigación.

i. Fuentes primarias

Según Hernández, Fernández, y Baptista, (2010) las fuentes primarias son las que “constituyen el objetivo de la investigación bibliográfica o revisión de la literatura y proporciona datos de primera mano” (p.23).

Como fuente primaria de información, se debe analizar el archivo cartográfico de Bancos de Nivel publicada en el geoportal del SNIT, ya que, el producto generado, debe ser compatible con el portal institucional.

ii. Fuentes secundaria

Las fuentes secundarias son “compilaciones, resúmenes y listados de referencia publicadas en un área de conocimiento en particular (son listados de fuentes primarias) (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010, p.23).

Las fuentes de datos secundaria utilizadas en el presente estudio se clasifican en internas y externas y se detallan a continuación:

Internas:

- tres libros históricos denominados: SX0 LEVELS ADJUSTMENT 1967 [SX0 Ajuste de niveles 1967], donde se identifica la secuencia de las líneas de nivelación.
- fichas de bancos de nivel.
- fichas de gravedad relativa.
- tablas en formato Excel donde se encuentra información de la Red Vertical como lo es la información de los bancos de nivel, gravedad relativa y registro del cálculo de interpolación de la gravedad relativa para los puntos que no contaban con datos.

- informe final del establecimiento de la red de gravedad absoluta para Costa Rica, elaborado por el Dr. Oscar H. Lücke Castro, académico de la Universidad de Costa Rica.
- Norma Técnica de Información Geográfica (NTIG) como lo son:
 - NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica.
 - NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica.
 - NTIG_CR03_01_2016: Modelo Datos Geográficos de Costa Rica Escalas_1000_5000_25000.
 - NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones Cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000 de Costa Rica.

Externas:

- el material bibliográfico digital extraído del Internet y la Intranet como lo son los libros, artículos de revista, etc.
- proyectos de graduación donde se trate tópicos similares al de la presente investigación.

Por lo anterior la investigación se apoyará bibliográficamente de fuentes primarias y secundarias: libros, normativas, fichas de información, artículos de revistas, búsqueda en internet y la intranet, los informantes (sujetos de información) y otras investigaciones sobre los temas acordes con la investigación.

Capítulo 4

Procedimiento para desarrollar la base de datos

Este apartado se indican los procedimientos de los indicadores de la variable 2 y 3, los cuales se puede resumir en la figura 7

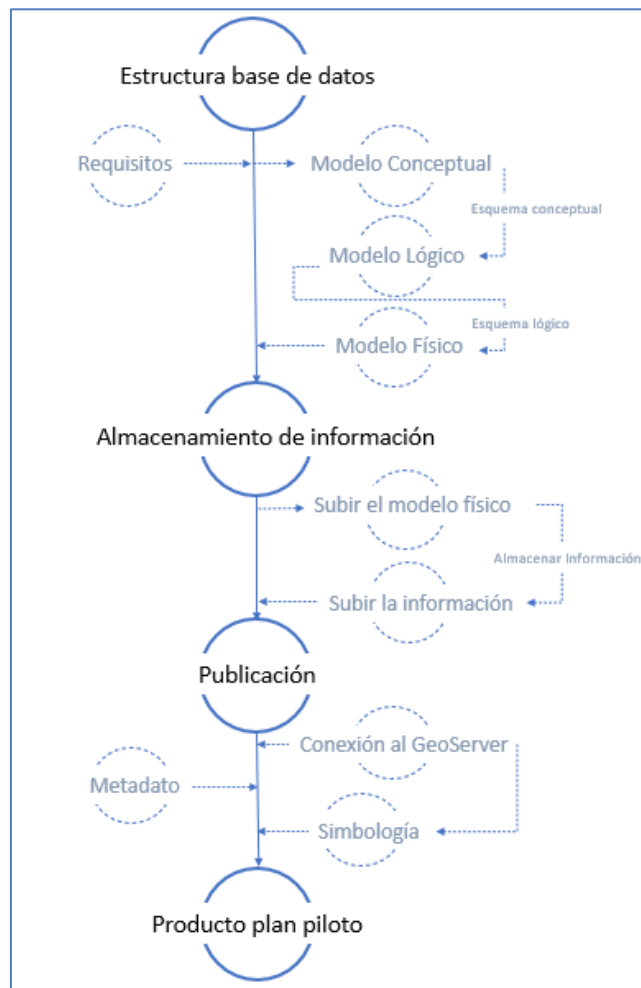


Figura 7. Flujograma de trabajo, creación propia, 2019.

i. Estructura de la base de datos

a. Diseño conceptual

Consiste en elaborar el modelo de entidad – relación, previo al análisis realizado de los requisitos, el cual define los datos del archivo cartográfico y tabular correspondiente en una entidad, para el proyecto se definen seis entidades las cuales son:

1. provincia: representan las siete provincias del país
2. banco de nivel: punto prefijado con altura referida al nivel medio del mar y referido al datum DACR52 y vinculado a la red de nivelación nacional.
3. línea de nivelación: Dato del sentido de la línea de nivelación medido en campo.
4. gravedad absoluta: Punto materializado cuyo valor de gravedad (aceleración de gravedad) ha sido observado directamente en el campo con un gravímetro absoluto.
5. gravedad relativa clásica: Punto materializado cuyo valor de gravedad (aceleración de gravedad) ha sido observado directamente en el campo con un gravímetro relativo o se han utilizado rutinas para interpolar la gravedad relativa en otros puntos.
6. GAM: límite del Gran Área Metropolitana.

Posterior al análisis de los requisitos se elabora el modelo entidad – relación, las mismas se explicará ampliamente a continuación:

1. Entidad provincia

Se determina la entidad “Provincia”, la misma se representa geográficamente con un polígono, el cual se subdivide en siete polígonos delimitados por decreto. Lo primero es descargar la información de provincias que se encuentra publicada en el geoportal del SNIT, por medio de una conexión WFS (realizada el 1/8/2019), luego de realizar la conexión y descarga el respectivo archivo en un SIG.

Lo segundo relacionar los atributos de la base con los contemplados en el “Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica”, en la versión 1.0, denominada “NTIG_CR02_01.2016”, esta normativa considera el ISO 19110 e ISO 19126. Así mismo se destaca para esta entidad el tema 16 límites, grupo 1601 determinación territorial administrativa, objeto 160103 límite provincial (anexo 2).

Tercero es examinar y organizar los atributos y verificar que los mismos cuentan con la información. Se detectaron que los atributo denominados “población”, “tipo de oficialización”, “ley o decreto”, “fecha”, “tipo de límite” y “localización” no cuenta con información relacionada en el archivo cartográfico descargado.

Se consulto a las partes interesadas de la institución, para buscar las fuentes bibliográficas que ayuden a sustentar los datos en la tabla, donde se considera los siguiente:

- atributo “Población” se completó la columna del archivo cartográfico con los datos publicados en el sitio web del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), para lo cual se descargó el cuadro 7.1.2 Población total de Costa Rica por año según provincia y se extrae de la tabla la población del año 2011 (tabla 4).

Tabla 4. Población total de Costa Rica para el año 2011.

Provincia	Censos Nacionales
	2011
TOTAL	4 301 712
San José	1 404 242
Alajuela	848 146
Cartago	490 903
Heredia	433 677
Guanacaste	326 953
Puntarenas	410 929
Limón	386 862

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. Censos Nacionales.

- los atributos referentes a “tipo de oficialización”, “ley o decreto” y “fecha”; se basa en el Decreto Ejecutivo 37559 (2013), artículo 2; el cual hace un compendio de leyes y decretos que ayudaron a la conformación de las provincias como se tienen actualmente el país.
- los atributos “tipo de límite” y “localización” estos se analizaron individualmente la situación geográfica y límites en la que se ubican en cada respectiva provincia.
- por último, se agrega el atributo “código provincia” para destinar de forma numérica a la provincia.

2. Entidad Banco de Nivel

Para la entidad denominada “Banco Nivel”, la cual se represente geográficamente como un punto, considera específicamente los BN que se encuentran en el GAM. Esta zona de

interés establece aproximadamente 308 marcas de BN, distribuidos por toda el área del proyecto.

Para analizar y filtrar esta entidad se realizaron los siguientes pasos:

1. primero descargar del geoportal del SNIT el archivo geográfico relacionado.
2. segundo es revisar el “Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica” en el tema 10 control geodésico, grupo 1001 control geodésico geométrico, objeto 100102 punto geodésico de control vertical (anexo 3).
3. tercero es examinar, organizar y modificar los atributos.

Para determinar los atributos, se consideró la documentación fuente que fue proporcionada por la institución, esta información, son fichas históricas de los Bancos de Nivel (figura 8), que datan desde la década de 1940 - 1960 y las mismas describen la elevación de cada BN.

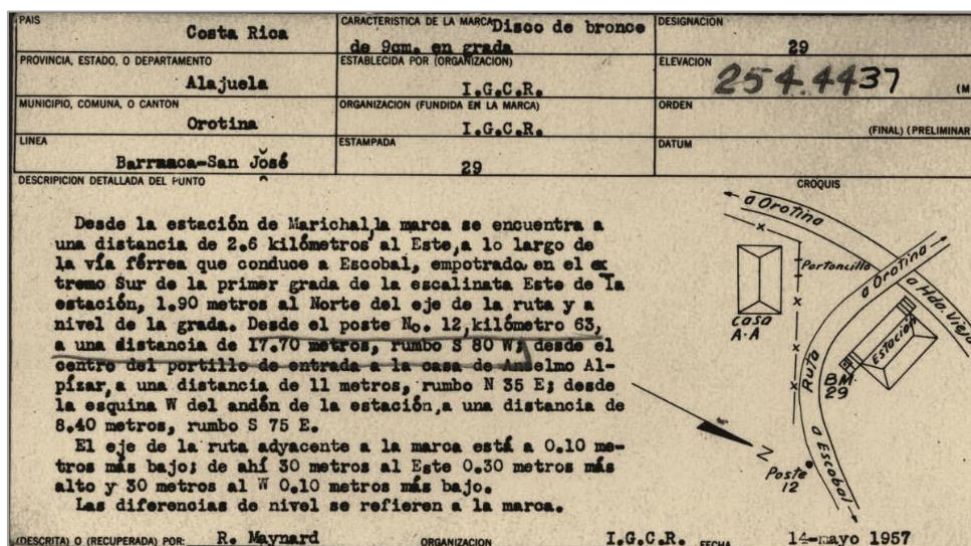


Figura 8. Ficha histórica del banco de nivel 29, Instituto Geográfico Nacional, 1957, pag 1.

3. Entidad Línea de Nivelación

La entidad Línea de nivelación, se describe con una representación geográfica de línea, la cual es la conectora entre los puntos de Bancos de Nivel. Esta información actualmente no se encuentra publicada en el geoportal del SNIT y no se define en el catálogo de objetos geográficos de la institución.

Los atributos que detalla esta entidad se basaron en el análisis de la documentación fundamental histórica de los libros que describen el ajuste de las líneas (figura 9), esta entidad se refiere a cada línea de nivelación, sentido y la conexión que existe con otras líneas. Datos que requiere sistematizar la institución para futuros reajustes a la red vertical.

GEODETTIC DIVISION SAN ANTONIO FIELD OFFICE ARMY MAP SERVICE										16E.54 -VE13		16E.57 -VE13	
LINE BARRIO SAN JOSÉ - ATENAS - SAN MATEO					ORDER FIRST		COMPUTATION OF LEVELS (FM 5-27)						
PROJECT 16E.54			ORGANIZATION			CLOSURE (METERS) (FEET)							
LOCATION COSTA RICA			LENGTH OF LINE (KMS.) (MILES)			CORRECTION PER (KM.) (MILE)							
			LINK 29 - +0.144 427002'										
SECTION	LENGTH mi. km.	DIST. FROM B.M. 38 mi. km.	F B	OBSERVED DIFFERENCE feet meters	ORTHO METRIC CORR. DIFF. mm.	MEAN DIFFERENCE	B. M.	ORTHO METRIC OBS. ELEV. feet meters	CORR. mm.	ADJ. ELEV. feet meters	REMARKS		
38							38			485.3091'	JUNCTION 16E.41 16E.103		
1362B	2.45	2.45		+90.0863	-0.3		1362B	575.2951	+0.4	575.2955			
1364	1.68	4.13		+68.6735			1364	644.0686	+0.6	644.0692			
1364B	1.27			+14.2338			1364B			658.3030			
1364A	1.76	5.89		+20.0478			1364A	664.1164	+0.9	664.1173			
1365	0.73	6.62		+31.2296			1365	695.8460	+1.0	695.8470			

Figura 9. Ficha histórica de la línea de nivelación 16E.5,4 Instituto Geográfico Nacional, 1967, pag122.

4. Entidad Gravedad Absoluta

La entidad Gravedad Absoluta, se representa gráficamente como un punto, la misma se encuentra en el “Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica”, pero como una entidad denominada “Gravedad”, los atributos se describen en el anexo 4, estos representan de forma general a la entidad, por lo que el departamento de Geodinámica considera crear un nuevo objeto geográfico que caracterice esta entidad.

La información de los atributos, se complementó con la revisión del informe final de “Establecimiento de la red de gravedad absoluta para Costa Rica” elaborado por el Dr. Oscar H. Locke Castro, en abril de 2019, adicionalmente se revisa la página del *Bureau Gravimétrique International* (BGI) para observar el formato de salida de la información.

5. Entidad Gravedad Relativa

La entidad “Gravedad Relativa”, se representa gráficamente con un punto, en este proyecto se consideró la gravedad relativa que se localizan en el GAM. Esta entidad no se encuentra representada en el geoportal del SNIT, pero se van a considerar parte de la estructura de los atributos que tiene en el catálogo de objetos el cual se denomina “gravedad”, específicamente el tema 10 control geodésico, grupo 1002 control geodésico físico, objeto 100201 punto Gravimétrico (anexo 4).

La conformación de los nuevos atributos que se presentan en esta entidad, se basó en la documentación fundamental histórica de las fichas gravedad relativa y el catálogo objetos suministrado por la institución (figura 10). Estos atributos nuevos fueron analizados con el Departamento de Geodinámica.

INSTITUTO GEOGRAFICO DE COSTA RICA	
Provincia: <u>PUNTARENAS "Barranca"</u>	Gravedad: Obs. <u>978191.14</u>
Fecha: <u>4 Abril 1962</u>	Teor. <u>97820133</u>
Hora: <u>09:10</u> Elev: <u>105.39</u>	Anomalia: Aire Libre <u>22.14</u>
Lat: <u>09° 54.20'</u> Long: <u>84° 37.70'</u>	Bouguer <u>10.55</u>
Página: <u>45</u> Libro: <u>6</u>	
Observador: <u>J. Chaves</u> Inst: <u>W-403</u>	<u>BM-24</u>
Observaciones	<u>Escuela Cascajal.</u>
	<u>= 96</u>

Figura 10. Ficha histórica Gravedad Relativa BM24, Instituto Geográfico Nacional, 1962, pag 1.

6. Entidad GAM

Esta entidad tiene la funcionalidad de delimitar el proyecto; como se señaló en el objetivo general este diseño es una propuesta de implementación, como un plan piloto para

recomendarles a los funcionarios del Instituto Geográfico Nacional como se puede aplicar en la institución.

La entidad GAM no se encuentra representado en el catálogo de objetos geográficos de la institución.

b. Modelo lógico

El modelo lógico depende directamente del modelo conceptual, el cual esta descrito por seis entidades y es necesario mencionar el tipo de representación geográfica que va contar en el diseño.

En la tabla 5 se analiza y resume los recursos disponibles. Además, se indica el tipo de representación gráfica que debe contar el modelo lógico, con el objetivo de estructurar datos y definir restricciones entre las entidades.

Tabla 5. Representación gráfica de las entidades.

Entidad	Tipo	Descripción
GAM	Polígono	Delinea con un polígono el GAM
Provincias	Polígono	Delinea por medio de polígonos las siete provincias del país
Banco nivel	Punto	Modela con un punto la ubicación del BN, con altura referida al nivel medio del mar.
Línea nivelación	Línea	Delinea el sentido de la trayectoria para la nivelación
Gravedad relativa	Punto	Modela con un punto la gravedad relativa.
Gravedad absoluta	Punto	Modela con un punto la gravedad absoluta.

Fuente: Creación propia, 2019.

Los atributos de la tabla de cada una de las entidades, es información determinada por el “Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica” y en algunos casos modificada en colaboración de los interesados de la base de datos se explican las seis entidades en las tablas 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

Tabla 6. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción del GAM.

Entidad	Atributo	Tipo (longitud/ precisión)	Descripción	Restricción
GAM	id_GAM	Integer64 (11/0).	Identificador de la capa geográfica.	Llave candidata
	areaGAM	Double (20,3)	Área que cubre la capa geográfica.	

Fuente: Creación propia, 2019.

Tabla 7. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Provincia.

Entidad	Atributo	Tipo (longitud/ precisión)	Descripción	Restricción
Provincia	código.	Integer64 (10/0).	Código único asignado para su identificación.	
	cod_num.	Integer (3/0).	Número correlacionado para cada provincia.	Llave candidata
	nombre.	String (50/0).	Nombre propio con que se conoce la provincia.	
	área (Km).	Integer64 (10/0).	Extensión de la superficie que comprende la provincia en kilómetros cuadrados	
	Perímetro (Km).	Integer64 (10/0).	Longitud del contorno del límite entre provincias o con respecto a un cuerpo de agua.	
	población.	Integer64 (10/0).	Número de habitantes de la provincia.	
	tipo de oficialización.	String (75/0).	Se hace referencia a si el límite respectivo se estableció por decreto, Ley o es de hecho.	
	ley o decreto.	String (50/0).	Numero de la ley o decreto en la que se establece el límite.	
	fecha.	Date (10/0)	Fecha en que se firmó la ley o decreto (día/mes/año).	
	tipo de limite.	String (50/0).	Límite natural (Río o quebradas, línea de cresta), límites artificiales (línea geodésica, caminos, carreteras, línea de alta tensión).	
	localización.	String (75/0).	Se refiere a la ubicación de la provincia dentro del país, puede ser interior o colindar con una masa oceánica (Mar Caribe u Océano Pacífico).	

Fuente: Creación propia, 2019.

Tabla 8. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Banco de Nivel.

Entidad	Atributo	Tipo (longitud/ precisión)	Descripción	Restricción
Banco de Nivel	código.	Interger64 (10/0).	Geocódigo representado por una secuencia de números que responden a un orden de ubicación por tema, grupo y que identifican de forma única un objeto espacial.	
	nombre.	String (30/0).	Nombre correspondiente a cada punto físico ubicado en campo.	Llave candidata
	orden.	Interger64 (10/0).	Primero, Segundo o Tercer grado, sin definir el orden.	
	norte.	Double (20,3)	Es un valor lineal aplicado al origen de las coordenadas Y, y se refiere a la distancia de un punto al eje vertical dentro de la proyección CRTM05.	
	este.	Double (20,3)	Es un valor lineal aplicado al origen de las coordenadas X, y se refiere a la distancia de un punto al eje horizontal dentro de la proyección CRTM05.	
	cota.	Double (10,3)	Valor referido al nivel medio del mar (m.s.n.m).	
	método de medición.	Interger64 (10/0).	Tipo de medición con la cual se llevó la nivelación.	
	tipo de marca	Interger64 (10/0).	Materias de la placa	
	dimensión de la base.	String (60/0).	Dimensión de la placa.	
	fecha.	Date (10/0)	Fecha en la que se confecciono la fichas del BN.	
	ficha.	String (254/0).	Ficha que describe el banco de nivel.	
versión.	Interger64 (10/0).	Última fecha en que se modificó el archivo cartográfico de BN.		

Fuente: Creación propia, 2019.

Tabla 9. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Línea de Nivelación.

Entidad	Atributo	Tipo (longitud/ precisión)	Descripción	Restricción
Línea de nivelación	código.	Interger64 (10/0).	Geocódigo representado por una secuencia de números que responden a un orden de ubicación por tema, grupo y que identifican de forma única un objeto espacial.	
	nombre.	String (70/0).	Se conforma con el nombre de del BN inicio y el BN final.	Llave candidata
	nombre línea.	String (254/0).	Destinos de las líneas de nivelación	
	diferencia de elevación.	Double (10/3)	Diferencia de elevación entre dos bancos de nivel	
	distancia.	Double (10/3)	Distancia que se define entre dos bancos de nivel	

	código línea.	String (20/0).	Identificador único definido en el levantamiento de la línea.	
	Ficha	String (254/0).	Ficha que describe la Línea de Nivelación.	
	versión.	Integer64 (10/0).	Última fecha en que se modificó el archivo cartográfico de Línea de Nivelación.	

Fuente: Creación propia, 2019.

Tabla 10. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Gravedad Relativa.

Entidad	Atributo	Tipo (longitud/ precisión)	Descripción	Restricción
Gravedad Relativa	código.	Integer64 (10/0).	Geocódigo representado por una secuencia de números que responden a un orden de ubicación por tema, grupo y que identifican de forma única un objeto espacial.	
	nombre.	String (30/0).	Nombre correspondiente a cada punto físico ubicado en campo.	Llave candidata
	norte.	Double (20,3)	Es un valor lineal aplicado al origen de las coordenadas Y, y se refiere a la distancia de un punto al eje vertical dentro de la proyección CRTM05.	
	este.	Double (20,3)	Es un valor lineal aplicado al origen de las coordenadas X, y se refiere a la distancia de un punto al eje horizontal dentro de la proyección CRTM05.	
	latitud.	Double (10/4)	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del ecuador y se mide sobre el meridiano que pasa por el punto.	
	longitud.	Double (10/4)	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del meridiano de Greenwich y se mide sobre el plano Ecuatorial.	
	gravedad.	Double (15/2)	Es la diferencia de gravedad existente entre dos puntos, uno de los cuales es de gravedad conocida. Tomado de URSON.	
	sigma.	Double (5/1)	Desviación estándar de la observación.	
	gravedad teórica.	Double (15/2)	Es obtenida de un modelo que contempla las dimensiones, masa y rotación del planeta: (Delta gravedad = gravedad {obs} -gamma). Tomado de Wikipedia.	
	tipo.	String (10/0).	Determina la fuente de donde se está utilizando la información.	
anomalías de aire libre.	Double (10/2)	Corrección al valor de la gravedad, debido a la diferencia de gravedad en función de la altura Ortométrica de la estación excluyendo la influencia de las masas existentes entre la estación de		

			gravedad y el geoide, sin realizar una corrección por terreno. Tomado de URSON.	
	anomalías de bouguer.	Double (10/2)	Corrección al valor de la gravedad, debido a la diferencia de gravedad en función de la altura Ortométrica y del efecto de atracción de las masas existentes entre la estación de gravedad y el geoide. Tomado de URSON.	
	instrumento.	String (15/0).	Gravímetro que se utilizó en el levantamiento.	
	operador.	String (20/0).	Persona la cual estuvo en campo operando el gravímetro relativo.	
	fecha.	Date (10/0)	Fecha en la que se confecciono las fichas de gravedad relativa.	
	ficha.	String (254/0).	Ficha que describe la gravedad relativa.	
	versión.	Integer64 (10/0).	Última fecha en que se modificó el archivo cartográfico de gravedad relativa.	

Fuente: Creación propia, 2019.

Tabla 11. Entidad, atributo, tipo, descripción y restricción Gravedad Absoluta.

Entidad	Atributo	Tipo (longitud/precisión)	Descripción	Restricción
Gravedad Absoluta	código.	Integer64 (10/0).	Geocódigo representado por una secuencia de números que responden a un orden de ubicación por tema, grupo y que identifican de forma única un objeto espacial.	
	nombre.	String (80/0).	Nombre correspondiente a cada punto físico ubicado en campo.	
	abreviación.	String (80/0).	Iniciales del nombre de cada uno de los sitios.	Llave candidata
	gravedad.	Integer64 (10/0).	Gravedad en microgal (μGal). Es el valor de la gravedad determinado en un punto, por medio de la observación directa (péndulos verticales) o cuantificado a partir de procedimientos indirectos (instrumentos de caída libre y gravímetros) (URSON, s.f.)	
	latitud.	Double (10/4)	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del ecuador y se mide sobre el meridiano que pasa por el punto.	
	longitud.	Double (10/4)	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del meridiano de Greenwich y se mide sobre el plano Ecuatorial.	
	altura elipsoidal.	Double (10/3)	Distancia entre un punto y la normal al Elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del Elipsoide hasta el punto.	

Gravedad Absoluta	datum.	String (10/0).	Es la materialización del elipsoide de referencia en un territorio que permite establecer las coordenadas, latitud, longitud y altura. Para Costa Rica el CR05 derivado de la red medida en el 2005 que materializa el elipsoide WGS84 respecto al ITRF2000 en la época 2005,83	
	incertidumbre de posición.	String (50/0).	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la posición.	
	sistema de mareas de posición.	Double (6/3)	La marea es el cambio periódico del nivel del mar producido principalmente por las fuerzas de atracción gravitatoria que ejercen el Sol y la Luna sobre la Tierra. (Lücke, 2019, p12)	
	proyección cartográfica.	String (10/0).	Función matemática biunívoca entre los puntos de una esfera o elipsoide con su correspondiente en un plano cartesiano o esfera.	
	norte.	Double (20/3)	Es un valor lineal aplicado al origen de las coordenadas Y, y se refiere a la distancia de un punto al eje vertical dentro de la proyección CRTM05.	
	este.	Double (20,3)	Es un valor lineal aplicado al origen de las coordenadas X, y se refiere a la distancia de un punto al eje horizontal dentro de la proyección CRTM05.	
	datum de altura.	String (15/0).	Datum es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre con los cuales las medidas de la posición son tomadas y un modelo asociado de la forma de la tierra (elipsoide de referencia) para definir el sistema de coordenadas geográfico. Datum vertical miden elevaciones o profundidades (Lücke, 2019, p12).	
	altura ortométrica.	Double (4/3)	Este tipo de altura es geométrico, la altura ortométrica se define como la distancia vertical entre la superficie física de la Tierra y la superficie del geoide (Vacníček et al, 2003, p80)	
	incertidumbre de altura ortométrica.	Double (6/3)	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la altura ortométrica..	
	sistema de mareas de alturas ortométrica.	Double (6/3)	El nivel del mar está en constante movimiento, debido a las mareas, las olas, las corrientes, así como muchas otras causas adicionales, por ello se debe tomar una posición promedio sobre cierto periodo de tiempo para hacer usarla: por lo que se habla del nivel medio del mar (Vaniček et al. 2003, p80)	
	fecha y hora (UTC).	String (60/0).	Fecha y hora en tiempo Coordinado Universal (UTC).	
	gravímetro.	String (50/0).	Gravedad en términos absolutos con el gravímetro de caída libre A10 de Micro-g Lacoste, serie 32 (Lücke, 2019, p12).	
	operador.	String (50/0).	Persona la cual estuvo en campo operando el gravímetro absoluto.	
	presión atmosférica.	Double (6/2)	O peso que ejerce la masa de aire sobre la Tierra, es debida a que, a la misma altitud,	

			la presión atmosférica varía con la temperatura y la humedad (Plata, 2013, p16)	
Gravedad Absoluta	gradiente de aire libre.	Double (4/3)	La gravedad en un punto de la superficie terrestre cambia cuando cambia su altura, la estructura del subsuelo y la topografía de los puntos de observación. (Araña, 1993)	
	altura al centro de fase.	Double (5/2)	Tiene una constante de 70.5 cm, para el gravímetro absoluto A10 (Lücke, 2019)	
	número de series de medición.	Interger64 (3/0).	Para cada medición, se realiza una cantidad de hasta 10 sets (Lücke, 2019, p12)	
	número total de caídas.	Interger64 (5/0).	Para cada medición, se realiza una cantidad de 120 caídas (Lücke, 2019, p12).	
	caídas aceptadas.	Double (5/2).	Se busca un porcentaje de aceptación de ensayos superior a 95%. (Lücke, 2019, p12)	
	desplazamiento (offset) del gravímetro.	Interger64 (5/0).	Mide la alineación del sensor de los niveles con la del sensor de gravedad (Plata, 2013, p89)	
	tipo de láser.	String (25/0).	Es el tipo de laser utilizado en la medición, para el gravímetro absoluto A10 es el L-Series (032) (Lücke, 2019).	
	atracción lunisolar.	String (50/0).	La atracción del Sol y de la Luna produce deformaciones elásticas de la Tierra cuyo efecto sobre el gravímetro hay que considerar además del debido a la atracción astral (Plata, 2013, p15)	
	carga oceánica.	String (50/0).	Es debida la atracción Luni-Solar sobre las grandes masas de agua libre, sobre las que se produce una deformación mucho mayor que en tierra; esta deformación provoca aumentos y disminuciones de presión o carga de masa sobre el fondo de los océanos, deformando la Tierra (Plata, 2013, p15)	
	movimiento del polo.	String (50/0).	Se efectúa para compensar los cambios en la aceleración centrífuga debida la variación de la velocidad de giro de la Tierra por el movimiento diario de los polos (Plata, 2013, p16)	
	presión barométrica.	String (50/0).	Es el valor de presión atmosférica que se mide en un punto cualquiera por encima del nivel del mar (presión barométrica, s.f., párr1)	
	transferencia del centro de fase.	String (50/0).	Es un modelo matemático que relaciona la respuesta de un sistema respecto a una señal de entrada (Córdoba y López, s.f., p6).	
	sistema de mareas.	Interger64 (5/0).	Se debe a las variaciones de las masas de agua a escala continental, dando lugar a deformaciones verticales que produce una redistribución de masas de la Tierra, lo que modifica el campo gravitatorio (Plata, 2013, p16)	
	precisión del sistema.	Double (5/3).	Tiene una constante de 10,73 μ Gal, para el gravímetro absoluto A10 (Lücke, 2019)	

Gravedad Absoluta	precisión de la medición.	Double (5/3)	Según Schmerge & Francis (2006), solamente puede ser establecida mediante comparación con otro gravímetro absoluto y no contra el valor de “g”. La precisión del gravímetro A10 según Schmerge & Francis (2006), es de aproximadamente 10 microgal ($\cong 10 \mu Gal$) (Lücke, 2019, p13).	
	dispersión de los sets.	Double (8/3)	Caracterizada en los datos de salida del A10 como “set scatter” (Lücke, 2019, p13).	
	incertidumbre estadística.	Double (8/3)	A partir del ajuste de los datos de medidas repetidas para todo el ensayo Lücke, 2019, p13).	
	incertidumbre total.	Double (8/3)	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas totales Lücke, 2019, p13).	
	factor de rechazo sigma.	Integer64 (2/0).	Tiene una constante de 3.00 para el gravímetro absoluto A10 (Lücke, 2019)	
	incertidumbre atracción lunisolar.	Double (6/3)	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la atracción lunisolar (Lücke, 2019, p13).	
	incertidumbre carga oceánica.	Double (8/3)	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la carga oceánica.	
	incertidumbre láser.	Double (8/3)	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas del láser (Lücke, 2019, p13).	
	incertidumbre reloj.	Double (8/3)	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas del reloj (Lücke, 2019, p13).	
	incertidumbre del gradiente.	Double (8/3)	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la gradiente (Lücke, 2019, p13).	
	ficha.	String (254/0).	Ficha que describe la gravedad absoluta.	
	versión.	Integer64 (10/0).	Última fecha en que se modificó el archivo cartográfico de gravedad absoluta.	

Fuente: Creación propia, 2019.

c. Modelo físico

Para desarrollar este apartado lo primero es materializar el Modelo Entidad – Relación, basándose en el modelo conceptual y lógico. Se utiliza el software de uso libre denominado pgModeler, programa capaz de crear y editar los modelos de Base de Datos de una forma sencilla, ya que cuenta con una interface simple.

Este programa proporciona formularios que muestran cuales campos deben de llenarse y con ello ofrecer al usuario la generación correcta del código SQL. En la figura 11 se explica por medio de un diagrama el proceso que conlleva utilizar el programa *pgModeler*.

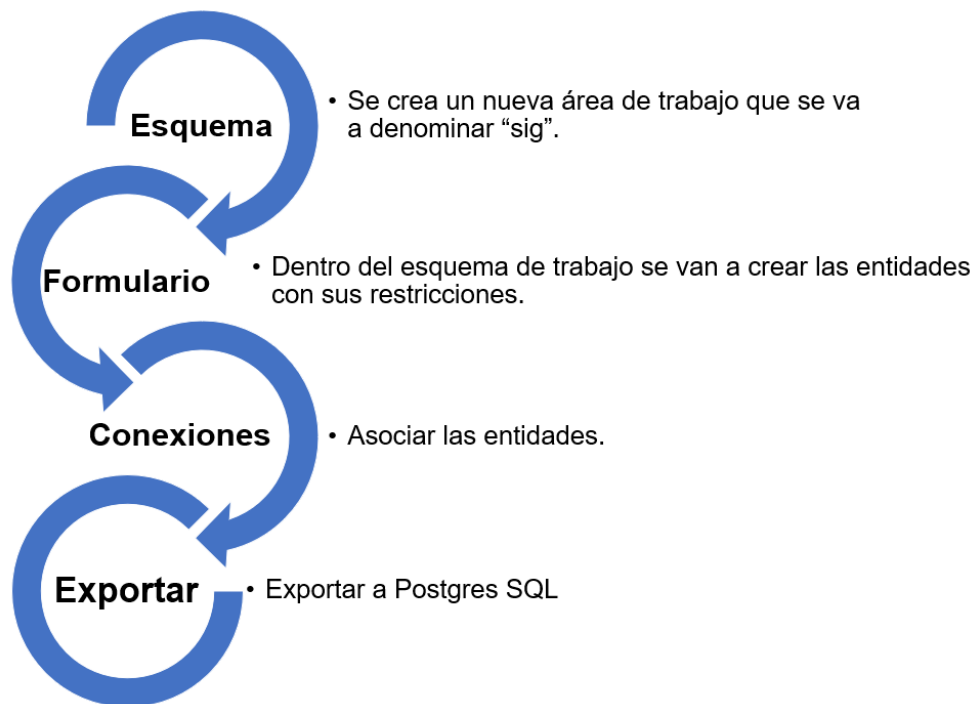


Figura 11. Esquema metodológico del modelo físico, creación propia, 2019.

En el anexo 5 se explica ampliamente, el análisis y consideraciones que se deben de tener para conformar un modelo físico de bases de datos (BD) específicamente para esta investigación, donde se utiliza el programa pgModeler, que tiene una interface amigable para la sustentante y es compatible con el geoportal del SNIT.

El modelo físico es la masterización de la BD, ya que se representa con seis entidades que están compuestas por atributos y a su vez, tienen llaves primarias y relaciones con otras entidades, por lo que se tiene que comprender y aplicar lo realizado en el modelo lógico.

ii. Almacenamiento de información

En la segunda etapa se utiliza el programa pgAdmin software libre de código abierto, herramienta capaz de administrar bases de datos en PostgreSQL. Para desarrollar una

base de datos en el programa pgAdmin, en general se deben de seguir los siguientes pasos (anexo 7):

- establecer una base de datos utilizando el programa pgAdmin, la cual se va a denominar “rvgr”.
- se copia en el programa pgAdmin, el código exportado en el pgModeler (anexo 6) y se ejecuta. Seguidamente sale un mensaje indicando que la base de datos se ejecutó correctamente.
- los contenedores de información no cuentan con una geometría definida, para lo cual se utiliza como insumo definido en el modelo lógico, donde se encuentra la geometría para cada una de las entidades.
- se exporta la información de la base de datos utilizando el programa Qgis, ya que la información se trabajó en archivos Shapefile. Por esa razón se hace la conexión PostGis a la base de datos “rvgr” y se recargan las capas en un esquema “público”.
- una vez almacenada la información en el programa pgAdmin, se trasladan los datos al esquema “sig” para cada una de las entidades.
- se tiene que revisar su correcto funcionamiento en el esquema sig.
- uno de los procesos que tiene esta investigación es la optimización de la base de datos en el modelo lógico, las entidades de Banco de Nivel y Gravedad se consideraron como una solo. Debido a que existen atributos que son iguales para las dos entidades, pero para tener lo planteado en el modelo conceptual que es tener seis entidades se debe de separar en el pgAdmin, la entidad denominada bn_gr, donde se hace una consulta y se genera una vista de la información permanente.

iii. Publicación

Para desarrollar este apartado se tiene que considerar la instalación del software libre *Apache Tomcat* el cual, funciona como un contenedor de servidor. El programa a instalar es Tomcat versión apache-tomcat-9.0.34 (Anexo 8).

Después de instalar el Tomcat se cargan los archivos punto war (*.war) de los programas *GeoServer* versión 2.17.0 y *GeoNetwork* versión 3.8.2. El primero tiene la función de publicar la base de datos consumiendo la base de datos desde *PostGis* y el segundo es un generador de metadatos.

El Tomcat es el administrador de los dos programas que se instalaron por lo que son solo escribir en el explorador de internet de preferencia la siguiente dirección: localhost:8080/ el mismo da la opción de poder trabajar los programas de forma simultánea.

a. Metadato

Primeramente, se trabaja con el perfil de Metadatos NTIG_CR04_01.2016 que es oficializado por el Instituto Geográfico Nacional y es de acatamiento para los generadores de productos cartográficos en el país. Por esa razón las capas nuevas generadas en la base de datos se deben de asociar un metadato, donde se debe de seguir los siguientes pasos

- se ingresa a la página del SNIT y en la pestaña de Normativa Técnica, se busca el documento 4 Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica (NTIG_CR04_01.2016).
- los archivos de este proyecto de investigación son vectoriales se descarga y se guarda la plantilla *.xml correspondiente.

Después se inicia el programa Apache Tomcat/9.0.34 se ingresa al GeoNetwork, donde se siguiendo estos pasos (Anexo 10):

- crear un nuevo espacio de trabajo con el nombre “Catálogo_tesis_IGN”, donde se llenan los campos que se solicitan. Se personaliza la configuración agregando un logo al catálogo.

- después se importa la plantilla oficial del IGN, que es un archivo *.xml, cuando se tiene importada se hace una copia para trabajar el metadato de la capa. La Institución define cuales son los campos que llenan en el perfil de metadatos basado en el ISO 19115:2013.
- agregar una imagen que represente el metadato.
- por último, se publica y se tiene el catálogo de metadatos listo. Este programa también permite descargar el archivo *.xml de los metadatos de las capas.

b. Simbología

En esta investigación se revisa y analiza la normativa técnica de especificaciones Cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000 de Costa Rica la NTIG_CR06_01.2016, donde se encuentra solamente el símbolo para representar el banco de nivel (figura 12), en el apartado de control geodésico.


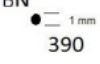

TEMA	CÓDIGO	OBJETO	GEOMETRÍA	COLOR (RGB)	TIPO DE LÍNEA	ANCHO DE LÍNEA	GROSOR LÍNEA BORDE	SÍMBOLO	DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS
CONTROL GEODÉSICO	10010101	Vértice geodésico primer orden / Segundo Orden	PUNTO	0 - 0 - 0	Punto / símbolo	N/A	0,9		Puntos en el terreno, los cuales están localizados en los vértices de una red de triangulación. Debe Rotularse con su elevación y su nombre propio
	10010201	Punto Geodésico de Control Vertical	PUNTO	0 - 0 - 0	Punto / símbolo	N/A	N/A		Valor que en los mapas topográficos representa la altura de un determinado punto geográfico sobre el nivel del mar, obtenida por métodos topográficos de medición en el campo. Debe agregarse el valor de elevación y el Texto
	10010301	Cota de Elevación Comprobada	PUNTO	0 - 0 - 0	Punto / símbolo	N/A	0,9		Cualquier estación en un sistema de control vertical que está identificado en una fotografía y es usado para correlacionar el dato mostrado en la fotografía. Debe Agregarse el valor de elevación.

Figura 12. Recorte de NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000, Instituto Geográfico Nacional / Registro Nacional, 2016, p1

Por lo anterior, se investiga la normativa que rige en México, Brasil y Argentina (figuras 13, 14 y 15), se eligieron esos países porque la IGN-CR suministró los contactos para que

estos proporcionan la información del catálogo de símbolos. Que ellos utilizan para representar a las entidades de Bancos de Nivel y Gravedad.

México, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática INEGI

CONCEPTO	Esc.	SÍMBOLO	ESPECIFICACIONES mm	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
18 Banco de Nivel [Rotular número identificador]	1	o	 100% de negro	PUNTO EN EL TERRENO DONDE SE HAN EFECTUADO MEDICIONES GEODÉSICAS PARA DETERMINAR SU ELEVACIÓN CON RESPECTO A UNA SUPERFICIE DE REFERENCIA.	
	2	o			
	3	(No aplica)			
54 Estación Gravimétrica [Rotular número identificador o nombre]	1	□	 100% de negro	PUNTO DONDE SE HAN EFECTUADO MEDICIONES PARA OBTENER VALORES DEL CAMPO DE GRAVEDAD DE LA TIERRA.	
	2	(No aplica)			
	3	(No aplica)			

Figura 13. Recorte del Catálogo de símbolos y sus especificaciones para las cartas topográficas, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), s.f., p13 y 20.

Brasil, Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

Nº	PONTOS DE REFERÊNCIA	AQUISIÇÃO DE DADOS		REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA	REPRESENTAÇÃO FINAL		T 34-700 (1ª PARTE)
		Símbolo	Especificações		Símbolo	Especificações	
500	Marco de referência (Legendar "VT" - vértice de triangulação, "SAT" - ponto de satélite, "EP" - Estação de poligonal, "RN" - referência de nível, "RV" - referência vertical, "B" - ponto barométrico, "LAP" - ponto astronómico ou "G" - estação gravimétrica) (Continuação)	RV ▲ 726,80	 ARIAL - 1,50 mm	Ponto	RV ▲ 726,80	 ARIAL - 1,50 mm	CAPÍTULO 6 - PARÁGRAFO 6 - 2 - LETRA a - LETRA b - ITENS 1) a 3) - LETRA d - ITENS 1) a 5) - LETRAS a, f e g - PARÁGRAFO 6 - 3 - LETRA a - LETRA b - ITENS 1) a 2) - LETRAS c e d - PARÁGRAFO 6 - 4 - LETRAS a e b - LETRA c - ITENS 1) a 2) - LETRAS d e e - PARÁGRAFO 6 - 6 - LETRA a - LETRA b - ITENS 1) a 2)
		B ▲ 342,32			B ▲ 342,32		
		LAP ▲			LAP ▲		
		G ▲			G ▲		
500A	Marco de referência adjacente ou coincidente com objeto visível à grande distância	SAT 30011 PA ▲ Torre	 ARIAL - 1,50 mm	Ponto	SAT 30011 PA ▲ Torre	 ARIAL - 1,50 mm	CAPÍTULO 6 - PARÁGRAFO 6 - 2 - LETRA a - LETRA b - LETRA c - ITENS 1) a 3) - LETRA d - ITENS 1) a 5) - LETRAS a, f e g - PARÁGRAFO 6 - 3 - LETRA a - LETRA b - ITENS 3) a 4) - LETRAS c e d - PARÁGRAFO 6 - 4 - LETRAS a e b - LETRAS c e e - ITENS 1) a 2) - LETRA c - PARÁGRAFO 6 - 5 - LETRA a - LETRA b - ITENS 1) a 2)
		EP 2010 ▲ Torre 436,69			EP 2010 ▲ Torre 436,69		

Figura 14. Recorte del Manual Técnico Convenciones Cartográficas, Ministerio de Defensa Ejército Brasileño, 2000, p41.

Argentina, Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Argentina.

Nº	DENOMINACIÓN	ESCALA			IMAGEN DEL SIGNO	DIMENSIONES (en mm)
		1: 25 000 1: 50 000 1: 100 000	1: 250 000 1: 500 000	1: 1 000 000 Y MENORES		
250	MARCA ALTIMÉTRICA 1) POSGAR 2) Punto del terreno acotado					
251	ESTACIÓN PERMANENTE GPS 1) Marca geodésica POSGAR 2) Marca geodésica PASMA 3) Marca geodésica provincial					

Figura 15. Recorte del Manual de signos cartográficos, República de Argentina, 2010, p177.

Se analiza, que el catálogo símbolos de México y Argentina, representan la Gravedad utilizando la figura geométrica de un cuadrado y para representar el Banco de Nivel la figura geométrica de un círculo sin relleno o con una cruz. Para el caso de Brasil usan la misma figura geométrica el triángulo para la representación diferentes referencias topográficas lo único que le cambian es la letra en la parte superior izquierda.

c. Publicar en el GeoServer

Se inicia el programa Apache Tomcat/9.0.34 y se ingresa al GeoServer, donde hay que seguir estos pasos (ver anexo 9):

- se crea un Nuevo Espacio de trabajo llamado “rvgr”.
- posteriormente se vincula la dirección de la base de datos PostGIS a Geoserver, si no se tiene problemas, conecta con las entidades trabajadas.
- se publican las capas y se tienen los productos en WMS y WFS.
- se personaliza el estilo de las capas para que mantengan los estándares establecidos por la institución cuando se haga el consumo WMS.

Capítulo 5

Resultados

En el presente capítulo, se presentan los resultados obtenidos de la investigación realizada en el Registro Nacional, específicamente en el Instituto Geográfico Nacional y desarrollado el plan piloto del diseño de la base de datos en el Departamento de Geodinámica.

a. Resultados de los cuestionarios

La sustentante aplicó tres diferentes entrevistas (ver anexo 1), con la finalidad de conocer las opiniones heterogéneas de los funcionarios del Instituto Geográfico Nacional que son parte de la población de muestreo.

Las entrevistas realizadas a los funcionarios del Instituto Geográfico Nacional que son la población de muestreo, permitieron el diálogo, donde ellos profundizan y ponen mayor atención, por estar en un ambiente confortable, y donde pueden presentar documentos (análogos y digitales), estadísticas, mapas, libros, entre otros.

Estos resultados se fundamentaron en dar respuesta a los objetivos específicos y variables planteada en esta investigación:

El cuestionario 1 responden al objetivo específico 1 de la variable 1, que se, estructura de una Base de Datos Dinámicos a partir del modelo de datos espaciales de acuerdo a la información de Bancos de Nivel y Gravedad del Departamento de Geodinámica, IGN – CR, ya que proporciona a la sustentante la información necesaria para determinar los requisitos funcionales, requisitos no funcionales y define las fuentes de información primarias y secundaria internas y externas de este proyecto de investigación.

Esta entrevista se realizó al Director del IGN MSc. Max Lobo Hernández, por ser el máximo jerarca del Instituto y por conocer el proceso que tiene publicitar información cartográfica. El Sr. Lobo explica, que se requiere una nueva estructura de base de datos de gravedad histórica y menciona que en el SNIT existe actualmente una salida de la capa

de Bancos de Nivel la cual debe ser analizada y hasta cierto punto reformulada la capa publicada.

Además, Sr. Lobo indica que la capa de Bancos de Nivel es de concurrente consulta por los usuarios especializados en la rama de la ingeniería y de corte académico o investigativo, de varias instituciones públicas y privadas como son: el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Aviación Civil, Acueductos y Alcantarillado, Universidad de Costa Rica, MECO, por mencionar algunas. A nivel nacional algunos proyectos solicitan que estén referidos al sistema vertical oficial vigente en el país, esto hace que tengan que consultar al Departamento de Geodinámica por los datos.

Y que, por otro lado, se tiene la información de Gravedad Absoluta y Relativa, la cual es consultada por personal de la academia e investigación, ya que la academia está trabajando en modelar un geoide para Costa Rica, con la información histórica y reciente que tiene el país.

El director del IGN es muy enfático en indicar que existe normativa vigente en la institución y que es de acatamiento para los generadores de datos o archivos cartográficos, tal como: NTIG_CR02_01.2016, NTIG_CR03_01_2016 y NTIG_CR04_01.2016 (Anexo 2, 3 y 4).

Con la entrevista al Director del IGN se logra determinar la necesidad y normativa que se tiene que aplicar en el proyecto de investigación. Además, al Sr. Lobo le queda claro que por ser la investigación un plan piloto se relaciona solamente a una región del GAM, y espera que la base de datos orientada sea dinámica y funcional para los usuarios que hagan uso de este servicio y que sea compatible con el geoportal del SNIT.

Con la experiencia de la postulante en el puesto que desempeña como Analista en Geodesia, observa que la información de Bancos de Nivel publicitada, no se encuentra vinculada a la normativa NTIG_CR02_01.2016, y que además la información histórica que cuenta el IGN mencionado en las fuentes secundarias internas, la información se debe de reestructurar en el catálogo de objetos actual, para que, se pueda adaptar a los datos

históricos. Así mismo se detectó que algunas entidades determinadas en esta investigación no estaban representadas en el catálogo de objetos geográficos.

Las preguntas del cuestionario 2 responden el objetivo específico 2 de la variable 2 que es, compilar la información espacial de los bancos de nivel y gravedad en la estructura de base de datos desarrollada por el Departamento de Geodinámica, IGN - CR. Le proporciona a la sustentante la información necesaria para determinar los requisitos necesarios para modelar los diseños conceptual, lógico y físico, así como identificar la forma de almacenamiento compatible para su publicación en el geoportal del con el SNIT.

Esta entrevista se realizó al Jefe del Departamento de Geodinámica MSc. Álvaro Álvarez Calderón, el cual conoce de primera mano la información que tiene el Departamento. Para el Sr. Álvarez la prioridad es la revisión de la capa de Bancos de Nivel que se encuentra publicada por la gran cantidad de usuarios que consultan: la capa y la información de Gravedad Relativa y Absoluta

Al ser tan amplia la información a sistematizar el entrevistado le parece bien el plan piloto sea en la GAM, ya que esta área es suficiente para poder crear la réplica, en otras partes del país hasta lograr la totalidad del territorio nacional para un posterior lanzamiento de la Red Vertical, esto siguiendo los lineamientos o normativas que cuenta la institución.

El Sr. Álvarez reconoce que la información se encuentra sistematizada pero no así estandarizada o normada con el catálogo de objetos institucional por lo que es importante analizar la información que se tiene para definir las entidades y atributos con los que va contar la nueva base de datos, y dar una propuesta al Departamento para su posterior análisis.

Se realizó, un análisis rápido de la información que tiene el Departamento de Geodinámica, identificándose cuatro entidades primordiales: los Bancos de Nivel, la Líneas de Nivelación, la Gravedad Relativa y la Gravedad Absoluta. En estos mismos cuatro grupos son en los que se va a basar esta investigación.

Con la entrevista al Jefe del Departamento de Geodinámica se logró determinar la zona en la que va desarrollar el proyecto y la información prioritaria, la base de datos además

del dinamismo y flexibilidad que deben de los elementos que la constituyen ya que se desea una interconexión entre la información de Banco de Nivel y Gravedad Relativa histórica. Además, se requiere en el Departamento eficiencia para resolver las consultas y que no sea algo que conlleve mucho tiempo a los funcionarios en resolver las consultas de los usuarios.

Con la experiencia de la postulante en el puesto que desempeña como Analista en Geodesia, puede determinar un bosquejo inicial de la estructura de la actual Base de Datos implementada, esta información está vinculada a la documentación histórica y cálculos realizados por funcionarios en los libros de Excel. Pudiéndose definir la necesidad de la utilización de un software libre como son los programas, pgModeler y pgAdmin y que sea compatible con el geoportal del SNIT.

El cuestionario 3 responden al objetivo específico 3 la variable 3, que es publicación del plan piloto de la Base de Dato para analizar su estructura y funcionamiento operativo ya que proporciona a la sustentante la información necesaria para determinar los programas de código abierto y libre descarga para establecer la publicación de las capas, metadatos y simbología.

Esta entrevista se realiza a los funcionarios que laboran en el Departamento de Geodinámica al MSc. Iván Sanabria Coto y Lic. Carlos Eduardo Gómez Salazar en una perspectiva global de la Red Vertical consideran que la información si es muy consultada por usuarios, indican que al estar una gran parte de la información publicitada ayuda a dar una respuesta guiada a los usuarios y funcionarios de la institución.

Con la entrevista de los funcionarios del Departamento de Geodinámica se pone en evidencia que requieren de una Red Vertical que se pueda actualizar y publicar en tiempo real.

Con la experiencia de la postulante en el puesto que desempeña como Analista en Geodesia, recomienda el uso de software libre para la publicación como son los programas: GeoServer y GeoNetwork. El primero funciona para la publicación de las capas y simbología y el segundo es para la publicación de los metadatos de las capas.

b. Resultados del diseño de la base de datos.

Analizada la información obtenida en el levantamiento de requisitos y con el resultado de las entrevistas a las ententes interesados, se procede a realizar la propuesta del Plan piloto para una estructura de Base de Datos vinculada a la Información Espacial de los Bancos de Nivel y Gravedad del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica

a. Diseño conceptual

En el modelo conceptual, se señalaron cada una de las entidades y los atributos asociados, como lo son:

1. Entidad provincia

Se rellenan los campos faltantes y para esta entidad, se mantienen todos los atributos considerados en el Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica”, en la versión 1.0, llamada “NTIG_CR02_01.2016”, esta normativa considera el ISO 19110 e ISO 19126, donde solamente se agrega el atributo código provincia para codificar el nombre de la provincia.

Tabla 12. Extracto de información entidad provincia.

Atributo	Información			
CÓDIGO	16010301	16010301	16010301	16010301
CÓDIGO PROVINCIA	1	2	3	4
NOMBRE	San José	Alajuela	Cartago	Heredia
ÁREA	4969	9772	3093	2663
PERÍMETRO	661	632	338	311
POBLACIÓN	1404242	848146	490903	433677
TIPO OFICIALIZACIÓN	Decreto Ejecutivo	Decreto Ejecutivo	Decreto Ejecutivo	Decreto Ejecutivo
LEY O DECRETO	37559	37559	37559	37559
FECHA	20130131	20130131	20130131	20130131
TIPO LÍMITE	Natural	Artificial y Natural	Artificial y Natural	Artificial y Natural
LOCALIZACIÓN	Interior	Interior	Interior	Interior

Fuente: Creación propia, 2019.

2. Entidad Banco de Nivel

Después del análisis de la información de las fichas históricas y el catálogo de objetos se realiza la modificación del catálogo original, para que se agreguen los siguientes atributos: código, nombre, orden, norte, este, cota, método de medición, tipo de marca, dimensión de la base, fecha, ficha y versión, porque estos atributos complementan acuciosamente la base de datos. Los mismos fueron revisados y aprobados por el Departamento de Geodinámica. Se muestra una parte de la tabla con los datos:

Tabla 13. Extracto de información entidad banco de nivel.

Atributos	Información			
CODIGO	10010401	10010401	10010401	10010401
NOMBRE	409B	410	410A	410B
ORDEN	1001040303	1001040303	1001040303	1001040303
NORTE	1093118.375	1091948.953	1091645.779	1091055.863
ESTE	492780.888	491293.128	491348.044	490392.844
COTA	1165.7406	1200.3878	1195.7761	1249.7079
METODO MEDICIÓN	1001040801	1001040801	1001040801	1001040801
TIPO MARCA	1001040903	1001040903	1001040903	1001040903
DIMENSIÓN DE LA BASE	Disco de bronce de 9cm	Disco de bronce de 9cm en una grada	Disco de bronce de 9cm	Disco de bronce de 9cm en aletón de puente.
FECHA	1951-03-01	1951-01-01	1951-08-01	1951-01-01
FICHA	C:\Tesis\fichas\BN\409B	C:\Tesis\fichas\BN\410	C:\Tesis\fichas\BN\410A	C:\Tesis\fichas\BN\410B
VERSIÓN	20190820002	20190820002	20190820002	20190820002

Fuente: Creación propia, 2019.

3. Entidad Línea de Nivelación

Esta entidad no está contemplada en el Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica. Para el diseño propuesto es importante agregar los

siguientes atributos: código, nombre línea, diferencia de elevación, distancia, código léneo, ficha y versión, ya que esta información ayuda a definir el sentido de la nivelación y generar circuitos de nivelación que es necesaria para reajustar la red vertical o realizar otro tipo de cálculo.

Adicionalmente, y para mejorar el funcionamiento del diseño se agregó el identificador único id línea, con el que se podrán realizar la conexión entre bases de datos de otras entidades.

Tabla 14. Extracto de información entidad Línea de nivelación.

Atributos	Información		
CÓDIGO	10010501	10010501	10010501
NOMBRE	409B	410	410A
ID_LÍNEA	409B-410	410-410A	410A-410B
NOM_LÍNEA	DESAMPARADOS-TARBACA-SANTA ELENA	DESAMPARADOS-TARBACA-SANTA ELENA	DESAMPARADOS-TARBACA-SANTA ELENA
DIF_ELEV	34.6472	-4.6117	53.9318
DISTANCIA	1.75	0.57	1.09
COD_LÍNEA	16E.09_1	16E.09_1	16E.09_1
FICHA	C:\Tesis\fichas\LN\16E09_1_1	C:\Tesis\fichas\LN\16E09_1_1	C:\Tesis\fichas\LN\16E09_1_1
VERSIÓN	20190820001	20190820001	20190820001

Fuente: Creación propia, 2019.

4. Entidad Gravedad Absoluta

Con la revisión de las fuentes del BGI y otras fuentes, se determinó que la entidad Gravedad Absoluta contendrá los siguientes atributos: código, nombre, gravedad, latitud, longitud, altura elipsoidal, datum, incertidumbre de posición, sistema de mareas de posición, proyección cartográfica, norte, este, datum de altura, altura ortométrica, altura ortométrica, incertidumbre de altura ortométrica, sistema de mareas de alturas ortométrica, fecha y hora (UTC), gravímetro, operador, presión atmosférica, gradiente de aire libre, altura al centro de fase, número de series de medición, número total de caídas, caídas aceptadas, desplazamiento (offset) del gravímetro, tipo de láser, atracción lunisolar, carga oceánica, movimiento del polo, presión barométrica, transferencia del centro de

fase, sistema de mareas, precisión del sistema, precisión de la medición, dispersión de los sets, incertidumbre estadística, incertidumbre total, factor de rechazo de sigma, incertidumbre atracción lunisolar, incertidumbre carga oceánica, incertidumbre laser, incertidumbre laser, incertidumbre reloj, incertidumbre del gradiente, ficha y versión, ya que esta información es fundamental para que funcionarios del IGN, académicos e investigadores puedan hacer recálculo de la Gravedad Absoluta.

Tabla 15. Extracto de información entidad Gravedad Absoluta.

Atributos	Información		
CÓDIGO	10010601	10010601	10010601
NOMBRE	Ingeniería Laboratorios	Universidad Nacional	UCR Ingeniería
GRAVEDAD	977901833	977910982	977902847
ABREVIATURA	EITL	GTCG	UCRC
LATITUD	9.937043	9.999451	9.938141
LONGITUD	-84.043555	-84.106065	-84.04404
ALTURA ELIPSOIDAL	1237.189	1182.525	1232.519
DATUM	CR05	CR05	CR05
INCERTIDUMBRE DE POSICIÓN	0	0	0
SISTEMA DE MAREAS DE POSICIÓN	0	0	0
PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA	CRTM05	CRTM05	CRTM05
NORTE	1098781.724	1105685.406	1098903.217
ESTE	495224.237	488372.293	495171.054
DATUM DE ALTURA	no cuenta	no cuenta	no cuenta
ALTURA ORTOMÉTRICA	1,222,370	1,179,783	1,219,065
INCERTIDUMBRE DE ALTURA ORTOMÉTRICA	0	0	0
SISTEMA DE MAREAS DE ALTURAS ORTOMÉTRICA	0	0	0
FECHA Y HORA (UTC)	07 feb. 2019, 02:30:11	09 feb. 2019, 15:29:39	31 ene. 2019, 02:39:10
GRAVÍMETRO	A10 Micro-g Lacoste	A10 Micro-g Lacoste	A10 Micro-g Lacoste
OPERADOR	Oscar Lücke	Oscar Lücke	Oscar Lücke
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	874,49	877,81	928,57
GRADIENTE DE AIRE LIBRE	-3,086	-3,086	-3,086
ALTURA AL CENTRO DE FASE	70,5	70,5	70,5
NÚMERO DE SERIES DE MEDICIÓN	8	10	10
NÚMERO TOTAL DE CAÍDAS	960	1200	1200
CAÍDAS ACEPTADAS	960	1185	1191

DESPLAZAMIENTO(OFFSET) DEL GRAVÍMETRO	0	0	0
TIPO DE LASER	L-Series (032)	L-Series (032)	L-Series (032)
ATRACCIÓN LUNISOLAR	-35,58 ± 0,04	-41,16 ± 0,04	55,47 ± 0,06
CARGA OCEÁNICA	7,14 ± 0,71	6,68 ± 0,67	-5.23 ± 0,52
MOVIMIENTO DEL POLO	-2,05 ± 0,05	-2,09 ± 0,05	-1,94 ± 0,05
PRESIÓN BAROMÉTRICA	2,15 ± 1,00	3,24 ± 1,00	-5.34 ± 1
TRANSFERENCIA DEL CENTRO DE FASE	217,56 ± 2,115	217,56 ± 2,115	217,56 ± 2,115
SISTEMA DE MAREAS	0	0	0
PRECISIÓN DEL SISTEMA	10,73	10,73	10,73
PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN	1.2	1.78	5.83
DISPERSIÓN DE LOS SETS	3.4	5.64	18.44
INCERTIDUMBRE ESTADÍSTICA	0.07	0.15	1.47
INCERTIDUMBRE TOTAL	10.8	10.88	12.2
INCERTIDUMBRE RECHAZO DE SIGMA	3	3	3
INCERTIDUMBRE ATRACCIÓN LUNISOLAR	0.04	0.04	0.11
INCERTIDUMBRE CARGA OCEÁNICA	0.71	0.67	0.22
INCERTIDUMBRE LASER	0.05	0.05	0.05
INCERTIDUMBRE RELOJ	0.5	0.5	0.5
INCERTIDUMBRE DEL GRADIENTE	2.115	2.115	2.115
FICHA			
VERSIÓN			

Fuente: Creación propia, 2019.,

5. Entidad Gravedad Relativa

En la revisión de la ficha histórica y el catálogo de objetos fundamentales, se determinaron para esta entidad los siguientes atributos: Código, nombre, norte, este, latitud, longitud, gravedad observada, sigma, gravedad teórica, tipo, anomalías de aire libre, anomalías de Bouguer, fecha, instrumento, operador, ficha y versión. Actualmente esta información no es accesible al público, pero es importante ya que con estos datos también se derivan alturas.

Tabla 16. Extracto de información entidad Gravedad Relativa.

Atributos	Información		
CODIGO	10020301	10020301	10020301
NOMBRE	409B	410	410A
NORTE	1093118.375	1091948.953	1091645.779
ESTE	492780.888	491293.128	491348.044
LATITUD	9.8858	9.8753	9.8725
LONGITUD	-84.0658	-84.0794	-84.0789
GRAVEDAD OBSERVADA	977949.10	977946.43	977946.20
SIGMA	4.1	0.1	4.3
GRAVEDAD TEORICA		978200.5	
TIPO	BM_CR	G_R	BM_CR
ANOMALÍAS DE AIRE LIBRE		114.19	
ANOMALÍAS DE BOUGUER		-17.86	
INSTRUMENTO		L-56	
OPERADOR		J. Chaves	
FECHA	2017-05-01	1964-05-18	2017-05-01
FICHA		C:\Tesis\fichas\GR\410.TIF	
VERSIÓN	20190820001	20190820001	20190820001

Fuente: Creación propia, 2019.

6. Entidad GAM

Esta entidad no se encuentra definida en el Catálogo de Objetos Fundamentales por esta razón se consideran dos atributos id_num y nombre, para delimitar el área de trabajo del proyecto de investigación.

Como resultado del análisis de la información y considerando los requerimientos de los funcionarios del Departamento de Geodinámica, en la figura 16 se resume gráficamente el desarrollo del modelo conceptual utilizando como insumo para todas entidades requeridas de este proyecto.

Modelo_Red_Vertical_CR

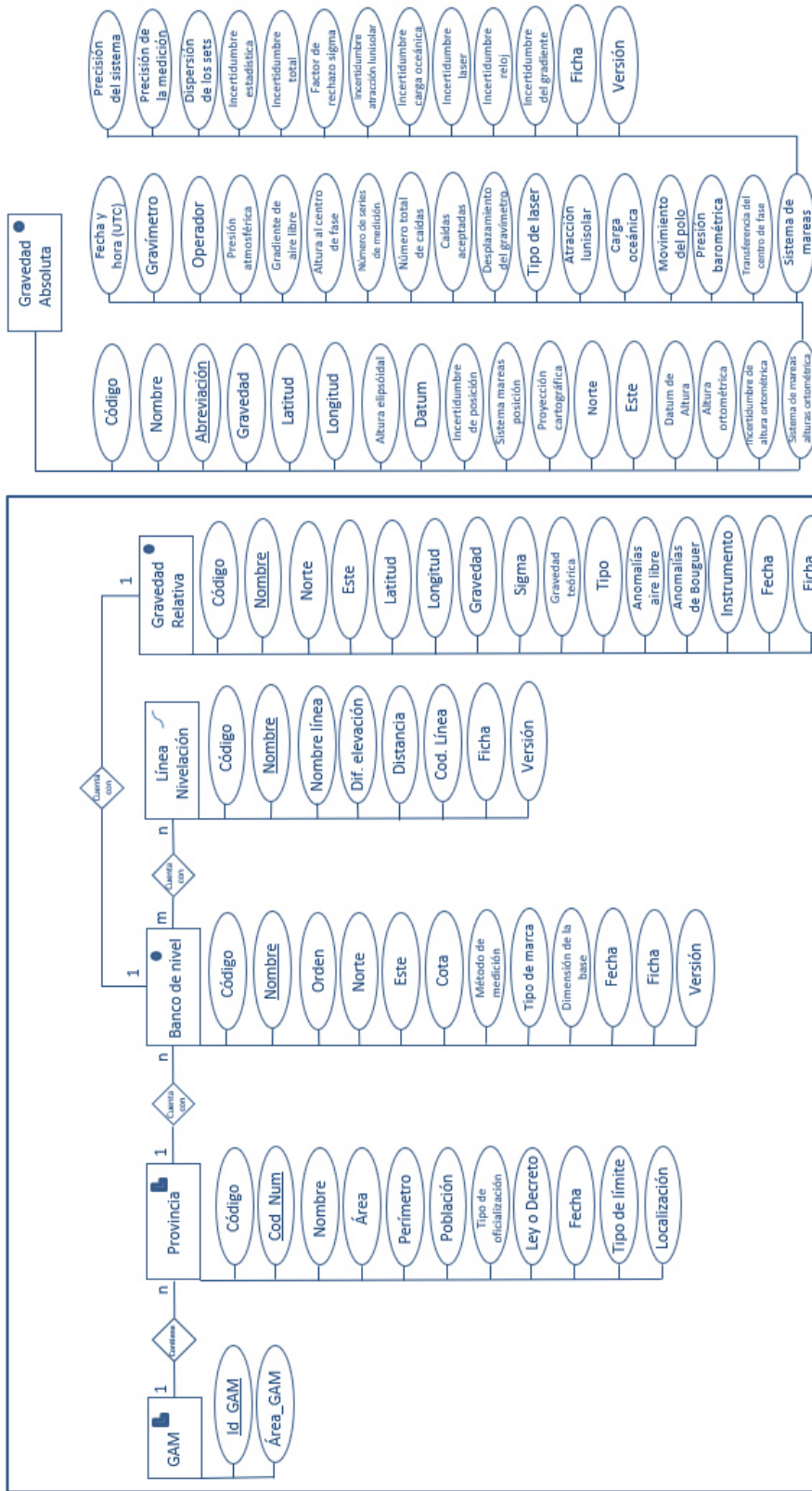


Figura 16. Modelo Conceptual, Creación propia 2019.

b. Modelo lógico

Sucesivo a la etapa del modelo conceptual, se describe la información generada como insumo para la elaboración del modelo lógico, ya que se utiliza lo definido en los parámetros precisados en el capítulo 4, las tablas 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

Para elaborar el Modelo de Entidad- Relación (MER), es importante comprender, los tributos que describen, identifican la llave primaria y la cardinalidad explicando su relación entre las entidades.

Para este proyecto de investigación se tienen las siguientes:

- la GAM puede tener muchas provincias, pero provincias solo puede tener un GAM.
- una provincia puede tener muchos bancos de nivel, pero un banco de nivel solo se puede ubicar en una sola provincia.
- un banco de nivel puede tener muchas gravedades relativas, pero una gravedad relativa solo puede tener un banco de nivel.
- un banco de nivel puede tener varias líneas de nivelación, y una línea de nivelación puede tener varios bancos de nivel.

En la tabla 17, se observa un resumen de lo que se mencionó anteriormente y se identifican las llaves candidatas de cada entidad y en la figura 17, tiene el resultado de la creación del modelo conceptual.

Tabla 17. Cardinalidad, atributos y llaves primarias entre las entidades.

Entidad	Cardinalidad	Atributos	Llave candidata
GAM	1:N Provincias	Id_GAM, AreaGAM	Id_GAM
Provincia	1:N Bancos de nivel.	Código, cod_num, nombre, área perímetro población, tipo de oficialización, ley o decreto, fecha, tipo de límite y localización.	Cod_num

Banco de nivel	1:N Gravedad Relativa N:M línea de nivel.	Código, nombre, orden, norte, este, cota, método de medición, tipo de marca, dimensión de la base, fecha, ficha y versión.	Nombre
Líneas nivelación	N:M Banco de nivel.	Código, nombre, nombre línea, diferencia de elevación, distancia, código línea y versión.	Nombre
Gravedad relativa	1:N Bancos de nivel.	Código, nombre, norte, este, latitud, longitud, gravedad, sigma, gravedad teórica, tipo, anomalías de aire libre, anomalías de Bouguer, fecha, instrumento, operador, ficha y versión	Nombre
Gravedad absoluta	No cuenta	Código, nombre, abreviación gravedad, latitud, longitud, altura elipsoidal, datum, incertidumbre de posición, sistema de mareas de posición, proyección cartográfica, norte, este, datum de altura, altura ortométrica, altura ortométrica, incertidumbre de altura ortométrica, sistema de mareas de alturas ortométrica, fecha y hora (UTC), gravímetro, operador, presión atmosférica, gradiente de aire libre, altura al centro de fase, número de series de medición, número total de caídas, caídas aceptadas, desplazamiento (offset) del gravímetro, tipo de láser, atracción lunisolar, carga oceánica, movimiento del polo, presión barométrica, transferencia del centro de fase, sistema de mareas, precisión del sistema, precisión de la medición, dispersión de los sets, incertidumbre estadística, incertidumbre total, factor de rechazo sigma, incertidumbre atracción lunisolar, incertidumbre carga oceánica, incertidumbre laser, incertidumbre laser, incertidumbre reloj, incertidumbre del gradiente, ficha y versión.	Abreviatura a

Fuente: Creación propia, 2019

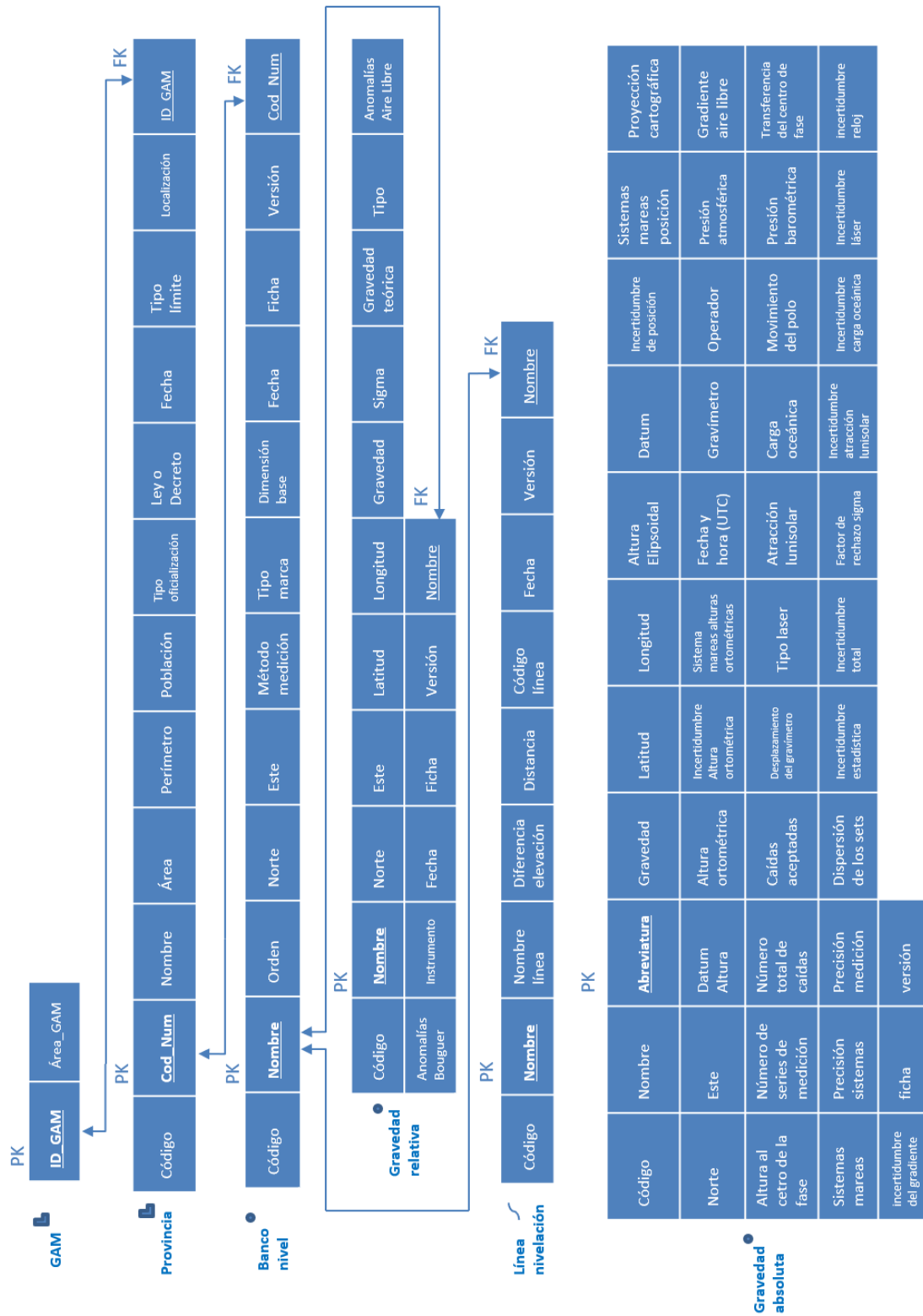


Figura 17. Modelo Lógico, Creación propia 2019.

c. Modelo físico

Para desarrollar este apartado se materializó el Modelo Entidad – Relación basado en el modelo conceptual, elaborado en la sección b. Se utilizó el software de uso libre denominado pgModeler, programa capaz de crear y editar los modelos de BD de una forma sencilla, ya que cuenta con una interface amigable.

Este programa proporciona formularios que muestran los campos que deben llenarse, utilizando como insumo la información sistematizada de la sección b y c. Otra ventaja del programa, es que genera, del código SQL conveniente para las necesidades y requisitos que tiene este proyecto de investigación.

El resultado de analizar previamente todos los requisitos y modelado de la información se refleja en la figura 18, la cual es la culminación y aplicación de los modelos conceptual y lógico que se han desarrollado en esta investigación. Posteriormente esta estructura de información se exporta en un código SQL en la figura 19 se observa un extracto y en el anexo 6 se puede ver el código completo, este resultado es importante para poder desarrollar el apartado de construcción de base de datos.

```

/
8  -- Database creation must be done outside a multicommand file.
9  -- These commands were put in this file only as a convenience.
10 -- -- object: new_database | type: DATABASE --
11 -- -- DROP DATABASE IF EXISTS new_database;
12 -- CREATE DATABASE new_database;
13 -- -- ddl-end --
14 --
15
16 -- object: sig | type: SCHEMA --
17 -- DROP SCHEMA IF EXISTS sig CASCADE;
18 CREATE SCHEMA sig;
19 -- ddl-end --
20 ALTER SCHEMA sig OWNER TO postgres;
21 -- ddl-end --
22
23 SET search_path TO pg_catalog,public,sig;
24 -- ddl-end --

```

Figura 18. Extracto del código importado, Creación propia 2019.

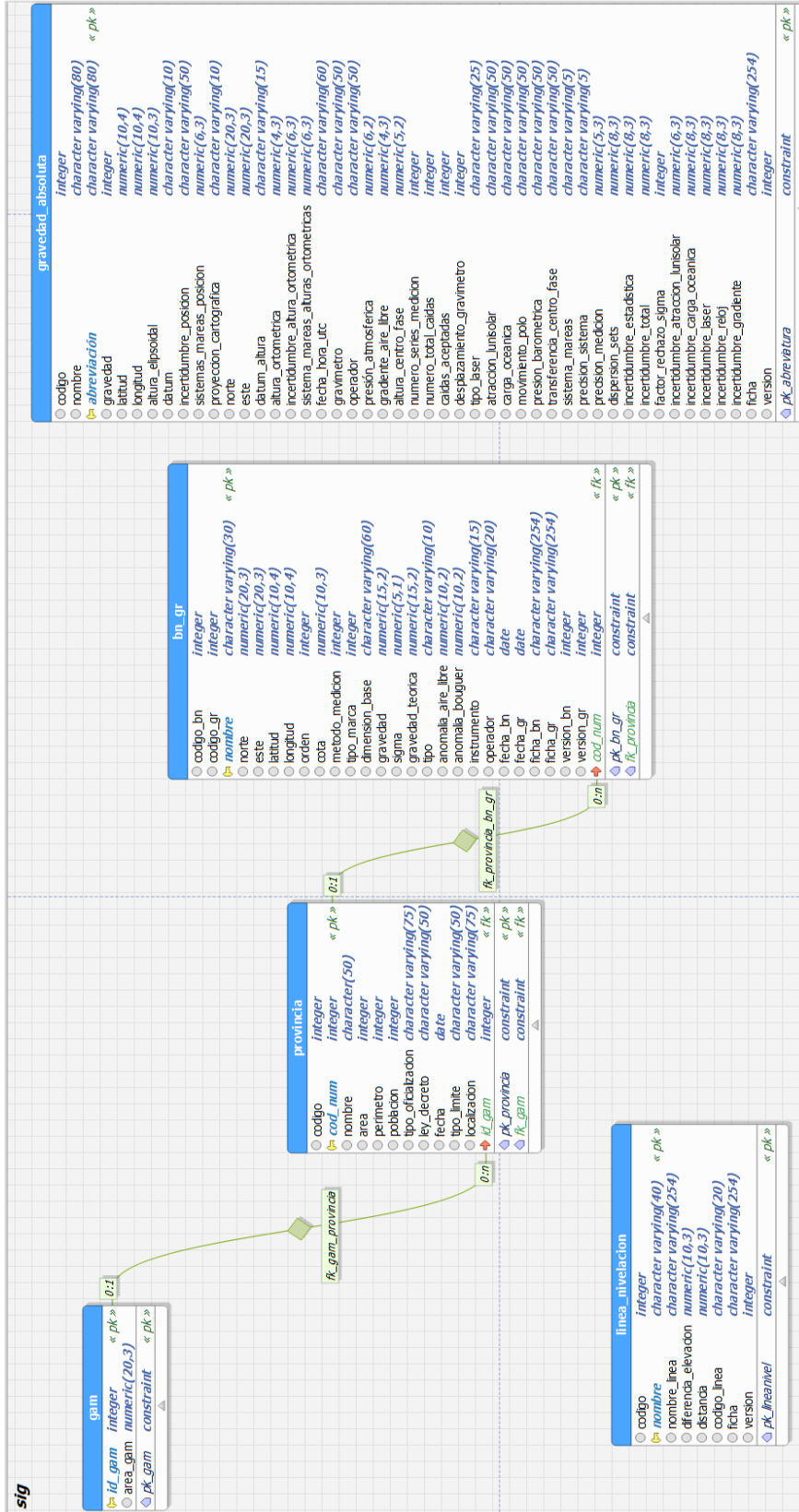


Figura 19. Modelo físico, Creación propia 2019.

d. Almacenamiento de información

Para la construcción de la BD de este proyecto de investigación se utilizó el programa pgAdmin y se designa con las letras rvgr, que significa Red Vertical y Gravedad de Costa Rica. Uno de los procedimientos fundamentales es la correcta ejecución del código SQL generado en pgModeler, en la figura 20 se tiene el resultado de que la estructura de la base de datos se cargó correctamente.

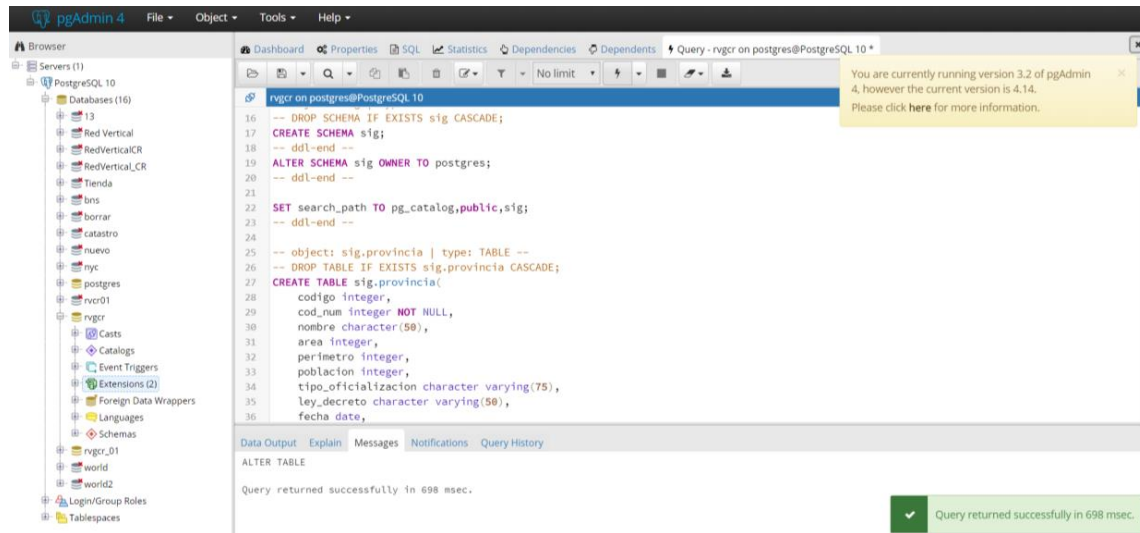


Figura 20. Código SQL ejecutado en pgAdmin, Creación propia 2019.

Posteriormente se debe almacenar en las entidades la información, previo a verificar que los modelos (Conceptual, Lógico y Físico) se han respetado. Se tiene como resultado los datos de las entidades cargados correctamente en el esquema sig como se observa en los recortes de la BD de la figura 21 (ver ampliamente anexo 7).

codigo_bn	codigo_gr	nombre	norte	este	latitud
integer	integer	[PK] character varying (30)	numeric (20,3)	numeric (20,3)	double precision
1	10010401	10020301	1351A	1106993.505	472564.956
2	10010401	10020301	1352	1106906.921	471710.389
3	10010401	10020301	1352A	1106658.036	470778.463

codigo	cod_num	nombre	area	perimetro	poblacion	tipo_oficializacion
integer	[PK] integer	character (50)	integer	integer	integer	character varying (75)
1	16010301	1 San Jose	4969	661	1404242	Decreto Ejecutivo
2	16010301	2 Alajuela	9772	632	848146	Decreto Ejecutivo
3	16010301	3 Cartago	3093	338	490903	Decreto Ejecutivo

codigo	nombre	abreviacion	gravedad	latitud	longitud
integer	character varying (80)	[PK] character varying (80)	integer	double precision	double precision
1	10010601	Buenos Aires	BURE	978047	9.1726
2	10010601	Cerro Buenavista	CDMT	977458	9.5547
3	10010601	Los Chiles	CHIL	978240	11.0332

codigo	nombre	nombre_linea	diferencia_elevacion	distancia
integer	[PK] character varying (100)	character varying (254)	double precision	double precision
1	10010202	1351A-1352	-83	-22.661
2	10010202	1352-1352A	-83	-10.821
3	10010202	1352A-1353	-84	-37.422

Figura 21. Datos cargados en el esquema sig, Creación propia 2019.

Se comprueba en el programa Qgis que los datos se visualizan correctamente, para lo cual se hace la conexión con la base de datos rvgrc utilizando PostGIS y se observa en las figuras 22 y 23 el resultado del buen funcionamiento y representación espacial de los objetos geográficos.

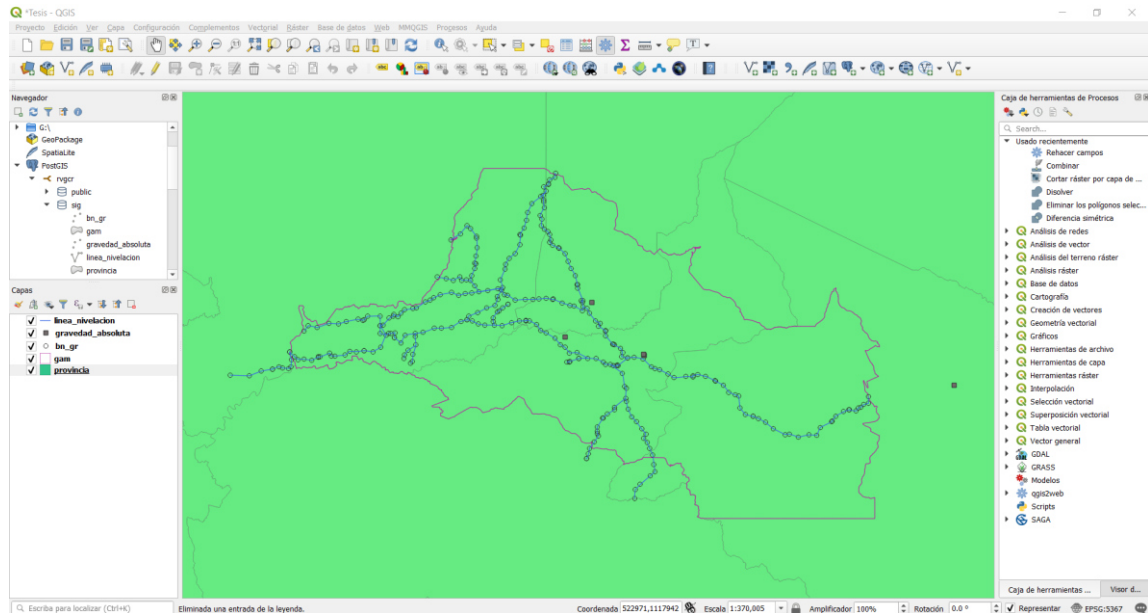


Figura 22. Datos conectados a Qgis, Creación propia 2019.

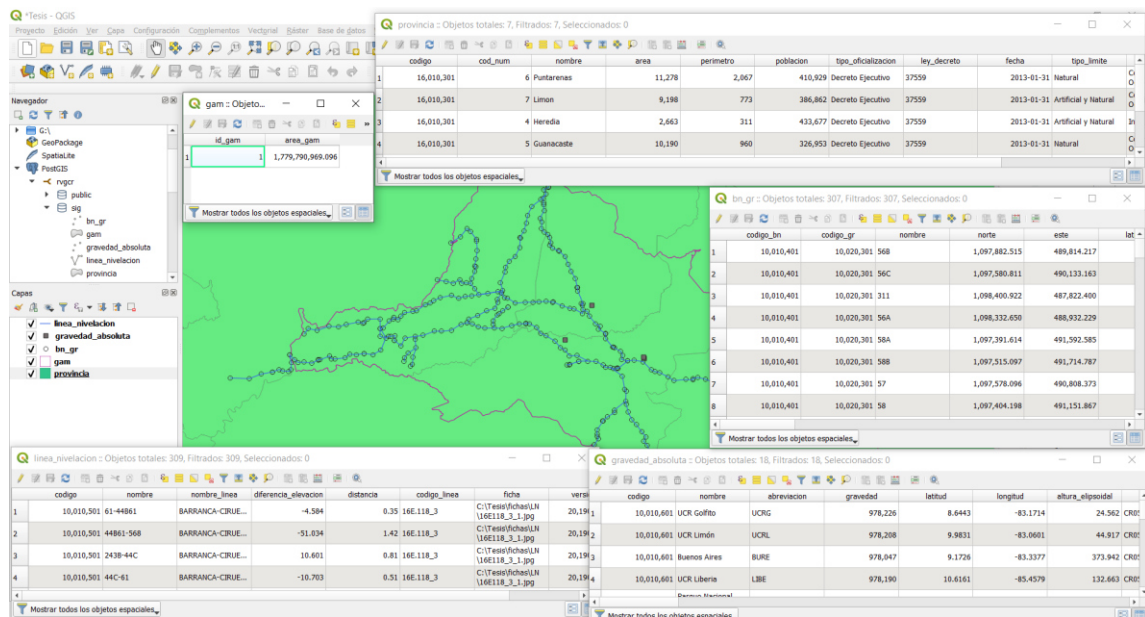


Figura 23. Base de Datos asociados a las entidades en Qgis, Creación propia 2019.

Cuando se desarrolló el modelo lógico las entidades de Banco de Nivel y Gravedad Relativa tienen atributos que son iguales, por lo cual se optimizó el rendimiento de la base de datos considerándolo como una sola entidad. En las figuras 24 y 25 se observa el resultado separación de la información por medio de programación de vistas, para tener las seis entidades planteadas en el modelo conceptual.

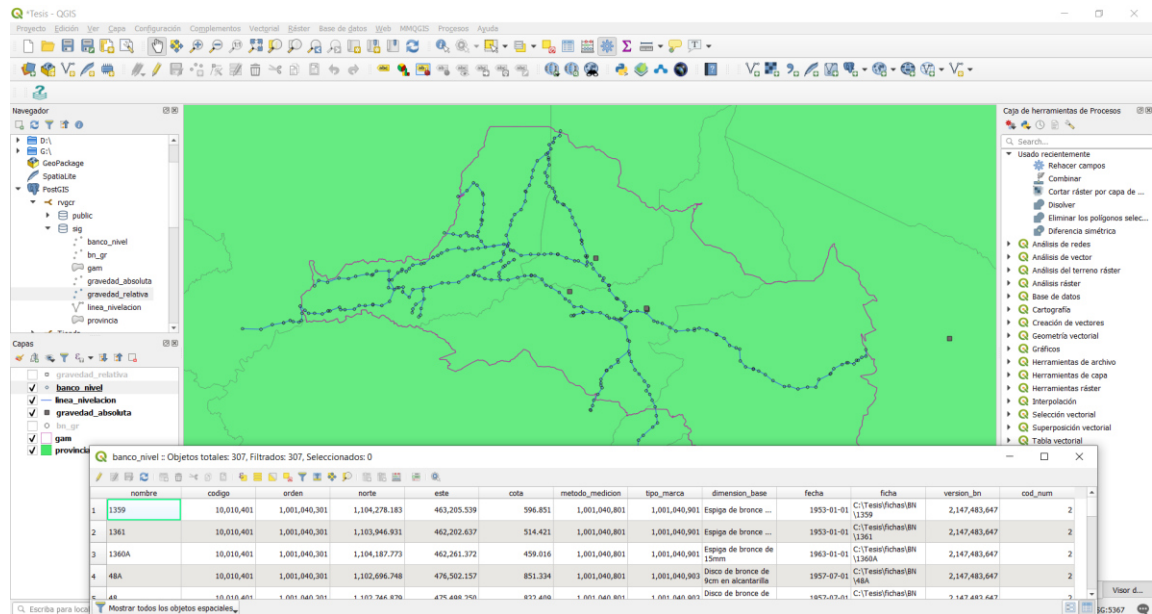


Figura 24. Vista de la entidad Banco de Nivel, Creación propia 2019.

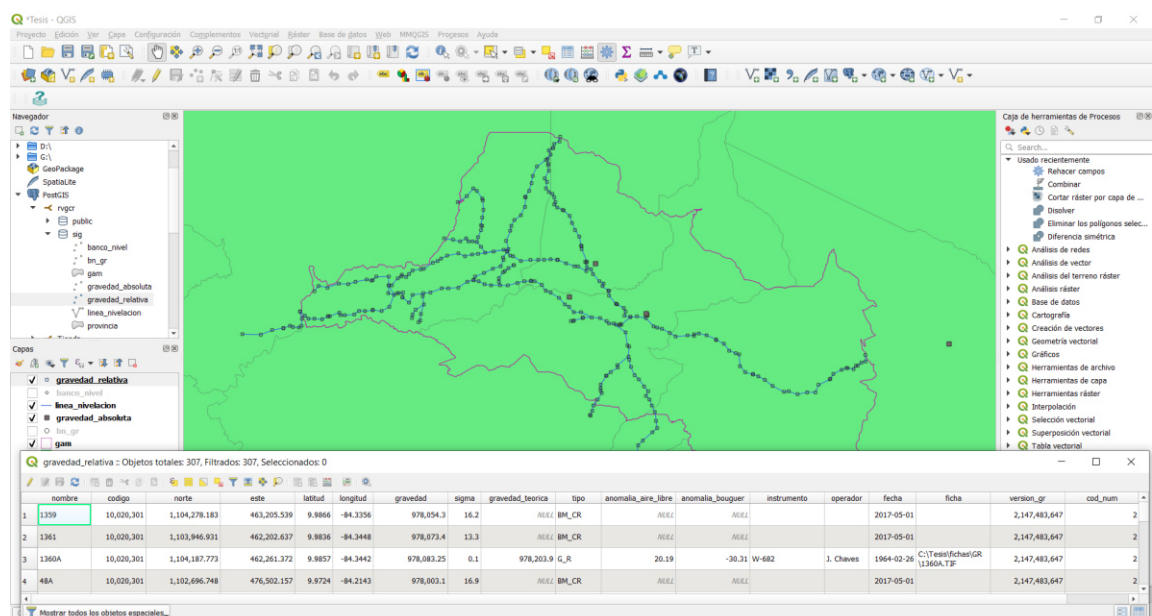


Figura 25. Vista de la entidad Gravedad Relativa, Creación propia 2019.

e. Publicar.

Este apartado se va a subdividir en tres resultados que es Metadatos, Simbología y Publicación en el GeoServer.

a. Metadatos

El resultado de este apartado se confecciona utilizando el programa GeoNetwork y descargar en el SNIT, la plantilla de metadatos. En la figura 26 se tiene la publicación web del catálogo de metadatos de este proyecto de investigación llamado Catálogo_tesis_IGN, en el se observan las seis entidades llamadas: Línea de Nivelación, Gran Área Metropolitana, División Territorial Administrativa de las Provincias, Gravedad Relativa, Gravedad Absoluta y Banco de Nivel.

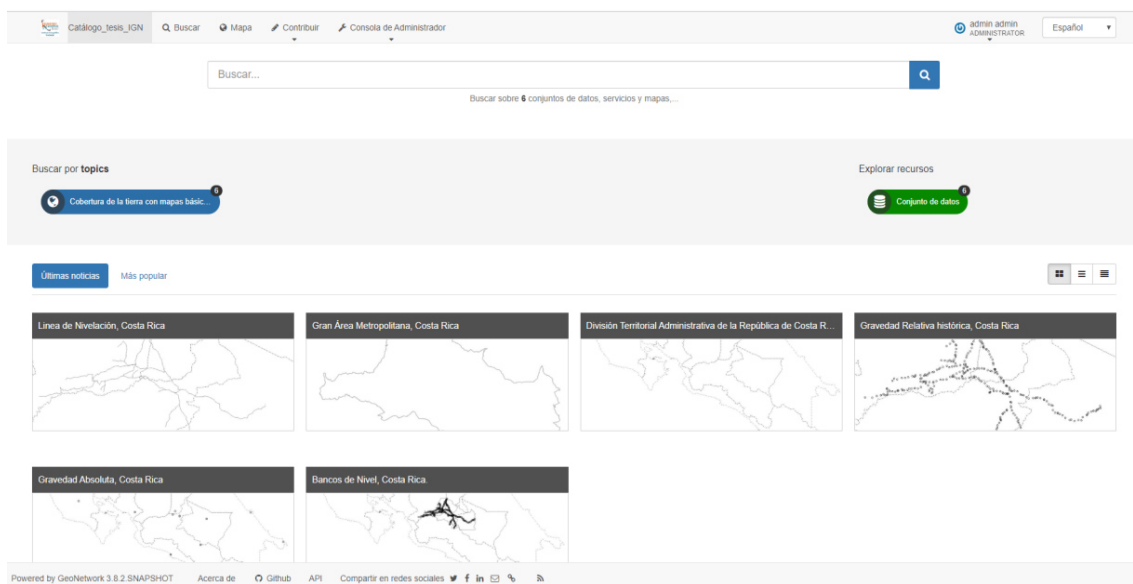


Figura 26. Vista del catálogo de metadatos, Creación propia 2020.

Cuando se tiene el catálogo de metadatos confeccionados, se previsualiza la información de la entidad en este caso se observa Línea de Nivelación (figura 27).

Linea de Nivelación, Costa Rica

Es el sentido o dirección del levantamiento de campo realizado por nivelación geométrica a los Bancos de nivel de primero, segundo, tercer y cuarto orden en Costa Rica.

Bajo desarrollo

Descargas y enlaces

 Descripción detallada de lo que es o hace el recurso en línea Añadir al mapa
 Este conjunto de datos se ha publicado en el servicio de visualización (WMS) disponible en <http://localhost:8080/geoserver/vgcr/wms?> con el nombre de capa **linea_nivelacion**


 thumbnail

 large_thumbnail

Acerca de este recurso

Categorías Cobertura de la tierra con mapas básicos e imágenes

Other keywords

- Línea de nivelación 🔍
- Sentido de dirección 🔍
- Circuitos 🔍
- Costa Rica 🔍

Idioma

- Español

Restricciones legales

Su uso tendrá carácter libre y gratuito, siempre que se mencione el origen y propiedad de los datos.

Contacto para el recurso

- (Condicional) Nombre del Organismo del contacto.** (opcional) Dirección de la institución donde labora la persona responsable., (opcional) Nombre de ciudad donde se ubica la organización., (opcional) Nombre de la provincia donde se ubica

Visión de Conjunto



Sin calificaciones ★

- Ver todos los comentarios
- Añadir tu evaluación

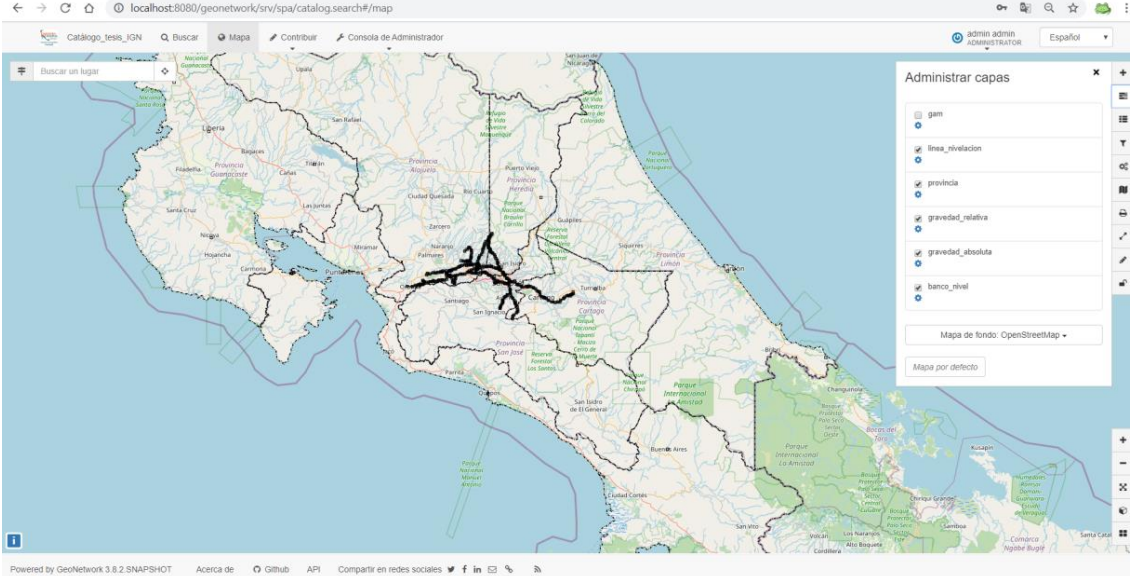
Extensión espacial



Extensión temporal

Figura 27. Vista del metadato línea de nivelación, Creación propia 2020.

Visor que tiene el GeoNetwork, para previsualizar la información de las capas con metadatos (figura 28).





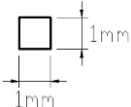
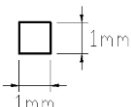
Powered by GeoNetwork 3.8.2.SNAPSHOT

Figura 28. Visor de GeoNetwork de las entidades con metadato, Creación propia 2020.

b. Simbología

Posterior, al análisis de los catálogos de simbologías de otros países, se propone en la tabla 18, la siguiente simbología para las entidades de Banco de Nivel, Línea de Nivel, Gravedad Absoluta y Gravedad Relativa. Para este proyecto de investigación se va utilizar esta propuesta en la publicación en el GeoServer.

Tabla 18. Propuesta de simbología.

Tema	Código	Objeto	Geometría	Color (RGB)	Tipo de línea	Ancho de línea	Grosor línea borde	Símbolo	Definición y características
Control Geodésico	10010401	Banco de Nivel de Control vertical	Punto	0-0-0	Punto / símbolo	N/A	0.3		Punto que representa la altura de un determinado punto geográfico sobre el nivel del mar, obtenida por métodos topográficos de medición en el campo.
	10010202	Línea de nivelación de control vertical	Línea	0-0-0	Continua	0.7	N/A		Línea que representa el sentido del recorrido de la nivelación realizada en campo.
	10010601	Gravedad Absoluta	Punto	0-0-0	Punto / símbolo	N/A	0.3		Punto que representa el valor de la gravedad absoluta tomada en un campo en lugar en específico.
	10020301	Gravedad Relativa	Punto	0-0-0	Punto / símbolo	N/A	0.3		Punto que representa el valor de gravedad relativa histórica que fue tomada en campo o el valor interpolado por medio de métodos matemáticos.

Fuente: Creación propia, 2020

c. Publicación en el GeoServer

Publicación web de las capas utiliza el programa GeoServer, que es un servidor de datos espaciales. Se realiza una conexión con la base de datos creada en pgAdmin, por medio de la herramienta de PostGIS para hacer consumo de los servicios web geográficos (WMS y WFS).

Después de realizar la conexión se previsualiza las capas creadas en pgAdmin y solamente se tiene que publicar como se observa en las figuras 29, 30 y 31. Además, determinar el estilo de la capa siguiendo la simbología propuesta para este tema de investigación.

Conexión de la base de datos rvgr administrada en pgAdmin y publicación en el GeoServer (figura 29).

Identificado como admin. [Cerrar sesión](#)

Nueva capa

Agregar nueva capa

Agregar capa de

Puede crear un nuevo feature type configurando manualmente los nombres y tipos de atributos. [Crear nuevo feature type...](#)
 En bases de datos también puede crear un nuevo feature type configurando una sentencia SQL nativa. [Configurar nueva vista SQL...](#)
 Esta es una lista de los recursos contenidos en el almacén 'rvgr'. Haga click sobre la capa que desea configurar

Resultados 0 a 0 (de un total de 0 ítems)

Publicada	Capa con espacio de nombres y prefijo	Acción
✓	banco_nivel	Publicar de nuevo
✓	gam	Publicar de nuevo
✓	gravedad_absoluta	Publicar de nuevo
✓	gravedad_relativa	Publicar de nuevo
✓	linea_nivelacion	Publicar de nuevo
✓	provincia	Publicar de nuevo
	bn_gr	Publicación

Resultados 0 a 0 (de un total de 0 ítems)

Figura 29. Conexión y publicación en GeoServer, Creación propia 2020.

Previsualización de las capas del proyecto de investigación (figura 30).

Identificado como admin. [Cerrar sesión](#)

Previsualización de capas

Despliega todas las capas configuradas en GeoServer y proporciona una vista previa en varios formatos.

Resultados 1 a 25 (de un total de 28 ítems)

Tipo	Título	Nombre	Formatos habituales	Todos los formatos
	World rectangle	tigerquant_polygon	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
+	Manhattan (NY) points of interest	tigerpoi	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Manhattan (NY) landmarks	tigerpoly_landmarks	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
+	Manhattan (NY) roads	tigertiger_roads	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	A sample ArcGrid file	nurArc_Sample	OpenLayers KML	Seleccionar una
	North America sample imagery	nurimg_Sample	OpenLayers KML	Seleccionar una
	PLS095	nurPLS095	OpenLayers KML	Seleccionar una
	mosaic	nurmosaic	OpenLayers KML	Seleccionar una
	USA Population	topstates	OpenLayers GML KML	Seleccionar una

+	banco_nivel	rvgr:banco_nivel	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	gam	rvgr:gam	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
+	gravedad_absoluta	rvgr:gravedad_absoluta	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
+	gravedad_relativa	rvgr:gravedad_relativa	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
+	linea_nivelacion	rvgr:linea_nivelacion	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	provincia	rvgr:provincia	OpenLayers GML KML	Seleccionar una

Resultados 1 a 25 (de un total de 28 ítems)

Figura 30. Publicación de las entidades en GeoServer, Creación propia 2020.

Publicación de las capas según la simbología propuesta en este proyecto de investigación (figura 31)

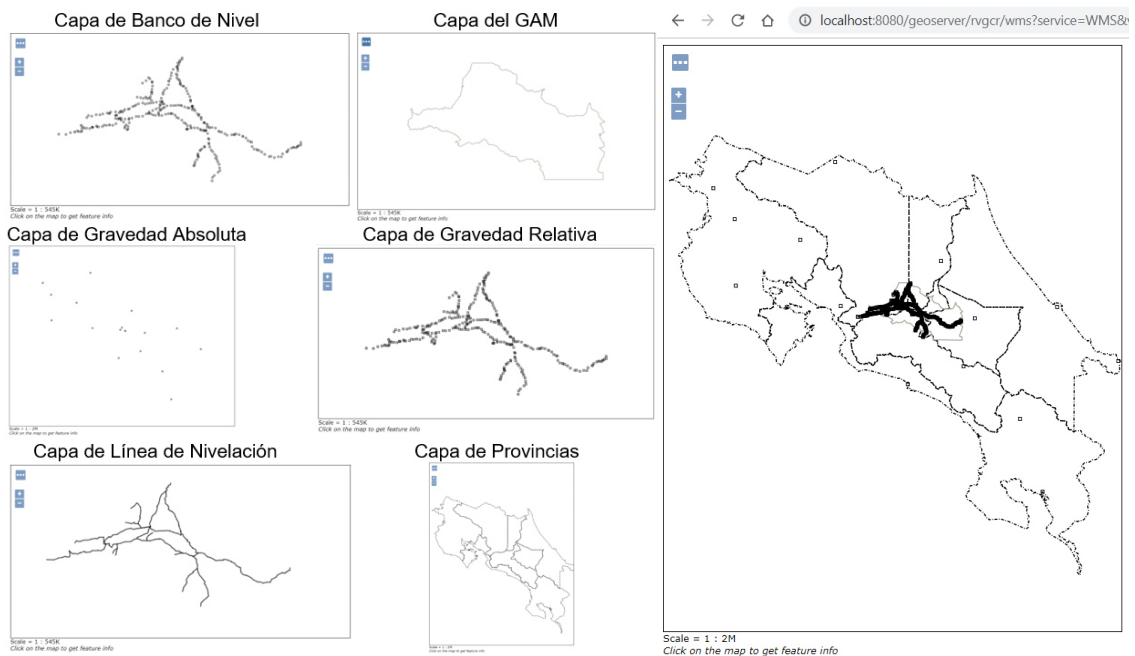


Figura 31. Publicación de las capas determinando el estilo, Creación propia 2020.

En la figura 32, se observa el consumo WMS en el programa QGIS realizando la conexión de la URL: <http://localhost:8080/geoserver/rvgr/wms>, que genera el GeoServer.

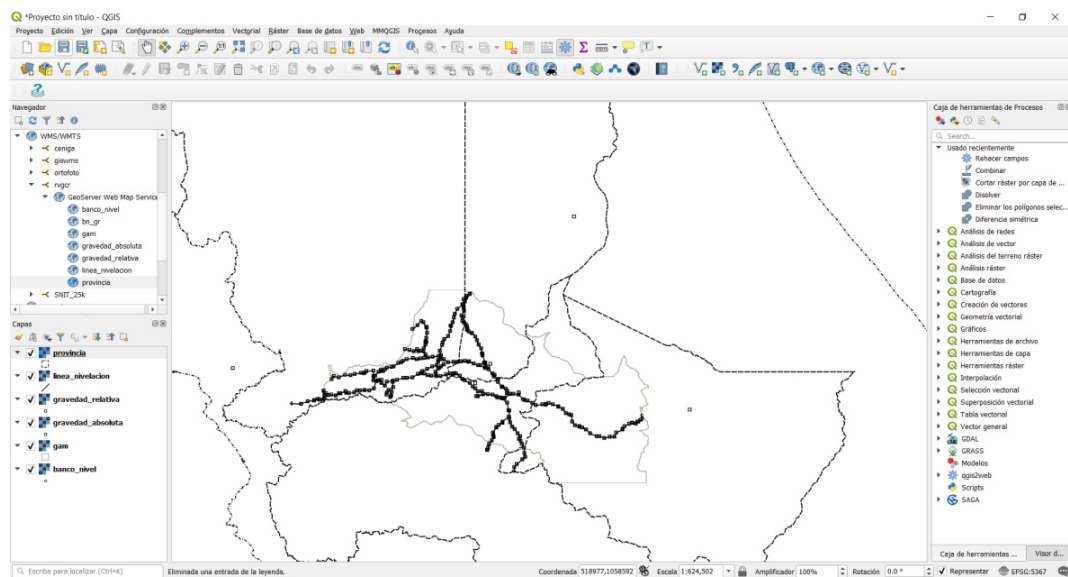


Figura 32. Consumo WMS de las capas desde QGIS, Creación propia 2020.

En la figura 33, se observa el consumo WFS en el programa QGIS realizando la conexión de la URL: <http://localhost:8080/geoserver/rvgcr/ows>, que genera el GeoServer.

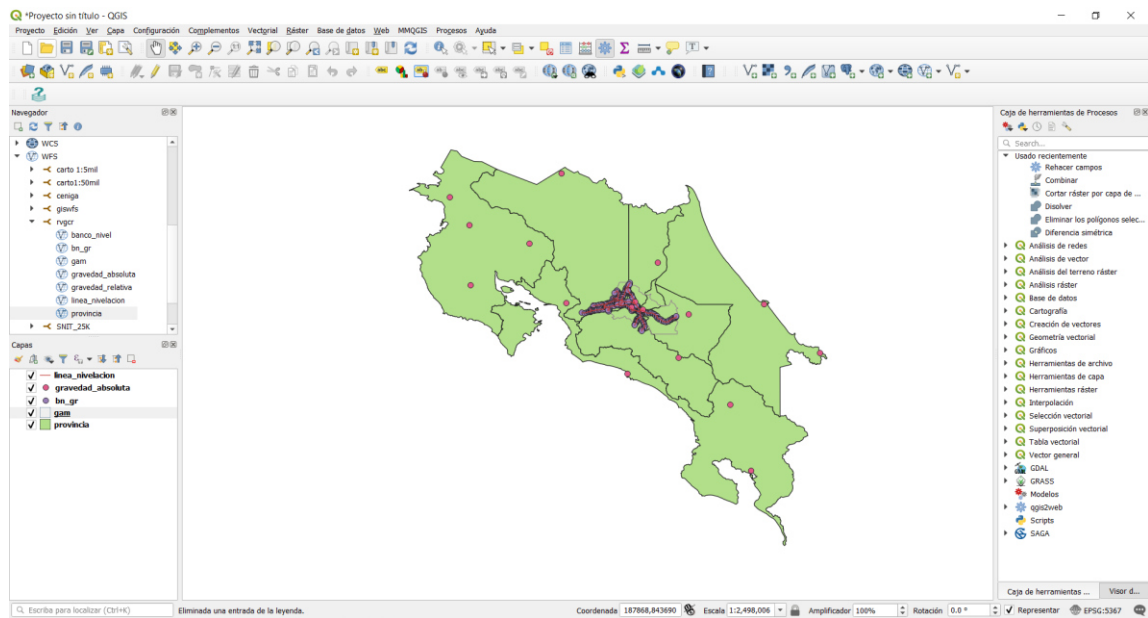


Figura 32. Consumo WFS de las capas desde QGIS, Creación propia 2020.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

a. Conclusiones

Este proyecto de investigación alcanza los estándares nacionales e internacionales en el uso y generación de información geográfica propuestos por el Instituto Geográfico Nacional, además de la interoperabilidad que cuenta la propuesta de base de datos con el geoportal del SNIT para una posterior conexión.

Variable 1: Estructura de una Base de Datos Dinámicos a partir del modelo de datos espaciales de acuerdo a la información de Bancos de Nivel y Gravedad del Departamento de Geodinámica, IGN - CR.

Se concluyó que, la Normativa Técnica NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica, se consideraron los objetos geográficos existentes en la cartografía, por lo tanto:

- No se contempla la entidad de Línea de Nivelación.
- La Gravedad se considera como un solo objeto geográfico.
- Los atributos de la entidad de Bancos de Nivel, no se adapta a la información histórica que tiene la institución.

Variable 2: Compilar la información espacial de los bancos de nivel y gravedad en la estructura de base de datos desarrollada por el Departamento de Geodinámica, IGN - CR.

Se deriva como resultado del análisis de la información de la Base de Datos desarrollada para el Departamento de Geodinámica del IGN:

- Se estima un sesenta por ciento de la información de la base de Datos del IGN se encuentre sistematizada con los datos históricos.
- El Catálogo de Objetos Geográficos, mantiene en las entidades el atributo código que identifica el tema, el grupo y el objeto, sin embargo; carece de un identificador único para las entidades.

Variable 3: Publicación del plan piloto de la Base de Datos para analizar su estructura y funcionamiento operativo.

Luego del análisis de la Normativa Técnica NTIG_CR06_01.2016 Especificaciones cartográficas para Mapas Topográficos Escala 1:25.000 de Costa Rica, el que actualmente se utiliza para la simbología del IGN, se deduce que:

- No están representados los símbolos relativos a las entidades de la Gravedad Absoluta, la Gravedad Relativa y la Línea de Nivelación.

Se aplica en este punto, la Normativa Técnica del Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica, siendo suministrada por el IGN.

b. Recomendaciones

Variable 1: Estructura de una Base de Datos Dinámicos a partir del modelo de datos espaciales de acuerdo a la información de Bancos de Nivel y Gravedad del Departamento de Geodinámica, IGN - CR.

Se le recomienda al INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, analizar, en los Departamentos de Geodinámica y Geomática las entidades y atributos propuesto en este proyecto, y sean considerados en la segunda versión del Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica, los siguiente:

- agregar la entidad Línea de nivelación ya que al incluir esta entidad se tienen los itinerarios de los circuitos de nivelación, que ayuda a recalcular o reajustar red vertical del país.
- reformar el Objeto Geográfico de Gravedad, debido a que actualmente es una sola entidad, cuando lo correcto es considerarlo como dos entidades propias y diferentes.
- reestructurar los atributos de la entidad de Banco de Nivel, porque el objeto geográfico, no se adapta a la información histórica que tiene la institución.

Variable 2: Compilar la información espacial de los bancos de nivel y gravedad en la estructura de base de datos desarrollada por el Departamento de Geodinámica, IGN - CR.

Se le recomienda al INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL:

- una vez aprobadas las modificaciones en la segunda versión del Catálogo de Objetos Geográficos, el Departamento de Geodinámica inicie con la tabulación y la transcripción de la información faltante en los atributos.
- tomar en cuenta que, se debe establecer un identificador único para las entidades.
- Relacionar las características de la información que se almacenará respecto de las definidas en el diseño de la base de datos, a fin de que ambas resulten compatibles.

Variable 3: Publicación del plan piloto de la Base de Dato para analizar su estructura y funcionamiento operativo.

Se le recomienda al INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL:

- Analizar en los Departamentos de Geodinámica y Geomática los símbolos propuestos en este proyecto de investigación, y agregar en la segunda edición de la normativa NTIG_CR06_01.2016, específicamente en el tema de Control Geodésico, la representación geográfica de las entidades.
- Publicar la Base de Datos en el geoportal del SNIT, como un plan piloto acompañado de una invitación y cuestionario a ciertos usuarios del SNIT, para comprobar el grado de satisfacción de la estructura y de la simbología propuesta.
- Disponer de una Base de Datos de Bancos de Nivel y Gravedad, en el Departamento de Geodinámica, para colaborar con el trabajo diario de los funcionarios, ya que se pueden realizar consultas desde el QGIS a la base de datos con lo que se podrá dar una respuesta más efectiva a los usuarios que hacen preguntas específicas.

Bibliografía

- “*Acerca del SNIT*”. (s.f.). Recuperado del sitio web SNIT: <http://www.snitcr.go.cr/about>
- “*Administración del SNIT*”. (s.f.). Recuperado del sitio web SNIT: <http://www.snitcr.go.cr/administracion-snit>
- Aguilar, M., (2020, abril). La Infraestructura de Datos Espaciales de Costa Rica. *Materia Registral*. Recuperado del sitio web ISSUU: https://issuu.com/registronacional0/docs/abril_2020-revista_materia_registral
- Álvarez, A. (2019, abril). Red gravimétrica absoluta. *Materia Registral*. Recuperado del sitio web RNP Digital: https://www.rnpdigital.com/bibl_virtual/Revista%20Materia%20Registral%20abril%202019.pdf
- “Apache Tomcat”. (s.f.). Recuperado del sitio web Tomcat: <http://tomcat.apache.org/>
- Ariza, F & Rodríguez, A. (2008). *Introducción a la normalización en información geográfica: la familia ISO 19100*. Recuperado del sitio web http://coello.ujaen.es/Asignaturas/pcartografica/Recursos/IntroduccionNormalizacion_IG_FamiliaISO_19100_rev1.pdf
- Barrantes Gómez, M. (2007). *Elementos de estadística descriptiva*. San José: EUNED.
- Bernal, W. (3 de junio de 2016). *Relación de la geografía con la cartografía y su importancia dentro de la educación*. Recuperado del sitio web CNR: <https://www.cnr.gob.sv/relacion-de-la-geografia-con-la-cartografia-y-su-importancia-dentro-de-la-educacion/>
- Blázquez, M. (2014). *Fundamentos y diseño de bases de datos*. Recuperado del sitio web CCdoc: <http://ccdoc-basesdedatos.blogspot.com/2013/02/modelo-entidad-relacion-er.html>
- Blitzkow, D. & Oliveira, A. (2019). *Absolute Gravity Network – Costa Rica*. Recuperado del sitio web IAG: <https://www.iag-aig.org/iag-newsletters/65>
- “*Cartografía*”. (2014, junio 06). Recuperado del sitio web Significados.com: <https://www.significados.com/cartografia/>
- Córdoba, B. y López J., (s.f.). *RESUMEN DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS DURANTE MÁS DE CUATRO AÑOS A PARTIR DE LOS DATOS DEL GRAVÍMETRO SUPERCONDUCTOR SG064*. Recuperado del sitio web Oan: <http://www1.oan.es/reports/doc/IT-CDT-2017-4.pdf>
- Decreto Ejecutivo 33797-MJ-MOPT (2007). *Declara como datum horizontal oficial para Costa Rica, el CR05, enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre*

(ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005.83. Publicado en el Diario Oficial la Gaceta N°108, del 6 de junio de 2007. Costa Rica.

Detalle de gravímetro absoluto modelo A10. (s.f.). Recuperado del sitio web Heedding: <https://heedding.com/producto/gravimetro-absoluto-modelo-a10>

Dörries, E., Roldán, J. (2004). GPS, SU DATUM VERTICAL. *UNICIENCIA*, volumen (21), pp. 127-135. Recuperado del sitio web UNA: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/5931>

Esparza, A & Torres Jorge. (2015). *Medición absoluta de la aceleración de la gravedad laboratorio de gravimetría en CENAM.* Recuperado del sitio web Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/327704829_MEDICION_ABSOLUTA_DE_LA_ACELERACION_DE_LA_GRAVEDAD_LABORTORIO_DE_GRAVIMETRIA_EN_CENAM

“*Filosofía Institucional*”. (s.f.). Recuperado del sitio web Registro Nacional: http://www.registronacional.go.cr/Institucion/institucion_mision_vision_valores.htm

“GeoNetwork”. (s.f.). Recuperado del sitio GeoNetwork: web <https://geonetwork-opensource.org/>

“GeoServer”. (s.f.). Recuperado del sitio web GeoServer: web <http://geoserver.org/>

Gutiérrez, A. (s.f.). *Bases de datos.* Recuperado del sitio web Aiu: <https://www.aiu.edu/cursos/base%20de%20datos/pdf%20leccion%201/lecci%C3%B3n%201.pdf>

Hernández, R., Fernández. C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación quinta edición.* Recuperado del sitio web Esup: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

IGN España. (2019). *Curso virtual de Metadatos.* Recuperado del sitio web Curso e-learning Instituto Geográfico Nacional: <https://cursos.cnig.es/>

IGN Perú. (2016). *Normativa técnica Geodésica, especificaciones técnicas para levantamientos geodésicos verticales.* Recuperado del sitio web IGN_GOB_PE: <https://www.ign.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-PARA-LEVANTAMIENTOS-VERTICALES.pdf>

“*Importancia de la cartografía*”. (22 de julio de 2013). Recuperado del sitio web Importancia: <https://www.importancia.org/cartografia.php>

IPGH. (2015). *Glosario de términos de ISO/TC211.* Recuperado del sitio web IGN de España: <https://github.com/ISO-TC211/TMG/releases>

- Junta Administrativa del Registro Nacional. (2018). *Informe final de la gestión*. Recuperado del sitio web RNP Digital: <https://www.rnpdigital.com/Institucion/Institucion/Informe%20de%20Gestion%202018%20Paula%20Azoifeifa%20Chavarria.pdf>
- Lücke, O. (2019). Informe Final, Establecimiento de la red de gravedad absoluta para Costa Rica. Proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
- “Mareógrafo”. (s.f.). Recuperado del sitio web EcuRed: <https://www.ecured.cu/Mare%C3%B3grafo>
- Morales, A. (2016). *Cómo conectar con PostGIS desde QGIS 3.x en 7 pasos*. Recuperado del sitio web MappingGIS: <https://mappinggis.com/2012/09/como-conectar-qgis-a-postgis/>
- Morales, A. (s.f.). *10 motivos para utilizar PostGIS*. Recuperado del sitio web MappingGIS: <https://mappinggis.com/2012/09/por-que-utilizar-postgis/>
- Morelli, C., Gantar, C., McConnell, R. Szabo, B. & Uotila, U. (1972). *The International Gravity Standardization Net 1971 (I.G.S.N.71)*. Recuperado del sitio web Apps.dtic.mil: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a006203.pdf>
- Nebert, D. (2004). *Capítulo Cuatro: Catálogo de Datos Geoespaciales – Haciendo Descubribles los Datos*. Recuperado del sitio web SantaFe: https://www.santafe.gob.ar/idesf/recursos/documentos/Recetario_IDE.pdf
- Pacheco, A.T., Flores, L.E. (1993) *La investigación como proceso de construcción del conocimiento*. Heredia: EUNA.
- Pérez, J. (2008). *Definición de Internet*. Recuperado del sitio web Definición. de: <https://definicion.de/internet/>
- Pérez, J., Gardey A. (2014). Definición de la tecnología de la información. Recuperado del sitio web Definicion.de: <https://definicion.de/tecnologia-de-la-informacion/>
- Pineda, E., Alvarado. E., y Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación*. Recuperado del sitio web rceis: <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf>
- Plata, J., (2013). *INFORME FINAL (tomo 1: MEMÓRIA) SOBRE EL ESTUDIO DE MICROGRAVIMETRÍA RELATIVA 4D EN EL KARST DE LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA). 2011-2012*. Recuperado del sitio web IGME: http://info.igme.es/SidPDF/161000/831/161831_0000001.pdf.
- “Presión barométrica”, (s.f.). Recuperado del sitio web Mundo Compresor: <https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/presion-barometrica>

- Proal, C. (s.f.). 2. *Modelado de datos*. Recuperado del sitio web ICT: <http://ict.udlap.mx/people/carlos/is341/bases02.html>
- Proal, C. (s.f.). 7. *Modelo Físico*. Recuperado del sitio web ICT: <http://ict.udlap.mx/people/carlos/is341/bases07.html>
- “*QGIS*”. (s.f.). Recuperado del sitio web QGIS: <https://www.qgis.org/en/site/>
- Rappeye, H. S. (1948). *Manual of Leveling Computation and Adjustment* [Manual de nivelación, cálculo y ajuste]. Washington: United States Government printing office. Special Publication No.240, p 2.
- “*Recursos Digitales, SNIT*”. (s.f.). Recuperado del sitio web: chmcostarica.go.crhttp://www.chmcostarica.go.cr/index.php/recursos/recurso-digitales/snit-sistema-nacional-de-informacion-territorial
- Registro Nacional. (2016). *Directriz DIG-001-2016*. Recuperado del sitio web SNIT: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/Directriz_DIG-001-2016_NTIG_CR01_01.2016.pdf
- Registro Nacional. (2016). *NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica*. Recuperado del sitio web SNIT: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR04_01_2016%20PERFIL%20OFICIAL%20DE%20METADATOS%20GEOGRAFICOS.pdf
- Registro Nacional. (2016). *NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica*. Recuperado del sitio web SNIT: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR02_01_2016%20CATALOGO%20OBJETOS%20GEOGRAFICOS.pdf
- Registro Nacional. (2016). *NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones Cartográficas para Mapa Topográfico Escala 1:25.000 de Costa Rica*. Recuperado del sitio web SNIT: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR06_01_2016%20ESPECIFICACIONES%20CARTOGRAFICAS%20MAPA%20TOPOGRAFICO%20ESCALA%201_25000.pdf
- Registro Nacional. (2016). *NTIG_CR03_01.2016: Modelo de Datos Geográficos de Costa Rica, Escalas 1:1.000, 1:5.000 y 1:25.000*. Recuperado del sitio web SNIT: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR03_01_2016%20MODELO%20DATOS%20GEOGRAFICOS%20DE%20COSTA%20RICA%20ESCALAS_1000_5000_25000.pdf
- Segovia, J. (2018). *Herramienta para el diseño de BD de PostgreSQL, pgModeler*. Recuperado del sitio web [TODOPOSTGRESSQL](https://todopostgresql.com/herramienta-para-el-diseno-de-bd-de-postgresql-pgmodeler/): <https://todopostgresql.com/herramienta-para-el-diseno-de-bd-de-postgresql-pgmodeler/>

Taylor, M. (2004). *Capítulo Tres: Metadatos – Describiendo Datos Geoespaciales*. Recuperado del sitio web Santafe: https://www.santafe.gob.ar/idesf/recursos/documentos/Recetario_IDE.pdf

“Tres representaciones fundamentales de capas de información geográfica”, (s.f.). Recuperado del sitio web ArcGis: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000n000000.htm>

Vaniček, P., Santos, M., Tenzer R., y Hernández-Navarro, A., (2003). *Algunos Aspectos Sobre Alturas Ortométricas y Normales*. Recuperado del sitio web Unb: <http://www2.unb.ca/gge/Personnel/Vanicek/AlgunosAspectos.pdf>.

“1 Cartografía Digital”. (s.f.). Recuperado del sitio web um.es: <https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node15.html>

“X. APENDICE”. (s.f.). Recuperado del sitio web Tesis Uson: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20345/Capitulo10.pdf>

Anexos

Anexo 1. Entrevista aplicada a los funcionarios del Instituto Geográfico

Nacional

Universidad de Costa Rica
Escuela de Geografía
Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Detección

Requerimientos técnicos para diseñar una base de datos dinámicas.

Entrevista para el director del Instituto Geográfico Nacional

1. ¿Cuál es el problema que existe dentro del Instituto Geográfico Nacional, con el tema de Red Vertical?
2. ¿Porque se debe confeccionar una nueva base de datos de Red Vertical en el Departamento de Geodinámica?
3. ¿Cómo Sistematizar esta información ayudaría a la Institución?
4. ¿La información de Red Vertical debe ser consultada por usuarios externos o solo funcionarios de la institución? Esta información va tener restricciones (Si / No, porque)
5. ¿Aproximadamente cuantas consultas realizan los usuarios por año de la Red Vertical?
6. ¿Qué espera ver la Dirección del IGN con la conclusión de este proyecto?

Universidad de Costa Rica
Escuela de Geografía
Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Detección

Requerimientos técnicos para diseñar una base de datos dinámicas.

Entrevista para jefe el Departamento de Geodinámica, del Instituto Geográfico Nacional

1. ¿El Departamento de Geodinámica requiere confeccionar una nueva base de datos de Red Vertical, qué información se va a trabajar? Explique ampliamente.
2. ¿Explique porque esa información es prioritaria?
3. Al ser tan amplia la información de Red Vertical. ¿Qué sector geográfico se seleccionaría para realizar el plan piloto?
4. ¿Existen lineamientos o normativas en la institución que ayuden a conformar o delimitar el diseño de la base de datos?
5. ¿Qué datos se encuentra a vista de los usuarios y por qué se debe de ampliar o mejorar la información existente?
6. ¿Qué plataforma utiliza la institución para que los usuarios puedan ver la información? ¿Cada cuanto se actualiza?
7. Los usuarios realizan varias consultas por año de la Red Vertical, ¿puede cuantificar cuánto tiempo ahorraría al departamento el diseño de la base de datos?
8. ¿Cuál es la forma de almacenamiento de la información y actualización en la plataforma que utiliza la institución para los usuarios?
9. La información de Red Vertical contiene Bancos de Nivel y Gravedad ¿Qué atributos y entidades requiere en la base de datos?
10. ¿Qué espera ver el jefe del Departamento de Geodinámica con la conclusión de este proyecto?

Universidad de Costa Rica
Escuela de Geografía
Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Detección

Requerimientos técnicos para diseñar una base de datos dinámicas.

Entrevista para los funcionarios del Departamento de Geodinámica sobre la información de Red Vertical del Instituto Geográfico Nacional

1. ¿Qué cantidad de información consultan sobre datos espaciales de la Red Vertical?
2. ¿Cuál información de la Red Vertical colocarían en el diseño de la base de datos? (Entidades, atributos, explique ampliamente)
3. ¿Le han llegado consultas de bancos de nivel? ¿Ha podido resolverlas si el encargado de red vertical no se encuentra? ¿Dirige al usuario a utilizar la capa que se encuentra publicada en el SNIT? Explique ampliamente

Anexo 2. Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica, apartado de provincias.

TEMA	16	LÍMITES	GRUPO	1601	Delimitación Territorial Administrativa
OBJETO	160103	LÍMITE PROVINCIAL		Geometría: Polígono 2D	
DEFINICIÓN	Línea que define el límite de una provincia.				
ATRIBUTOS	CÓDIGO	DEFINICIÓN			TIPO DE DOMINIO
CÓDIGO	16010301	Código único asignado para su identificación.			0
NOMBRE	16010302	Nombre propio con que se conoce la provincia.			0
ÁREA	16010303	Extensión de la superficie que comprende la provincia en kilómetros cuadrados			0
PERÍMETRO	16010304	Longitud del contorno del límite entre provincias o con respecto a un cuerpo de agua.			0
POBLACIÓN	16010305	Número de habitantes de la provincia.			0
TIPO DE OFICIALIZACIÓN	16010306	Se hace referencia a si el límite respectivo se estableció por decreto, Ley o es de hecho.			1
LEY O DECRETO	16010307	Numero de la ley o decreto en la que se establece el límite.			0
FECHA	16010308	Fecha en que se firmó la ley o decreto (día/mes/año).			0
TIPO DE LÍMITE	16010309	Límite natural (Río o quebradas, línea de cresta), límites artificiales (línea geodésica, caminos, carreteras, línea de alta tensión).			1
LOCALIZACIÓN	16010310	Se refiere a la ubicación de la provincia dentro del país, puede ser interior o colindar con una masa oceánica (Mar Caribe o Océano Pacífico).			1

ATRIBUTO	TIPO DE OFICIALIZACIÓN
DOMINIO	CÓDIGO
Ley	1601030601
Decreto	1601030602
De hecho	1601030603

ATRIBUTO	TIPO DE LÍMITE
DOMINIO	CÓDIGO
Natural	1601030901
Artificial	1601030902

ATRIBUTO	LOCALIZACIÓN
DOMINIO	CÓDIGO
Interior	1601031001
Colindante Masa Oceánica	1601031002

Fuente: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR02_01.2016%20CATALOGO_OBJETOS_LIMITES.pdf páginas 3 y 4

Anexo 3. Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica, apartado de punto de control geodésico.

TEMA	10	CONTROL GEODÉSICO	GRUPO	1001	Control Geodésico Geométrico
OBJETO	100102	PUNTO GEODÉSICO DE CONTROL VERTICAL		Geometría: Punto 3D	
DEFINICIÓN	Punto prefijado con altura referida al nivel medio del mar.				

ATRIBUTOS	CÓDIGO	DEFINICIÓN	TIPO DE DOMINIO
CÓDIGO	10010201	Código único de clasificación e identificación.	0
CATEGORIA	10010202	Precision de la medicion del banco de nivel	1
SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA HORIZONTAL	10010203	Conjunto de convenciones que relacionan las coordenadas nacionales al sistema internacional de referencia terrestre.	1
ADMINISTRACIÓN	10010204	Institución que levantó, monumentó y dá mantenimiento.	0
ESTADO DE LA MARCA	10010205	Condición física en que se encuentra la monumentación o marca que hace referencia a un punto geodésico horizontal.	1
FECHA	10010206	Fecha en que se colocó el vértice.	0
AÑO DE VERIFICACIÓN	10010207	Año de revisión de la información del vértice.	0
CROQUIS	10010208	Representacion gráfica de la ubicación geográfica y el entorno de un vértice.	0
DESCRIPCIÓN	10010209	Característica cualitativa de la ubicación del vértice.	0
ALTURA ELIPSOIDAL	10010210	Distancia entre un punto y la normal al Elipsoide de referencia, medida a lo largo de la perpendicular que va del Elipsoide hasta el punto.	0
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA ALTURA ELIPSOIDAL	10010211	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la altura elipsoidal.	0
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LATITUD	10010212	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la latitud.	0
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LONGITUD	10010213	Índice numérico de la dispersión de un conjunto de medidas de la longitud.	0
HOJA	10010214	Número de la hoja topográfica en la que se encuentra ubicado.	0
UBICACIÓN	10010215	Localización en División Político Administrativa.	0
LATITUD	10010216	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del ecuador y se mide sobre el meridiano que pasa por el punto.	0
LONGITUD	10010217	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del meridiano de Greenwich y se mide sobre el plano Ecuatorial.	0

ATRIBUTO	TIPO DE BANCO DE NIVEL	CÓDIGO
DOMINIO		
Banco nivel topografico		1001020201
Banco nivel geodésico		1001020202
Otro		1001020203

ATRIBUTO	SISTEMA DE PROYECCION	CÓDIGO
DOMINIO		
Lambert Norte		1001020301
Lambert Sur		1001020302
CRTM		1001020303
Otro		1001020304

ATRIBUTO	ESTADO DE LA MARCA	CÓDIGO
DOMINIO		
Bueno		1001020501
Regular		1001020502
Malo		1001020503
Otro		1001020504

Fuente: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR02_01.2016%20CATALOGO_OBJETOS_CONTROL_GEODESICO.pdf páginas 3, 4 y 5


Anexo 4. Catálogo de objetos geográficos para datos fundamentales de Costa Rica, apartado de punto gravimétrico.

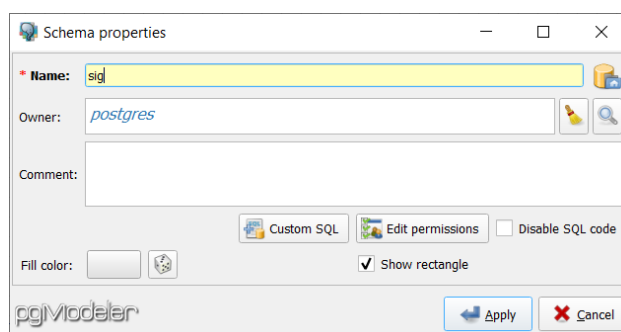
TEMA	10	CONTROL GEODÉSICO	GRUPO	1002	Control Geodésico Físico
OBJETO	100201	PUNTO GRAVIMÉTRICO		Geometría: Punto 3D	
DEFINICIÓN	Punto materializado cuyo valor de gravedad (aceleración de gravedad) ha sido observado directamente en el campo.				
ATRIBUTOS	CÓDIGO	DEFINICIÓN			TIPO DE DOMINIO
CÓDIGO	10020101	Código único de clasificación e identificación.			0
ELEVACIÓN	10020102	Altura sobre el terreno referida al nivel medio del mar, en la que se encuentra el punto gravimétrico.			0
GRAVEDAD	10020103	Magnitud vectorial de la fuerza de gravedad.			0
SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA HORIZONTAL	10020104	Conjunto de convenciones que relacionan las coordenadas nacionales al sistema internacional de referencia terrestre.			1
ADMINISTRACIÓN	10020105	Institución que lo levanto, monumento y le da mantenimiento.			0
FECHA	10020106	Fecha en que se comprobó la ubicación y elevación del punto gravimétrico.			0
AÑO DE VERIFICACIÓN	10020107	Año de revisión de la información del punto gravimétrico.			0
CROQUIS	10020108	Representación gráfica de la ubicación geográfica y el entorno de un vértice.			0
DESCRIPCIÓN	10020109	Característica cualitativa de la ubicación del punto.			0
HOJA 25	10020110	Número de la hoja topográfica en la que se encuentra ubicado.			0
UBICACIÓN	10020111	Localización en División Política Administrativa.			0
LATITUD	10020112	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del ecuador y se mide sobre el meridiano que pasa por el punto.			0
LONGITUD	10020113	Ángulo comprendido en la recta que une la normal al Elipsoide en un punto cualquiera y su intersección con el plano del meridiano de Greenwich y se mide sobre el plano Ecuatorial.			0
MÉTODO DE MEDICIÓN	10020114	Mecanismo de obtención o cálculo de los valores gravimétricos.			1
UNIDAD DE MEDIDA	10020115	Tipo de unidad de medida que nos da el dato o valor gravimétrico.			1
INSTRUMENTO DE MEDIDA	10020116	Tipo de equipo que permite realizar la medida gravimétrica.			1
ATRIBUTO	SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA HORIZONTAL				
DOMINIO	CÓDIGO				
Lambert Norte	1002010401				
Lambert Sur	1002010402				
CRTM	1002010403				
Otro	1002010404				
ATRIBUTO	MÉTODO DE MEDICIÓN				
DOMINIO	CÓDIGO				
Terrestre	1002011401				
Marina	1002011402				
Aerotransportada	1002011403				
ATRIBUTO	UNIDAD DE MEDIDA				
DOMINIO	CÓDIGO				
Miligal	1002011501				
Otra unidad	1002011502				
ATRIBUTO	INSTRUMENTO DE MEDIDA				
DOMINIO	CÓDIGO				
Gravímetro relativo	1002011601				
Gravímetro Absoluto	1002011602				
Otro tipo	1002011603				

Fuente: http://www.snitcr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR02_01.2016%20CATALOGO_OBJETOS_CONTROL_GEODESICO.pdf páginas 7, 8 y 9


Anexo 5. Pasos para crear el modelo de la base de datos de pgModeler.

Se debe de crear el Modelo Entidad – Relación para lo cual se utiliza el programa *pgModeler* el cual es de uso libre. Cuando ya se tiene abierto el programa en la pantalla principal se da clic en *New Model*, donde se abre al área de trabajo.

En la barra de herramientas se busca el icono  *New / Add a new object in the model*, opción agregar un nuevo *Schema*, y despliega una ventana a la cual se le coloca el *Name de “sig” y se da clic en *Apply*.



En menú *New* opción agregar un nuevo *Table*, se despliega una ventana, en la tabla se coloca el nombre de la entidad y se selecciona el esquema debe de usar en este caso se denomina “sig”. Seguidamente se crean las columnas o contenedores, para cada una de los atributos que requiere el modelo entidad – relación propuesto en el modelo lógico.

Por lo que tiene que estar en la pestaña *Columns* y dar clic en el icono  *Add Item (Ins)* donde se despliega una ventana, en la cual se van a llenar la información del atributo con la forma descrita en el anexo 5. Se recomienda “No” colocar en los textos de la tabla mayúscula, eñes, tildes y tampoco números, para evitar incompatibilidades o mala lectura del diseño.

Breve descripción de lo que significan las casillas que se van a rellenar, como se ve a continuación:


- *Name /* es el nombre del atributo que se está trabajando en el modelo.

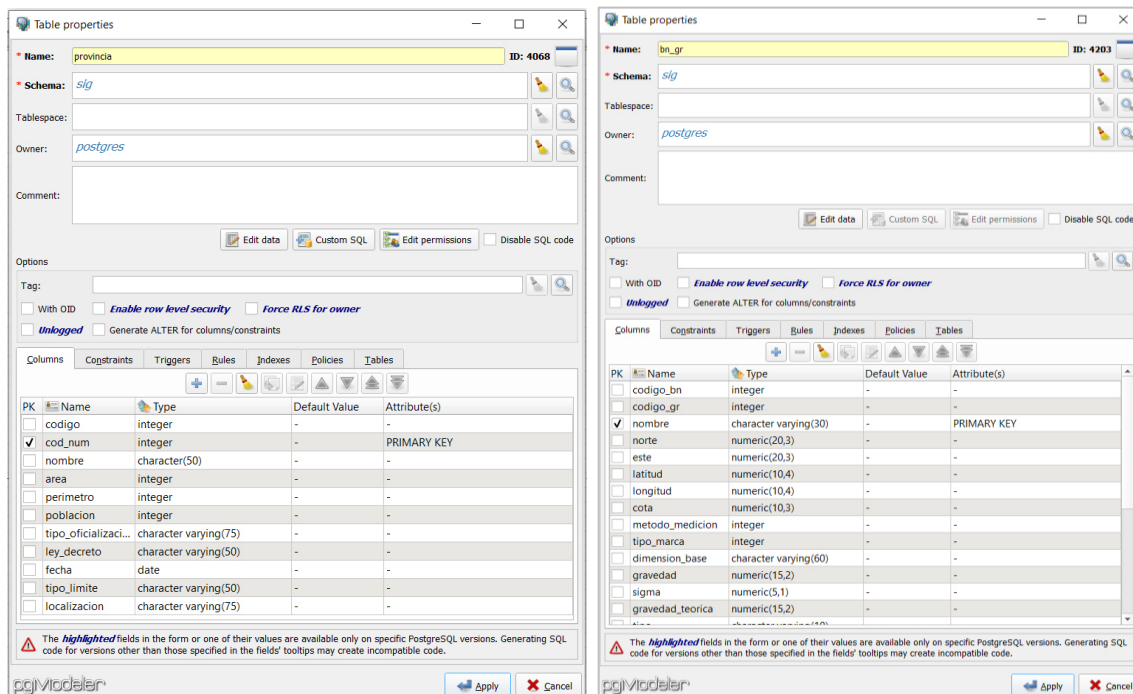
En el apartado de *Data Type*

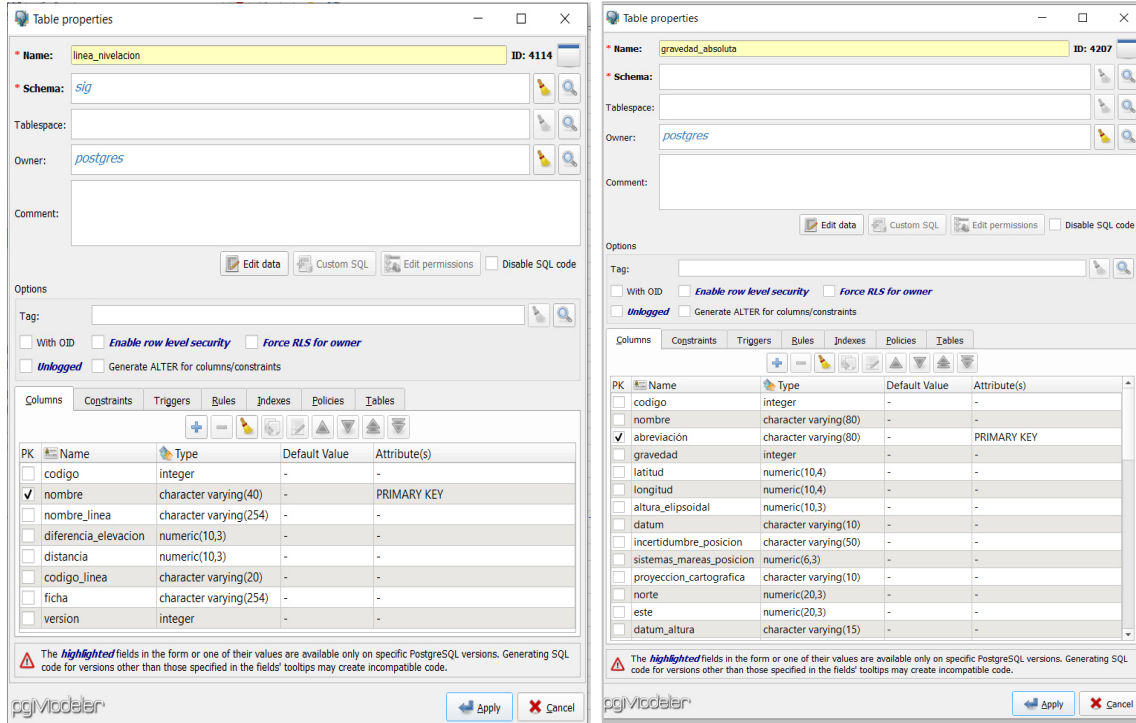
- *Type /* existen diferentes opciones unas de las típicas son

- ✓ *character* / cadena de texto
- ✓ *character varying* / cadena de texto que puede variar su tamaño, se recomienda para que no se llenen las bases de datos.
- ✓ *integer* / número entero
- ✓ *numeric* / números decimales
- ✓ *date* / fechas

Por último, se da clic en *Apply* para que se guarden los cambios.

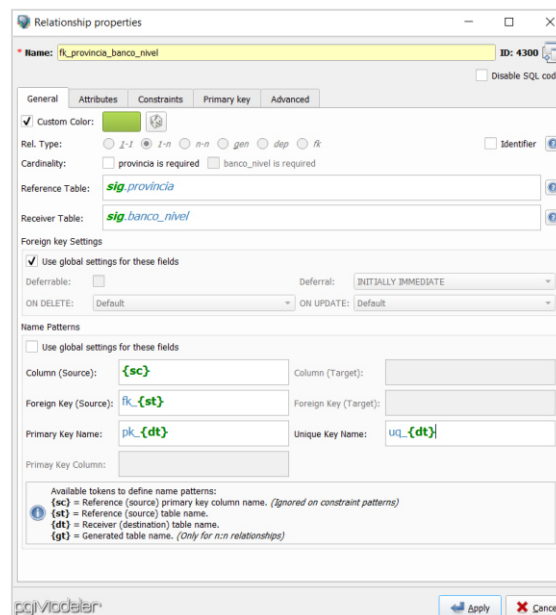
Después de tener los atributos de las entidades, en la pestaña *Constraints* se va asignar la llave candidata de la entidad, por lo que se da clic en el icono  *Add Item* donde se despliega una ventana en el campo *Name* / *pk_* más el nombre de la entidad que se está trabajando en *Column* / se selecciona el atributo que es llave candidata y por último se da clic en *Apply*, como se puede ver en las figuras de abajo



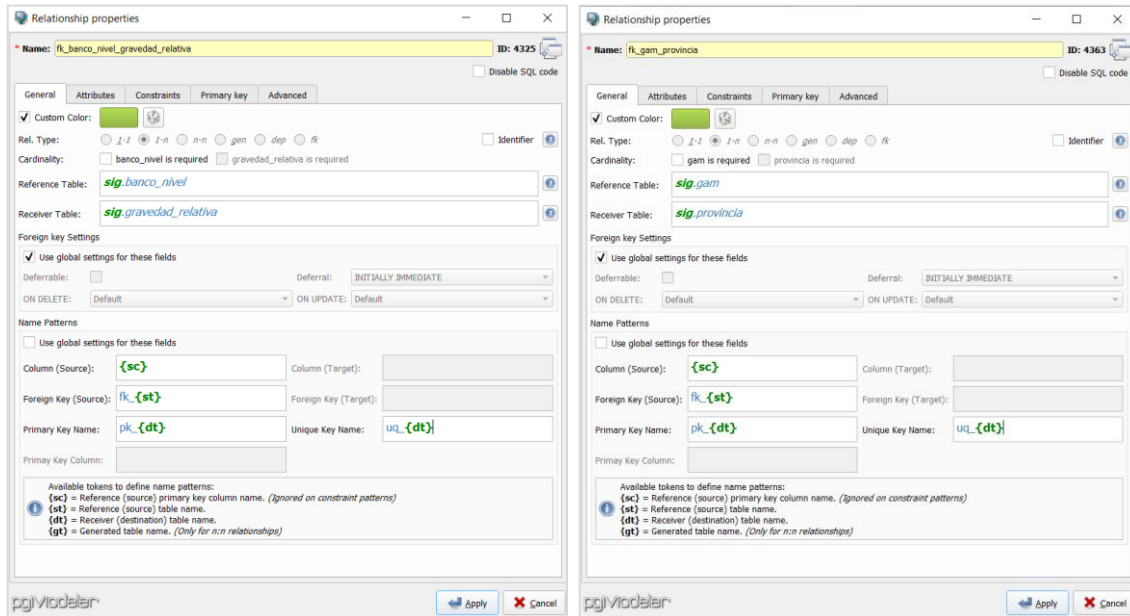


Se utiliza como base lo desarrollado en el apartado de modelo lógico, donde la relación se interpreta de la siguiente manera “Una provincia puede tener muchos bancos de nivel, pero un banco de nivel solo se puede ubicar en una sola provincia”. Por lo que sería conectar $n-1$ *Provincia – Banco de nivel*.

Seguidamente se despliega una ventana, a la cual se le asigna el nombre de *fk_provincia_banco_nivel*.



Se debe de realizar lo mismo con las otras entidades que cuentan con relaciones analizadas en el modelo lógico.



Al pgModeler y se da clic en el icono  Export, donde se despliega una ventana y se va exportar en formato SQL y se guarda como

Anexo 6. Código exportado de pgModeler del diseño de la base de datos.

```

1 -- Database generated with pgModeler (PostgreSQL Database Modeler).
2 -- pgModeler version: 0.9.1
3 -- PostgreSQL version: 10.0
4 -- Project Site: pgmodeler.io
5 -- Model Author: María Marta Mora Rivas
6
7
8 -- Database creation must be done outside a multicommand file.
9 -- These commands were put in this file only as a convenience.
10 -- -- object: new_database | type: DATABASE --
11 -- -- DROP DATABASE IF EXISTS new_database;
12 -- CREATE DATABASE new_database;
13 -- -- ddl-end --
14 --
15
16 -- object: sig | type: SCHEMA --
17 -- DROP SCHEMA IF EXISTS sig CASCADE;
18 CREATE SCHEMA sig;
19 -- ddl-end --
20 ALTER SCHEMA sig OWNER TO postgres;
21 -- ddl-end --
22
23 SET search_path TO pg_catalog,public,sig;
24 -- ddl-end --
25
26 -- object: sig.provincia | type: TABLE --
27 -- DROP TABLE IF EXISTS sig.provincia CASCADE;
28 CREATE TABLE sig.provincia(
29     codigo integer,
30     cod_num integer NOT NULL,
31     nombre character(50),
32     area integer,
33     perimetro integer,
34     poblacion integer,
35     tipo_oficializacion character varying(75),
36     ley_decreto character varying(50),
37     fecha date,
38     tipo_limite character varying(50),
39     localizacion character varying(75),
40     id_gam integer,
41 CONSTRAINT pk_provincia PRIMARY KEY (cod_num)
42
43 );
44 -- ddl-end --
45 ALTER TABLE sig.provincia OWNER TO postgres;
46 -- ddl-end --
47

```

```
48 -- object: sig.linea_nivelacion | type: TABLE --
49 -- DROP TABLE IF EXISTS sig.linea_nivelacion CASCADE;
50 CREATE TABLE sig.linea_nivelacion(
51     codigo integer,
52     nombre character varying(40) NOT NULL,
53     nombre_linea character varying(254),
54     diferencia_elevacion numeric(10,3),
55     distancia numeric(10,3),
56     codigo_linea character varying(20),
57     ficha character varying(254),
58     version integer,
59 CONSTRAINT pk_lineanivel PRIMARY KEY (nombre)
60
61 );
62 -- ddl-end --
63 ALTER TABLE sig.linea_nivelacion OWNER TO postgres;
64 -- ddl-end --
65
66 -- object: sig.gravedad_absoluta | type: TABLE --
67 -- DROP TABLE IF EXISTS sig.gravedad_absoluta CASCADE;
68 CREATE TABLE sig.gravedad_absoluta(
69     codigo integer,
70     nombre character varying(80),
71     abreviacion character varying(80) NOT NULL,
72     gravedad integer,
73     latitud numeric(10,4),
74     longitud numeric(10,4),
75     altura_elipsoidal numeric(10,3),
76     datum character varying(10),
77     incertidumbre_posicion character varying(50),
78     sistemas_mareas_posicion numeric(6,3),
79     proyeccion_cartografica character varying(10),
80     norte numeric(20,3),
81     este numeric(20,3),
82     datum_altura character varying(15),
83     altura_ortometrica numeric(4,3),
84     incertidumbre_altura_ortometrica numeric(6,3),
85     sistema_mareas_alturas_ortometricas numeric(6,3),
86     fecha_hora_utc character varying(60),
87     gravimetro character varying(50),
88     operador character varying(50),
89     presion_atmosferica numeric(6,2),
90     gradiente_aire_libre numeric(4,3),
91     altura_centro_fase numeric(5,2),
92     numero_series_medicion integer,
93     numero_total_caidas integer,
94     caidas_aceptadas integer,
95     desplazamiento_gravimetro integer,
96     tipo_laser character varying(25),
```

```

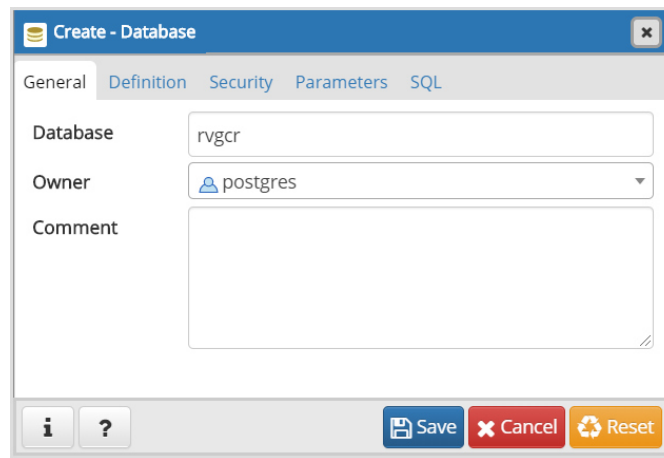
97  atraccion_lunisolar character varying(50),
98  carga_oceanica character varying(50),
99  movimiento_polo character varying(50),
100 presion_barometrica character varying(50),
101 transferencia_centro_fase character varying(50),
102 sistema_mareas character varying(5),
103 precision_sistema character varying(5),
104 precision_medicion numeric(5,3),
105 dispersion_sets numeric(8,3),
106 incertidumbre_estadistica numeric(8,3),
107 incertidumbre_total numeric(8,3),
108 factor_rechazo_sigma integer,
109 incertidumbre_atraccion_lunisolar numeric(6,3),
110 incertidumbre_carga_oceanica numeric(8,3),
111 incertidumbre_laser numeric(8,3),
112 incertidumbre_reloj numeric(8,3),
113 incertidumbre_gradiente numeric(8,3),
114 ficha character varying(254),
115 version integer,
116 CONSTRAINT pk_abreviatura PRIMARY KEY (abreviacion)
117
118 );
119 -- ddl-end --
120 ALTER TABLE sig.gravedad_absoluta OWNER TO postgres;
121 -- ddl-end --
122
123 -- object: sig.gam | type: TABLE --
124 -- DROP TABLE IF EXISTS sig.gam CASCADE;
125 CREATE TABLE sig.gam(
126   id_gam integer NOT NULL,
127   area_gam numeric(20,3),
128 CONSTRAINT pk_gam PRIMARY KEY (id_gam)
129
130 );
131 -- ddl-end --
132 ALTER TABLE sig.gam OWNER TO postgres;
133 -- ddl-end --
134
135 -- object: fk_gam | type: CONSTRAINT --
136 -- ALTER TABLE sig.provincia DROP CONSTRAINT IF EXISTS fk_gam CASCADE;
137 ALTER TABLE sig.provincia ADD CONSTRAINT fk_gam FOREIGN KEY (id_gam)
138 REFERENCES sig.gam (id_gam) MATCH FULL
139 ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;
140 -- ddl-end --
141
142 -- object: sig.bn_gr | type: TABLE --
143 -- DROP TABLE IF EXISTS sig.bn_gr CASCADE;
144 CREATE TABLE sig.bn_gr(
145   codigo_bn integer,

```

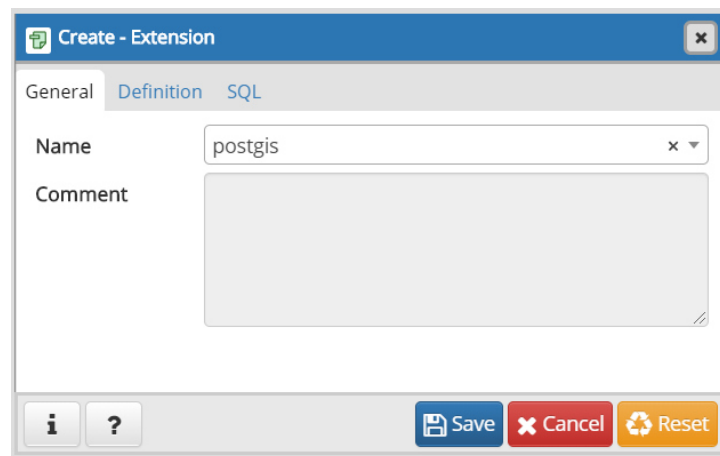
```
146 codigo_gr integer,
147 nombre character varying(30) NOT NULL,
148 norte numeric(20,3),
149 este numeric(20,3),
150 latitud numeric(10,4),
151 longitud numeric(10,4),
152 orden integer,
153 cota numeric(10,3),
154 metodo_medicion integer,
155 tipo_marca integer,
156 dimension_base character varying(60),
157 gravedad numeric(15,2),
158 sigma numeric(5,1),
159 gravedad_teorica numeric(15,2),
160 tipo character varying(10),
161 anomalia_aire_libre numeric(10,2),
162 anomalia_bouguer numeric(10,2),
163 instrumento character varying(15),
164 operador character varying(20),
165 fecha_bn date,
166 fecha_gr date,
167 ficha_bn character varying(254),
168 ficha_gr character varying(254),
169 version_bn integer,
170 version_gr integer,
171 cod_num integer,
172 CONSTRAINT pk_bn_gr PRIMARY KEY (nombre)
173
174 );
175 -- ddl-end --
176 ALTER TABLE sig.bn_gr OWNER TO postgres;
177 -- ddl-end --
178
179 -- object: fk_provincia | type: CONSTRAINT --
180 -- ALTER TABLE sig.bn_gr DROP CONSTRAINT IF EXISTS fk_provincia CASCADE;
181 ALTER TABLE sig.bn_gr ADD CONSTRAINT fk_provincia FOREIGN KEY (cod_num)
182 REFERENCES sig.provincia (cod_num) MATCH FULL
183 ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE;
184 -- ddl-end --
185
186
187
```

Anexo 7. Pasos para cargar la información en pgAdmin.


Se abre una interface, en *Databases*, se clic al botón izquierdo donde sale *Create / Database...* y se despliega una ventana. En minúsculas se escribe el nombre de la base de datos “*rvgcr*” lo cual significa Red Vertical y Gravedad de Costa Rica y por último se da clic en *Save*.

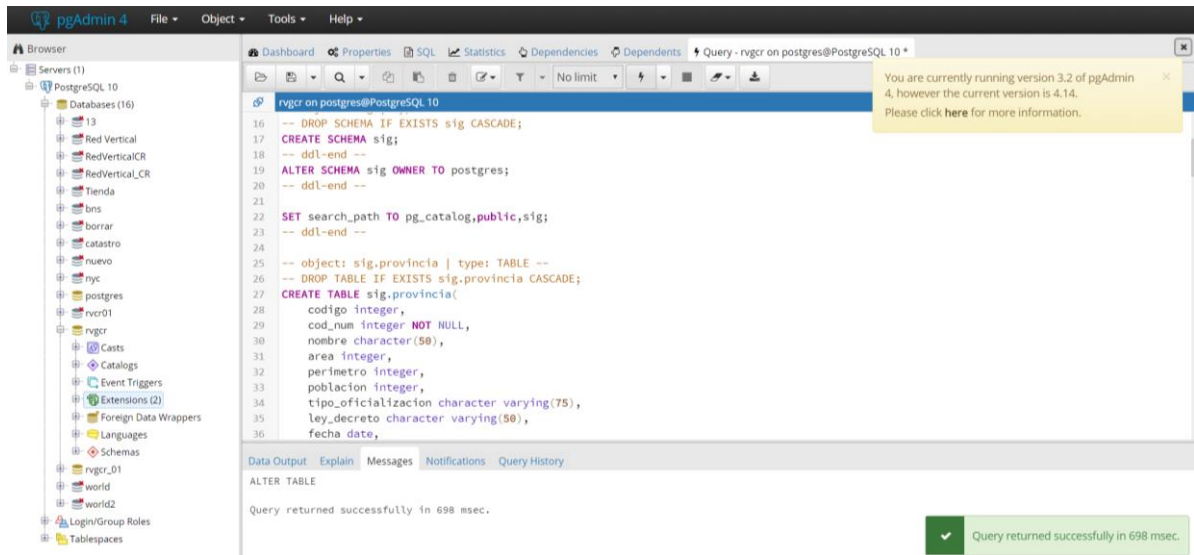


Ahora se cargan las *Extensions / Créate / Estension...* donde se despliega una ventana y se busca la *postgis* y después se da clic en *Save*.

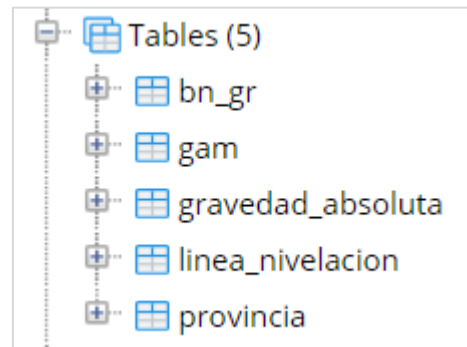


Se abre el código exportado de SQL (anexo 6) en un block de notas, después lo copiamos para ir a pegar al programa *pgAdmin*. En *pgAdmin / Tools / Query Tool* se despliega una ventana donde se va a pegar el código que se generó en SQL

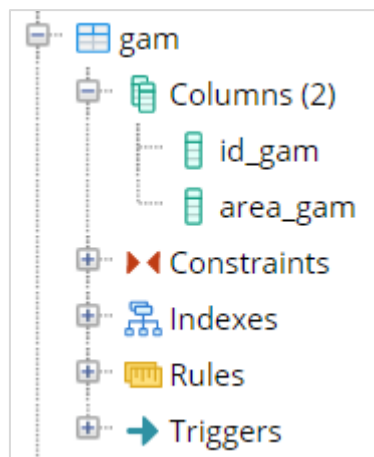
Se tiene que dar clic en el icono  *Execute / Refresh* para que lo ejecute, después sale un mensaje en la parte inferior que indique que se corrió de forma exitosa



Después de ejecutar el código se crean cada uno de los contenedores donde se va a guardar la información.



Se revisa cada uno de las entidades, donde se observa que las entidades no cuentan con la geometría definida.



Definir la geometría para cada una de las entidades, por lo que se va escribir lo siguiente:

select AddGeometryColumn ('sig', 'gam', 'the_geom', 5367, 'MULTIPOLYGON', 2)

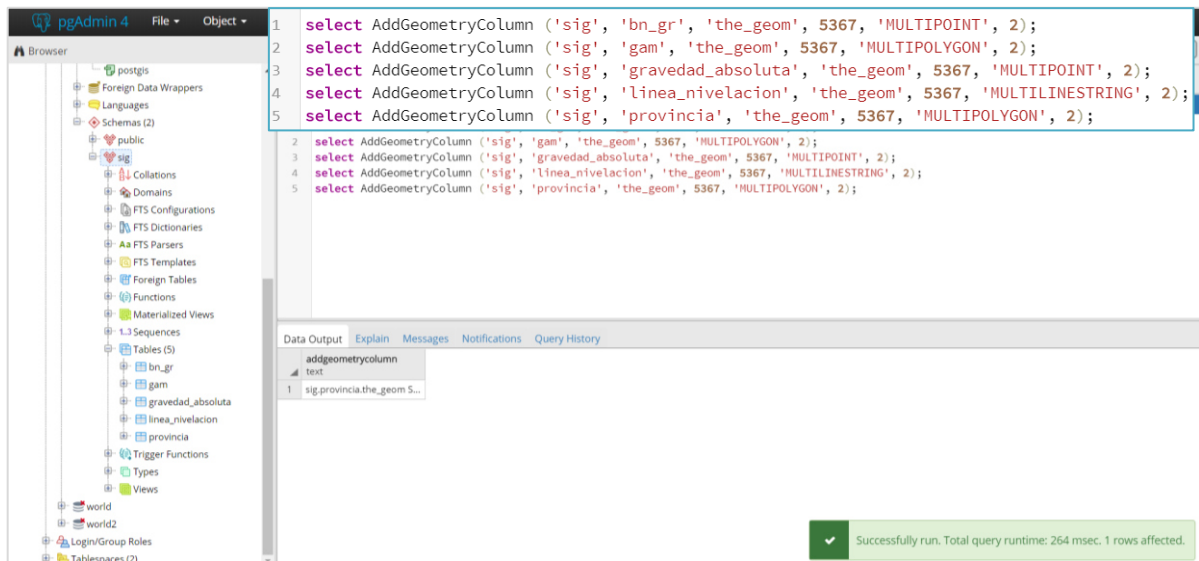
En el cual se explica la estructura que cuenta:

- **select** solo datos que puedo seleccionar, borrar, editar y actualizar.
- AddGeometryColumn: es una función que va buscar una entidad y asigna una geometría de columna.
- () todas las funciones requieren paréntesis.
- 'sig' es el esquema en el que se está trabajando
- 'gam' esta es la entidad que se va abrir.
- 'the_geom' es el que carga la geometría.
- 5367 es la proyección que se le asigna.
- 'MULTIPOLYGON' esto es la geometría que se le asigna a la capa entidad.
 - punto / point.
 - línea / linestring.
 - polígono / polygon.

Existen las compuestas como lo es:

- MULTIPOINT acepta varios puntos.
- MULTILINESTRING acepta varias líneas.
- MULTIPOLYGON que acepta varios polígonos.
- 2 es la cantidad de dimensiones

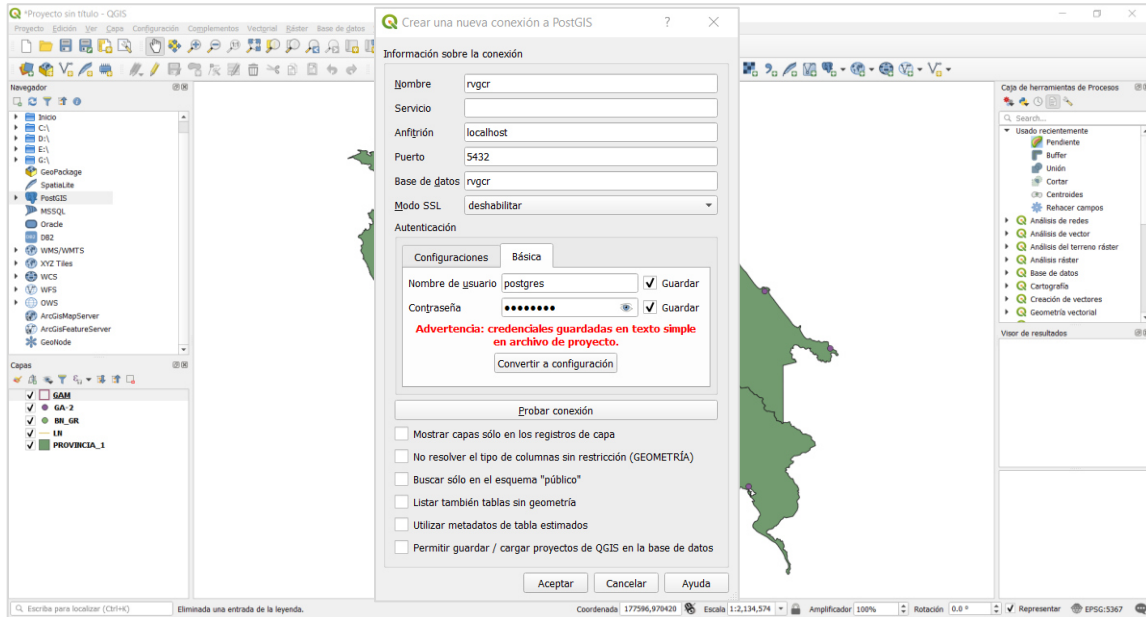
Para este proyecto se tiene las entidades con la siguiente estructura:




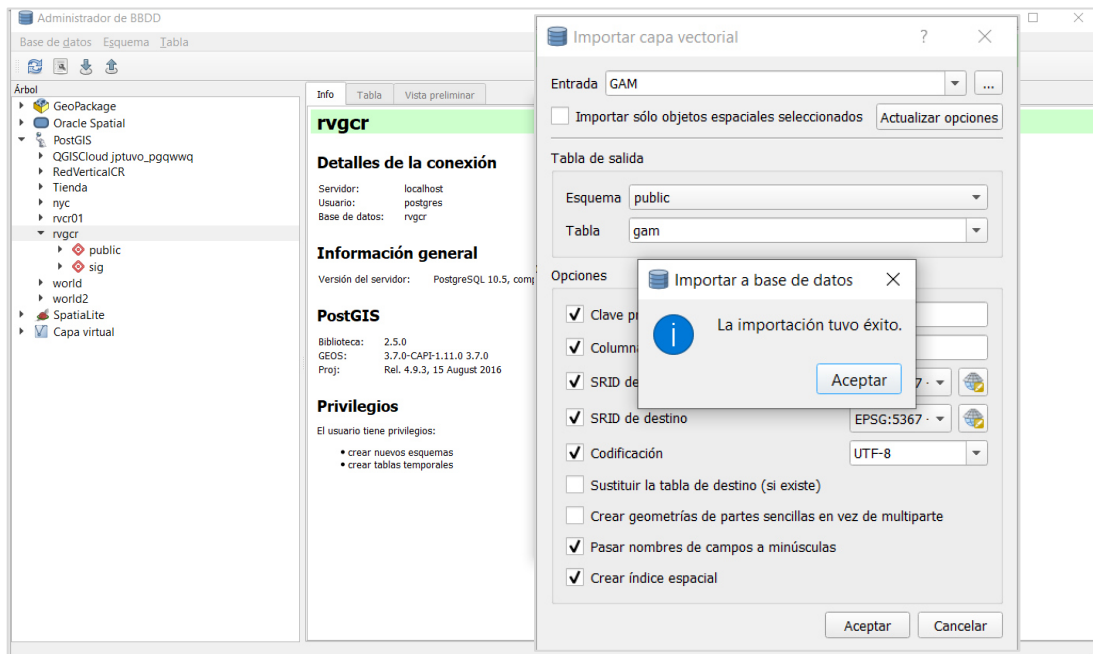
Se debe de completar para la conexión en el programa QGIS lo siguiente:

- Nombre: título de la base de datos.
- Servicio: dirección IP.
- Anfitrión: usualmente localhost.
- Puerto: número de puerto (usualmente 5432)
- Base de datos: título de la base de datos.
- Modo SSL: modo de encriptación de la conexión (requerir, preferir, permitir, desactivar, verificar de autoridad certificante, verificar completo), por defecto se va dejar deshabilitar.
- Se da clic en la pestaña de básica donde se completa:
 - Nombre de usuario: nombre del consumidor del servicio para realizar la conexión Postgres en PostGIS.
 - Contraseña: clave para realizar la conexión con la base de datos de Postgres en PostGIS.
 - Se da clic en check en Guardar contraseña (para próximas sesiones).

En el programa QGIS, para realizar la conexión a la base de datos denominado “rvgr” como se ve en la imagen:



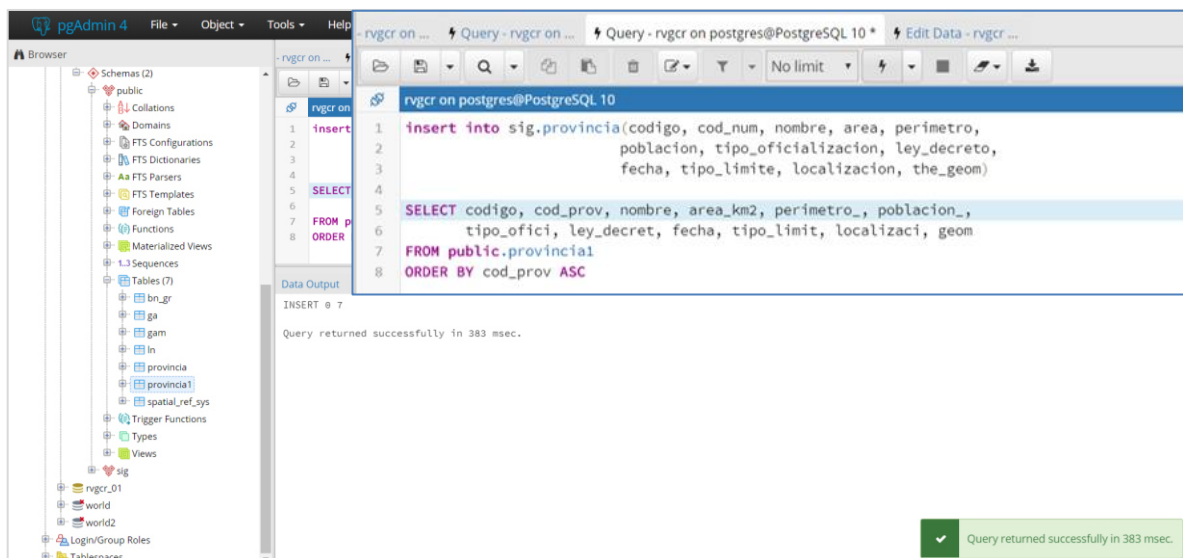
Previamente la información de las entidades que se tiene en tablas de Excel se debe de pasar a ser un archivo *.shp. Por lo que posteriormente se carga la capa de GAM y se importa, para lo cual se debe de ir al panel principal *Base de datos / DB Manager...* se abre una ventana, en las opciones a la izquierda se da clic en PotGIS / rvgr, seguidamente se da clic  en importar capa vectorial / polígonos.



Se realiza el mismo procedimiento para las capas provincias, bancos de nivel, líneas de nivelación, gravedad absoluta y gravedad relativa.

Las exportaciones de las capas se realizaron para que llegaran a un esquema público, pero esta información se debe de pasar a al esquema “sig” el cual contiene lo desarrollado en el programa *pgModeler* que está respaldado con el modelo físico que esta explicado en las tablas 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

Con la entidad provincia se selecciona del esquema público los atributos que se requieren para el esquema *sig* y con el comando *Insert into* se agregan los valores en la entidad provincia.



```
1 insert
2
3
4
5 SELECT
6
7 FROM p
8 ORDER
```

```
1 insert into sig.provincia(codigo, cod_num, nombre, area, perimetro,
2                                poblacion, tipo_oficializacion, ley_decreto,
3                                fecha, tipo_limite, localizacion, the_geom)
4
5 SELECT codigo, cod_prov, nombre, area_km2, perimetro_, poblacion_,
6         tipo_ofici, ley_decret, fecha, tipo_limit, localizaci, geom
7 FROM public.provincia
8 ORDER BY cod_prov ASC
```

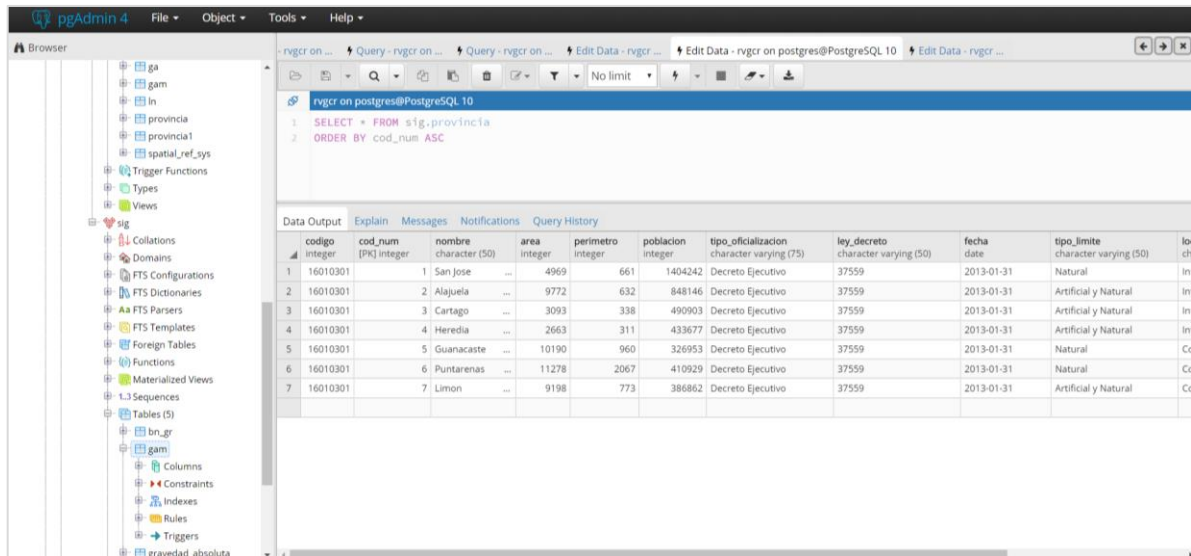
Data Output

INSERT 0 7

Query returned successfully in 383 msec.

Query returned successfully in 383 msec.

Se revisa que la información se cargó correctamente para lo cual el programa *pgAdmin* se visualiza la información.



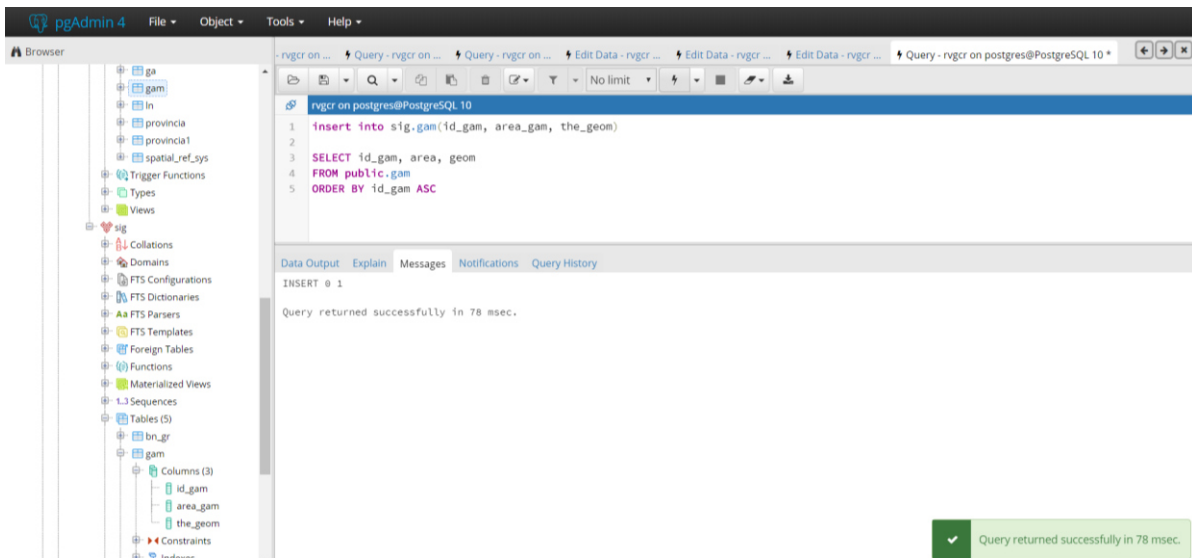
The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. The left sidebar displays a tree view of the database schema, with the 'sig' schema selected. The main window shows a query window with the following SQL:

```
1 SELECT * FROM sig.provincia
2 ORDER BY cod_num ASC
```

The 'Data Output' tab displays the following table:

codigo	cod_num	nombre	area	perimetro	poblacion	tipo_oficializacion	ley_decreto	fecha	tipo_limite	loc	ch
1	16010301	San Jose	4969	661	1404242	Decreto Ejecutivo	37559	2013-01-31	Natural	Int	ch
2	16010301	Alajuela	9772	632	848146	Decreto Ejecutivo	37559	2013-01-31	Artificial y Natural	Int	ch
3	16010301	Cartago	3093	338	490903	Decreto Ejecutivo	37559	2013-01-31	Artificial y Natural	Int	ch
4	16010301	Heredia	2663	311	433677	Decreto Ejecutivo	37559	2013-01-31	Artificial y Natural	Int	ch
5	16010301	Guanacaste	10190	960	326953	Decreto Ejecutivo	37559	2013-01-31	Natural	Cc	ch
6	16010301	Puntarenas	11278	2067	410929	Decreto Ejecutivo	37559	2013-01-31	Natural	Cc	ch
7	16010301	Limon	9198	773	386862	Decreto Ejecutivo	37559	2013-01-31	Artificial y Natural	Cc	ch

En la entidad GAM, se le cargan los atributos que se encuentran en el esquema *pública* y se pasan al *sig*, como se observa en la figura de abajo.



The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. The left sidebar displays a tree view of the database schema, with the 'sig' schema selected. The main window shows a query window with the following SQL:

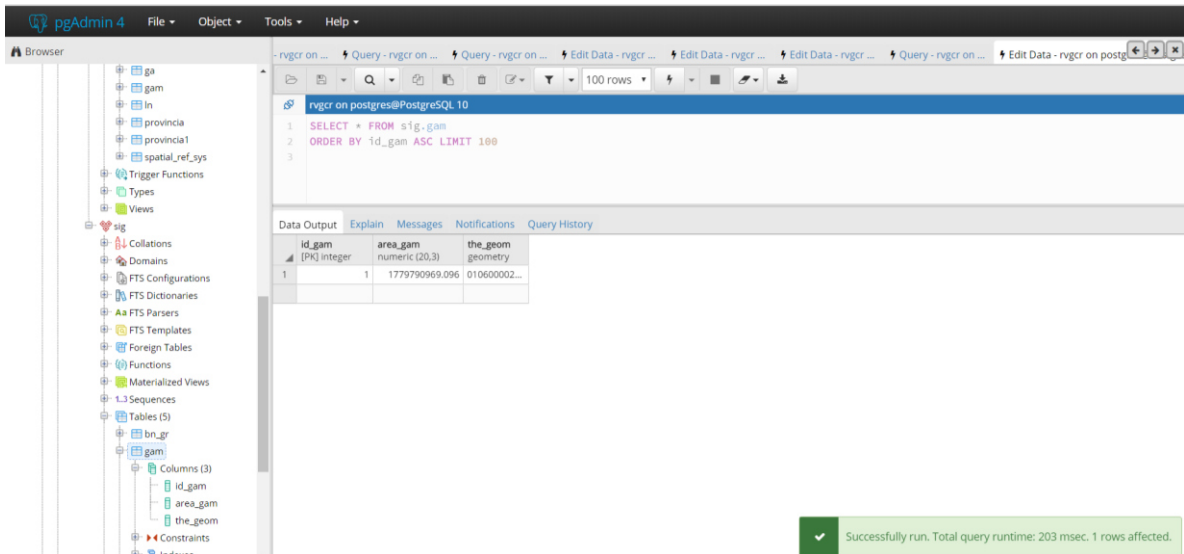
```
1 insert into sig.gam(id_gam, area_gam, the_geom)
2
3 SELECT id_gam, area, geom
4 FROM public.gam
5 ORDER BY id_gam ASC
```

The 'Data Output' tab displays the following message:

```
INSERT 0 1
Query returned successfully in 78 msec.
```

A green notification box at the bottom right of the interface states: "Query returned successfully in 78 msec."

Se revisa que la información se cargó correctamente para lo cual se visualiza la información, como se observa en la figura de abajo.



The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. On the left, the 'Browser' pane displays the database structure, including the 'sig' schema and the 'gam' table. The main window shows a query editor with the following SQL:

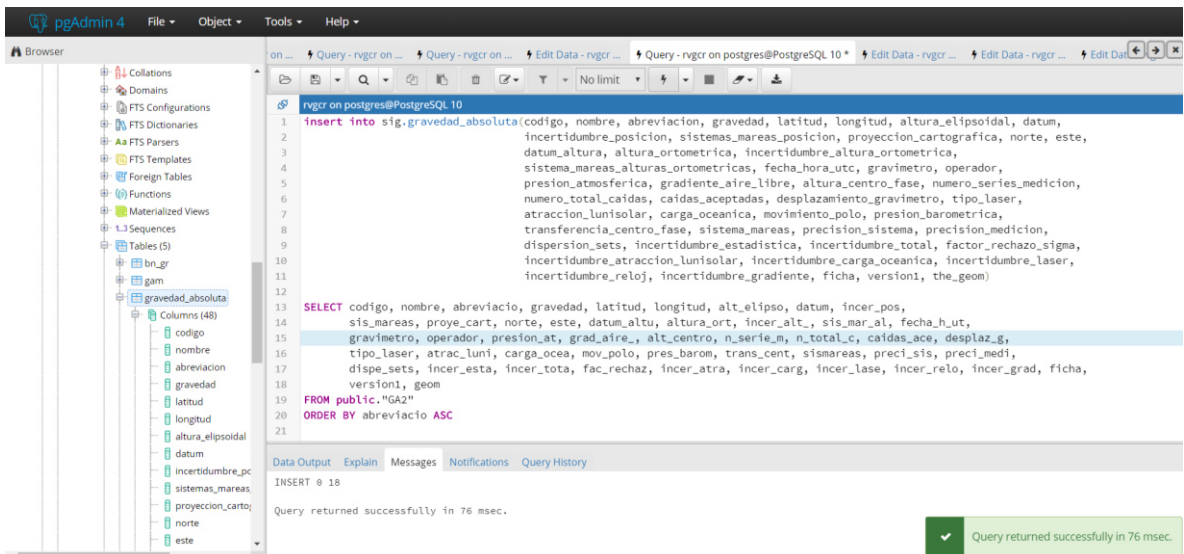
```
1 SELECT * FROM sig.gam
2 ORDER BY id_gam ASC LIMIT 100
3
```

The 'Data Output' pane displays the following table:

id_gam	area_gam	the_geom
1	1779790969.096	010600002...

A green status bar at the bottom right indicates: 'Successfully run. Total query runtime: 203 msec. 1 rows affected.'

La entidad gravedad absoluta, cuenta con muchos atributos por lo que se debe de ser cuidadoso en el cargar la información en los esquemas, como se observa en la figura de abajo.



The screenshot shows the pgAdmin 4 interface. On the left, the 'Browser' pane displays the database structure, including the 'sig' schema and the 'gravedad_absoluta' table. The main window shows a query editor with the following SQL:

```
1 insert into sig.gravedad_absoluta(codigo, nombre, abreviacion, gravedad, latitud, longitud, altura_elipsoidal, datum,
2 incertidumbre_posicion, sistemas_mareas_posicion, proyeccion_cartografica,
3 datum_altura, altura_ortometrica, incertidumbre_altura_ortometrica,
4 sistema_mareas_alturas_ortometricas, fecha_hora_utc, gravimetro, operador,
5 presion_atmosferica, gradiente_aire_libre, altura_centro_fase, numero_seriestadimetrica,
6 numero_total_caidas, caidas_aceptadas, desplazamiento_gravimetro, tipo_laser,
7 atraccion_lunisolar, carga_oceanica, movimiento_polo, presion_barometrica,
8 transferencia_centro_fase, sistema_mareas, precision_sistema, precision_medicion,
9 dispersion_sets, incertidumbre_estadistica, incertidumbre_total, factor_rechazo_sigma,
10 incertidumbre_atraccion_lunisolar, incertidumbre_carga_oceanica, incertidumbre_laser,
11 incertidumbre_reloj, incertidumbre_gradiente, ficha, version1, the_geom)
12
13 SELECT codigo, nombre, abreviacion, gravedad, latitud, longitud, alt_elipso, datum, incer_pos,
14 sis_mareas, proye_cart, norte, este, datum_altu, altura_ort, incer_alt, sis_mar_al, fecha_h_ut,
15 gravimetro, operador, presion_at, grad_aire_a, alt_centro, n_seriestadimetrica, n_total_c, caidas_ace, desplaz_g,
16 tipo_laser, atrac_luni, carga_ocea, mov_polo, pres_barom, trans_cent, sis_mareas, preci_sis, preci_med,
17 dispe_sets, incer_esta, incer_tota, fac_rechaz, incer_atra, incer_carg, incer_lase, incer_relo, incer_grad, ficha,
18 version1, geom
19 FROM public."GA2"
20 ORDER BY abreviacion ASC
21
```

The 'Data Output' pane displays the following message:

```
INSERT 0 18
```

A green status bar at the bottom right indicates: 'Query returned successfully in 76 msec.'

Se revisa que la información se cargó correctamente para lo cual se visualiza la información, como se observa en la figura de abajo.

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface with a query window displaying the following SQL query:

```
SELECT * FROM sig.gravedad_absoluta
ORDER BY abreviacion ASC
```

The query result is displayed in a table with the following columns and data:

codigo	nombre	abreviacion	gravedad	latitud	longitud	altura_elpsoidal	datum	incertidumbre	
integer	character varying (80)	[PK] character varying (80)	integer	double precision	double precision	double precision	character varying (10)	character varyi	
1	10010601	Buenos Aires	BURE	978047	9.1726	-83.3377	373.942	CRO5	0
2	10010601	Cerro Buenavista	CDMT	977458	9.5547	-83.7555	3479.057	CRO5	± 0.031, ± 0.
3	10010601	Los Chiles	CHIL	978240	11.0332	-84.7101	50.74	CRO5	± 0.013, ± 0.
4	10010601	Ingenieria Laboratorios	EITL	977902	9.937	-84.0436	1237.189	CRO5	0
5	10010601	Esparza	ESPA	978152	9.9897	-84.6666	219.332	CRO5	± 0.049, ± 0.
6	10010601	Universidad Nacional	GTCG	977911	9.9995	-84.1061	1182.525	CRO5	0
7	10010601	UCR Liberia	LIBE	978190	10.6161	-85.4579	132.663	CRO5	± 0.033, ± 0.
8	10010601	Parque Nacional Santa R...	PNSR	978176	10.8401	-85.6176	296.677	CRO5	± 0.001, ± 0.
9	10010601	Quepos	QUEP	978195	9.4246	-84.1684	17.47	CRO5	± 0.009, ± 0.
10	10010601	Gandoca	RGMO	978180	9.5899	-82.6075	14.25	CRO5	± 0.03, ± 0.1
11	10010601	Sarapiquí	SARA	978170	10.3172	-83.9232	113.655	CRO5	± 0.018, ± 0.
12	10010601	Tilarán Bomberos	TLIA	978088	10.4683	-84.9696	567.01	CRO5	0
13	10010601	Aeropuerto Tobias Bolaños	TOBI	977961	9.9584	-84.1387	1006.359	CRO5	0
14	10010601	UCR Ingenieria	UCRC	977903	9.9381	-84.044	1232.519	CRO5	0
15	10010601	UCR Golfso	UCRG	978226	8.6443	-83.1714	24.562	CRO5	± 0.019, ± 0.1

En la entidad de línea de nivelación, se debe de trasladar la información del esquema *público* al *sig*, tiene que ser consecuente con los atributos que se van a cargar en la base de datos.

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface with a query window displaying the following SQL query:

```
insert into sig.linea_nivelacion(codigo, nombre, nombre_linea, diferencia_elevacion, distancia,
codigo_linea, ficha, the_geom, version1)
SELECT codigo, id_linea, nom_linea, diferencia, distancia, codigo_li, ficha, geom, version1
FROM public.ln
```

The query result is displayed as:

```
INSERT 0 399
Query returned successfully in 85 msec.
```

A green notification box at the bottom right of the query window states: "Query returned successfully in 85 msec."

Se revisa que la información se cargó correctamente para lo cual se visualiza la información, como se observa en la figura de abajo.

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface with a query window displaying the following SQL query:

```
1 SELECT * FROM sig.linea_nivelacion
2 ORDER BY nombre ASC
```

The query results are displayed in a table with the following columns and data:

codigo	nombre	nombre_linea	diferencia_elevacion	distancia	codigo_linea	ficha
integer	[PK] character varying (100)	character varying (254)	double precision	double precision	character varying (20)	character varying (254)
1	10010202	1351A-1352	Barrio San José - Atenas	-22.661	0.98	16E.104
2	10010202	1352-1352A	Barrio San José - Atenas	-10.821	0.97	16E.105
3	10010202	1352A-1353	Barrio San José - Atenas	-37.422	0.96	16E.106
4	10010202	1353-1354	Barrio San José - Atenas	-43.538	1.6	16E.107
5	10010202	1354-1354A	Barrio San José - Atenas	-19.378	1	16E.108
6	10010202	1354A-1355	Barrio San José - Atenas	-17.704	0.76	16E.109
7	10010202	1355-1356	Barrio San José - Atenas	-17.025	0.55	16E.110
8	10010202	1356-1357	Barrio San José - Atenas	-11.127	1.47	16E.111
9	10010202	1357-1358	Barrio San José - Atenas	-19.01	0.52	16E.112
10	10010202	1358-1358A	Barrio San José - Atenas	-29.374	0.99	16E.113
11	10010202	1358A-1359	Barrio San José - Atenas	-47.845	0.8	16E.114
12	10010202	1359-1360	Barrio San José - Atenas	-38.82	0.64	16E.115
13	10010202	1360-1360A	Barrio San José - Atenas	-99.015	1.03	16E.116
14	10010202	1360A-1361	Barrio San José - Atenas	55.405	0.66	16E.117
15	10010202	1361-1362	Barrio San José - Atenas	41.493	0.78	16E.118

Esta entidad fue optimizada en el proceso, por lo que los bancos de nivel y la gravedad relativa se consideró trabajar en una misma tabla debido a que el nombre y la posición (este y norte) son las mismas para los dos. Además, debe existir correlación entre esta información y la entidad provincia.

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface with a query window displaying the following SQL query:

```
1 alter table bn_gr
2 alter column geom type geometry(Multipoint, 0) using St_Multi(geom);
3
4 insert into sig.bn_gr (codigo_bn, codigo_gr, nombre, norte, este, latitud, longitud, orden, cota, metodo_medicion,
5 tipo_marca, dimension_base, gravedad, sigma, gravedad_teorica, tipo, anomalia_aire_libre,
6 anomalia_bouguer, instrumento, operador, fecha_bn, fecha_gr, ficha_bn, ficha_gr, version_bn,
7 version_gr, cod_num, the_geom)
8
9 SELECT codigo_bn, codigo_gr, bg.nombre, norte, este, latitud, longitud, orden, cota, metodo_med,
10 tipo_marca, dimension_, gravedad, sigma, gravedad_t, tipo, anomalias, anomal_1, instrument,
11 operador, fecha_bn, fecha_gr, ficha_bn, ficha_gr, version_bn, version_gr, pv.cod_num, bg.geom
12
13 FROM public.bn_gr bg join provincial pv on bg.cod_num = pv.cod_num
```

The query results show:

```
INSERT 0 0
Query returned successfully in 304 msec.
```

Se carga la información correctamente, como se observa en la figura de abajo.

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface with a SQL query window. The query is as follows:

```

1 --alter table bn_gr
2 -- alter column geom type geometry(Multipoint, 0) using St_Multi(geom);
3
4 insert into sig.bn_gr (codigo_bn, codigo_gr, nombre, norte, este, latitud, longitud, orden, cota, metodo_medicion,
5                       tipo_marca, dimension_base, gravedad, sigma, gravedad_teorica, tipo, anomalia_aire_libre,
6                       anomalia_bouguer, instrumento, operador, fecha_bn, fecha_gr, ficha_bn, ficha_gr, version_bn,
7                       version_gr, cod_num, the_geom)
8
9 SELECT codigo_bn, codigo_gr, bg.nombre, norte, este, latitud, longitud, orden, cota, metodo_med,
10        tipo_marca, dmsion_, gravedad, sigma, gravedad_t, tipo, anomalias, anomal_i, instrument,
11        operador, fecha_bn, fecha_gr, ficha_bn, ficha_gr, verion_bn, verion_gr, pv.cod_num, bg.geom
12
13 FROM public.bn_gr bg, public.provincial pv
14 where st_contains(pv.geom, bg.geom)

```

The output shows: INSERT 0 307. Query returned successfully in 4 secs 493 msec.

La información se encuentra correlacionada con la base de datos

The screenshot shows the pgAdmin 4 interface with a SQL query window. The query is as follows:

```

1 SELECT * FROM sig.bn_gr
2 ORDER BY nombre ASC

```

The output shows a table with the following columns and data:

bn	instrumento	operador	fecha_bn	fecha_gr	ficha_bn	ficha_gr	version_bn	version_gr	cod_num	the_geom
[null]	[null]	[null]	[null]	2017-05-01	[null]	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
-45.48	W-682	J. Chaves	1953-01-01	1964-02-26	C:\Tesis\fichas\BN\1352	C:\Tesis\fichas\GR\1352.TIF	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	[null]	2017-05-01	[null]	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1953-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1353	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
-41.42	W-682	J. Chaves	1953-01-01	1964-02-26	C:\Tesis\fichas\BN\1354	C:\Tesis\fichas\GR\1354.TIF	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1963-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1354A	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1953-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1355	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
-36.75	W-682	J. Chaves	1953-01-01	1964-02-26	C:\Tesis\fichas\BN\1356	C:\Tesis\fichas\GR\1356.TIF	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1953-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1357	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
-34.73	W-682	J. Chaves	1953-01-01	1964-02-26	C:\Tesis\fichas\BN\1358	C:\Tesis\fichas\GR\1358_19...	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1963-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1358A	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1953-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1359	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1953-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1360	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
-30.31	W-682	J. Chaves	1963-01-01	1964-02-26	C:\Tesis\fichas\BN\1360A	C:\Tesis\fichas\GR\1360A.TIF	2147483647	2147483647	2	010400002...
[null]	[null]	[null]	1953-01-01	2017-05-01	C:\Tesis\fichas\BN\1361	[null]	2147483647	2147483647	2	010400002...
-26.4	W-682	L. Chaves	1956-01-01	1964-02-26	C:\Tesis\fichas\BN\1362	C:\Tesis\fichas\GR\1362.TIF	2147483647	2147483647	2	010400002...

En la entidad bn_gr se tiene la información Bancos de Nivel y Gravedad por lo que se tiene separar las capas para lo cual se crea una vista de capa de información. Lo primero que se debe de hacer es seleccionar la información que se quiere ver como se ve en la imagen.

```

1 select bn.codigo_bn as codigo, bn.nombre, bn.orden, bn.norte, bn.este, bn.cota, bn.metodo_medicion,
2 bn.tipo_marca, bn.dimension_base, bn.fecha_bn as fecha, bn.ficha_bn as ficha, bn.version_bn, pr.cod_num, bn.the_geom
3
4
5 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num
6
7
8 bn.tipo_marca, bn.dimension_base, bn.fecha_bn as fecha, bn.ficha_bn as ficha, bn.version_bn, pr.cod_num, bn.the_geom
9
10
11 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num
12

```

codigo	nombre	orden	norte	este	cota	metodo_medicion	tipo_marca	dimension_base	fecha	ficha
10010401	409B	001040303	1093118.375	492780.888	1165.741	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	410	001040303	1091948.953	491293.128	1200.388	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	410A	001040303	1091645.779	491348.044	1195.776	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	410B	001040303	1091055.863	490392.844	1249.708	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	411	001040303	1090566.996	489793.877	1309.362	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	411A	001040303	1090511.697	489812.177	1313.381	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	412	001040303	1089338.900	489046.632	1426.065	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	412A	001040303	1088834.638	489025.631	1492.203	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	413	001040303	1088521.943	489073.174	1564.195	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	413A	001040303	1088219.827	489209.441	1594.665	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	414	001040303	1087360.275	488677.815	1742.0	1001040801	1001040903	Disco de bronce de 9cm e...	1951-0...	CA
10010401	414A	001040303	1086567.891	488056.086	1853.0					

Successfully run. Total query runtime: 88 msec. 307 rows affected.

Seguidamente se crea el código para la visualización

```

1 create view sig.banco_nivel as
2
3 select bn.codigo_bn as codigo, bn.nombre, bn.orden, bn.norte, bn.este, bn.cota, bn.metodo_medicion,
4 bn.tipo_marca, bn.dimension_base, bn.fecha_bn as fecha, bn.ficha_bn as ficha, bn.version_bn, pr.cod_num, bn.the_geom
5
6 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num
7
8
9 select bn.codigo_bn as codigo, bn.nombre, bn.orden, bn.norte, bn.este, bn.cota, bn.metodo_medicion,
10 bn.tipo_marca, bn.dimension_base, bn.fecha_bn as fecha, bn.ficha_bn as ficha, bn.version_bn, pr.cod_num, bn.the_geom
11
12 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num

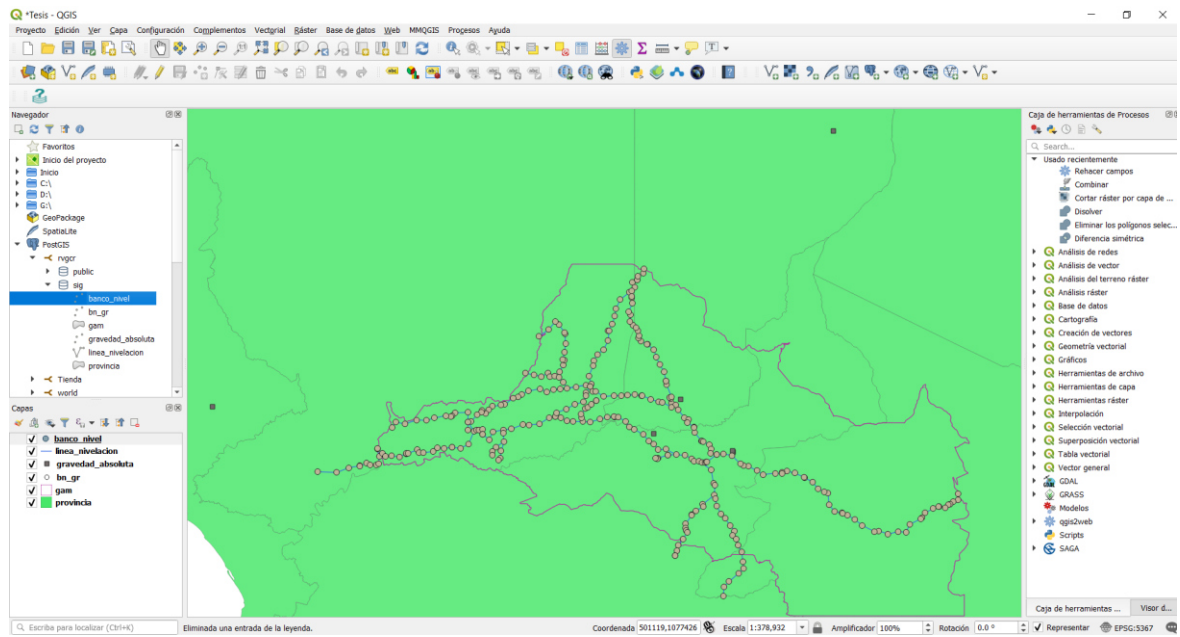
```

CREATE VIEW

Query returned successfully in 87 msec.

Query returned successfully in 87 msec.

Y posteriormente se revisa en el QGIS que la información se esta cargando correctamente como se observa en la imagen.



De igual manera se hace con la capa de gravedad relativa, lo primero es seleccionar los atributos como se ve en la imagen.

```

1
2 select bn.nombre, bn.codigo_gr as codigo, bn.norte, bn.este, bn.latitud, bn.longitud,
3 bn.gravedad, bn.sigma, bn.gravedad_teorica, bn.tipo, bn.anomalia_aire_libre, bn.anomalia_bouguer,
4 bn.instrumento, bn.operador, bn.fecha_gr as fecha, bn.ficha_gr as ficha, bn.version_gr, pr.cod_num, bn.the_geom
5
6 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num
7
8 bn.instrumento, bn.operador, bn.fecha_gr as fecha, bn.ficha_gr as ficha, bn.version_gr, pr.cod_num, bn.the_geom
9
10 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num
11
12

```

	nombre	codigo	norte	este	latitud	longitud	gravedad	sigma	gravedad_teorica	tipo
	character varying (30)	integer	numeric (20,3)	numeric (20,3)	double precision	double precision	double precision	double precision	double precision	tipo chara
1	409B	10020301	1093118.375	492780.888	9.8858	-84.0658	977949.1	4.1	[null]	BM
2	410	10020301	1091948.953	491293.128	9.8753	-84.0794	977946.43	0.1	978200.5	G_J
3	410A	10020301	1091645.779	491348.044	9.8725	-84.0789	977946.2	4.3	[null]	BM
4	410B	10020301	1091055.863	490392.844	9.8672	-84.0876	977936.6	5.3	[null]	BM
5	411	10020301	1090566.996	489793.877	9.8628	-84.0931	977932.2	0.1	978200.1	G_J
6	411A	10020301	1090511.697	489812.177	9.8623	-84.0929	977931.06	0.1	978200.1	G_J
7	412	10020301	1089338.900	489046.632	9.8516	-84.0999	977899.5	16.7	[null]	BM
8	412A	10020301	1088834.638	489025.631	9.8471	-84.1001	977895.57	0.1	978199.7	G_J
9	413	10020301	1088521.943	489073.174	9.8443	-84.0996	977873.6	16.4	[null]	BM
10	413A	10020301	1088219.827	489209.441	9.8415	-84.0984	977865.9	16.8	[null]	BM
11	414	10020301	1087360.275	488677.815	9.8338					
12	414A	10020301	1086567.891	488056.086	9.8266					

Successfully run. Total query runtime: 194 msec. 307 rows affected.

Y se crea el *view* para la información de gravedad relativa, como se ve en la imagen.

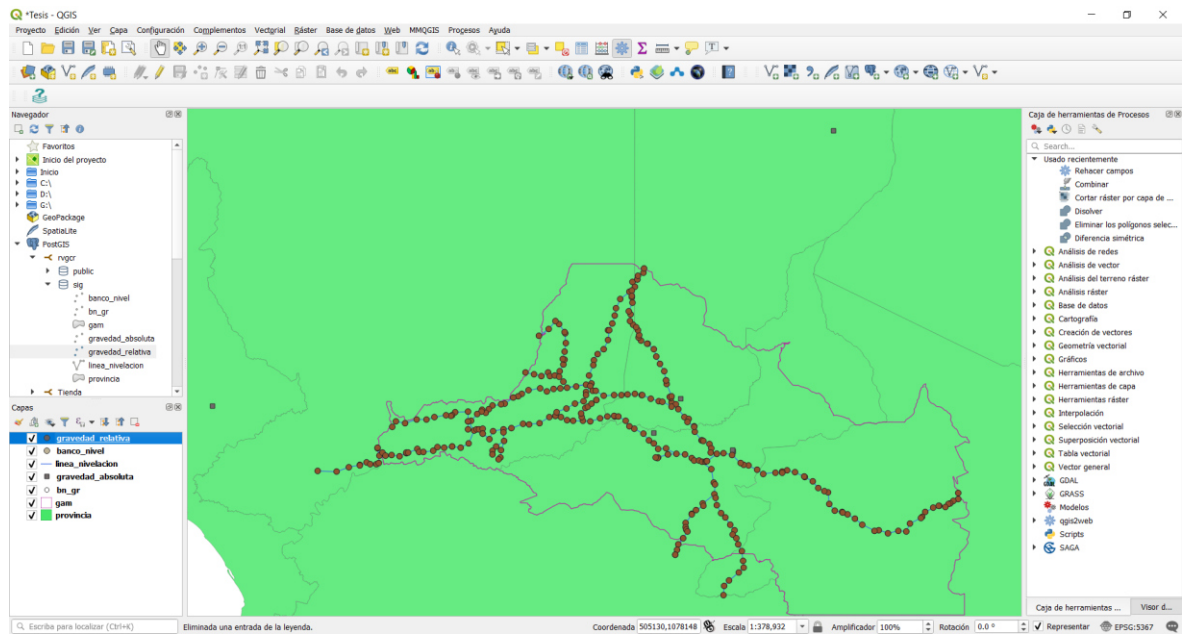
```

1 create view sig.gravedad_relativa as
2
3 select bn.nombre, bn.codigo_gr as codigo, bn.norte, bn.este, bn.latitud, bn.longitud,
4 bn.gravedad, bn.sigma, bn.gravedad_teorica, bn.tipo, bn.anomalia_aire_libre, bn.anomalia_bouguer,
5 bn.instrumento, bn.operador, bn.fecha_gr as fecha, bn.ficha_gr as ficha, bn.version_gr, pr.cod_num, bn.the_geom
6
7 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num
8
9 bn.instrumento, bn.operador, bn.fecha_gr as fecha, bn.ficha_gr as ficha, bn.version_gr, pr.cod_num, bn.the_geom
10
11 from sig.bn_gr bn join sig.provincia pr on bn.cod_num = pr.cod_num

```

Query returned successfully in 144 msec.

Y se comprueba que la información está funcionando correctamente en el programa QGIS como se ve en la imagen.



Anexo 8. Pasos para Instalar Apache Tomcat, GeoNetwork y GeoServer.


Apache Tomcat

Se debe de ingresar al sitio <https://tomcat.apache.org/download-90.cgi> y descargar la versión 9.0.34

The screenshot shows the Apache Tomcat 9.0.34 download page. The page is organized into several sections:

- Search:** A search bar with a 'GO' button.
- Apache Tomcat 9 Software Downloads:** A header section with a search bar and a 'GO' button.
- Welcome:** A paragraph explaining the page's purpose: 'Welcome to the Apache Tomcat® 9.x software download page. This page provides download links for obtaining the latest version of Tomcat 9.0.x software, as well as links to the archives of older releases.' It also mentions that specification versions implemented, minimum Java version required, and lots more useful information may be found on the 'which version?' page.
- Quick Navigation:** A section with links for 'KEYS', '9.0.34', 'Browse', and 'Archives'.
- Release Integrity:** A section stating that users must verify the integrity of downloaded files using OpenPGP signatures and SHA-512 checksums.
- Mirrors:** A section listing mirrors, with the current one being 'https://mirrors.ucr.ac.cr/apache/'. It includes a 'Change' button.
- 9.0.34:** A section with a 'Please see the README file for packaging information. It explains what every distribution contains.'
- Binary Distributions:** A section listing various download options for the 9.0.34 version, including:
 - Core:
 - zip (pgp, sha512)
 - tar.gz (pgp, sha512)
 - 32-bit Windows zip (pgp, sha512)
 - 64-bit Windows zip (pgp, sha512)
 - 32-bit Windows Service Installer (pgp, sha512)

Se debe de instalar por defecto en la computadora agregando como usuario: admin y contraseña: admin. El Apache Tomcat es un contenedor de servicios y tiene salida en por el puerto 8080 por esa razón se tiene que verificar si no existe otro programa en la computadora utilizando esa salida.

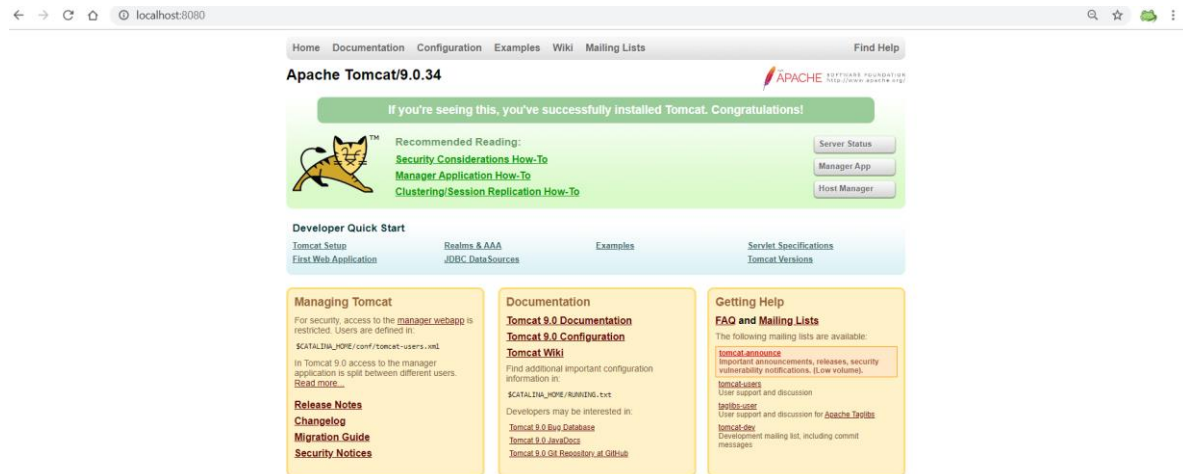
En la computadora se ingresa a Servicios y se busca  Apache Tomcat 9.0 Tomcat9 y se da clic izquierdo propiedades en la ventana que abre el apartado Tipo de inicio: Automático y se da clic en Aplicar, después se da clic en Iniciar y Aceptar como se ve en la imagen.

The screenshot shows the Windows Services console with the 'Apache Tomcat 9.0 Tomcat9' service selected. The 'Properties' dialog box for this service is open, showing the following details:

- Nombre de servicio:** Tomcat9
- Nombre para mostrar:** Apache Tomcat 9.0 Tomcat9
- Descripción:** Apache Tomcat 9.0.34 Server - https://tomcat.apache.org/
- Ruta de acceso al ejecutable:** "C:\Program Files (x86)\Apache Software Foundation\Tomcat 9.0\bin\Tomcat9.exe"
- Tipo de inicio:** Automático
- Estado del servicio:** En ejecución

 The 'Aceptar' button is highlighted at the bottom of the dialog box.

Para verificar la correcta instalación del programa con explorador de internet se indica la siguiente dirección: localhost:8080/ como se ve en la siguiente imagen



Para este trabajo de investigación se debe de utilizar para publicar dos programas los cuales son el GeoNetwork y el GeoServer que va ser administrado con el Apache Tomcat/9.0.34.

GeoNetwork

En el sitio oficial de GeoNetwork, se descarga la versión 3.8.2: <https://geonetwork-opensource.org/downloads.html>.



[News](#) | [Documentation](#) | [Download](#) | [Community](#) | [Gallery](#) | [Search](#)

Download GeoNetwork

Releases

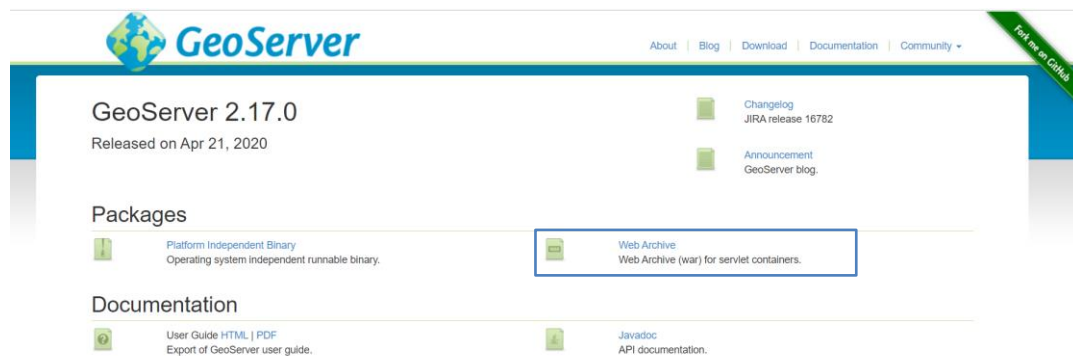
- [v4.0.0-alpha.1](#)
- [v3.10.2 \(Current release\)](#)
- [v3.10.1](#)
- [v3.10.0](#)
- [v3.8.3](#)
- [v3.8.2](#)
- [v3.8.1](#)
- [v3.8.0](#)
- [v3.6.0](#)
- [v3.4.4](#)
- [v3.2.2](#)
- [v3.0.5](#)
- [All releases](#)
- [Nightly builds](#)
- [Development releases \(unstable\)](#)

Lo reenvía al link y se debe descargar el archivo *.war:
https://sourceforge.net/projects/geonetwork/files/GeoNetwork_opensource/v3.8.2/

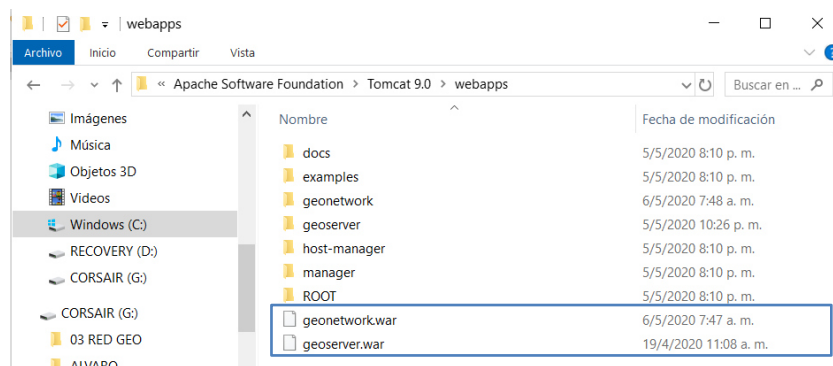
Name	Modified	Size	Downloads / Week
Parent folder			
geonetwork.war.md5	2019-10-31	49 Bytes	0
geonetwork.war	2019-10-31	213.0 MB	0
geonetwork-install-3.8.2-0.jar.md5	2019-10-31	65 Bytes	1
geonetwork-install-3.8.2-0.jar	2019-10-31	235.8 MB	14
changes3.8.2-0.txt	2019-10-31	4.3 kB	0
Totals: 5 Items		448.7 MB	15

GeoServer

Se ingresa al sitio oficial GeoServer <http://geoserver.org/release/stable/>, y se descarga el archivo *.war como se ve en la imagen.



Cuando ya se tienen los dos archivos *.war de los programas que se requieren instalar se copian en el archivo del programa. Para este caso es C:\Program Files (x86)\Apache Software Foundation\Tomcat 9.0\webapps como se ve en la imagen.



Después se carga el Apache Tomcat y en la pestaña Manager App aparece cargado los dos programas, como se ve en la imagen.



Gestor de Aplicaciones Web de Tomcat

Mensaje:

Gestor

[Listar Aplicaciones](#)
[Ayuda HTML de Gestor](#)
[Ayuda de Gestor](#)
[Estado de Servidor](#)

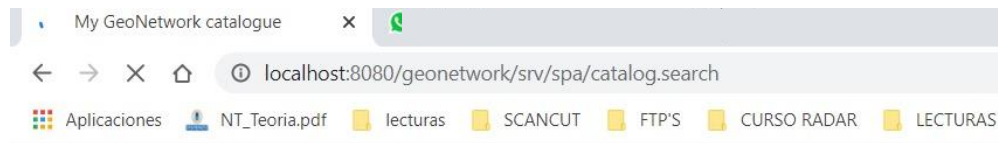
Ruta	Versión	Nombre a Mostrar	Ejecutándose	Sesiones	Comandos
/	Ninguno especificado	Welcome to Tomcat	true	0	Arrancar Parar Recargar Replegar Expirar sesiones sin trabajar > 30 minutos
/docs	Ninguno especificado	Tomcat Documentation	true	0	Arrancar Parar Recargar Replegar Expirar sesiones sin trabajar > 30 minutos
/examples	Ninguno especificado	Servlet and JSP Examples	true	0	Arrancar Parar Recargar Replegar Expirar sesiones sin trabajar > 30 minutos
/geonetwork	Ninguno especificado	geonetwork	true	0	Arrancar Parar Recargar Replegar Expirar sesiones sin trabajar > 35 minutos
/geoserver	Ninguno especificado	GeoServer	true	0	Arrancar Parar Recargar Replegar Expirar sesiones sin trabajar > 30 minutos
/host-manager	Ninguno especificado	Tomcat Host Manager Application	true	0	Arrancar Parar Recargar Replegar Expirar sesiones sin trabajar > 30 minutos
/manager	Ninguno especificado	Tomcat Manager Application	true	1	Arrancar Parar Recargar Replegar Expirar sesiones sin trabajar > 30 minutos

Desplegar

Desplegar directorio o archivo WAR localizado en servidor

Trayectoria de Contexto (opcional):

Cuando se abre por primera vez cualquiera de los dos programas se debe de esperar alrededor de unos 5min que cargue la configuración.

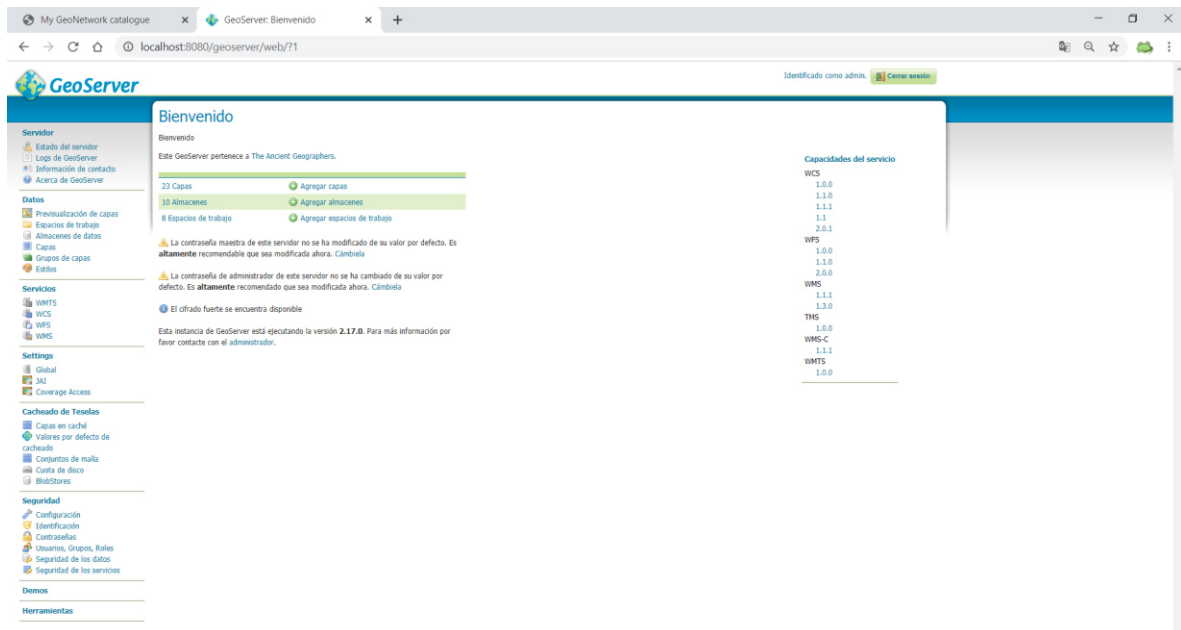
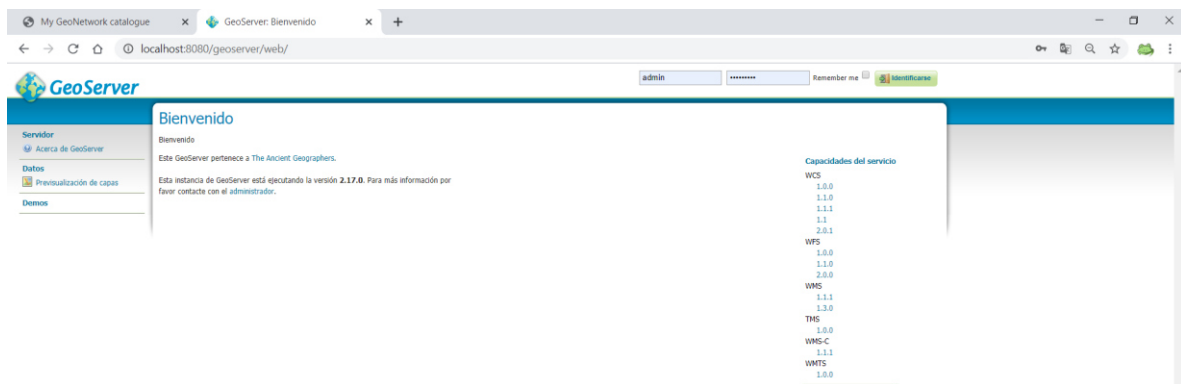


Después se debe de ingresar con el usuario admin y contraseña admin también se le tiene que dar clic en Aceptar Cookies, como se ven en las imágenes.

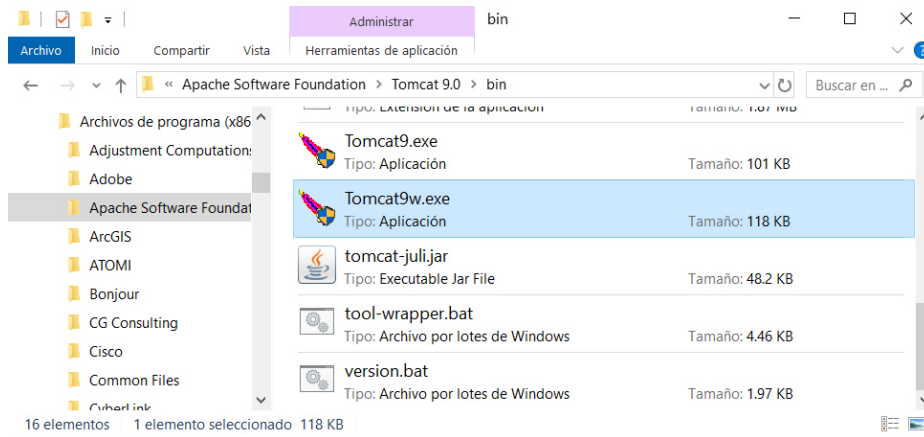




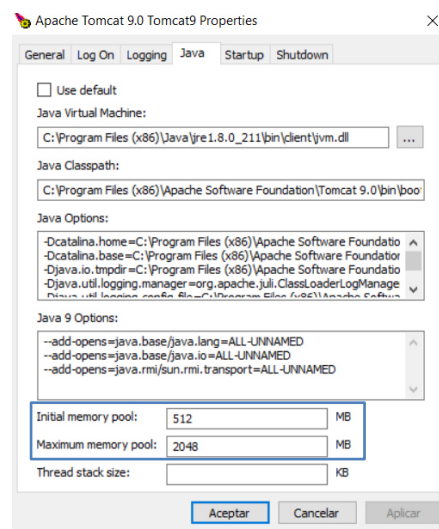
Y para ingresar al GeoServer se utiliza el usuario: admin y contraseña: geoserver como se ve en las imágenes.




Para el caso de computadora que se está utilizando para desarrollar esta tesis se tuvieron que cambiar configuraciones para un mejor rendimiento del servidor para lo cual en la carpeta donde se instaló el programa.



Se cambiaron las propiedades que vienen por defecto del Java



Anexo 9. Pasos para publicar en GeoServer.

Ingresar al programa GeoServer, después se debe de crear un nuevo espacio de trabajo en el menú de la izquierda selecciona Espacio de Trabajo y da clic en  **Agregar un nuevo espacio de trabajo**, para esta investigación se designar como rvgrc y luego se revisa que se creó correctamente como se ve en imagen.



Seguidamente se van a cargar las capas en el GeoServer, para lo cual en el menú de la izquierda Almacenes de datos / Agregar un nuevo almacén / PostGIS- PostGIS Database, como se ve en la imagen.



Se presenta una ventana donde se va a ligar el GeoServer al Postgres como se ve en la imagen.

Datos

- Previsualización de capas
- Espacios de trabajo
- Almacenes de datos
- Capas
- Grupos de capas
- Estilos

Servicios

- WMTS
- WCS
- WFS
- WMS

Settings

- Global
- JAI
- Coverage Access

Cacheado de Teselas

- Capas en caché
- Valores por defecto de cacheado
- Conjuntos de malla
- Cuota de disco
- BlobStores

Seguridad

- Configuración
- Identificación
- Contraseñas

Información básica del almacén

Espacio de trabajo *

rvgcr

Nombre del origen de datos *

rvgcr

Descripción

Habilitado

Parámetros de conexión

dbtype *

postgis

host *

localhost

port *

5432

database

rvgcr

schema

sig

user *

postgres

passwd

.....

Espacio de nombres *

http://rvgcr

La conexión fue exitosa se pasaron las capas que se ocupan publicar, posteriormente se tiene que dar clic en publicar para tener todas las capas publicadas como se ve en la imagen.

Identificado como admin. [Cerrar sesión](#)

GeoServer

Nueva capa

Agregar nueva capa

Puede crear un nuevo feature type configurando manualmente los nombres y tipos de atributos. [Crear nuevo feature type...](#)
 En bases de datos también puede crear un nuevo feature type configurando una sentencia SQL nativa. [Configurar nueva vista SQL...](#)
 Esta es una lista de los recursos contenidos en el almacén 'rvgcr'. Haga click sobre la capa que desea configurar

<< < 1 > >> Resultados 1 a 7 (de un total de 7 ítems) Search

Publicada	Capa con espacio de nombres y prefijo	Acción
	banco_nivel	Publicación
	bn_gr	Publicación
	gam	Publicación
	gravedad_absoluta	Publicación
	gravedad_relativa	Publicación
	linea_nivelacion	Publicación
	provincia	Publicación

<< < 1 > >> Resultados 1 a 7 (de un total de 7 ítems)

Posteriormente de dar clic en publicar se abre una ventana Editar capa, trae un aparatado denominado encuadres, donde se tiene que dar clic en Calcular desde encuadre nativo y se llenan automáticamente las coordenadas, como se ve en la imagen.

Editar capa
rvgcr:banco_nivel

Configure el recurso y la información de publicación para esta capa

Editar capa
Información básica del recurso

Nombre: banco_nivel
 Habilitado
 Anunciado
 Título: banco_nivel
 Resumen:

Encuadres

Encuadre nativo

Min X	Min Y	Máx X	Máx Y
440,732.085	1,079,949.625	524,773.213	1,122,750.809

[Calcular desde los datos](#)
[Compute from SRS bounds](#)

Encuadre Lat/Lon

Min X	Min Y	Máx X	Máx Y
-84.540873457388	9.76633841792442	-83.773919096833	10.1537689133462

[Calcular desde el encuadre nativo](#)

Se tiene las seis entidades publicadas como se observa en la figura.

Nueva capa
rvgcr:rvgcr

Agregar nueva capa

Agregar capa de: rvgcr:rvgcr

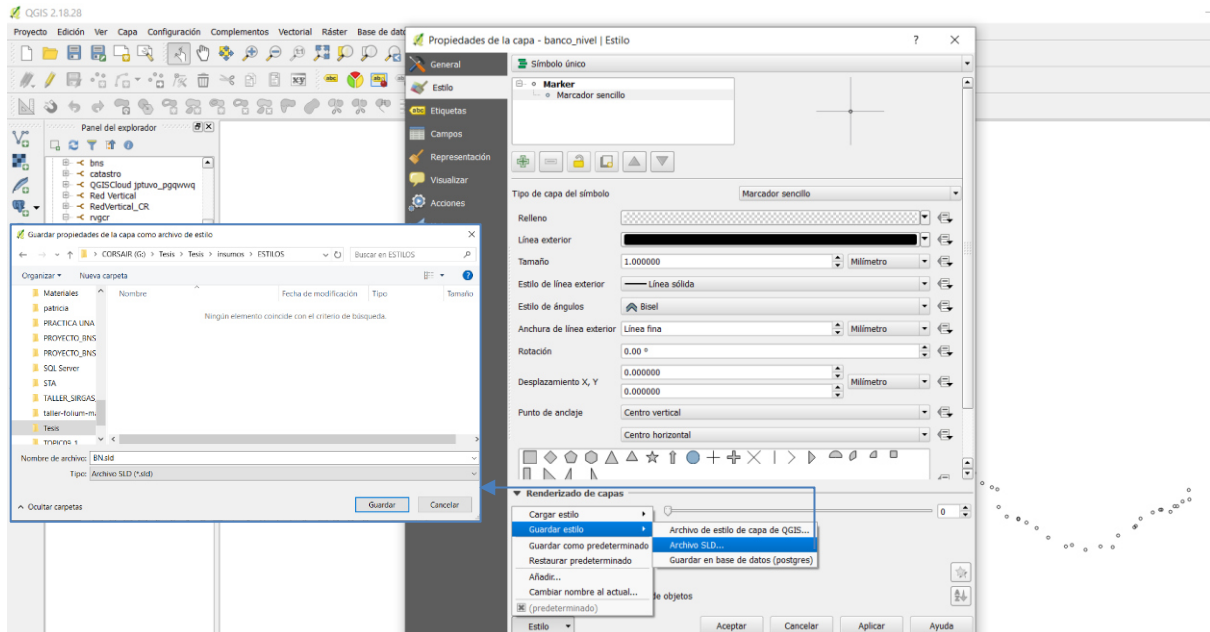
Puede crear un nuevo feature type configurando manualmente los nombres y tipos de atributos. [Crear nuevo feature type...](#)
 En bases de datos también puede crear un nuevo feature type configurando una sentencia SQL nativa. [Configurar nueva vista SQL...](#)
 Esta es una lista de los recursos contenidos en el almacén 'rvgcr'. Haga click sobre la capa que desea configurar

Resultados 0 a 0 (de un total de 0 ítems)

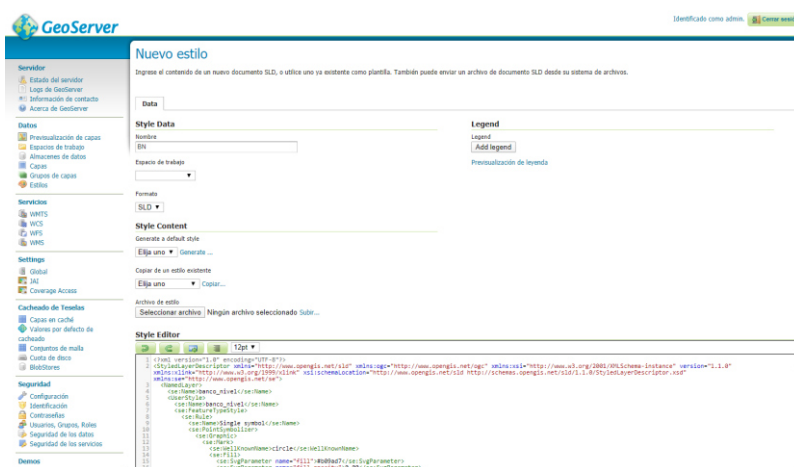
Publicada	Capa con espacio de nombres y prefijo	Acción
✓	banco_nivel	Publicar de nuevo
✓	gam	Publicar de nuevo
✓	gravedad_absoluta	Publicar de nuevo
✓	gravedad_relativa	Publicar de nuevo
✓	linea_nivelacion	Publicar de nuevo
✓	provincia	Publicar de nuevo
	bn_gr	Publicación

Resultados 0 a 0 (de un total de 0 ítems)

En el GeoServer se puede agregar el estilo de la capa, se propusieron unos símbolos para algunas entidades y otras ya los tiene definidos. Para personalizarlos se va al QGIS y se define el diseño que se requiere, como es caso es un banco de nivel sonde se definió un círculo de 1mm sin relleno como se ve en la imagen y después se da clic en el botón de Estilo / Guardar estilo / Archivo SLD... como se ve en la imagen. Estos son compatibles en el GeoServer.



En el programa GeoServer, menú izquierdo se busca Estilos / Agregar un nuevo estilo. Nuevo estilo se debe definir un Nombre / BN, Espacio de trabajo / rvgr y en Archivo de estilo se escoge la carpeta donde se guardó y después se clic en subir como se ve en imagen



Seguidamente se da clic en Validar si la barra está en verde es que no hay errores con el archivo y después se da clic en Enviar y ya se tiene el estilo guardado esto se tiene que realizar con cada una de las entidades.

Identificado como admin. [Cerrar sesión](#)

GeoServer

No validation errors.

Nuevo estilo

Ingrese el contenido de un nuevo documento SLD, o utilice uno ya existente como plantilla. También puede enviar un archivo de documento SLD desde su sistema de archivos.

Data

Style Data

Nombre
BN

Espacio de trabajo

Legend

Legend
[Add legend](#)

Previsualización de leyenda

Servidor

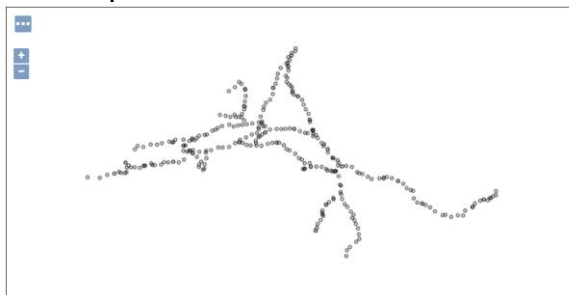
- Estado del servidor
- Logs de GeoServer
- Información de contacto
- Acerca de GeoServer

Datos

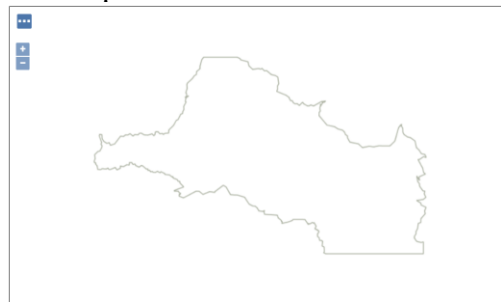
- Previsualización de capas
- Espacios de trabajo
- Almacenes de datos
- Capas
- Grupos de capas
- Filtros

Resultados de la aplicación del estilo en las capas.

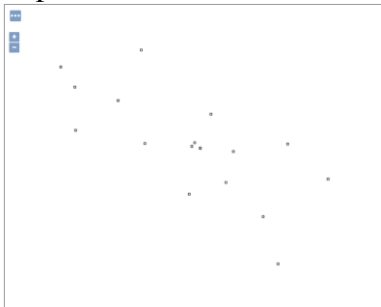
Capa de Banco de Nivel



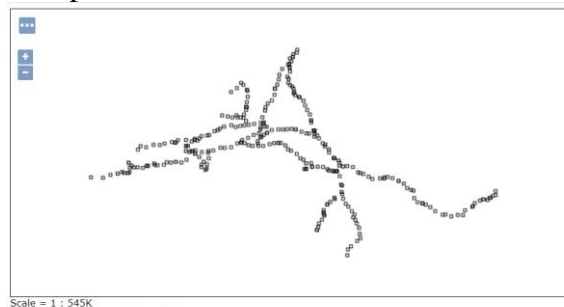
Capa del GAM



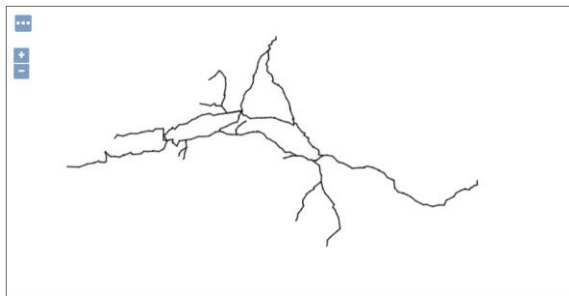
Capa de Gravedad Absoluta



Capa de Gravedad Relativa



Capa de Línea de Nivelación



Capa de Provincias



Se tienen todas las capas con estilo y publicada en el servidor.

Previsualización de capas

Despliega todas las capas configuradas en GeoServer y proporciona una vista previa en varios formatos.

Resultados 1 a 25 (de un total de 28 ítem)

Tipo	Título	Nombre	Formatos habituales	Todos los formatos
	World rectangle	tigerplanet_polygon	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Manhattan (NY) points of interest	tigerpoi	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Manhattan (NY) landmarks	tigerpoly_landmarks	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Manhattan (NY) roads	tigertiger_roads	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	A sample ArcGrid file	nurcArc_Sample	OpenLayers KML	Seleccionar una
	North America sample imagery	nurcimg_Sample	OpenLayers KML	Seleccionar una
	PL5005	nurcPL5005	OpenLayers KML	Seleccionar una
	mosaic	nurcmosaic	OpenLayers KML	Seleccionar una
	USA Population	topstates	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Tasmania cities	topptasmania_cities	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Tasmania roads	topptasmania_roads	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Tasmania state boundaries	topptasmania_state_boundaries	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Tasmania water bodies	topptasmania_water_bodies	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Spearfish archaeological sites	sfarchsites	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Spearfish bug locations	sfbugsites	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Spearfish restricted areas	sf-restricted	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Spearfish roads	sfroads	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	Spearfish elevation	sfelev	OpenLayers KML	Seleccionar una
	Spearfish streams	sfstreams	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	banco_rival	rvgrbanco_rival	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	gam	rvgrgam	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	gravedad_ absoluta	rvgrgravedad_ absoluta	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	gravedad_relativa	rvgrgravedad_relativa	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	linea_rivelacon	rvgrlinea_rivelacon	OpenLayers GML KML	Seleccionar una
	provincia	rvgrprovincia	OpenLayers GML KML	Seleccionar una

Metadatos del servicio, es el apartado donde se agregan los datos del contacto del administrador del GeoServer.

Información de contacto

Establezca la información de contacto para este servidor

Primary Contact

Persona de contacto

Organización

Posición

E-mail

Teléfono

Fax

Dirección

Tipo de dirección

Dirección

Punto de dirección de entrega

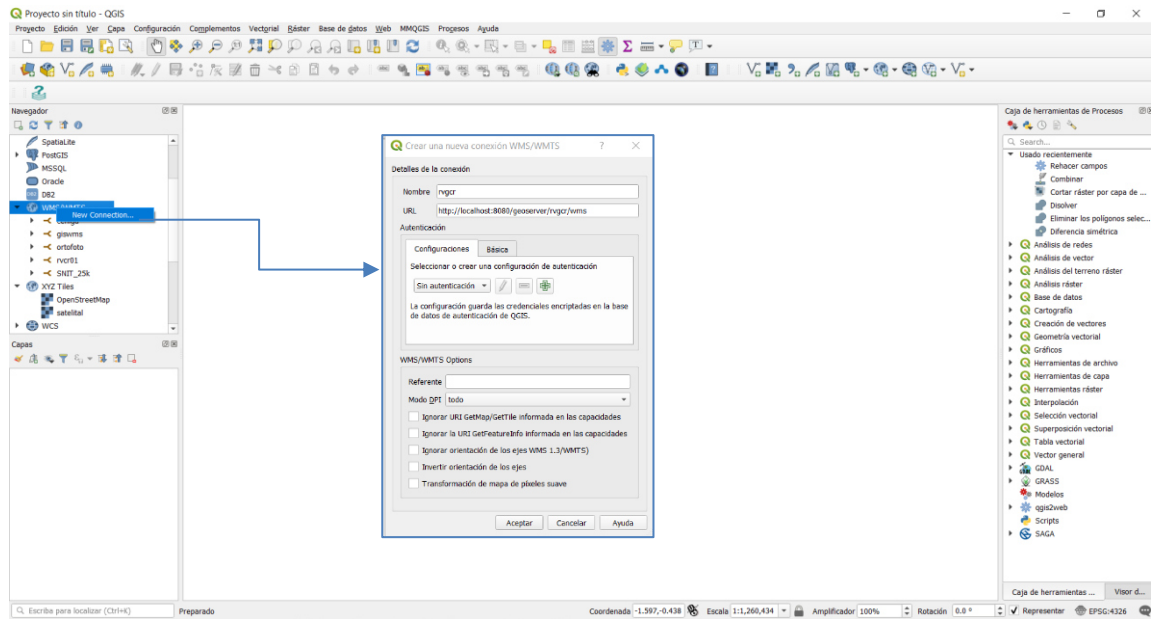
Ciudad

Estado

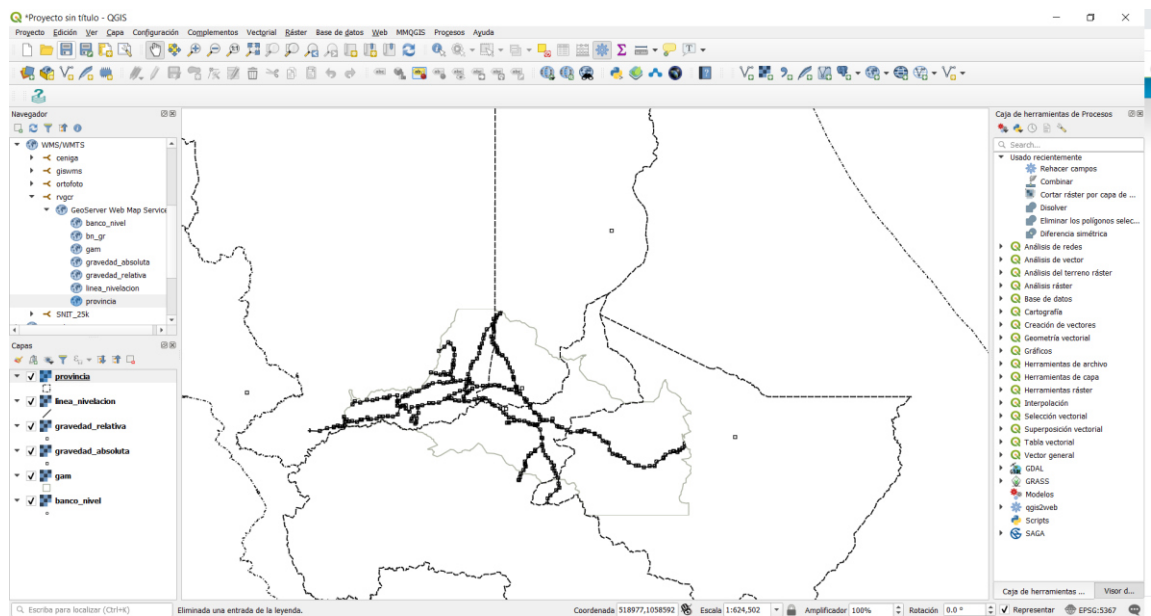
Código postal o ZIP

País

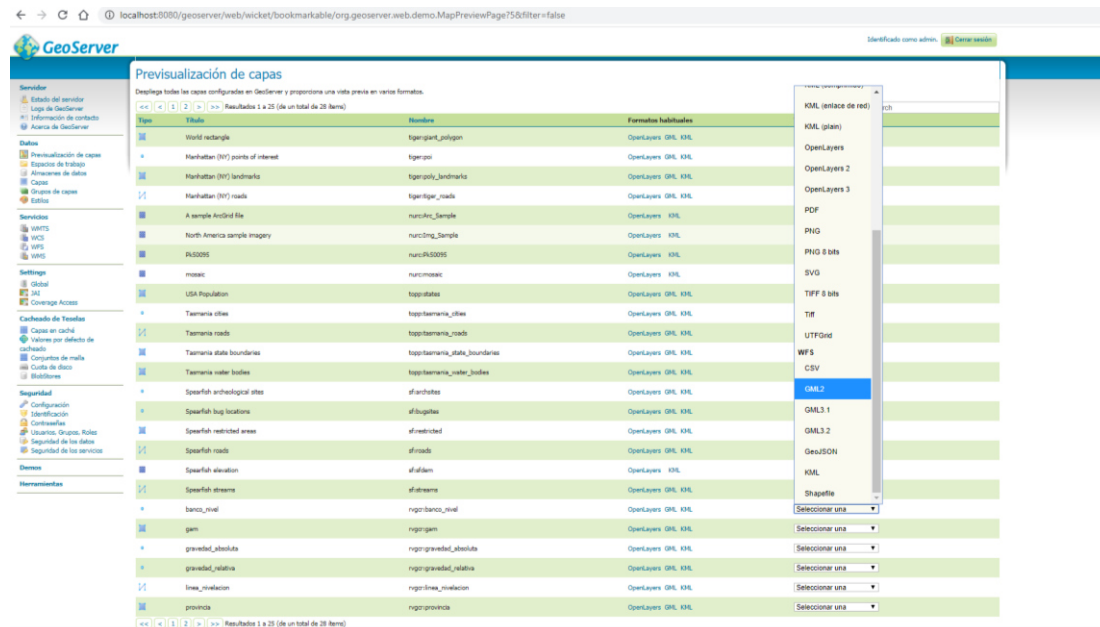
Ahora se va hacer el consumo WMS y WFS en el QGIS, se ingresa al programa y en WMS se da clic en nueva conexión y se abre una ventana donde se coloca el nombre de la capa y la dirección URL: <http://localhost:8080/geoserver/rvgcr/wms>, que obtiene del servidor GeoServer como se observa en la imagen.



Consumo de las capas en WMS



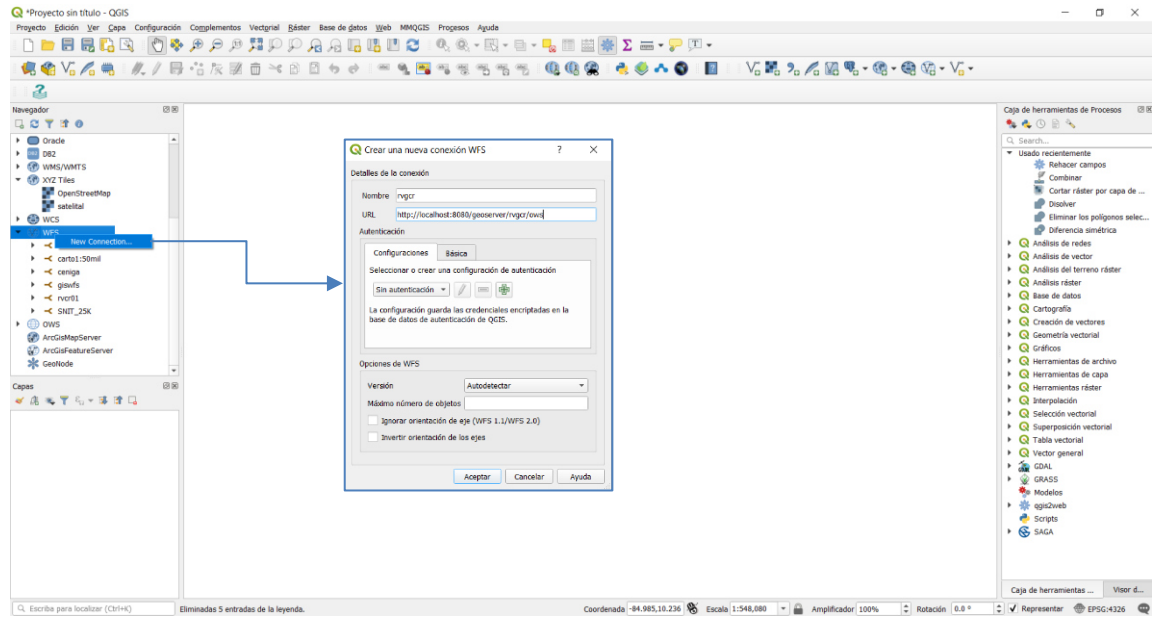
Posteriormente se realiza la conexión WFS, donde desde el programa GeoServer a una de las capas se dar clic en GMIL2, y abre un archivo *.xml donde se copia la dirección URL.



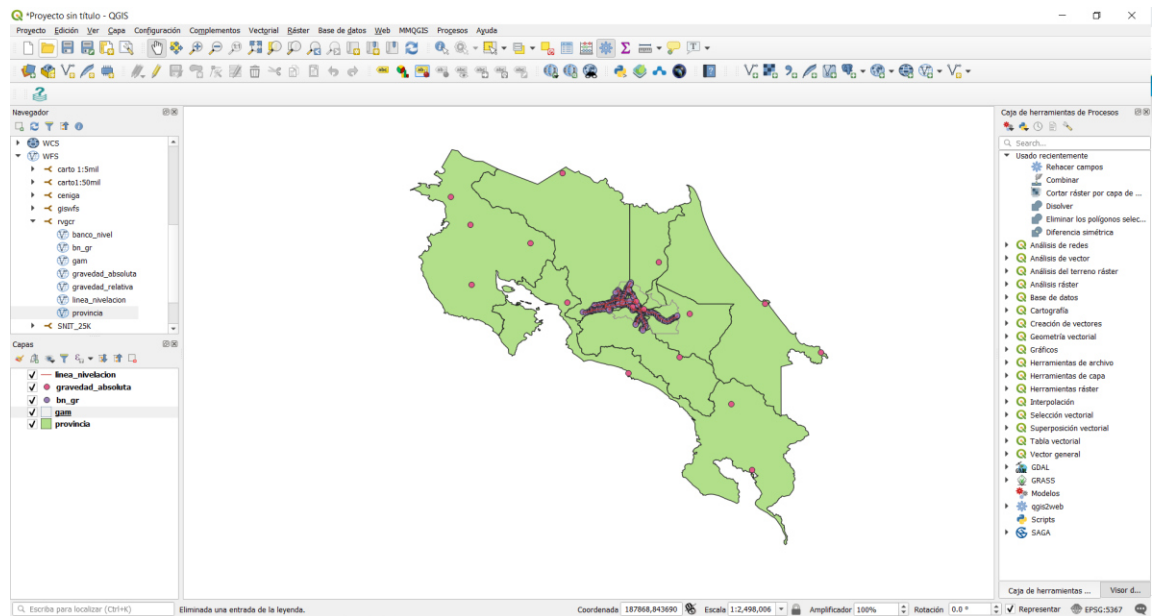
Dirección URL: <http://localhost:8080/geoserver/rvgr/ows>



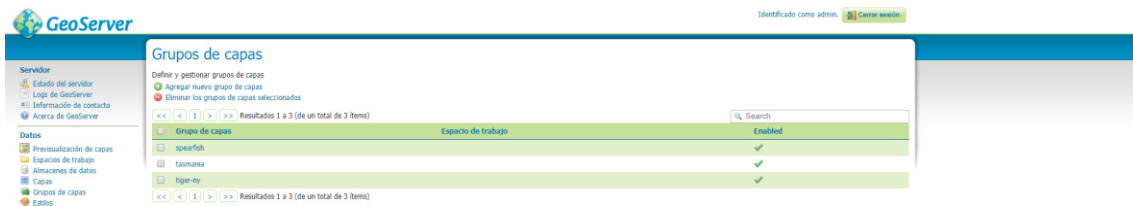
En el programa QGIS se da clic en WFS, nueva conexión y se abre una nueva ventana.



Consumo de las capas en WFS.



Se va generar un grupo de capas para ver las capas publicadas en un solo visor, para lo cual se de clic en Grupo de capas, en Agregar un nuevo grupo de capas como se ve en la imagen.



Se abre esta ventana, donde se define el nombre, los límites de las capas se agregan las capas considerando que el orden para cargar es polígono, línea y punto.

Límites

Min X	Min Y	Máx X	Máx Y
156,152.0472	608,833.8151	658,879.4821	1,241,118.1403

Sistema de coordenadas de referencia
EPSG:5367 EPSG:CR05 / CRTM05...

Modo
Single

Interrogable

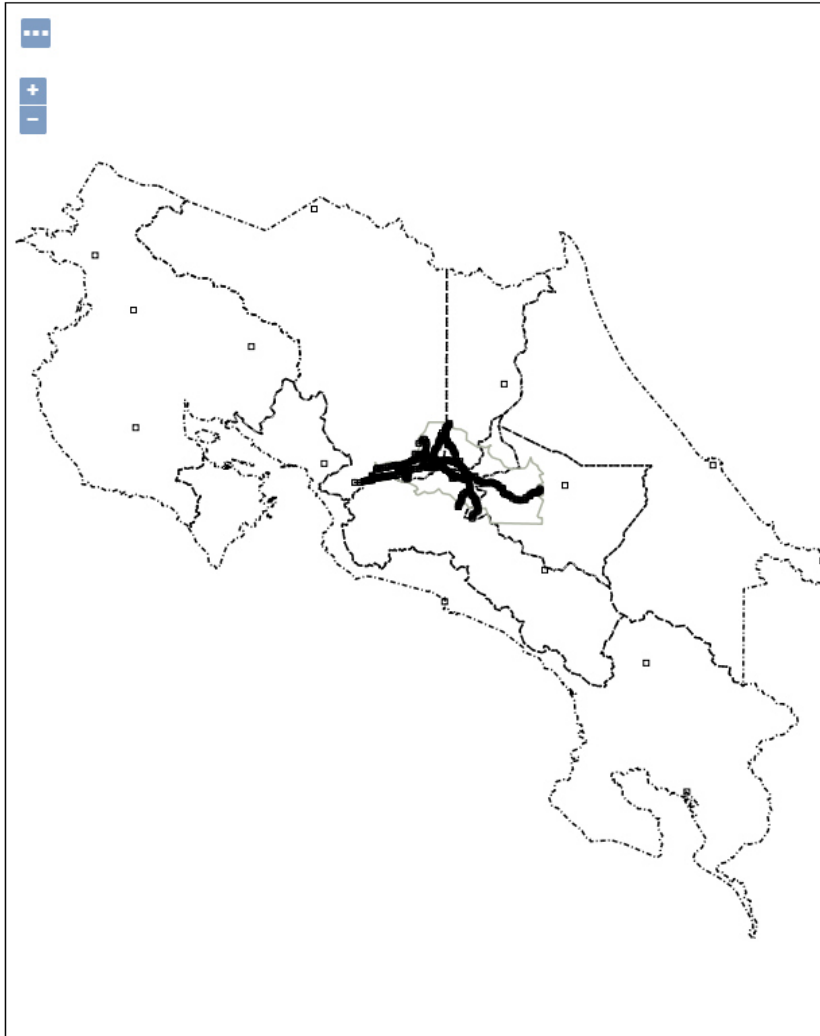
Capas

- Agregar capa...
- Agregar grupo de capas...
- Add Style Group...

Orden de dibujo	Type	Capa	Estilo por defecto	Estilo	Eliminar
1	Layer	rvgr:provincia	<input type="checkbox"/>	pro	<input type="button" value="X"/>
2	Layer	rvgr:gam	<input type="checkbox"/>	gam	<input type="button" value="X"/>
3	Layer	rvgr:linea_nivelacion	<input type="checkbox"/>	ln	<input type="button" value="X"/>
4	Layer	rvgr:banco_nivel	<input type="checkbox"/>	BN	<input type="button" value="X"/>
5	Layer	rvgr:gravedad_relativa	<input type="checkbox"/>	g	<input type="button" value="X"/>
6	Layer	rvgr:gravedad_absoluta	<input type="checkbox"/>	g	<input type="button" value="X"/>

En previsualización de capas se da clic a la que se llama rvgcr y se tienen como resultado, como se ve en la imagen de abajo.

← → ↻ 🏠 ⓘ localhost:8080/geoserver/rvgcr/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetF

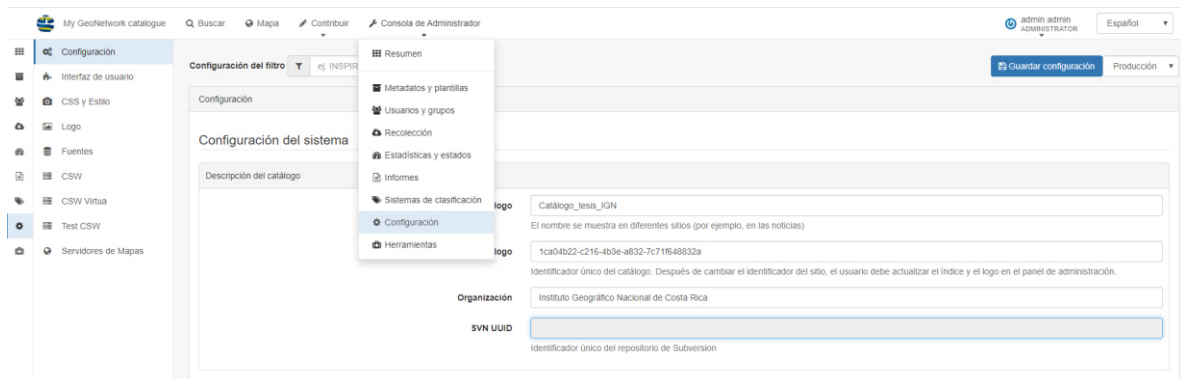


Scale = 1 : 2M

Click on the map to get feature info

Anexo 10. Pasos para publicar en GeoNetwork.

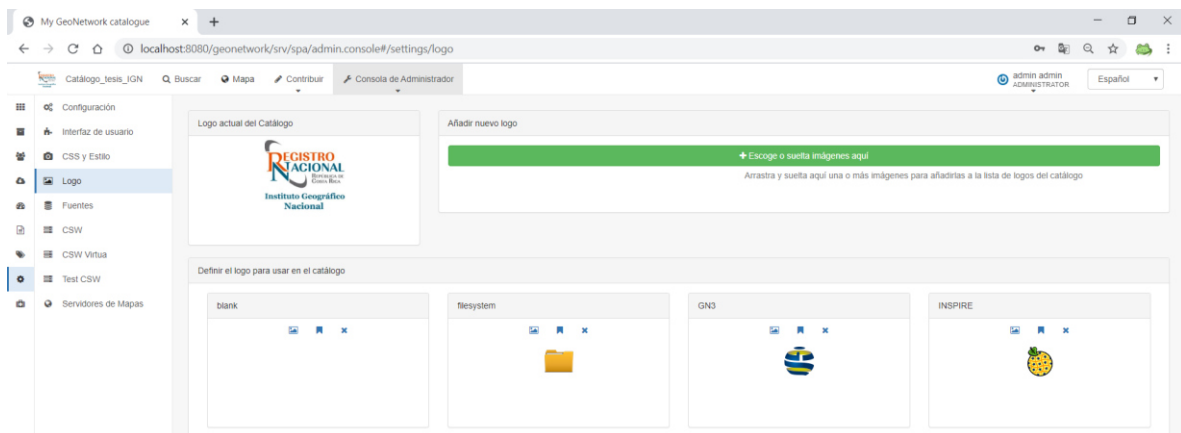
Se ingresa al GeoNetwork, Para este proyecto de investigación se tiene que crear un nuevo espacio de trabajo para lo cual en el menú principal Consola de Administración se da clic en Configuración del sistema y posteriormente se deben de llenar los datos del catálogo que se va a crear, como se ve en la imagen.



La configuración queda de la siguiente forma:



El menú que se ubica a la izquierda da más opciones de personalizar el área de trabajo como es agregar un logo representativo del trabajo que se está realizando, como se ve en la imagen.


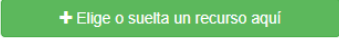



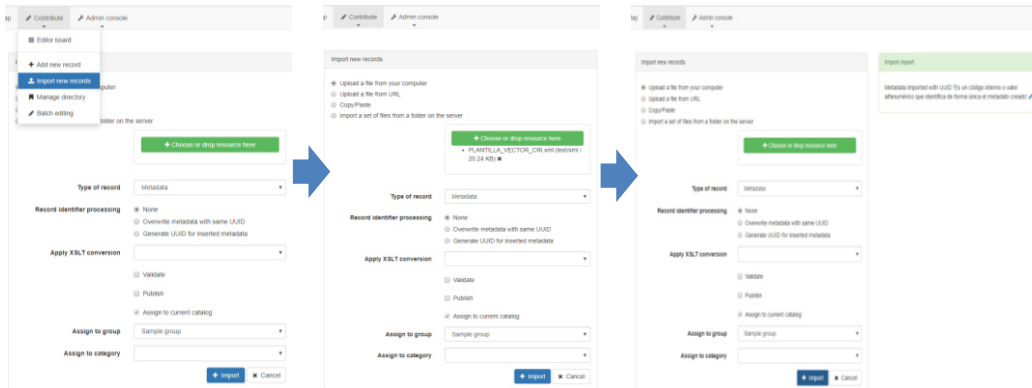
Descargar las plantillas del IGN en el SNIT, para lo cual se ingresa al geoportal del SNIT en el menú a la izquierda se da clic en Normativa técnica y se selecciona 4 Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica (NTIG_CR04_01.2016), donde se la documentación correspondiente y se selecciona PLANTILLA_VECTOR_CRI.XML, como se ve imagen. Se da clic en descargar documento.


The screenshot shows the SNIT website interface. The main content area is titled 'Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica (NTIG_CR04_01.2016)'. Below the title, there is a summary paragraph and a list of documents under the heading 'Documentos que acompañan la norma:'. The document 'PLANTILLA_VECTOR_CRI.XML' is highlighted with a blue border and a download icon.

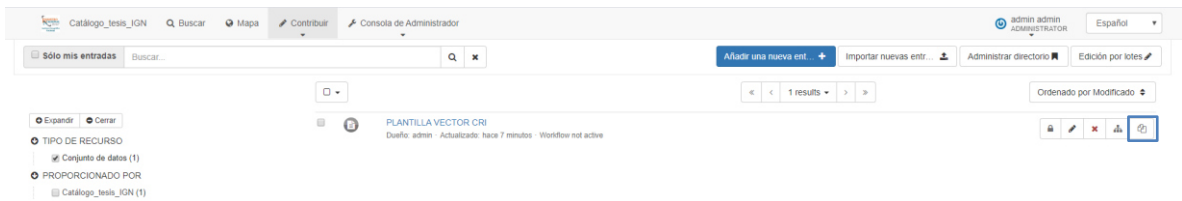
Se abre una página en el navegador de internet y aquí le da clic derecho en Guardar como..., como se ve en la imagen. Se selecciona una carpeta para guardar el archivo *.xml

The screenshot shows an XML file viewer displaying the XML code for 'PLANTILLA_VECTOR_CRI.XML'. The code is a GML document with a root element of 'gmd:MD_Metadatos'. A context menu is open over the code, with 'Guardar como...' selected. The menu also includes options like 'Reenviar', 'Volver a cargar', 'Imprimir...', 'Enviar...', 'Enviar a IGNGEOD07', 'Traducir a English', 'Ver código fuente de la página', and 'Inspeccionar'.

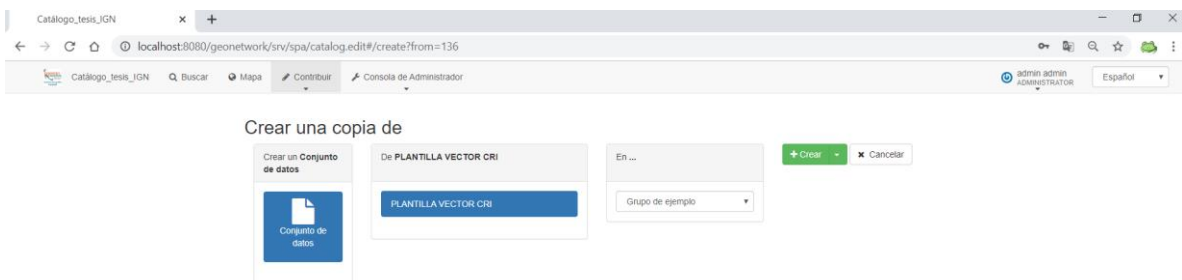
Para cargar la plantilla de metadato del Instituto Geográfico Nacional al GeoNetwork se debe de ir al menú principal y dar clic en Contribuir /  Importar nuevas entradas se abre una ventana y se da clic en , donde se busca la el archivo *.xml y por último se da clic en , como se ve en la secuencia de imágenes



Después se da clic en contribuir y va salir la plantilla con formato *.xml, como se ve en la imagen, después se da clic en  copiar.



Donde abre Crear una copia de y allí se debe dar clic en +Crear, como se ve en la imagen.



Y desprende todos los parámetros definidos por el Instituto Geográfico Nacional y campos se deben de llenar, como se ve en la imagen. Después de llenar todos los apartados y agregar una imagen se debe dar clic en Guardar y cerrar.

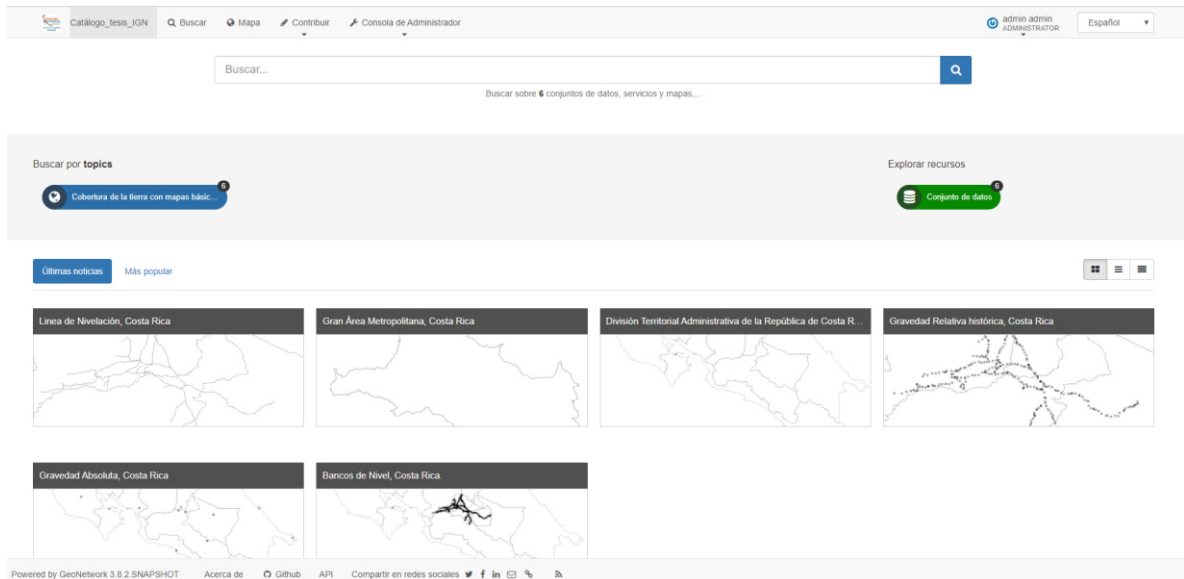
En Contribuir ahora aparecen dos archivos, como se ve en la imagen. Este procedimiento se debe hacer igual para todas las capas.

Aquí se ubican todos los metadatos de las capas trabajadas, como se ve en la imagen.

En el menú principal la pestaña Busca presenta los metadatos de la siguiente forma

Seguidamente se tienen que publicar los metadatos, se tiene que dar clic en Gestionar requisitos y se busca la opción de publicar, como se ve en la imagen.

Se da clic en Catalogo_tesis_IGN y se observa en la imagen todos los productos generados.




Después se da clic en cualquier metadato y nos lleva donde está la información del metadato, como se ve en la imagen. Se puede dar clic en añadir al mapa y se ve el producto asociado en la capa.

Linea de Nivelación, Costa Rica

Es el sentido o dirección del levantamiento de campo realizado por nivelación geométrica a los Bancos de nivel de primero, segundo, tercer y cuarto orden en Costa Rica.

Bajo desarrollo

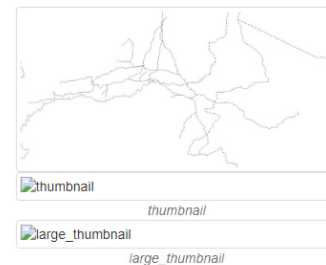
Descargas y enlaces

 Descripción detallada de lo que es o hace el recurso en línea [Añadir al mapa](#)
 Este conjunto de datos se ha publicado en el servicio de visualización (WMS) disponible en <http://localhost:8080/geoserver/rvgr/wms?> con el nombre de capa `linea_nivelacion`

Acerca de este recurso

Categorías	Coertura de la tierra con mapas básicos e imágenes
Other keywords	<ul style="list-style-type: none"> • Línea de nivelación • Sentido de dirección • Circuitos • Costa Rica
Idioma	• Español
Restricciones legales	Su uso tendrá carácter libre y gratuito, siempre que se mencione el origen y propiedad de los datos.
Contacto para el recurso	<input checked="" type="checkbox"/> (Condicional) Nombre del Organismo del contacto. (opcional) Dirección de la institución donde labora la persona responsable., (opcional) Nombre de ciudad donde se ubica la organización., (opcional) Nombre de la provincia donde se ubica

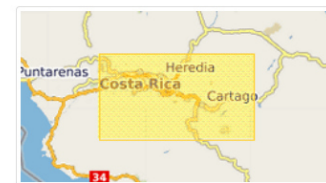
Visión de Conjunto



Sin calificaciones

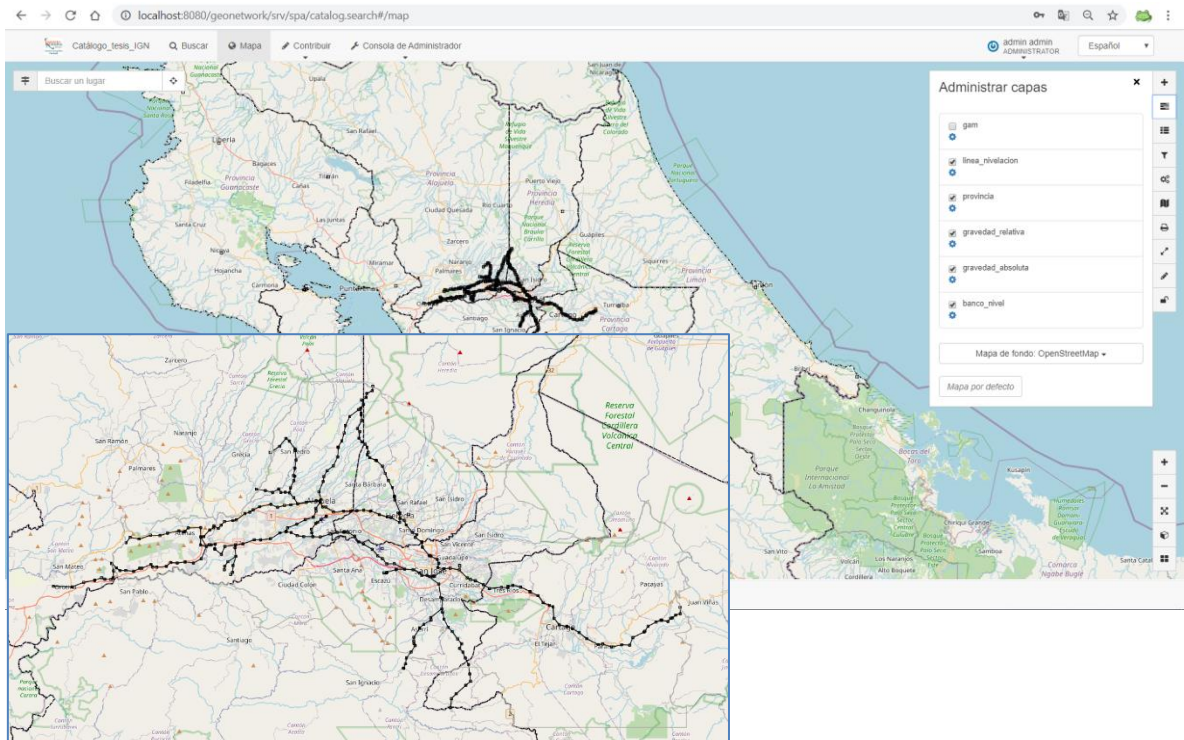
- [Ver todos los comentarios](#)
- [Añadir tu evaluación](#)

Extensión espacial

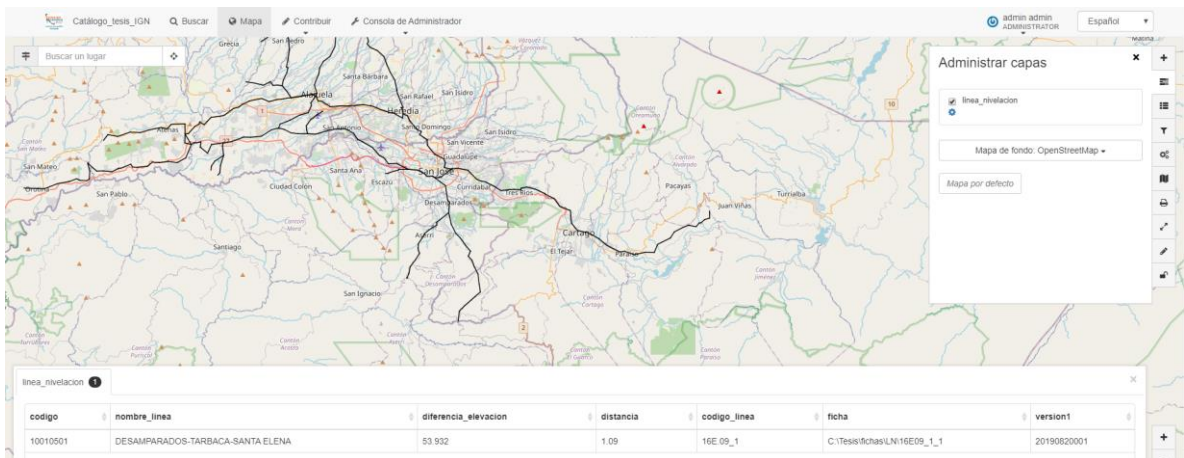


Extensión temporal

Todas las capas con metadatos asociados, como se ve en la imagen.



La información que cuenta la capa, como se ve en la imagen.



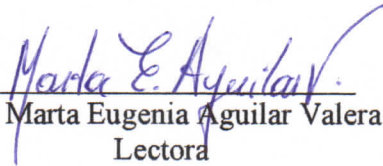
“Trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.”



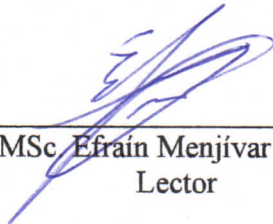
MSc. Melvin Lizano Araya.
Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado



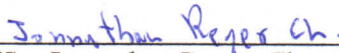
MSc. Andrés Víquez Víquez.
Profesor Guía



Mag. Marta Eugenia Aguilar Valera.
Lectora



MSc. Efraín Menjívar Pérez.
Lector



MSc. Jonnathan Reyes Chaves.
Representante del Director del
Programa de Posgrado en Geografía.



María Marta Mora Rivas.
Sustentante



Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, María Marta Mora Rivas, con cédula de identidad 1-1239-0234, en mi condición de autor del TFG titulado PROPUESTA DE PLAN PILOTO PARA UNA ESTRUCTURA DE BASE DE DATOS VINCULADA A LA INFORMACIÓN ESPACIAL DE LOS BANCOS DE NIVEL Y GRAVEDAD DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DE COSTA RICA, EN EL AÑO 2020.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: María Marta Mora Rivas

Número de Carné: B89575 Número de cédula: 1-1239-0234

Correo Electrónico: mmmora13@gmail.com

Fecha: 06-10-2020 Número de teléfono: 8366-3494

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): MSc. Andrés Víquez Víquez.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.