

CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE DE DATOS ESPACIAL QUE SOPORTE LA ELABORACIÓN DE MAPAS ESTRUCTURALES A ESCALA 1:10.000 DE LOS CAMPOS OPERADOS POR FRONTERA ENERGY EN COLOMBIA

CLAUDIA MARCELA LEON MARIN

PROYECTO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PASANTÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA CATASTRAL Y GEODESTA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CATASTRAL Y GEODESIA
BOGOTÁ D.C.
2023

CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE DE DATOS ESPACIAL QUE SOPORTE LA ELABORACIÓN DE MAPAS ESTRUCTURALES A ESCALA 1:10.000 DE LOS CAMPOS OPERADOS POR FRONTERA ENERGY EN COLOMBIA

CLAUDIA MARCELA LEON MARIN

PROYECTO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PASANTÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA CATASTRAL Y GEODESTA

DIRECTOR INTERNO
MSc. CLAUDIA BERENICE ROJAS RINCÓN
DOCENTE

DIRECTOR EXTERNO
MSc. GERMÁN GIOVANNI VARGAS VELASQUEZ
PROFESIONAL GIS INTEGRAL
FRONTERA ENERGY CORP.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CATASTRAL Y GEODESIA
BOGOTÁ D.C.
2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, por sostenerme en este largo camino, por estar presente en mis decisiones y por permitirme estar hoy culminando esta etapa de mi vida.

A mis padres y mi familia que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos, me han impulsado siempre a perseguir mis metas y no abandonarlas a pesar de los obstáculos que se presenten en el camino. A mi hijo, por quien y para quien me levanto cada día con el propósito de ser mejor, por estar para mí y entregarme su amor.

Al ingeniero Giovanni Vargas por su dedicación y paciencia, por su acompañamiento, por compartirme una parte de su conocimiento y con esto brindarme la posibilidad de crecer personal y profesionalmente; así mismo, a la docente Claudia Rojas por su disposición y asesoramiento en este proceso tan importante para mi vida profesional. Contar con asesores que además de ser excelentes profesionales son excelentes personas permitió que este proyecto culminara con éxito.

A la Universidad Distrital por abrirme sus puertas y darme la dicha de convertirme finalmente en una profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 8
3 OBJETIVOS 10
3.1 Objetivo General 10
3.2 Objetivos Específicos 10
4 JUSTIFICACIÓN 11
5 MARCO DE REFERENCIA 12
5.1 Marco Teórico 12
5.2 Marco Conceptual 17
5.3 Marco Normativo 19
6 ALCANCES Y LIMITACIONES 20
6.1 ALCANCE TÉCNICO 20
6.2 ALCANCE TEMÁTICO 20
6.3 ALCANCE ESPACIAL 21
6.4 ALCANCE TEMPORAL 21
6.5 LIMITACIONES 21
7 METODOLOGÍA 22
8 DESARROLLO DE LA PROPUESTA 25
8.1 Diseño de la Base de Datos Espacial 25
8.1.1 Diseño Conceptual 25
8.1.2 Diseño Lógico 29
8.1.3 Diseño Físico 31
8.2. Esquema de la Base de Datos Espacial 52
8.3. Verificación de la Calidad de los Datos 58
8.4. Mapas Estructurales 72
9. RESULTADOS 74
10. CONCLUSIONES 79
11. BIBLIOGRAFÍA 80

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Metodología del Proyecto 24
Ilustración 2. Diseño Conceptual 26
Ilustración 3. Modelo Entidad - Relación 28
Ilustración 4. Modelo Relacional 30
Ilustración 5. Catálogo de Objetos 32
Ilustración 6. Creación GDB 53
Ilustración 7. Conexión GDB corporativa 56
Ilustración 8. Esquema GDB Corporativa 56
Ilustración 9. Ejemplo Metadatos 57
Ilustración 10. Validación de la Calidad de los datos 58
Ilustración 11. Formato entrega de información 75
Ilustración 12. Mapa Estructural Campo Columbia 76
Ilustración 13. Mapa División Política Campo Columbia 77
Ilustración 14. Mapa de Superposiciones Campo Columbia 78

1 INTRODUCCIÓN

Frontera Energy es una multinacional de origen canadiense con operaciones en Colombia, Guyana y Ecuador, dedicada a la exploración, evaluación, desarrollo y producción de Hidrocarburos. En Colombia tiene participación en 40 bloques petroleros ubicados principalmente en las cuencas de los Llanos Orientales y el Valle Inferior del Magdalena, bajo la figura de contratos de Exploración y Producción ("E&P") de Hidrocarburos.

Dichos contratos son firmados entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos (en adelante ANH) como administradora y reguladora del sector de petróleo y gas en el país, y el contratista, quien adquiere el derecho exclusivo de explorar el Área Contratada y explotar Hidrocarburos de propiedad estatal que se descubran dentro del área adjudicada, bajo su propio riesgo y costo, con sujeción a las regulaciones de regalías e impuestos existentes. Así mismo, asume la obligación de desarrollar determinadas actividades en las diferentes etapas de los contratos. (Sandoval & Vargas, 2019).

En virtud de lo anterior, y según lo establecido en el Acuerdo 02 de 2017, la ANH puede requerir a los Contratistas la entrega de informes o reportes especiales, relacionados con la ejecución de las obligaciones de carácter técnico, económico, legal, ambiental, social y administrativo que se deriven de los negocios jurídicos, los reglamentos técnicos y el ordenamiento superior, para asegurar la correcta ejecución de compromisos y obligaciones inherentes a las actividades de Exploración, Evaluación, Desarrollo y Producción.

En este sentido, uno de los informes claves para acometer la tarea anterior, corresponde al informe técnico anual (ITA), el cual debe contener información geológica, geofísica y de ingeniería, acompañada de cartografía que permita hacer seguimiento a las actividades que se adelantan en el periodo del reporte en cumplimiento de los compromisos pactados. Según la circular 0007 de 2022 de la ANH, este documento debe estar acompañado de documentos cartográficos de conformidad a las especificaciones técnicas definidas en esta circular, y particularmente exige la presentación de información espacial en un modelo de datos implementado en formato Geodatabase.

Las bases de datos se definen como un conjunto de datos que están organizados atendiendo una estructura de datos. Cada base de datos ha sido diseñada para satisfacer los requisitos de información de una empresa, considerando que es el principal activo estratégico a la hora de tomar una decisión de negocio. (Marqués, A. M, 2011).

Por esta razón, Frontera Energy Corp. es consciente de la importancia de contar con un mecanismo que le permita recopilar, organizar y gestionar la información generada en cumplimiento de las actividades asociadas a los Contratos de Exploración y Producción suscritos con la ANH en una base de datos corporativa, y que a su vez, brinde la posibilidad de generar cartografía temática de calidad, confiable y de manera eficiente. De modo semejante, permita cumplir con los requerimientos establecidos por la entidad competente, en este caso específico, la generación de información geográfica y cartográfica de los yacimientos operados por la compañía con el fin de determinar la asignación de regalías a las entidades territoriales correspondientes.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ANH, al ser la entidad encargada de administrar los recursos de petróleo y gas del país, exige a las compañías operadoras la elaboración de cartografía temática para dar cumplimiento a lo establecido en el decreto 1142 de 2021[1], el cual estableció que esta entidad, teniendo en cuenta la definición del área de un yacimiento productor de hidrocarburos en un campo comercial vigente, señalará mediante resolución, la ubicación geográfica de cada yacimiento productor de un campo y, en el caso que sea compartido por más de una entidad territorial, el porcentaje de participación en la distribución de regalías y compensaciones que corresponda a cada entidad territorial de cada yacimiento yuxtapuesto.

En este sentido, la información cartográfica requerida en el presente decreto deberá ser entregada por la compañía operadora a la ANH o quien haga sus veces en materia de fiscalización, anualmente.

Para abordar dicha obligación, todas las compañías operadoras de los campos en producción deberán entregar, antes del primero (1°) de marzo de cada año, la información cartográfica de cada yacimiento de hidrocarburos en un campo comercial atendiendo las consideraciones y especificaciones técnicas contenidas en la circular 007 de 2022[2] emitida por esta misma entidad.

De acuerdo con lo anterior, para la elaboración de estos mapas se requiere integrar información geológica, geofísica y petrofísica del subsuelo y de la superficie, obtenida de diferentes técnicas. Sin embargo, esta información es almacenada en ficheros por la compañía en servidores de manera independientes entre un departamento y otro, ya que no se cuenta con una base de datos espacial que permita integrar y estructurar toda esta información de manera centralizada. En efecto, la situación actual asociada a la gestión de estos datos impide, por un lado, que se tenga un acceso inmediato a los datos más actualizados y fiables; y por otro, estos pueden ser agregados, modificados o borrados en alguno de estos servidores ocasionando duplicidad e incluso perdida de información.

[1] Por el cual se adiciona y modifica el Decreto 1821 de 2020, Decreto Único Reglamentario del Sistema General de Regalías.

[2] Presentación del Informe Técnico Anual – ITA 2020 establecido en la Resolución 181495 de 2009.

Esta práctica conlleva a que la elaboración de la cartografía requerida resulte ser una tarea dispendiosa y que demanda mucho tiempo por parte de sus productores, al no contar con una solución de gestión que permita integrar, organizar, estructurar y administrar la información espacial de los diferentes campos y bloques que opera Frontera Energy en Colombia, ocasionando pérdida de productividad, permanentes reprocesos de búsqueda, captura y almacenamiento de los datos, perdida de trazabilidad de los datos e incluso producción de cartografía temática que no refleja la realidad operacional de dichos campos, so pena de una sanción.

Por lo anterior, es necesario diseñar e implementar una base de datos espacial corporativa que brinde ventajas de gestión a la compañía y, que adicionalmente, permita satisfacer las necesidades actuales de información espacial de calidad por parte de los usuarios, así como dar cumplimiento contractual y regulatorio en materia de producción cartográfica ante los entes gubernamentales que así lo solicitan.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Apoyar la construcción de una base de datos espacial que integre la información geológica, geofísica y de ingeniería de yacimientos, requerida en la elaboración de mapas estructurales al tope de las formaciones productoras de hidrocarburos de los campos comerciales operados por Frontera Energy en Colombia, en virtud de la expedición del decreto 1142 de 2021 y la circular ANH No. 007 de 2022.

3.2 Objetivos Específicos

1. Conceptualizar y analizar las necesidades, requerimientos y restricciones de información necesaria para la elaboración de mapas estructurales de conformidad al decreto 1142 de 2021 y la circular 007 de 2022.

2. Diseñar la estructura conceptual, lógica y física de la base de datos espacial que atienda las necesidades de información del proyecto.

3. Implementar la base de datos espacial sobre el motor de base de datos SQL Server a partir de las consideraciones establecidas en la fase diseño.

4. Verificar la funcionalidad de la base de datos espacial y la calidad de la información almacenada mediante una prueba piloto, incorporando una estrategia de validación que permita comprobar el cumplimiento de la circular y la normatividad vigente asociada a la calidad de datos geográficos.

4 JUSTIFICACIÓN

Las bases de datos permiten que la información espacial se tenga con mayor disponibilidad, garantizan una alta interoperabilidad, ofrecen información cartográfica ordenada y jerarquizada, alto control del tipo de dato a introducir, así como de su formato, no acepta duplicidad de información, permite restringir los datos utilizando dominios para así disminuir errores en atributos, permite utilizar y almacenar reglas de topología, e incluso programar reglas propias.

Para la compañía es muy importante tener datos actualizados, confiables y organizados para generar cartografía calificada y lograr cumplir con los requerimientos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, en este caso específico la generación de mapas que permitan la definición del área de yacimientos de hidrocarburos para determinar el porcentaje de participación en regalías y compensaciones generadas por la producción de un yacimiento ubicado en dos o más entidades territoriales.

Según la Contraloría General de la Republica las empresas del sector hidrocarburos y Minería entregan al estado entre el 8% y el 25% del valor de su producción mediante la destinación de regalías, que de acuerdo con la ANH son la contraprestación económica a favor del Estado por la explotación de recursos no renovables, como petróleo y gas, que se le otorgan a provincias y municipios en cuyo territorio se adelantan explotaciones, y a los puertos por donde se transportan dichos recursos. (Contraloría General de la República, 2019).

Estos recursos contribuyen a las finanzas locales y a la inversión social, pues buscan el mejoramiento de la calidad de vida ya que están direccionadas a la inversión en salud, educación y saneamiento.

5 MARCO DE REFERENCIA

5.1 Marco Teórico

Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica son paquetes informáticos diseñados para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y visualizar datos georreferenciados geográficamente. Un SIG no guarda la información de un mapa/plano de forma convencional, sino que almacena los datos para crear la representación adecuada a un propósito específico, la capacidad de crear relaciones topológicas entre entidades graficas es posiblemente el elemento característico fundamental de los SIG, cuenta con la función de tener un sistema de acceso selectivo, por ejemplo, mediante lenguaje SQL, un sistema de generación de cartografía automática a partir de consultas y simulaciones. (Ana Segui, et al., 2012).

Los SIG constan de una base de datos espacial y de un sistema de representación gráfica. Los mapas son posiblemente una de las bases de datos más utilizadas en nuestros días. En un mapa es posible asociar una localidad con múltiples fenómenos naturales y humanos. El mapear el objeto de estudio es esencial para entender tanto su distribución espacial como las interrelaciones entre dicha variable y su ambiente. La cartografía permite al individuo localizar, explorar, administrar y apoyar actividades de producción. (Fallas, 2003)

Según el IGAC (1998) la cartografía es una técnica racional e intelectual, que no sólo avanza y profundiza en sus conceptos, métodos de construcción y representación gráfica como mapas, diagramas, cartogramas, sino que trasciende el uso de un vocabulario no científico para adoptar una terminología especializada.

El concepto de información espacial corresponde a la necesidad humana creciente y cada vez mayor de obtener información de fácil acceso. El desarrollo tecnológico de los computadores y de las comunicaciones, evolucionando de manera vertiginosa, ofrecen afortunadamente, de manera ideal, el potencial de satisfacer las necesidades de información en cualquier momento, en cualquier lugar y en cualquier formato.

En otras palabras, los avances tecnológicos permiten la adquisición, integración, modelamiento, análisis, manejo y suministro de información acerca de la superficie terrestre, recursos, así como de las complejidades que resultan de la interacción del hombre con el ambiente. (Mora-Páez & Jaramillo, 2003).

La implementación de Sistemas de Información Geográfica facilita y orienta la toma de decisiones en el territorio, además son la base para generar cambios sociales, económicos, y ambientales en la población; por esto la creación de las bases de datos espaciales y modelos de almacenamiento de datos cartográficos como pilar de la estructuración de la información son de suma importancia para garantizar la eficiencia, precisión y asertividad en la transformación de los datos para su divulgación (Velasquez,2020).

Base de datos espacial

La base de datos geográfica se define como una colección de datos acerca de objetos ubicados en un área de interés sobre la superficie de la tierra, es decir, de objetos con una localización geográfica, estos objetos se organizan de tal manera que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones y en cuya organización están los datos y las relaciones que existen entre ellos con el fin de garantizar una redundancia mínima y controlada de la información

Las bases de datos espaciales permiten que la información espacial se tenga con mayor disponibilidad, garantizan una alta interoperabilidad, ofrecen información cartográfica ordenada y jerarquizada, alto control del tipo de dato a introducir, así como de su formato, no acepta duplicidad de información, permite restringir los datos utilizando dominios para así disminuir errores en atributos, permite utilizar y almacenar reglas de topología, e incluso programar reglas propias.

Como se ve, la aplicación de las bases de datos espaciales es inmensa y se encuentran en todo nivel, no hace diferencia del tipo de organización ya sea pública o privada, del tamaño de la empresa ya sea una microempresa o una gran corporación; bases de datos se aplican en todas las áreas del conocimiento humano y justamente es eso "conocimiento" registrado o almacenado en un medio ya sea físico o magnético. (Industrial Data, 2003)

Por ejemplo, en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se han desarrollado varios proyectos cuya finalidad es el diseño, construcción, administración o actualización de una base de datos espacial cada uno enfocado en un área en específico, como lo es el ordenamiento territorial, el censo poblacional, restituciones fotogramétricas para generar cartografía básica, geo visores web, entre otros. Esto nos permite afirmar que las capacidades y conocimientos adquiridos en el desarrollo del programa de ingeniería catastral y geodesia son aplicables en cualquier campo en que se requiera información espacial, organizar información, aplicar normatividad y orientar las actividades a desarrollar hacia un objetivo específico.

Existen factores que se deben tener en cuenta en la fase de proyectar y realizar una base de datos espacial, factores de notable interés conceptual sobre todo si se ve la planificación de una base de datos espacial como el momento de construcción y organización de la realidad en términos de entidad y de su interrelación, pues debe contemplar al menos las siguientes características (Trentin, 1992):

- Estar completamente integrado (no solo contemplar un conjunto de datos sino ponerlos en relación entre ellos).
- Asegurar que se cuente con acceso a la información de una manera fácil y rápida
- Asegurar una completa gestión de los datos; permitir un acceso competente a la información
- Asegurar la privacidad de la información.

El Proceso del Diseño: El proceso de diseño consta de los siguientes pasos:

- Determinar el propósito de la base de datos espacial.
- Buscar y organizar la información necesaria: Recopilar todos los tipos de información que podría querer registrar en la base de datos espacial.
- Dividir la información en tablas: Dividir los elementos de información en entidades principales o temas, cada tema se convierte en una tabla.
- Convertir los elementos de información en columnas: Decidir qué información se quiere almacenar en cada tabla. Cada elemento se convierte en un campo y se muestra como una columna en la tabla.

- Especificar las claves principales la clave principal es una columna que se usa para identificar cada fila.
- Establecer las relaciones de tablas: Buscar en cada tabla y decidir cómo se relacionan los datos en una tabla con los datos de otras tablas.
- Aplicar las reglas de normalización: Aplicar las reglas de normalización de datos para ver si las tablas están estructuradas correctamente.

Sistema Gestor de Base de Datos

Por otra parte, el sistema de gestión de la base de datos (SGBD) es una aplicación que permite a los usuarios definir, crear y mantener la base de datos, además de proporcionar un acceso controlado a la misma. Se denomina sistema de bases de datos al conjunto formado por la base de datos, el SGBD y los programas de aplicación que dan servicio a la empresa u organización El SGBD permite la definición de la base de datos mediante un lenguaje de definición de datos. Este lenguaje permite especificar la estructura y el tipo de los datos, así como las restricciones sobre los datos. (Cloudflare.,n.d., Chapter 1.5)

El administrador de una base de datos espacial permite controlar los datos, recuperarlos, ordenarlos, analizarlos, resumirlos y elaborar informes. La base de datos espacial puede combinar datos de varios archivos, por lo que nunca habrá que introducir dos veces la misma información. Incluso puede contribuir a que la entrada de datos sea más eficaz y precisa. (Gómez Fuentes, 2013).

El objetivo principal de un sistema de administración de bases de datos es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos de manera que sea tanto práctica como eficiente. Los SGBD se diseñan para gestionar grandes cantidades de información. La gestión de los datos implica tanto la definición de estructuras para almacenar la información como la provisión de mecanismos para la manipulación de la información. Además, los sistemas de bases de datos deben proporcionar la fiabilidad de la información almacenada, a pesar de las caídas del sistema o los intentos de acceso sin autorización. Si los datos van a ser compartidos entre varios usuarios, el sistema debe evitar posibles datos contradictorios. (Mora-Páez & Jaramillo, 2003).

Cartografía

La cartografía ha desempeñado un papel fundamental a lo largo de la historia de la Humanidad. En el Siglo XX los mapas aunados a la tecnología de los sistemas de información geográfica son excelentes herramientas que nos permiten comparar, escoger y tomar decisiones basados en información actualizada e integral. El diseño, producción y uso de un mapa como forma de comunicación conforma lo que se conoce como proceso cartográfico. (Fallas, 2003).

Más concretamente, el proceso cartográfico conlleva cuatro etapas o subprocesos, a saber.

- Recogida de los datos.
- Manipulación y generalización de los datos para diseñar y construir el mapa.
- Visualización del mapa.
- Interpretación de la información.

Existen muchos tipos de mapas y muchas formas de clasificarlos. Una clasificación especialmente relevante es la que divide a estos en dos grupos cartográficos principales en función del tipo de información que aporten: cartografía base, también denominada fundamental o topográfica, y cartografía temática. (Olaya, 2020)

La cartografía base representa el tipo de mapa que originalmente era el objeto principal de la cartografía, cuando lo primordial era recoger con precisión qué había sobre la Tierra, documentando a través del documento cartográfico las características físicas de esta. Este tipo de cartografía requiere de medidas precisas y se basa fundamentalmente en el trabajo de la topografía para obtener la información necesaria que posteriormente se plasma sobre el mapa. (Olaya, 2020)

La cartografía temática se centra en la representación de un tema concreto (una variable espacial dada), pudiendo ser esta de cualquier índole: física, social, política, cultural, etc. La cartografía temática se apoya en la cartografía base, ya que esta se incluye también en los mapas temáticos para facilitar la comprensión del comportamiento espacial de la variable representada y ubicar está en un contexto geográfico dentro del propio mapa. (Olaya, 2020).

En el campo de los hidrocarburos también son necesarios los mapas, pues según el Decreto 1142 de 20211, para efectos de determinar el porcentaje de participación en regalías y compensaciones generadas por la producción de un yacimiento ubicado en dos o más entidades territoriales se requieren mapas estructurales del yacimiento proyectado verticalmente, mapa de la división político-administrativa establecida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de las entidades territoriales involucradas en la distribución del yacimiento, mapa de superposición de los mapas anteriormente referidos y el señalamiento en kilómetros cuadrados (km2) y porcentual del área del yacimiento que corresponde a cada entidad territorial, los cuales son los resultados esperados con la realización de la pasantía.

5.2 Marco Conceptual

- **Hidrocarburos:** Compuestos orgánicos constituidos principalmente por la combinación natural de carbono e hidrógeno, así como también de aquellas sustancias que los acompañan o se derivan de ellos.

- **Contrato de Exploración Y Producción (E&P**): Otorga el derecho exclusivo a explorar y explotar los hidrocarburos de un área, dentro de periodos determinados, bajo condiciones específicas, a costo y riesgo del contratista, a cambio del pago de regalías. (Ministerio de Minas y Energía, 2018)

- **Operador:** Será quien haya demostrado ante la ANH la capacidad jurídica, técnica, operacional y financiera, de conformidad con los reglamentos de contratación de la ANH y haya sido aprobado por ésta para llevar a cabo las Operaciones de Exploración, Evaluación, Desarrollo y Producción. (ANH,2022)

- **Yacimiento Convencional de Hidrocarburos:** Formación rocosa donde ocurren acumulaciones de hidrocarburos en trampas estratigráficas y/o estructurales. Está limitado por barreras geológicas, tales como estratos impermeables, condiciones estructurales y agua en las formaciones, y se encuentra efectivamente aislado de cualquier yacimiento que pueda estar presente en la misma área o estructura geológica. (Decreto 1142, 2021)

- **Área del Yacimiento de Hidrocarburos:** Es el área procedente del mapa estructural o de curvas de isonivel al tope de la formación productora de un yacimiento de hidrocarburos, delimitada por los bordes de la trampa la cual está definida por el nivel de contacto agua-hidrocarburos hallado o el nivel más bajo conocido de hidrocarburos, fallas, plegamientos, cambios de facies, roca sello o cualquier otro evento geológico que no permita la transferencia de fluidos a través de él. (Decreto 1142, 2021)

- **Campo:** Cuando se trate de producción de hidrocarburos, se entenderá como el área en cuyo subsuelo existen uno o más yacimientos. (Decreto 1142, 2021)

- **Mapa Estructural**: Un tipo de mapa del subsuelo cuyas curvas de contorno representan la elevación de una determinada formación, yacimiento o marcador geológico en el espacio, de modo que los pliegues, fallas y otras estructuras geológicas es se muestran con claridad. (Schlumberger, 2022).

- **Curva de Contorno:** Una línea de un mapa que representa un valor constante del parámetro mapeado. Se trazan normalmente en los mapas para representar la configuración estructural de la superficie terrestre o de las formaciones del subsuelo. (Schlumberger, 2022).

- **Falla Geológica**: Deformación de las rocas caracterizada por presentar una discontinuidad en la capa de las rocas, cuando son sometidas a grandes esfuerzos. Es una fractura en la corteza terrestre donde los bloques rocosos se mueven en direcciones opuestas. (ANH, 2009).

- **Pozo**: Perforación para el proceso de búsqueda o producción de petróleo crudo gas natural o para proporcionar servicios relacionados con los mismos. («Glosario de Términos Petroleros», 2015).

- **Contacto de fluidos:** La interface que separa los fluidos de densidades diferentes presentes en un yacimiento. (Schlumberger, 2022).

5.3 Marco Normativo

- **Decreto 1142 de 2021.** Por el cual se adiciona y modifica el Decreto 1821 de 2020, decreto único reglamentario del sistema general de regalías**.**

- **Circular 007 de 2022:** Presentación del informe técnico anual – ITA 2020 establecido en la resolución 181495 de 2009**.**

- **ISO 19113:** Establece principios para describir la calidad de datos y conceptos geográficos para el manejo de la información de calidad para los datos geográficos. Con lo anterior se busca establecer métodos que faciliten la selección de información acorde a las necesidades del usuario. Esta norma fomenta la distribución, intercambio y uso de conjuntos de datos geográficos adecuados. Define los parámetros para medir la calidad de los datos (integridad, consistencia lógica, exactitud posicional, exactitud temporal y exactitud temática.)

- **ISO 19114**: Proporciona un marco de procedimientos para determinar y evaluar la calidad aplicable a los conjuntos de datos geográficos digitales, en forma consistente con los principios de calidad de datos que se definen en la ISO 19113. Ofrece una guía para la elaboración de reportes de información de calidad, así como los procesos de evaluación de calidad.

- **ISO 19115:** Proporciona una estructura para describir y documentar los datos geográficos digitales. Define estructura, elementos, terminología, procedimientos y demás de los metadatos. Define el esquema requerido para describir la información y servicios geográficos. Define la aplicabilidad de los metadatos y las posibles agrupaciones.

6 ALCANCES Y LIMITACIONES

6.1 ALCANCE TÉCNICO

Se implementará una base de datos espacial corporativa en el motor de base de datos SQL Server sobre el cual se pretende administrar, estructurar e integrar la información georreferenciada requerida en la elaboración de los mapas estructurales al tope de las unidades productoras de hidrocarburos de conformidad al decreto 1142 de 2021 que reglamenta la determinación de la participación de las distribuciones de regalías generadas por la producción de campos comerciales en las entidades territoriales que se superponen con éstos; y a la circular 007 del 03 de febrero de 2022 emitida por la ANH, mediante la cual se definen las especificaciones para la entrega de la información geográfica y cartográfica a tenor del mencionado decreto.

6.2 ALCANCE TEMÁTICO

La información geográfica que estará contenida en la base de datos propuesta esta referida a las siguientes fuentes de datos:

- Datos obtenidos de estudios geofísicos (Interpretación sísmica, mapeo de la estructura y el sistema de fallas.)
- Datos obtenidos de estudios petrofísicos (Interpretación de los contactos de fluidos, análisis de producción de pozos).
- Datos obtenidos de operaciones de pozos (planeación, perforación y abandono de pozos).
- Datos obtenidos de los modelos geológicos de los yacimientos.
- Documentación técnica y asuntos regulatorios ante la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), asociado a resoluciones de inicio de explotación de los campos, áreas contratadas, áreas de producción.

- Datos provenientes de la cartografía base para Colombia dispuesta por el IGAC, para establecer los porcentajes de participación de cada ente territorial cuando se superponga con algún yacimiento.

6.3 ALCANCE ESPACIAL

Como prueba piloto para el desarrollo del proyecto se tomará un contrato de exploración y producción de hidrocarburos (E&P) de un bloque operado por la compañía compuesto por 6 campos comerciales, localizado en la cuenca sedimentaria de los llanos orientales de Colombia, en el departamento del Casanare, en jurisdicción municipal de Orocué con un área aproximada de cuatro mil ochenta y tres (4.083) hectáreas

6.4 ALCANCE TEMPORAL

El proyecto contempla abordar la estructuración de la información petrotécnica georreferenciada generada durante el año 2022 en cada uno de los campos del contrato de exploración y producción de hidrocarburos (E&P) operado por la compañía.

6.5 LIMITACIONES

Debido al tiempo con el que se cuenta para la realización del proyecto, el no contar con la información completa que se requiere para dar cumplimiento a los requerimientos dispuestos en la circular 007 del 19 de febrero de 2022 y el decreto 1142 de 2021, se advierte como la principal limitación de este proyecto. Así mismo, una eventual indisponibilidad de la tecnología requerida en el proyecto asociado a limitaciones de hardware, de sistema operativo y el software básico para la implementación de la base de datos espacial.

7 METODOLOGÍA

Se plantea que el proyecto se desarrolle en un periodo aproximado de 12 semanas para el cumplimiento de los objetivos anteriormente descritos. Para ello se establecen las siguientes y fases:

1. **CONCEPTUALIZACIÓN:** Esta etapa debe permitir obtener los requisitos y las restricciones de los datos espaciales asociados al problema o universo de discurso. Para esto, en primera instancia, se realiza la identificación y obtención de requerimientos de usuario (expectativas, las necesidades y los objetivos de los futuros usuarios de la base de datos). Posteriormente se procede a la identificación (abstracción) de los objetos geográficos que satisfarán dichas necesidades. Finalmente se inicia la recopilación y organización de la información georreferenciada disponible o que vaya a ser capturada en el proceso, para luego ser almacenada en la base de datos espacial.

2. **DISEÑO**: En esta fase se establecen el conjunto de entidades que van a participar dentro de la base de datos espacial. Por cada entidad se determina el conjunto de atributos o características correspondientes, así como sus dominios, restricciones y correspondencias. De este modo, se inicia con el diseño conceptual, el cual parte de las especificaciones de requisitos de usuario. Mediante el esquema Entidad-Relación (E-R) se pretende elaborar una descripción de alto nivel de la estructura de la base de datos, para determinar el modo de almacenar, organizar y manipular los datos geográficos.

   Posteriormente se realizará el diseño lógico. En esta etapa se parte del diseño conceptual desarrollado en el proceso anterior y se obtiene un diseño lógico de la futura base de datos espacial. En esta transformación se ajusta el modelo E-R considerando el sistema gestor de base de datos (SGBD) en el que se quiere implementar la base de datos. Para este proceso se elabora el modelo relacional, obteniéndose el conjunto de relaciones con sus atributos, sus claves primarias y sus claves foráneas correspondientes, que constituye grosso modo la estructura de la información requerida en el proyecto.

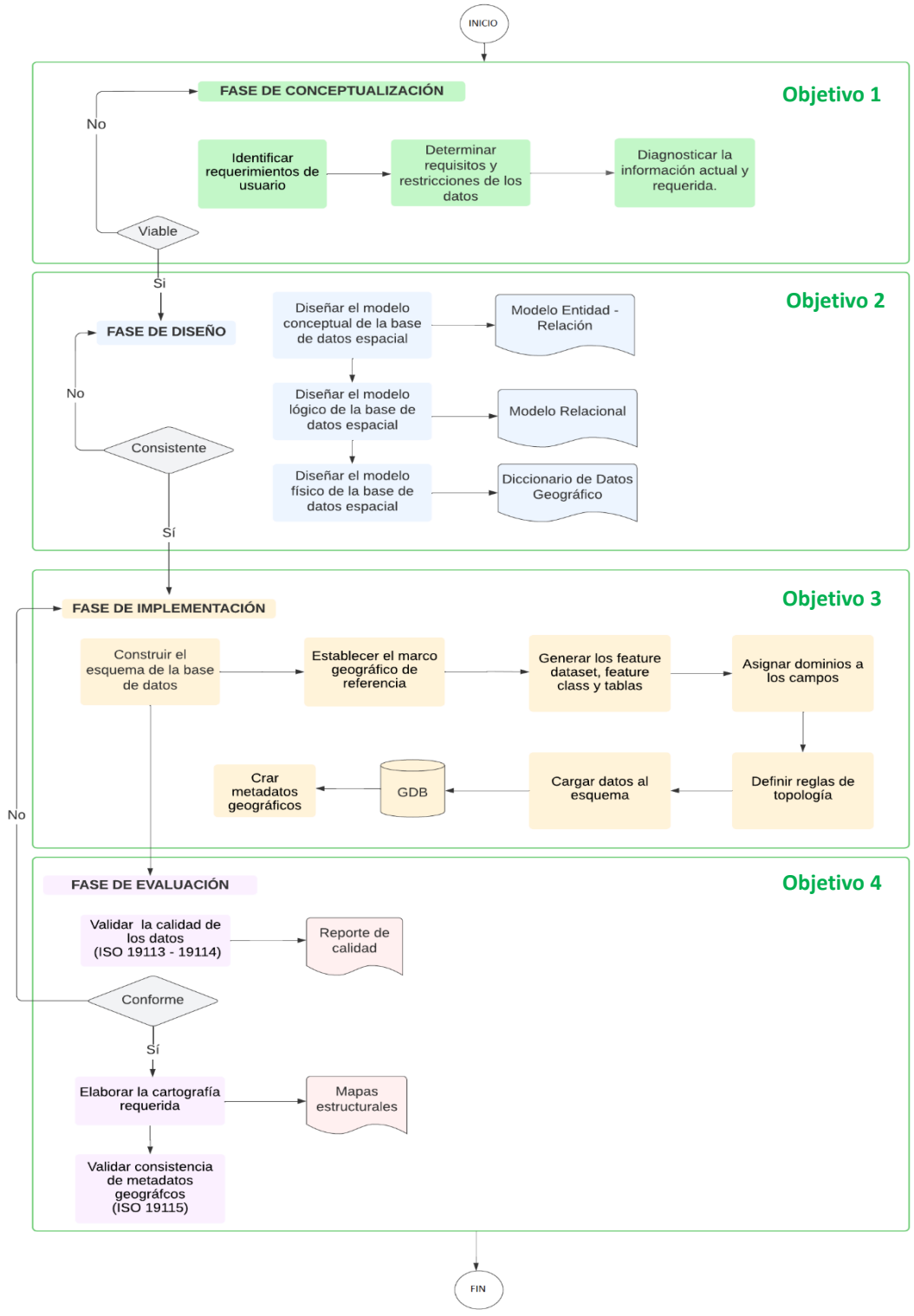
Finalmente, en el diseño físico, se busca adaptar el esquema lógico obtenido en el paso anterior, teniendo presentes las características del motor de base de datos SQL Server dónde se implantará. La transformación del modelo lógico obtenido del proceso anterior en el modelo físico se plantea a partir de la creación del diccionario de datos geográfico en el que se establece la descripción de las entidades, sus atributos, los tipos de datos utilizados, las propiedades topológicas, entre otros.

3. **IMPLEMENTACIÓN**: En esta fase se pretende construir el esquema de la base de datos, esto es a través de la definición del marco geográfico de referencia, la generación de los *feature datasets*, *feature classes* y tablas, la creación y asignación de dominios a los campos de las tablas en la geodatabase y las reglas de topología que se van a utilizar. Así mismo, se procede a poblar el esquema mediante la carga de datos en el motor de base de datos SQL Server.

4. **EVALUACIÓN**: Para esta fase se propone llevar a cabo un proceso de validación del rendimiento, funcionalidad y la calidad de la base de datos espacial. En este sentido, esta fase estará dividida en dos actividades principales: La primera consiste en realizar la verificación de la calidad de los datos espaciales teniendo en cuenta la normatividad vigente.

   Finalmente, el segundo proceso consistirá en la implementación real mediante una prueba piloto en la cual se plantea la elaboración de los mapas estructurales requeridos de conformidad con las especificaciones técnicas descritas en la circular 007 de 2022 expedida por la ANH, para un contrato E&P compuesto por 6 campos comerciales. Estos mapas serán construidos a partir de la información contenida en la base de datos, una vez validada la calidad de estos.

Ilustración 1. Metodología del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia

8 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

8.1 Diseño de la Base de Datos Espacial

La construcción de la base de datos espacial que cumpla con los lineamientos definidos por la Agencia Nacional de Hidrocarburos para la entrega de información espacial descritos en la Circular 007 de 2021, implica un proceso de abstracción del mundo real para poder llegar a una representación simplificada que pueda ser procesada por el sistema gestor de bases de datos (SGBD), el cual, tiene la capacidad de manipular eficientemente grandes cantidades de información que incluye datos espaciales y temáticos de forma conjunta.

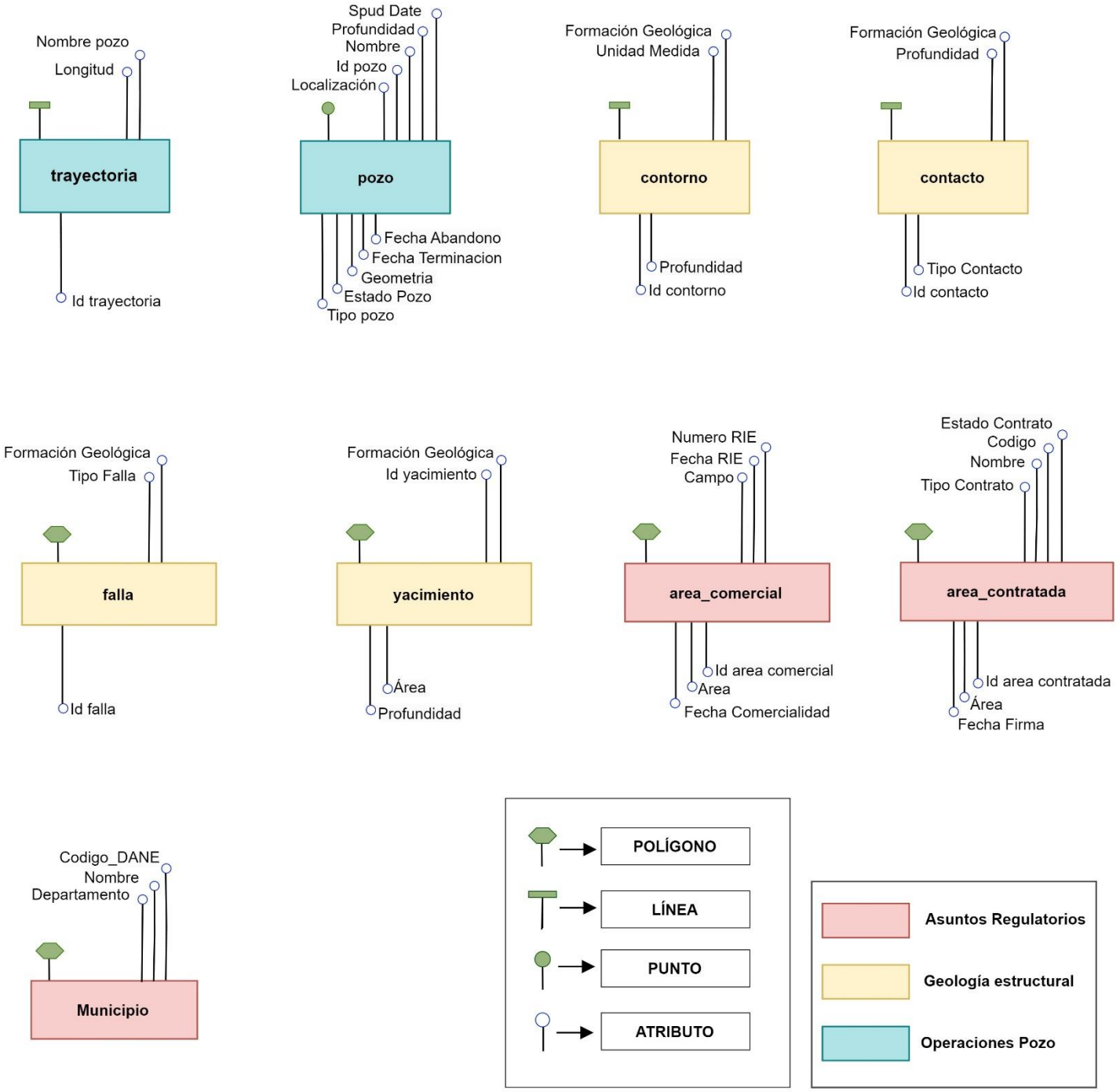
Para la creación de un sistema en general, se necesita una metodología o cumplir con una serie de etapas que permitan establecer un orden al proceso y de esta forma minimizar los errores que se puedan presentar en la construcción del mismo. Todo esto se realiza con el fin de obtener una adecuada compresión de la necesidad de la compañía que debe ser satisfecha, teniendo en cuenta la información con la que se cuenta y la que es requerida.

8.1.1 Diseño Conceptual

Este proceso de abstracción comienza con la identificación de objetos del mundo real y representación formal en entidades u objetos geográficos; en esta etapa, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan aquellos que se desean incluir.

Para este caso específico se seleccionaron 9 entidades según tres grupos; en el primero operaciones pozo; en el que se incluyen pozos y sus respectivas trayectorias, el segundo grupo corresponde a las entidades de geología estructural contornos, contactos, fallas, y yacimiento; finalmente en el último grupo de asuntos regulatorios se encuentran los municipios, área contratada y área comercial, tal y como se muestran en la *Ilustración 2*. Estos objetos se consideraron teniendo en cuenta que son los necesarios para la elaboración de los mapas estructurales requeridos por la compañía.

Ilustración 2. Diseño Conceptual



Fuente: Elaboración Propia

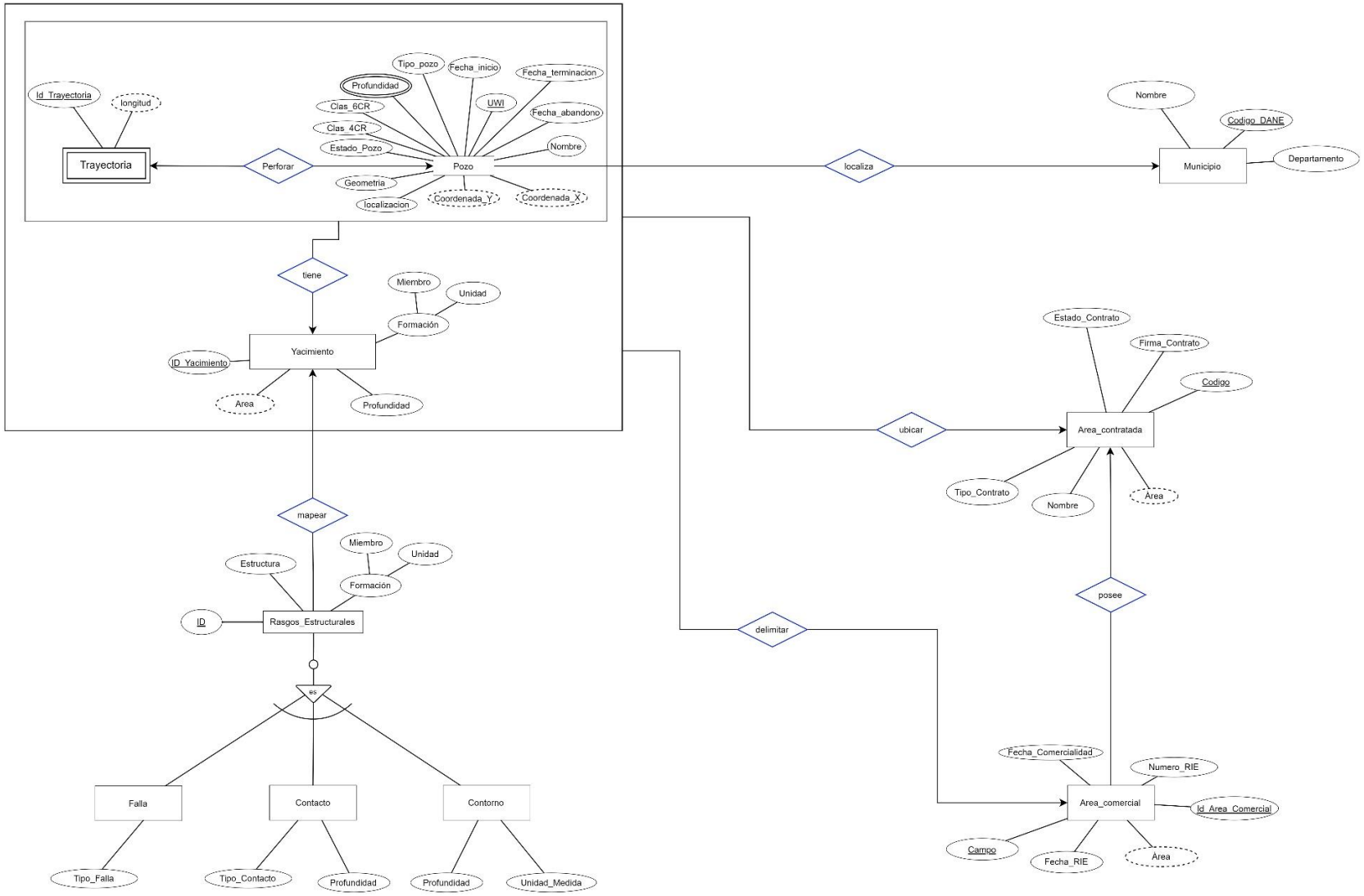
En la Ilustración 3 se plantea el Modelo Entidad – Relación del proyecto, en el que se representan entidades u objetos los cuales tienen asociados atributos o características que nos brindan información sobre dicha entidad, de igual forma este modelo permite identificar la manera en que estas se relacionan entre sí, por lo cual, se considera la base para la construcción de la base de datos espacial.

En dicho modelo se establecen 10 entidades que permiten describir el negocio, empezando por el área contratada, la cual corresponde a la porción de área en la que se otorga el derecho exclusivo a explorar y explotar los hidrocarburos, está a su vez, posee áreas comerciales, en donde se delimitan uno o más yacimientos descubiertos que se han decidido explotar comercialmente, estos yacimientos corresponden a una concentración de hidrocarburos en el subsuelo, por lo que allí, se tienen pozos localizados en un municipio especifico y que son perforados teniendo en cuenta una trayectoria, finalmente, para poder delimitar esta estructura se tienen en cuenta las fallas, contactos y contornos que son plasmados en un mapa.

Para el diseño del modelo se estableció la cardinalidad de cada una de las relaciones, la entidad trayectoria se definió como entidad débil ya su existencia depende de la existencia del pozo correspondiente; se definieron dos agrupaciones que permiten relacionar las entidades trayectoria, pozo y yacimiento con el área contratada, también se presenta una generalización total y disjunta en la que entidad superclase corresponde a los rasgos estructurales y las entidades subclase son falla, contorno y contacto.

Así mismo, se identificaron las llaves primarias de cada una de las entidades, se establecieron atributos derivados, compuestos y multivalorados que permiten representarlos de manera fiel a la realidad.

Ilustración 3. Modelo Entidad - Relación



Fuente: Elaboración Propia

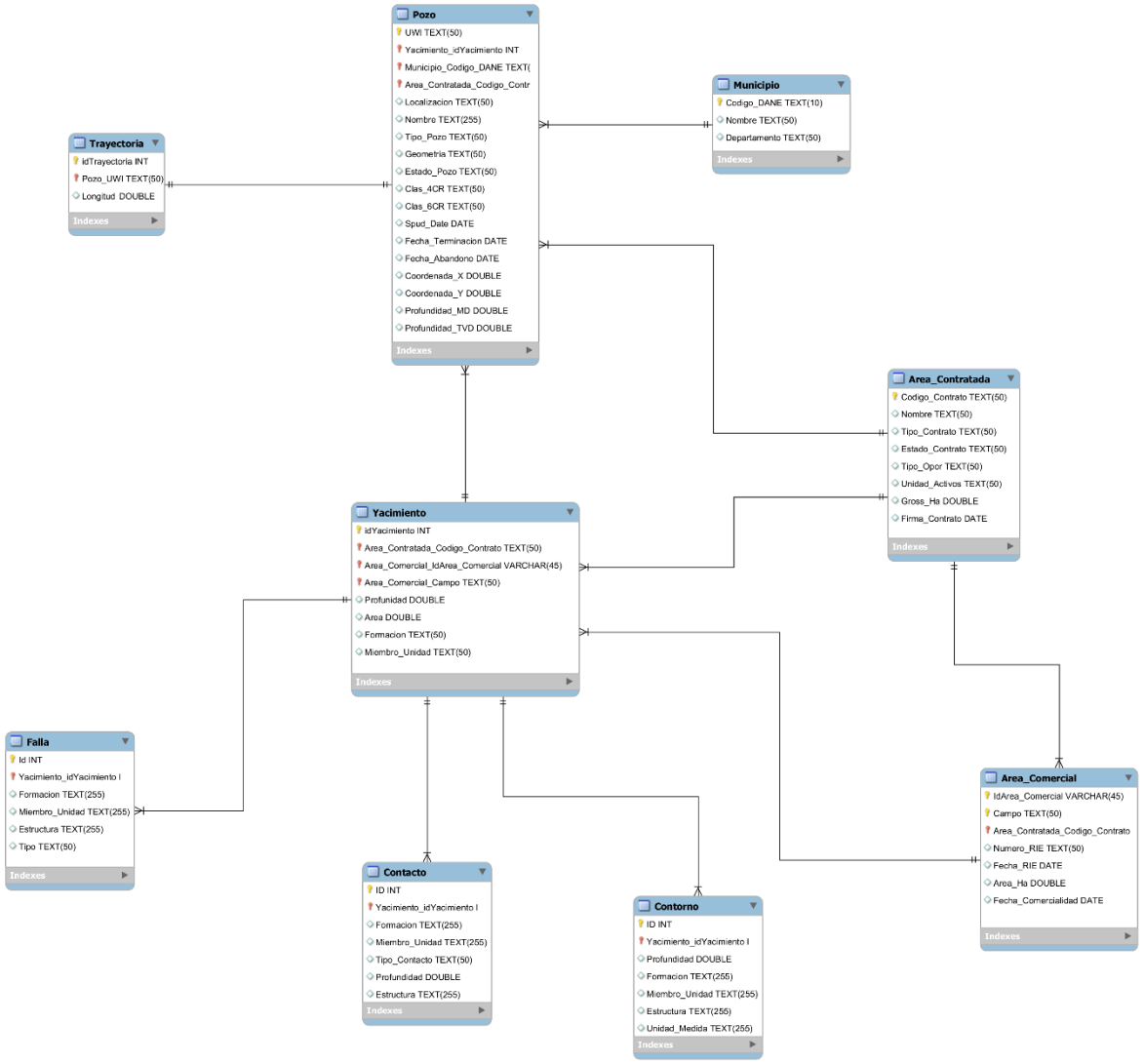
8.1.2 Diseño Lógico

El diseño lógico se crea a partir del modelo Entidad – Relación obtenido en el diseño conceptual, un modelo de datos lógicos describe los datos con el mayor detalle posible, independientemente de cómo se implementarán físicamente en la base de datos. Este modelo está basado en que todos los datos están almacenados en tablas (entidades/relaciones) y cada una de estas es un conjunto de datos, por tanto, una base de datos es un conjunto de relaciones.

Para convertir el modelo entidad relación (ER) en tablas, se requiere de una depuración lógica y la aplicación de restricciones de integridad. Para realizar este modelo, se incluyeron todas las entidades y relaciones entre ellos, los atributos para cada entidad están especificados, la clave principal para cada entidad está definida, así como las claves foráneas (claves que identifican la relación entre diferentes entidades), la cardinalidad de las relaciones y los tipos de datos.

A continuación, en la *Ilustración 4* se presenta el modelo relacional de la base de datos, allí se puede observar que finalmente se obtienen 9 entidades (tablas), ya que en la generalización definida en el modelo E-R, se crean 3 tablas, una por cada subclase, y estas heredan los atributos de la entidad superclase, el atributo profundidad que inicialmente se estableció como multivalorado, en el modelo relacional se definen los dos tipos de profundidades asociadas al pozo dentro de la misma tabla, se establecen los tipos de datos para cada uno de los atributos y se utilizan las llaves foráneas para permitir que las relaciones sigan expresando de forma fiel la realidad y su estructura continúe siendo fácil de comprender para los usuarios.

Ilustración 4. Modelo Relacional



Fuente: Elaboración Propia

8.1.3 Diseño Físico

El modelo físico de la base de datos corresponde al diccionario de datos o catálogo de objetos, el cual es un instrumento que mejora la comunicación con los usuarios por medio de un lenguaje común, permitiendo así que la información pueda ser interpretada y utilizada con mayor facilidad. En él se exponen definiciones, atributos, dominios y relaciones de cada uno de los objetos geográficos que se incluyen en la base de datos espacial.

Para este caso se utilizó como referente la "Plantilla para elaboración de un catálogo de objetos" de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales.

Tabla 1. Diccionario de datos

1. Catálogo de Objetos Geográfico para la generación de una Base de Datos de Información Geológica del Petróleo.

1.1. Nombre. (O)

Catálogo de Objetos Geográfico de Información Geológica del Petróleo.

1.2. Alcance. (O)

Este catálogo de objetos se utilizará para gestionar las capas temáticas producidas para la elaboración de mapas estructurales al tope de las formaciones productoras de hidrocarburos de los campos comerciales operados por Frontera Energy en Colombia, en virtud de la expedición del decreto 1142 de 2021 y la circular ANH No. 007 de 2022, que se llevaran a una Base de Datos Espacial.

1.3. Versión. (O)

Versión 1.0

1.4. Fecha. (O/R)

Creación: 01 de febrero de 2022

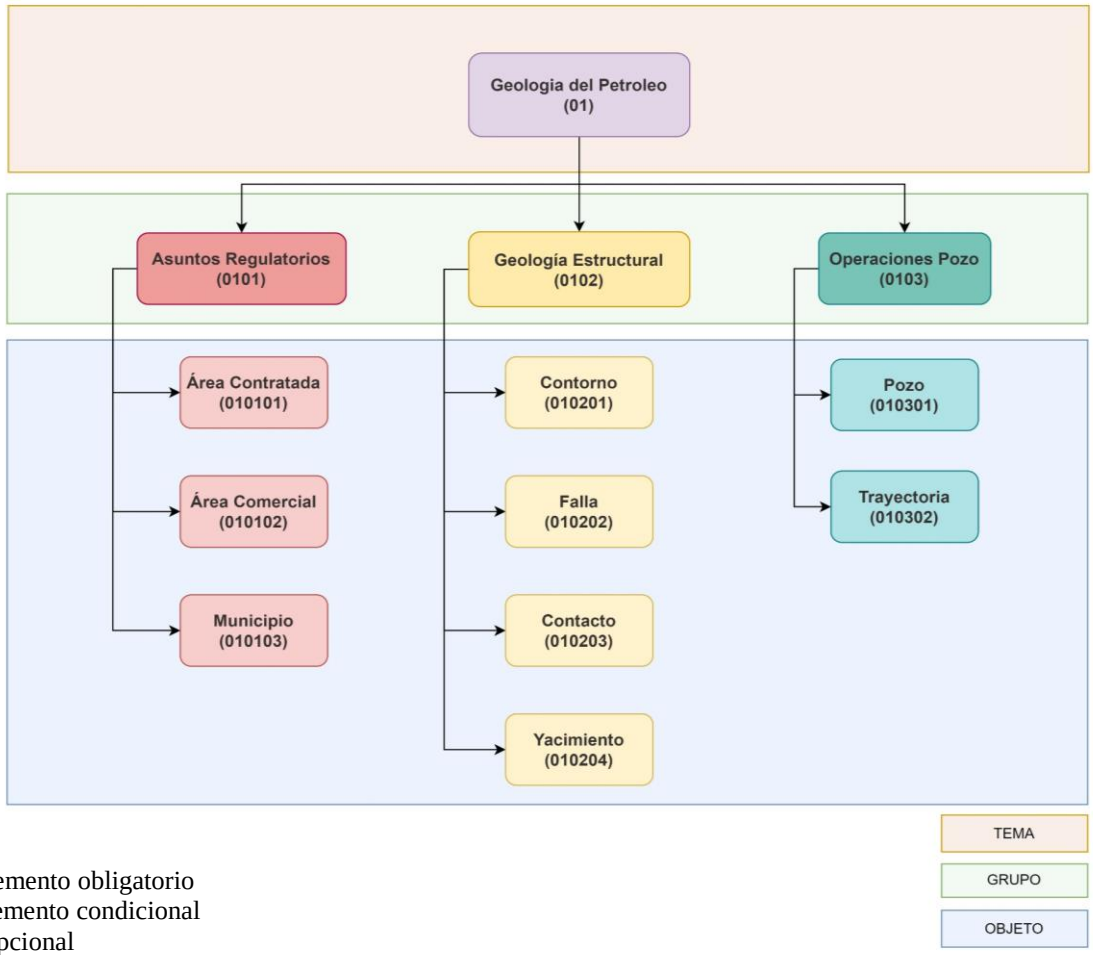
1.5. Productor (O)

Entidad	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Ciudad	Bogotá D.C.
Cargo	Estudiante aspirante al título de Ingeniera Catastral y Geodesta	Departamento	Cundinamarca
Tipo de rol	Propietario	País	Colombia
Dirección	Calle 66D 65N 14	Teléfono	3197420878

1.6. Idioma. (O)

Español – Colombia

Ilustración 5. Catálogo de Objetos



(O): Elemento obligatorio
(C): Elemento condicional
(op): Opcional

Fuente: Elaboración Propia

2. Tema. Geología del Petróleo

Código (O)	01
Definición (O)	Incluye todos los aspectos relacionados con la formación de yacimientos petrolíferos y su prospección. Analiza las estructuras geológicas y capas estratigráficas que permiten que se formen acumulaciones de petróleo en el subsuelo (trampas y sellos).
Alias (O)	Geología del petróleo
Grupos (O)	Asuntos Regulatorios Geología Estructural Operaciones Pozo

3. Grupo. Asuntos Regulatorios

Código (O)	0101
Definición (O)	Zonas en las que se definen límites geográficos para que a través de la celebración de contratos entre compañías operadoras y la Agencia Nacional de Hidrocarburos se permita exploración y producción de hidrocarburos.
Alias (O)	Área de Negocio
Objetos (O)	• Área contratada • Área Comercial • Municipio

3.1. Área Contratada

Nombre (O)	Área Contratada
Código (O)	010101
Definición (O)	Superficie y proyección en el subsuelo, en la que el contratista está habilitado paraefectuar operaciones de evaluación, explotación y producción de hidrocarburos.
Alias (O)	Bloque
Geometría	Polígono

3.1.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
Codigo_Contrato	Código	010101001	Código establecido para identificar el contrato de E&P	Texto	N/A	0…N	N/A
Nombre	Bloque	010101002	Nombre del Contrato de E&P	Texto	N/A	1	N/A
Tipo_Contrato	Tipo	010101003	Indica el tipo de contrato que fue suscrito por el operador con la ANH o Ecopetrol	Texto	N/A	1	Asociación con ECP Evaluación Técnica TEA Exploración y Explotación E&E Exploración y Producción E&P Participación Convenio de Explotación
Estado_Contrato	Estado	010101004	Indica la fase en la del contrato en la que se encuentra	Texto	N/A	1	Exploración Producción Exploración y Producción
Tipo_Opor	Oportunidad	010101005	Indica el tipo de oportunidad de exploración.	Texto	N/A	1	Exploration Frontier Exploration Near Field Sin Categoria
Unidad_Activos	Unidad Activos	010101006	Unidad de activos al que hace parte.	Texto	N/A	1	N/A

Gross_HA	AREA	010101007	Extensión del área contratada medida en hectáreas	Double	Hectáreas	1	N/A
Firma_Contrato	Fecha firma	010101008	Fecha de la firma del contrato	Date	Mes, día, año	0…N	N/A

3.1.2. Dominios (C)

Atributo	Etiqueta	Código	Definición
Tipo_Contrato	Asociación con ECP	01	Asociación con Ecopetrol para explorar y explotar yacimientos encontrados.
	Evaluación Técnica TEA	02	Otorga derechos exclusivos para realizar estudios de evaluación técnica.
	Exploración y Explotación E&E	03	Contratos de Exploración y Explotación de Hidrocarburos
	Exploración y Producción E&P	04	Otorga al contratista el derecho a explorar el área contratada y a producir los hidrocarburos que descubra dentro de esa área
	Participación	05	Participación de una parte en el resultado de un negocio
	Convenio de Explotación	06	Convenios de Explotación de hidrocarburos
Estado_Contrato	Exploración	E	Fase de búsqueda de petróleo o gas
	Producción	P	Extracción técnica de las reservas de crudo y/o gas natural
	Exploración y Producción	EYP	Búsqueda y extracción de petróleo y/o gas
Tipo_Opor	Exploration Frontier	01	Frontera de exploración
	Exploration Near Field	02	Estrategia de búsqueda de oportunidades exploratorias cercana a los campos
	Sin Categoria	03	Sin categoría asignada

3.1.3. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Intersección, Superposición y/o duplicidad (Topología)	Las áreas contratadas o bloques no deben intersectarse o superponerse consigo mismas	Área contratada		Concordancia
Bloques contienen áreas de explotación	Los bloques pueden contener áreas comerciales	Área contratada, área comercial	1:N	Contenencia

3.2. Área Comercial

Nombre (O)	Área Comercial
Código (O)	010102
Definición (O)	Es la porción del área de explotación en cuyo subsuelo existen uno o más yacimientos descubiertos, que el contratista ha decidido explotar comercialmente.
Alias (O)	Campo Comercial
Geometría	Polígono

3.2.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
Id_AreaComercial	ID	010102001	Identificador único definido por el sistema	Varchar (45)	N/A	0…N	N/A
Campo	Tipo	010102002	Nombre del campo	Text	N/A	1	N/A

Codigo_Contrato	Código	010102003	Código establecido para identificar el contrato de E&P	Texto	N/A	0…N	N/A
Numero_RIE	Numero resolución	010102004	Número de la resolución del campo	Texto	N/A	0…N	N/A
Fecha_RIE	Fecha resolución	010102005	Fecha de la expedición de la resolución.	Date	Mes, día, año	0…N	N/A
Area_HA	AREA	010102006	Extensión del campo comercial.	Double	Hectáreas	1	N/A
Fecha Comercialidad	Comercialidad	010102007	Fecha en que se declaró comercialidad	Date	N/A	1	N/A

3.2.2. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Superposición y/o duplicidad de áreas comerciales	Las áreas comerciales no pueden superponerse entre sí	Área comercial		Superposición y/o duplicidad
Campo comercial puede contener yacimientos	Las áreas comerciales pueden contener yacimientos	Área comercial y yacimiento	1:N	Contenencia

3.3. Municipio

Nombre (O)	Municipio
Código (O)	010103
Definición (O)	Un municipio es, al mismo tiempo, una división territorial y una entidad administrativa de nivel local en la que se ubican las áreas contratadas para la exploración y producción de hidrocarburos
Alias (O)	Municipio
Geometría	Polígono

3.3.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
Codigo_DANE	Código	010104001	Código establecido por el DANE para identificar el municipio.	Texto	N/A	0…N	N/A
Nombre	Nombre	010104002	Nombre del Municipio	Texto	N/A	1	N/A
Departamento	Departamento	010104003	Nombre del departamento	Texto	N/A	1	N/A

3.3.2. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Intersección, Superposición y/o duplicidad (Topología)	Los municipios no deben intersectarse o superponerse consigo mismas	Municipio		Concordancia
Municipio contienen áreas contratadas	Los municipios pueden contener pozos	Municipio, Área contratada	N:N	Contenencia

4. Grupo. Geología Estructural

Código (O)	0102
Definición (O)	Agrupación de estructuras geológicas en las zonas en donde se evidencia la presencia de hidrocarburos.
Alias (O)	Geología Estructural
Objetos (O)	• Contorno • Falla • Contacto • Yacimiento

4.1. Contorno

Nombre (O)	Contorno
Código (O)	010201
Definición (O)	Línea que representa un valor de profundidad constante con respecto a un plano de referencia. Describe la forma de los estratos o capas de la roca.
Alias (O)	Contorno Estructural
Geometría	Línea

4.1.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
ID	Id	010201001	Identificador único asignado por el sistema	Texto	N/A	0…N	N/A
IdYacimiento	Id	010201002	Identificador único del yacimiento	INT	N/A	0…N	N/A
Profundidad	Profundidad	010201003	Profundidad del contorno medido en pies	Double	Pies (ft)	0…N	Negativos
Formación	Formación	010201004	Nombre de la formación productora de hidrocarburos	Texto	N/A	1	N/A
Miembro_ Unidad	Unidad	010201005	Nombre del miembro – unidad de la formación	Texto	N/A	1	N/A
Estructura	Estructura	010201006	Estructura	Texto	N/A	1	N/A
Unidad_Medida	Unidad	010201007	Unidad de medida de los contornos	Texto	N/A	1	N/A

4.1.2. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Intersección, Superposición y/o duplicidad (Topología)	Los contornos no deben interceptarse entré si	Contorno		Intersección
Concordancia	Los contornos deben concordar con las fallas geológicas	Contorno falla	N:1	Concordancia

4.2. Falla

Nombre (O)	Falla
Código (O)	010202
Definición (O)	Fractura en la corteza terrestre a lo largo de la cual se mueven los bloques rocosos que son separados por ella
Alias (O)	Falla Geológica
Geometría	Polígono

4.2.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
ID	Id	010202001	Identificador único asignado por el sistema	Texto	N/A	0…N	N/A

IdYacimiento	Id	010202002	Identificador único del yacimiento	INT	N/A	0…N	N/A
Formación	Formación	010202003	Nombre de la formación productora de hidrocarburos	Texto	N/A	1	N/A
Miembro_ Unidad	Unidad	010202004	Nombre del miembro – unidad de la formacion	Texto	N/A	1	N/A
Estructura	Estructura	010202005	Nombre de la estructura	Texto	N/A	1	N/A
Tipo Falla	Tipo	010202006	Tipo de falla	Texto	N/A	0…N	N/A

4.2.2. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Superposición(Topología)	El objeto falla no debe superponerse a los contornos	Falla y contorno	1:N	Superposición

4.3.Contacto

Nombre (O)	Contacto
Código (O)	010203
Definición (O)	La superficie o interface en un yacimiento que separa dos regiones caracterizadas por diferencias predominantes en saturaciones de fluidos
Alias (O)	Contacto
Geometría	Línea

4.3.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
Id	Id	010203001	Identificador único asignado por el sistema	Texto	N/A	0…N	N/A
IdYacimiento	Id	010202002	Identificador único del yacimiento	INT	N/A	0…N	N/A

Formación	Formación	010203003	Nombre de la formación productora de hidrocarburos	Texto	N/A	1	N/A
Miembro_ Unidad	Unidad	010203004		Texto	N/A	1	N/A
Tipo_Contacto	Tipo	010203005	Tipo del contacto entre fluidos	Texto	N/A	1	OWC (Oil Water Contact) GWC (Gas Water Contact) GOC (Gas Oil Contact) LKO (Lowest Knonw Oil) LKG (Lowest Known Gas) ODT (Oil Down To) No Aplica
Profundidad	Profundidad	010203006	Profundidad del contorno medido en pies	Double	Pies (ft)	0…N	Negativos
Estructura	Estructura	010203007	Estructura	Texto	N/A	1	N/A

4.3.2. Dominios (C)

Atributo	Etiqueta	Código	Definición
	OWC (Oil Water Contact)	OWC	Contacto agua-petróleo
	GWC (Gas Water Contact)	GWC	Contacto gas agua
	GOC (Gas Oil Contact)	GOC	Contacto gas-petróleo

Tipo_Contacto	LKO (Lowest Knonw Oil)	LKO	Petróleo en el nivel más inferior
	LKG (Lowest Known Gas)	LKG	Gas en el nivel más inferior
	ODT (Oil Down To)	ODT	Petróleo hasta
	No Aplica	NA	No aplica

4.4. Yacimiento

Nombre (O)	Yacimiento
Código (O)	010204
Definición (O)	Es toda roca en la que se encuentran acumulados Hidrocarburos y que se comporta como una unidad independiente en cuanto mecanismos de producción, propiedades petrofísicas y propiedades de los fluido
Alias (O)	Yacimiento
Geometría	Polígono

4.4.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
IdYacimiento	Id	010204001	Identificador único asignado por el sistema	Texto	N/A	0…N	N/A
Codigo_Contrato	Código	010204002	Código establecido para identificar el contrato de E&P	Texto	N/A	0…N	N/A

Id_AreaComercial	ID	010204003	Identificador único definido por el sistema	Varchar (45)	N/A	0…N	N/A
Campo	Campo	010204004	Nombre del campo comercial asociado	Texto	N/A	1	N/A
Profundidad	Profundidad	010204005	Profundidad del contorno medido en pies	Double	Pies (ft)	0…N	Negativos
Area	AREA	010204006	Extensión del campo comercial en km2.	Double	Kilómetros Cuadrados	1	N/A
Formación	Formación	010204007	Nombre de la formación productora de hidrocarburos	Texto	N/A	1	N/A
Miembro_ Unidad	Unidad	010204008		Texto	N/A	1	N/A

4.4.2. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Área comercial contiene yacimientos	Los yacimientos deben estar contenidos en el área comercial	Yacimiento y área comercial	N:1	Contenencia
Superposición (Topología)	El objeto puede superponerse con otros yacimientos	Yacimiento	1:N	Superposición

5. Grupo. Perforación

Código (O)	0103
Definición (O)	Proceso mediante el cual se perfora un agujero con una broca para crear un pozo para la producción de petróleo y gas
Alias (O)	Perforación
Objetos (O)	• Pozo • Trayectoria

5.1. Pozo

Nombre (O)	Pozo
Código (O)	010301
Definición (O)	Perforación para el proceso de búsqueda o producción de petróleo crudo gas natural o para proporcionar servicios relacionados con los mismos
Alias (O)	Pozo
Geometría	Punto

5.1.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
UWI	UWI	010301001	Código de identificación del pozo.	Texto	N/A	0…N	N/A
IdYacimiento	Id	010301002	Identificador único del yacimiento	Texto	N/A	0…N	N/A

Codigo_DANE	Código	010301003	Código establecido por el DANE para identificar el municipio.	Texto	N/A	0…N	N/A
Codigo_Contrato	Código	010301004	Código establecido para identificar el contrato de E&P	Texto	N/A	0…N	N/A
Localización	Localización	010301005	Localización del pozo en superficie o fono	Texto	N/A	1	Superficie Fondo
Nombre	Nombre	010301006	Nombre asignado al pozo	Texto	N/A	1	N/A
Tipo_Pozo	Tipo Pozo	010301007	Corresponde a la clasificación del tipo de pozo según el objetivo.	Texto	N/A	1	Productor Inyector Monitor Captador Disposición Alivio Servicio Estratigráfico Otro
Geometría	Geometría	010301008	Corresponde la clasificación de geometría del pozo según su trayectoria	Texto	N/A	1	Vertical Tangencial Tipo J Tipo S Tipo S Especial Alto Angulo Horizontal Reentrada Multilateral Otro

Estado_pozo	Estado pozo	010301009	Corresponde a la situación actual del pozo	Texto	N/A	1	Activo Inactivo Suspendido Abandonado Otro
Clas_4CR	4CR	010301010	Clasificación definida en la Forma 4CR del Pozo	Texto	N/A	0…N	
Clas_6CR	CR	010301011	Clasificación definida en la Forma 6CR del Pozo	Texto	N/A	0…N	
Spud__Date	Inicio Perforación	010301012	Fecha de inicio de perforación	Date	Mes, día, año	0…N	N/A
Fecha_Terminación	Terminación	010301013	Fecha de terminación de perforación	Date	Mes, día, año	0…N	N/A
Fecha_Abandono	Abandono	010301014	Fecha de abandono del pozo	Date	Mes, día, año	0…N	N/A
Profundidad_MD	Profundidad	010301015	Profundidad Medida a lo largo de la trayectoria	Double	Pies (ft)	0…N	Negativos
Profundidad_TVD	Profundidad	010301016	Profundidad vertical real de un pozo	Double	Pies (ft)	0…N	Negativos

Coordenada X	X	010301017	Valor de la coordenada X del pozo	Double	Metros	1	N/A
Coordenada Y	Y	010301018	Valor de la coordenada Y del pozo	Double	Metros	1	N/A

5.1.2. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Superposición y/o duplicidad	Los pozos se pueden duplicar y superponerse entre sí	Pozo		Superposición y/o duplicidad
Asociación con trayectoria	Los pozos deben estar ligados a una trayectoria	Pozo y trayectoria	1:1	Asociación

5.2. Trayectoria

Nombre (O)	Trayectoria
Código (O)	010302
Definición (O)	Línea que describe la trayectoria de perforación del pozo.
Alias (O)	Trayectoria
Geometría	Linea

5.2.1. Atributos (O)

Nombre	Alias	Código	Definición	Tipo de dato	Unidades de medida	Cardinalidad	Dominio (C)
IdTrayectoria	Id	010302001	Identificador único asignado por el sistema	INT	N/A	0…N	N/A
UWI	UWI	010302002	Código de identificación del pozo.	Texto	N/A	0…N	N/A
Longitud	Longitud	010302003	Longitud de la trayectoria	Double	Metros	1	N/A

5.2.2. Relaciones (C)

Nombre	Definición	Objetos incluidos	Cardinalidad	Rol
Continuidad de línea	La línea no debe presentar discontinuidad hasta su nodo final	Trayectoria		Continuidad
Conectividad de nodo	El nodo inicial y final de la trayectoria deben coincidir con los pozos.	Trayectoria, pozo en fondo, pozo en superficie	1:1	Conectividad

8.2. Esquema de la Base de Datos Espacial

Una vez obtenido el diccionario de datos se creó el esquema de la base de datos corporativa, para ello se estableció *MAGNA_Colombia_Bogota* como el sistema de coordenadas que se va a utilizar para localizar y visualizar todos los datos correctamente en la superficie de la tierra, de acuerdo con los requerimientos de la circular 007 de 2021 de la ANH.

Tabla 2. Sistema de Coordenadas

MAGNA_Colombia_Bogota	
Identificador	3116
Responsable	EPSG
Sistema de Coordenadas	Gauss-Krugger
Proyección Cartográfica	Transversa de Mercator
Datum	MAGNA – SIRGAS
Origen	Central
Latitud de Origen	4.59620041° N
Longitud de Origen	-74.077507° W
Falso Norte	1'000.000
Falso Este	1'000.000
Factor de Escala	1.0

Fuente: IGAC

En ArcGIS el componente ArcSDE o geodatabase multiusuario permite a las organizaciones pasar de un enfoque tradicional de administrar colecciones separadas de datos geográficos a un entorno integrado en el que se puede administrar datos espaciales como una base de datos continua. Ya sea a través de la edición multiusuario simultánea, la recopilación y la actualización de datos en vivo desde el campo, la aplicación de control de versiones para garantizar que los cambios de datos sean rastreados y administrados, o la sincronización de múltiples bases de datos en toda la empresa.

Teniendo en cuenta esto, ArcSDE está relacionada directamente con el sistema gestor de bases de datos que en este caso es SQL Server para el manejo de la base de datos espacial que si bien está compuesta de tablas relacionales adicionando las características anteriormente mencionadas se convierte en una GDB corporativa.

A continuación, en la *Ilustración 6* se muestra el esquema final de la GDB corporativa, con la creación de las tablas y asignación de dominios a los atributos según lo establecido en el diccionario de datos.

Ilustración 6. Creación GDB

```
---- CREACION TABLA AREA CONTRATADA -----
CREATE TABLE Area_Contratada (
Codigo_Contrato NVARCHAR(50) NOT NULL,
Nombre NVARCHAR(50) NOT NULL,
Tipo_Contrato NVARCHAR(50) NULL CONSTRAINT dm_tipo_contrato
  CHECK (Tipo_contrato IN ('Asociacion con ECP', 'Evaluacion Tecnica TEA',
                           'Exploracion y Explotacion E&E', 'Exploracion y Produccion E&P',
                           'Participacion','Convenio de Explotacion')),
Estado_Contrato NVARCHAR(50) NULL CONSTRAINT dm_estado_contrato
  CHECK (Estado_contrato IN ('Exploracion', 'Produccion', 'Exploracion y Produccion')),
Tipo_Opor NVARCHAR(50) NULL CONSTRAINT dm_tipo_oport
  CHECK (Tipo_opor IN ('Exploration Frontier', 'Exploration Near Field', 'Sin Categoria')),
Unidad_Activos NVARCHAR(50) NULL,
Gross_Ha DOUBLE NULL,
Firma_Contrato DATE NULL,
PRIMARY KEY (Codigo_Contrato));

 --- CREACION TABLA AREA COMERCIAL -----
CREATE TABLE Area_Comercial (
idArea_Comercial NVARCHAR(50) NOT NULL,
Campo NVARCHAR(50) NOT NULL,
Numero_RIE NVARCHAR(50) NOT NULL,
Fecha_RIE DATE NULL,
Area_Ha DOUBLE NULL,
Fecha_Comercialidad DATE NULL,
codigo_contrato nvarchar(50) NOT NULL,
PRIMARY KEY (idArea_Comercial, Campo),
CONSTRAINT fk_Area_Comercial_Area_Contratada
  FOREIGN KEY (Codigo_Contrato)
  REFERENCES Area_Contratada (Codigo_Contrato)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION);

 --- CREACION TABLA CONTACTO --
CREATE TABLE Contacto (
ID INT NOT NULL,
Formacion NVARCHAR(50) NULL,
Miembro_Unidad NVARCHAR(50) NULL,
Tipo_Contacto NVARCHAR(50) NULL CONSTRAINT dm_tipo_contacto
  CHECK (Tipo_Contacto IN ('OWC (Oil Water Contact)','GWC (Gas Water Contact)','GOC (Gas Oil Contact)',
         'LKO (Lowest Knonw Oil)','LKG (Lowest Known Gas)','ODT (Oil Down To)','No Aplica')),
Profundidad DOUBLE NULL CONSTRAINT dm_profundidad2
  CHECK (Profundidad < 0),
Estructura NVARCHAR(255) NULL,
idYacimiento INT NOT NULL,
PRIMARY KEY (ID),
CONSTRAINT fk_Contacto_Yacimiento
  FOREIGN KEY (idYacimiento)
  REFERENCES Yacimiento (idYacimiento)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION);

```

```
53
54  --- CREACION TABLA CONTORNO --
55  CREATE TABLE Contorno (
56  ID INT NOT NULL,
57  Formacion NVARCHAR(50) NULL,
58  Miembro_Unidad NVARCHAR(50) NULL,
59  Profundidad DOUBLE NULL CONSTRAINT dm_profundidad3
60    CHECK (Profundidad < 0),
61  Estructura NVARCHAR(255) NULL,
62  Unidad_Medida NVARCHAR(255) NULL,
63  idYacimiento INT NOT NULL,
64  PRIMARY KEY (ID),
65  CONSTRAINT fk_Contorno_Yacimiento
66    FOREIGN KEY (idYacimiento)
67    REFERENCES Yacimiento (idYacimiento)
68    ON DELETE NO ACTION
69    ON UPDATE NO ACTION);
70
71  --- CREACION TABLA FALLA -----
72  CREATE TABLE Falla (
73  ID INT NOT NULL,
74  Formacion NVARCHAR(50) NULL,
75  Miembro_Unidad NVARCHAR(50) NULL,
76  Estructura NVARCHAR(255) NULL,
77  Tipo NVARCHAR(50) NULL,
78  idYacimiento INT NOT NULL,
79  PRIMARY KEY (ID),
80  CONSTRAINT fk_Contorno_Yacimiento
81    FOREIGN KEY (idYacimiento)
82    REFERENCES Yacimiento (idYacimiento)
83    ON DELETE NO ACTION
84    ON UPDATE NO ACTION);
85
86  ---- CREACION TABLA MUNICIPIO -----
87  CREATE TABLE Municipio (
88  Codigo_DANE NVARCHAR(50) NOT NULL,
89  Nombre NVARCHAR(50) NULL,
90  Departamento NVARCHAR(50) NULL,
91  PRIMARY KEY (Codigo_DANE));
92
93  ---- CREACION TABLA POZO -----
94  CREATE TABLE Pozo (
95    UWI NVARCHAR(50) NOT NULL,
96    Localizacion NVARCHAR(50) NULL,
97    Nombre NVARCHAR(50) NULL,
98    Profundidad_MD DOUBLE NULL,
99    Profundidad_TVD DOUBLE NULL,
100   Tipo_Pozo NVARCHAR(50) NULL CONSTRAINT dm_tipo_pozo
101       CHECK (Tipo_pozo IN ('Productor','Inyector','Monitor','Captador','Disposición','Alivio',
102                            'Servicio','Estratigráfico','Otro')),
103   Geometria NVARCHAR(50) NULL CONSTRAINT dm_geometria
104       CHECK (Geometria IN ('Vertical','Tangencial','Tipo J','Tipo S','Tipo S Especial','Alto Angulo',
105                            'Horizontal','Reentrada','Multilateral','Otro')),
106   Estado_Pozo NVARCHAR(50) NULL CONSTRAINT dm_estado_pozo
107       CHECK (Estado_Pozo IN ('Activo','Inactivo','Suspendido','Abandonado','Otro')),
108   Clas_4CR NVARCHAR (50) NULL,
109   Clas_6CR NVARCHAR (50) NULL,
110   Spud_Date DATE NULL,
111   Fecha_Terminacion DATE NULL,
```

```
    Fecha_Abandono DATE NULL,
    Coordenada_X DOUBLE NULL,
    Coordenada_Y DOUBLE NULL,
    codigo_contrato NVARCHAR(50) NULL,
    idyacimiento INT NULL,
    codigo_dane NVARCHAR (50),
 PRIMARY KEY (UWI),
 CONSTRAINT fk_Pozo_Area_Contratada
   FOREIGN KEY (Codigo_Contrato)
   REFERENCES Area_Contratada (Codigo_Contrato)
   ON DELETE NO ACTION
   ON UPDATE NO ACTION,
 CONSTRAINT fk_Pozo_Yacimiento
   FOREIGN KEY (idYacimiento)
   REFERENCES Yacimiento (idYacimiento)
   ON DELETE NO ACTION
   ON UPDATE NO ACTION,
 CONSTRAINT fk_Pozo_Municipio
  FOREIGN KEY (Codigo_DANE)
  REFERENCES Municipio (Codigo_DANE)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION);

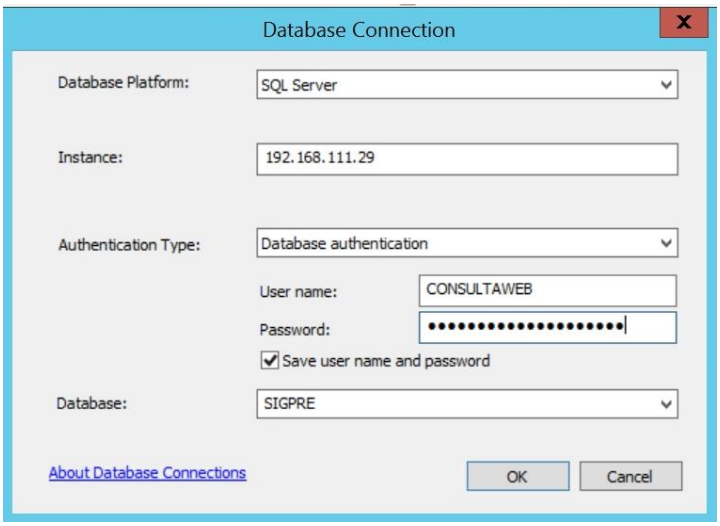
---- CREACION TABLA TRAYECTORIA -----
CREATE TABLE Trayectoria (
idTrayectoria INT NOT NULL,
Longitud DOUBLE NULL,
Pozo_UWI NVARCHAR(50) NOT NULL,
PRIMARY KEY (idTrayectoria),
CONSTRAINT fk_Trayectoria_Pozo
  FOREIGN KEY (Pozo_UWI)
  REFERENCES Pozo (UWI)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION);

--- CREACION TABLA YACIMIENTO -----
CREATE TABLE Yacimiento (
idYacimiento INT NOT NULL,
Campo NVARCHAR(50) NOT NULL,
Formacion NVARCHAR(50) NULL,
Miembro_Unidad NVARCHAR(50) NULL,
Area DOUBLE NULL,
Profundidad DOUBLE NULL CONSTRAINT dm_profundidad1
  CHECK (Profundidad < 0),
Codigo_Contrato NVARCHAR(50) NOT NULL,
idarea_comercial NVARCHAR(50) NOT NULL,
PRIMARY KEY (idYacimiento),
CONSTRAINT fk_Yacimiento_Area_Comercial
  FOREIGN KEY (idarea_comercial,campo)
  REFERENCES Area_Comercial (idarea_comercial,campo)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION,
CONSTRAINT fk_Yacimiento_Area_Contratada
  FOREIGN KEY (codigo_contrato)
  REFERENCES Area_Contratada (codigo_contrato)
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION);
```

Fuente: Elaboración Propia

Una vez compilada la estructura de la base de datos corporativa se accede a la información por medio del usuario CONSULTAWEB, el cual cuenta con rol de visualización y no de edición, lo cual asegura que los usuarios no tengan la posibilidad de editar, modificar ni eliminar alguna de las capas establecidas en la GDB.

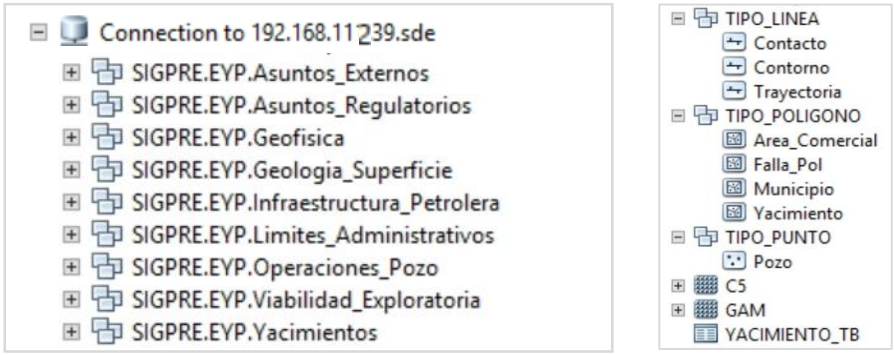
Ilustración 7. Conexión GDB corporativa



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se procede a realizar el cargue de los datos en el motor de base de datos *Ilustración 8*(a), sin embargo, según la Circular 007 de 2022 la gdb que debe ser entregada a la ANH como anexo cartográfico para los Informes Técnicos anuales debe cumplir con la estructura que se muestra en la Ilustración 8(b). Para realizar una prueba piloto se seleccionó un área contratada especifica la cual se denominará para efectos de este proyecto "COL 23".

Ilustración 8. Esquema GDB Corporativa

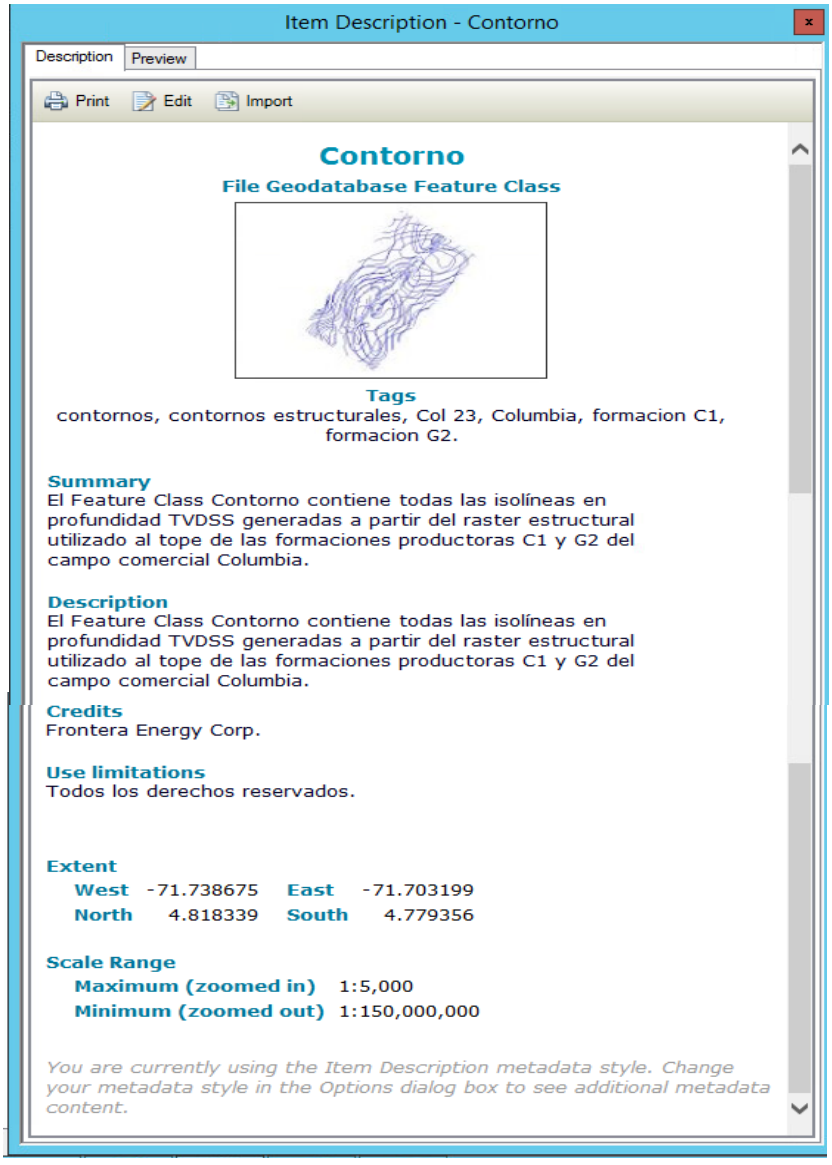


(a) *(b)*

Fuente: Elaboración Propia

Una vez cargados los datos y teniendo la base de datos completa, se procede a realizar los metadatos de cada uno de los objetos incluidos en la misma, teniendo en cuenta que los metadatos permiten describir estos objetos, además es posible registrar la información que sea importante que la organización conozca sobre él, esto puede incluir información sobre la descripción, lo preciso y reciente que es el elemento, las restricciones asociadas con utilizar y compartir el elemento, etc. En ArcGIS el estilo de metadatos predeterminado es la "Descripción del elemento" que permite ver y editar un conjunto simple de propiedades de metadatos para un elemento, como se muestra a continuación.

Ilustración 9. Ejemplo Metadatos



Fuente: Elaboración Propia

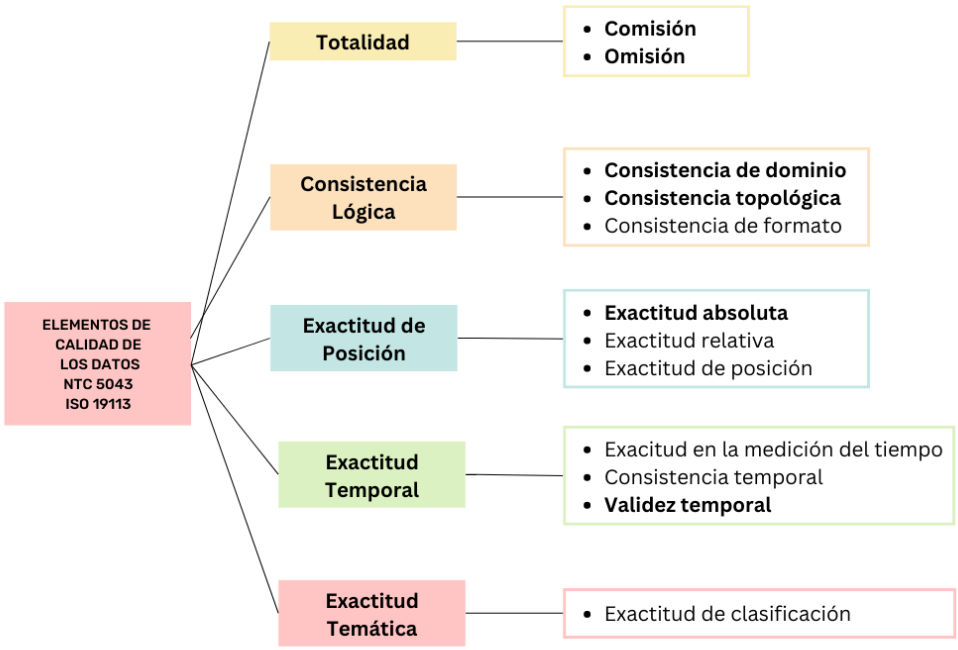
8.3. Verificación de la Calidad de los Datos

La evaluación de calidad busca proporcionar confiabilidad de los datos para sus usuarios y permitirles evaluar la capacidad de estos para satisfacer los requisitos de su aplicación particular. De igual manera, proporciona a los productores de datos una herramienta clara para evaluar el grado de cumplimiento de los criterios previamente establecidos en sus especificaciones técnicas.

En este contexto, se presenta un informe de la calidad de los datos incluidos en la base de datos que se pretende utilizar para la elaboración de los mapas estructurales, con el fin de verificar el cumplimiento de lo requerido. Se consideraron 9 objetos geográficos y a todos se les ha realizado un control de calidad cartográfico.

Según la normatividad vigente en este caso la NTC 5043 y la norma ISO 19114 establecen los elementos y subelementos de calidad que se deben evaluar, los cuales se pueden observar en la *Ilustración 10. S*in embargo, para el desarrollo de este proyecto, no se tuvieron en cuenta todos, sino aquellos que se consideraron apropiados, tales como, comisión, omisión, consistencia de dominio, consistencia topológica, exactitud absoluta y validez temporal.

Ilustración 10. Validación de la Calidad de los datos



Fuente: Elaboración Propia

Para la presentación del informe de calidad de los datos se tomó como referencia la "Guía de implementación para la Evaluación de la calidad de información geográfica V1.1" de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales.

Tabla 3. Informe General de Calidad

INFORME GENERAL DE CALIDAD	
COMPONENTES DE LA CALIDAD DE LOS DATOS	
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Área Contratada**
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan polígonos teniendo en cuenta la base de datos dispuesta por la ANH.
Fuente de referencia	Geovisor ANH - Vigente
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Área Contratada
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de polígonos que se superponen
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Recuento de los ítems que se superponen
Tipo de valor	entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó la regla "No debe superponerse", de la herramienta Topología de ESRI, para asegurarse de que ninguna entidad poligonal se superpone a otra entidad poligonal en la misma clase
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto

Nombre	Área Contratada
Elemento de la calidad	Exactitud Posicional
Subelemento de calidad	Exactitud absoluta o externa
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de polígonos que se superponen
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Cercanía de valores de coordenadas reportados por la ANH con respecto a los valores del objeto
Tipo de valor	Porcentaje
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó el error medio cuadrático lineal tanto en horizontal como en vertical.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	100%
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Área Contratada
Elemento de la calidad	Exactitud Temporal
Subelemento de calidad	Validez Temporal
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Validez de los datos con respecto al año 2021, fecha de actualización para la entrega de los mapas
Nombre de la medida básica de calidad	Conformidad de dominio - valor
Definición de la medida básica	Validar las fechas de vigencia, según los periodos de tiempo estipulados en los contratos con la ANH.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que el polígono sea el vigente según las resoluciones y actas de devolución de áreas emitidas por la ANH.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	1
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Área Contratada
Elemento de la calidad	Exactitud Temática
Subelemento de calidad	Exactitud de clasificación
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Comparación entre las clases asignadas a los objetos o a sus atributos con el universo de discurso
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Número de objetos geográficos incorrectamente clasificados
Tipo de valor	Entero

METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que el polígono y sus atributos estén de acuerdo a la descripción y los parámetros acorde con la clasificación.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0

Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Área Comercial**
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan polígonos teniendo en cuenta las RIE emitidas por la ANH
Fuente de referencia	Resoluciones ANH
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Área Comercial
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de polígonos que se superponen
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Recuento de los ítems que se superponen
Tipo de valor	entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó la regla “No debe superponerse”, de la herramienta Topología de ESRI, para asegurarse de que ninguna entidad poligonal se superpone a otra entidad poligonal en la misma clase.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto

Nombre	Área Comercial
Elemento de la calidad	Exactitud Posicional
Subelemento de calidad	Exactitud absoluta o externa
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de polígonos que se superponen
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Cercanía de valores de coordenadas reportados por la ANH con respecto a los valores del objeto
Tipo de valor	Porcentaje
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó el error medio cuadrático lineal tanto en horizontal como en vertical.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	100%
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Área Comercial
Elemento de la calidad	Exactitud Temporal
Subelemento de calidad	Validez Temporal
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Validez de los datos con respecto al año 2021, fecha de actualización para la entrega de los mapas
Nombre de la medida básica de calidad	Conformidad de dominio - valor
Definición de la medida básica	Validar las fechas de vigencia, según los periodos de tiempo estipulados en las resoluciones expedidas por la ANH
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que el polígono sea el vigente según las resoluciones y actas de devolución de áreas emitidas por la ANH.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	1
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Área Comercial
Elemento de la calidad	Exactitud Temática
Subelemento de calidad	Exactitud de clasificación
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Comparación entre las clases asignadas a los objetos o a sus atributos con el universo de discurso
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Número de objetos geográficos incorrectamente clasificados
Tipo de valor	Entero

METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que el polígono y sus atributos estén de acuerdo a la descripción y los parámetros acorde con la clasificación.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Municipio**
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan polígonos teniendo en cuenta la base de datos dispuesta por el IGAC
Fuente de referencia	Geovisor IGAC
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Municipio
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de polígonos que se superponen
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Recuento de los ítems que se superponen
Tipo de valor	entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó la regla “No debe superponerse”, de la herramienta Topología de ESRI, para asegurarse de que ninguna entidad poligonal se superpone a otra entidad poligonal en la misma clase
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Contorno**

Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan contornos según el criterio dado por el especialista.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Contorno
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Reglas de continuidad y conectividad
Nombre de la medida básica de calidad	Índice de error
Definición de la medida básica	Número de ítems erróneos respecto al número total de ítems
Tipo de valor	Porcentaje
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que los contornos no deben estar superpuestos y/o duplicarse entre sí, no se deben cruzar entre sí, ni con otros contornos. Los contornos no debe tener multipartes deben ser continuos
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Se debe aclarar que el reporte de calidad se realiza para los contornos de cada uno de los campos comerciales del área contratada (6), no es permitido un rango de error para esta capa, por lo cual cualquier error topológico debe ser corregido.
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Contorno
Elemento de la calidad	Exactitud Temporal
Subelemento de calidad	Validez Temporal
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Validez de los datos con respecto al año 2021, fecha de actualización para la entrega de los mapas
Nombre de la medida básica de calidad	Conformidad de dominio - valor
Definición de la medida básica	Validar las fechas de vigencia, según los periodos de tiempo reportados ante la ANH.

Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Validar que los datos sean generados dentro de las fechas correspondientes al periodo reportado ante la ANH
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	1
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Contorno
Elemento de la calidad	Exactitud Temática
Subelemento de calidad	Exactitud de clasificación
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Comparación entre las clases asignadas a los objetos o a sus atributos con el universo de discurso
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Número de objetos geográficos incorrectamente clasificados
Tipo de valor	Entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que los contornos contengan el atributo de profundidad de acuerdo a lo establecido por el especialista.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Falla**
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan objetos según lo reportado por el especialista
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Falla
Elemento de la calidad	Consistencia lógica

Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de polígonos que se superponen
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Recuento de los ítems que se superponen
Tipo de valor	entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó la regla "No debe superponerse", de la herramienta Topología de ESRI, para asegurarse de que ninguna entidad poligonal se superpone a otra entidad poligonal en la misma clase y no debe interceptarse con entidades de la clase contornos.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Contacto**
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan contactos según el criterio dado por el especialista.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Contacto
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Continuidad
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Conteo de objetos que no sean continuos
Tipo de valor	entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que los no tengan multipartes deben ser continuos.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	

Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Nombre	Área Contratada
Elemento de la calidad	Exactitud Temática
Subelemento de calidad	Exactitud de clasificación
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Comparación entre las clases asignadas a los objetos o a sus atributos con el universo de discurso
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Número de objetos geográficos incorrectamente clasificados
Tipo de valor	Entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que los contactos contengan el atributo de profundidad y tipo de contacto de acuerdo a lo establecido por el especialista.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Yacimiento**
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan polígonos teniendo en cuenta la información compartida por el especialista
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Yacimiento
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de polígonos que se superponen
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Recuento de los ítems que se superponen
Tipo de valor	entero

METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó la regla “Debe estar cubierto por”, de la herramienta Topología de ESRI, para asegurarse de que la entidad poligonal este contenida en un área comercial.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Yacimiento
Elemento de la calidad	Exactitud Temática
Subelemento de calidad	Exactitud de clasificación
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Comparación entre las clases asignadas a los objetos o a sus atributos con el universo de discurso
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Número de objetos geográficos incorrectamente clasificados
Tipo de valor	Entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que el polígono y sus atributos estén de acuerdo a la descripción y los parámetros acorde con la clasificación, tanto área como municipio.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	**Pozo**
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan puntos teniendo en cuenta la base de datos reportada por el área de activos
Fuente de referencia	Geovisor ANH
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto

Nombre	Pozo
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Número de puntos que coinciden con el extremo de
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Recuento de los ítems que no coinciden con el extremo de
Tipo de valor	entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó la regla "Debe estar cubierto por el extremo de", de la herramienta Topología de ESRI, para asegurarse de que el pozo coincida con el nodo inicial o final de la trayectoria de perforación.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Pozo
Elemento de la calidad	Exactitud Posicional
Subelemento de calidad	Exactitud absoluta o externa
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Validación Coordenadas
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Cercanía de valores de coordenadas de las formas 6CR con respecto a los valores del objeto
Tipo de valor	Porcentaje
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	100%
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Pozo
Elemento de la calidad	Exactitud Temporal
Subelemento de calidad	Validez Temporal
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Validez de los datos con respecto al año 2021, fecha de actualización para la entrega de los mapas
Nombre de la medida básica de calidad	Conformidad de dominio - valor
Definición de la medida básica	Validar las fechas de vigencia, según los periodos de tiempo estipulados en los contratos con la ANH.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno

Descripción del método de evaluación	Validar que los datos sean generados dentro de las fechas correspondientes al periodo reportado ante la ANH
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	1
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Pozo
Elemento de la calidad	Exactitud Temática
Subelemento de calidad	Exactitud de clasificación
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Comparación entre las clases asignadas a los objetos o a sus atributos con el universo de discurso
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Número de objetos geográficos incorrectamente clasificados
Tipo de valor	Entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que los puntos y sus atributos estén de acuerdo a la descripción y los parámetros establecidos en el catálogo de objetos.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Trayectoria
Elemento de la calidad	**Totalidad**
Subelemento de calidad	**Omisión**
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Numero de Objetos Omitidos
Nombre de la medida básica de calidad	Indicador de error
Definición de la medida básica	Indica que un ítem específico de la muestra falta en los datos.
Tipo de valor	Boleano
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifica que no se omitan líneas teniendo en cuenta la base de datos de pozos reportada por el área de activos
Fuente de referencia	Geovisor ANH
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	Falso (Indica que no hay ítems faltantes)
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Trayectoria
Elemento de la calidad	Consistencia lógica
Subelemento de calidad	Topológica

MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	El extremo debe estar cubierto por puntos de pozos
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Recuento de los ítems que no son cubiertos por puntos de pozos
Tipo de valor	entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se utilizó la regla “El extremo debe estar cubierto por”, de la herramienta Topología de ESRI, para asegurarse de que los extremos de las líneas de una clase o subtipo de entidad deben estar cubiertos por puntos de pozos.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Trayectoria
Elemento de la calidad	Exactitud Posicional
Subelemento de calidad	Exactitud absoluta o externa
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Verificación de coordenadas
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Correspondencia de las coordenadas contenidas en los surveys finales de pozo.
Tipo de valor	Porcentaje
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	100%
Alcance o nivel de medición de la calidad	Objeto
Nombre	Trayectoria
Elemento de la calidad	Exactitud Temática
Subelemento de calidad	Exactitud de clasificación
MEDIDA DE LA CALIDAD	
Nombre de la medida	Comparación entre las clases asignadas a los objetos o a sus atributos con el universo de discurso
Nombre de la medida básica de calidad	Conteo de errores
Definición de la medida básica	Número de objetos geográficos incorrectamente clasificados
Tipo de valor	Entero
METODO DE EVALUACION	
Tipo de método de evaluación	Directo interno
Descripción del método de evaluación	Se verifico que sus atributos correspondan con la información del pozo relacionado.
RESULTAD O DE LA CALIDAD	
Nivel de conformidad*	Conforme
Resultado	0

8.4. Mapas Estructurales

Finalmente, una vez validada la calidad de los datos incluidos en la base de datos espacial construida, se elaboran los mapas estructurales al tope de las formaciones productoras de hidrocarburos cumpliendo con las especificaciones técnicas descritas en la circular 007 de 2022 expedida por la ANH, para un contrato E&P compuesto por 6 campos comerciales.

El mapeo de estructuras presentes en el subsuelo es una de las principales herramientas usadas por los geólogos para la exploración de hidrocarburos, pues corresponde a una interpretación geológica y/o geofísica, basada en datos limitados, conocimiento, técnico, pensamiento creativo, visualización tridimensional y experiencia. Dichos mapas son elaborados a partir de la correlación de datos obtenidos de registros de pozos e interpretaciones de secciones sísmicas.

Adicionalmente, para la elaboración de los mapas requeridos por la ANH se utiliza información de cartografía base proporcionada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, con el fin de darle al usuario un contexto geográfico y para el caso específico, permiten establecer la distribución de las regalías entre los diferentes municipios en los que se encuentra un yacimiento.

Para la elaboración de estos mapas se requiere información correspondiente a datos obtenidos de estudios geofísicos, en los que se incluyen la interpretación sísmica, mapeo de la estructura y el sistema de fallas, datos obtenidos de estudios petrofísicos que corresponde a la interpretación de los contactos de fluidos y análisis de producción de pozos, datos obtenidos de operaciones de pozos (planeación, perforación y abandono de pozos) y los datos obtenidos de los modelos geológicos de los yacimientos.

Una vez se cuente con la información de los contornos estructurales es necesario generar en ArcGIS una superficie TIN y convertirlo a GRID con el fin con el fin de generar un modelo 3D del tope en el cual se puedan apreciar las características físicas del yacimiento, específicamente su buzamiento y el cambio de pendientes.

Y finalmente se genera la salida gráfica en formato digital para que esta sea entregada a la ANH cumpliendo con los parámetros y formatos establecidos para su distribución, pues debe contener como mínimo los siguientes elementos:

- Relación específica del objeto geográfico (yacimiento, división político administrativa y contrato)
- Las convenciones propias del tema del mapa
- Las convenciones de la información base y general del mapa
- Localización del área de interés dentro del contrato y país.
- Grilla con valores de coordenadas planas asociadas al Datum Magna Sirgas, origen central
- Datum y sistema de coordenadas del mapa
- Área del yacimiento que corresponde a cada entidad territorial expresada en kilómetros cuadrados (Km2) y en porcentaje
- Título del mapa completo
- Escala absoluta y escala gráfica
- Fecha elaboración del mapa
- Compañía Operadora
- Persona o dependencia que elaboró el mapa
- Referencia del archivo original (puede contener ruta de almacenamiento)
- Consecutivo de mapa. Numeración del mapa dentro de la entrega

Adicionalmente la compañía requiere que se elaboren el mapa de la división política administrativa de los entes territoriales involucrados en la distribución del yacimiento, incluyendo la localización del yacimiento y el mapa de superposición que indique en kilómetros cuadrados (Km2) y en porcentaje, el área del yacimiento que corresponde a cada entidad territorial.

Estos también son generados partiendo de los datos incluidos en la base de datos geográfica construida y adicionalmente una base de datos que contiene información de cartografía básica emitida por el IGAC, la cual se encuentra disponible en el geoportal para uso y descarga pública.

9. RESULTADOS

Para la construcción de la base de datos espacial inicialmente se hizo un diagnóstico de la información, para establecer cuáles eran las fuentes de dichos datos, como era el manejo de la información y cuáles son sus características. Posteriormente, se realizó la lectura y análisis de la circular 007 de 2022, la cual corresponde a la normatividad que debe ser aplicada para la entrega de información espacial, pues es allí en donde se establecen los parámetros que se deben seguir.

Una vez hecho este análisis fue posible identificar la necesidad de la compañía de tener a su disposición las ventajas que proporciona una base de datos corporativa frente al manejo de la información, pues como se ha mencionado, permite eliminar redundancia de datos y algo fundamental es que garantiza la seguridad de los datos, esto teniendo en cuenta que la compañía cuenta con mucha información confidencial.

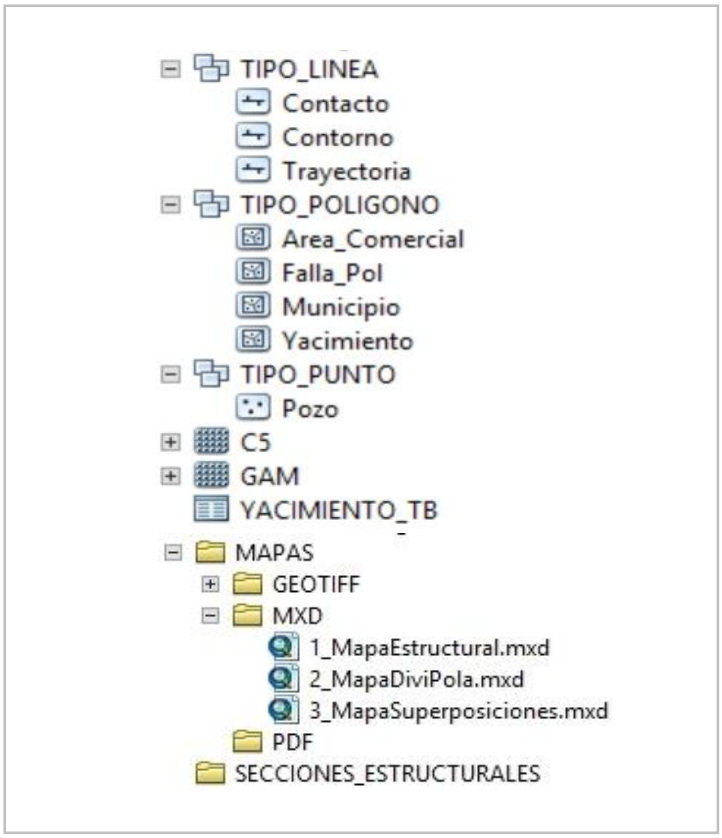
Para dar solución a esta necesidad la primera etapa del proceso fue realizar el diseño conceptual que permitió describir el contenido de la información de la base de datos, representar esa información que se utiliza en la vida real y plasmarla en un modelo. A partir de allí se elaboró el diseño lógico que consiste en una descripción de la estructura de la base de datos en términos de relaciones y para finalizar el diseño de la base de datos se creó el diccionario de datos en donde se especifica claramente cada uno de los objetos que se van a incluir en la base de datos, sus atributos, dominios, relaciones, como van a estar almacenados y organizados.

Una vez se verificó que toda la información y el diseño fuese consistente construyo el esquema de la base de datos realizando la conexión del motor de base de datos SQL Server con ArcGIS, asignando todos los parámetros de cada uno de los datos establecidos en el paso anterior, se procede a poblar la base de datos manualmente con la información de un área contratada operada por la compañía, que para efectos de este documento se denominó COL 23 – campo COLUMBIA, ya que por acuerdos de confidencialidad no puede ser divulgada información correspondiente a las actividades desarrolladas por Frontera Energy.

Una vez cargada la información en la base de datos se elaboran los metadatos, que proporcionan una descripción del contenido de los datos, se realiza una validación de la calidad de la información contenida en la base de datos y finalmente a partir de la base de datos construida se elabora la cartografía que debe ser enviada a la ANH como anexo para los Informes Técnicos Anuales.

A continuación, se muestra un ejemplo de la organización de la carpeta de uno de los campos comerciales que fue entregada a la compañía, en la que se incluye la base de datos planteada en el proyecto, la base de datos de la cartografía básica proporcionada por el IGAC y las salidas graficas que deben ser entregadas en formato MXD, JPG y PDF, así como el PDF de las secciones estructurales.

Ilustración 11. Formato entrega de información



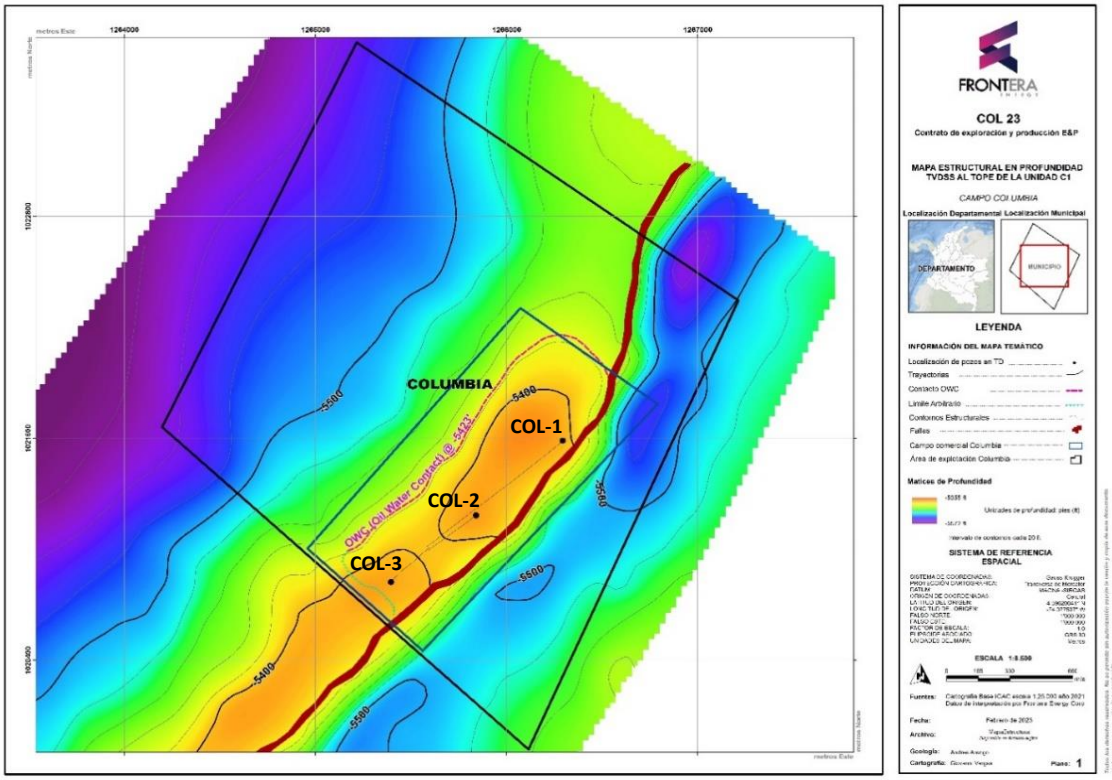
Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 12 se observa el mapa estructural generado para el Campo Columbia, el cual es un mapa temático que describe el subsuelo en una formación geológica específica a través del cual es posible obtener una mejor ubicación espacial de las estructuras geológicas.

Podemos observar en la figura que el mapa contiene los contornos que representan las distintas profundidades TVDSS, medidas en pies; a partir de estos, se genera una superficie TIN y posteriormente se convierte a formato GIRD, lo que permite tener una idea de las características morfológicas del área en estudio, esta tiene una rampa de color divergente en la cual los matices rojo-naranja representan zonas más someras, y matices azul-morado para las zonas más profundas de la estructura.

Adicionalmente se puede ver el contacto OWC (Oil Water Contact), que representa una superficie de discontinuidad del yacimiento sobre la cual predomina la presencia de petróleo y por debajo de la cual predomina la presencia de agua, también están presentes las fallas y los limites arbitrarios de roca establecidos por el geólogo encargado para delimitar el yacimiento, los pozos perforados y sus respectivas trayectorias.

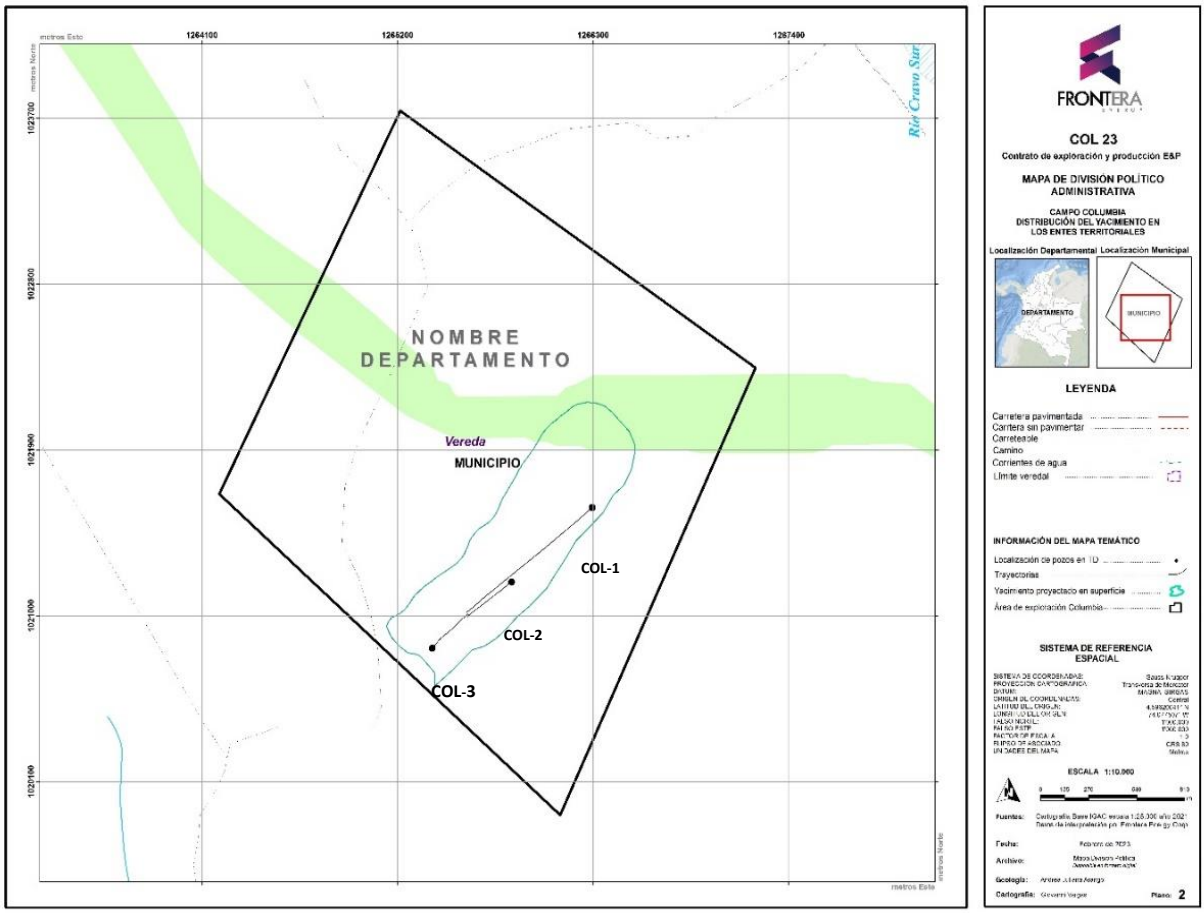
Ilustración 12. Mapa Estructural Campo Columbia



Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 13 se encuentra el mapa de la división política del campo, el cual también es requerido por la ANH para poder delimitar las entidades territoriales que intervienen en el área del yacimiento (departamento, municipio, veredas), así mismo se muestran las principales características físicas del terreno, como las vías, bosques y cuerpos de agua.

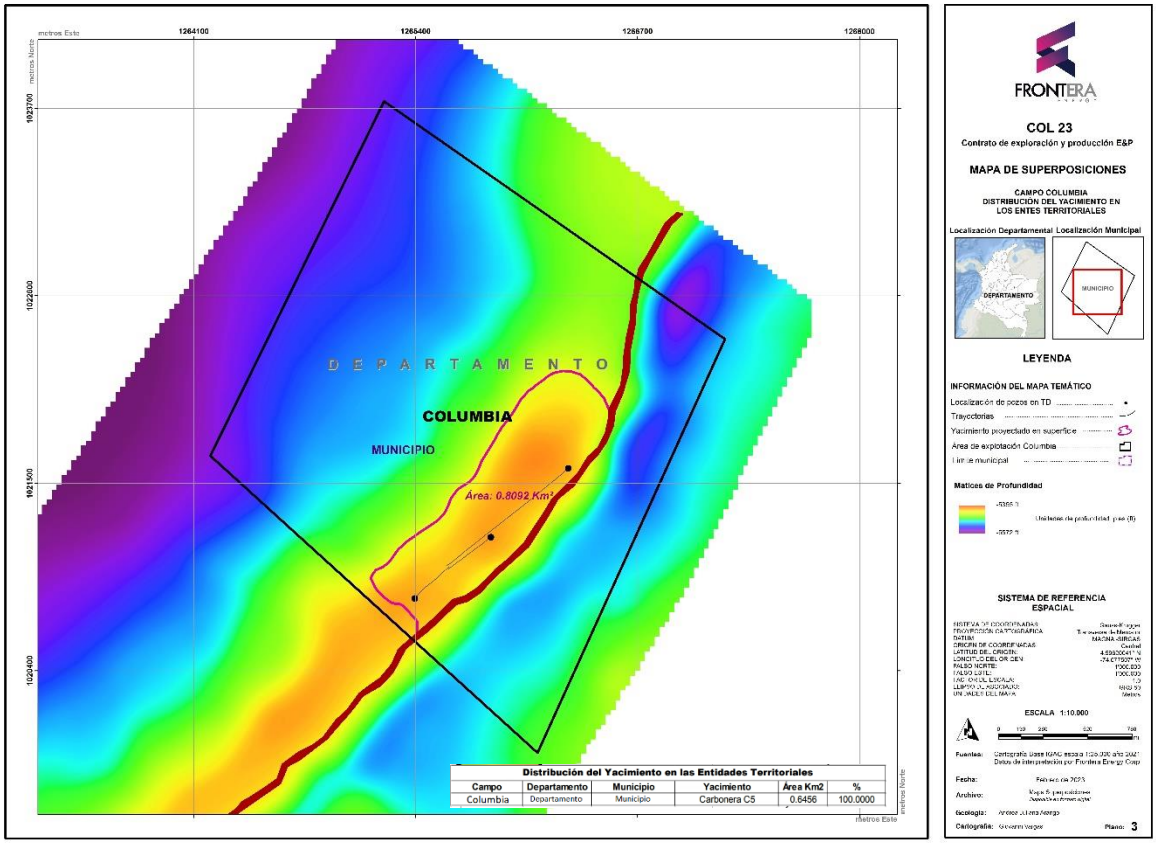
Ilustración 13. Mapa División Política Campo Columbia



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, en la *ilustracion 14*, se muestra el mapa de superposiciones que contiene la información de los anteriores mapas donde se indica en kilómetros cuadrados (Km2) y en porcentaje, el área del yacimiento que corresponde a cada entidad territorial, el cual sirve de soporte para señalar mediante resolución porcentualmente el área del yacimiento que corresponda a cada entidad territorial para efectos de la liquidación de regalías y compensaciones.

Ilustración 14. Mapa de Superposiciones Campo Columbia



Fuente: Elaboración Propia

10. CONCLUSIONES

La generación de la base de datos espacial permitió recopilar la información manejada por la compañía y centralizarla, asegurando así que la misma está clasificada y estructurada de tal manera que sea de fácil acceso para los usuarios, que se eviten duplicaciones e inconsistencia de la información geoespacial, además se logra mantener la geodatabase siempre actualizada y al ser una base de datos corporativa permite que la información pueda ser manipulada por varios usuarios simultáneamente.

Es importante mencionar que cada etapa del diseño de la base de datos es indispensable para llegar al resultado esperado, en el diseño del modelo conceptual se representa cómo funciona el negocio, cuales son los actores y que características poseen, posteriormente con el modelo lógico se especifica cómo se relacionan y cuál debe ser la estructura que permita modelar estas relaciones y finalmente en el modelo físico se describe detalladamente cada una de estas características, culminando así con la creación de una base de datos consolidada y que se ajusta fielmente a la realidad.

También se logró documentar la calidad de la información contenida en la base de datos, aplicando los parámetros establecidos en las normas internacionales ISO y las normas técnicas colombianas NTC para la validación de la información, apoyados en las herramientas que proporciona el programa ArcGIS como en el caso de la topología.

Finalmente, con la construcción de la base de datos espacial se logró optimizar el proceso de la elaboración de la cartografía temática requerida por la ANH, ya que se mostró una reducción en el tiempo de producción de los mapas, se estandarizo su entrega de y se brindó a la compañía la tranquilidad y seguridad de que la información entregada cumplió en su totalidad con los estándares exigidos normativamente.

11. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Hidrocarburos. Circular No. 007 DEL 19-02-2022, (2022).

Cloudflare., A. y. (n.d.). Gestión de Bases de Datos. Read the Docs. https://gestionbasesdatos.readthedocs.io/es/latest/Tema1/Teoria.html

Contraloría General de la Republica. (2019).

Fallas, J. (2003). Conceptos Básicos de Cartografía -Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

Flores Jarrín, J. F., & Silva Romero, B. A. (2016). Desarrollo de una base de datos de los mecanismos de formación de monóxido de carbono e hidrocarburos no combustionados de los vehículos pertenecientes al parque automotor de la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis).

Gómez Fuentes, M. del C. (2013). *Bases de Datos*. Casa abierta al tiempo.

Guglielmo Trentin (1992) Estructura y organización de una base de datos CL & E: Comunicación, lenguaje y educación, ISSN 0214-7033, Nº 13, 1992, págs. 81-88

Matos, G., Chalmeta, R., & Coltell, O. (2006). Metodología para la extracción del conocimiento empresarial a partir de los datos. Información tecnológica, 17(2), 81-88.

MAYORAL, S. M., GE, S., & DE TNFORMÁTICA, N. A. (1991). La cartografía catastral como base de sistemas de información territorial. CT: Catastro, (8), 40-47.

Mercedes Marques. (2011). Bases de datos (Primera Edición).

Mora-Páez, H., & Jaramillo, C. M. (2003). Aproximación a la construcción de cartografía social a través de la geomática. Centro de investigaciones y desarrollo – facultad de ingeniería. http://www.beu.extension.unicen.edu.ar

Rozo, P., Azcuenaga, C., Martínez Villegas, A., & Romero, G. (2005). Caracterización ocupacional de la cadena de producción y exploración de hidrocarburos.

Seguí, A. E., Portalés, C., Cabrelles, M., & Lerma, J. L. (2012). Los sistemas de información geográfica: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración. Loggia, Arquitectura & Restauración, (24-25), 122-131.

Schlumberger Limited. (1998). *Energy Glossary*. Energy Glossary. https://glossary.slb.com/es/

S. G. C. (marzo de 2020). Manual de entrega de información técnica y geológica de evaluación, exploración y producción de hidrocarburos al Banco de Información Petrolera - Anexo 3. Informes Técnicos.

Tello, Roberto (2003). Base de datos en la ingeniería y los negocios. Industrial Data, 6(1),79-82.[fecha de Consulta 5 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: https://www-redalyc-org.bdigital.udistrital.edu.co/articulo.oa?id=81606109

Vásquez Molano Daniela. (2020). Diseño De Bases De Datos Espaciales Para La Cartografía De Ordenamiento Territorial Del Suroccidente Del Departamento De Boyacá. Universidad Distrital Francisco José De Caldas – Facultad Ingeniería.