

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO Y DESARROLLO DE GASODUCTO
DE VARIANTE CIENAGA MAGDALENA**



AUTOR

MALORY ANDREA BARBOSA BARRIOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERIA CIVIL DISTANCIA

Director:

Ing. Lucidio Nereu Barbosa Duarte

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA INGENIERIA CIVIL DISTANCIA

BOGOTÁ, 2021

Resumen

En este ensayo se plasma los resultados hallados en el desarrollo del estudio de procesos cartográficos efectuado con el fin de evaluar tres alternativas propuestas para el diseño y desarrollo del proyecto de hidrocarburos (Gasoducto) “Troncal Ballena” ubicado en el departamento del Magdalena y así ver cual resulta más factible a la conexión de un ducto madre ya existente.

Es importante conocer que existen múltiples factores que afectan e intervienen en el desempeño de redes, que se encuentran en servicio para el transporte de gas, crudo y demás producción en la industria de hidrocarburos. Es preciso mencionar que la normatividad vigente establece condiciones y características estrictas a las cuales se deben ceñir con el fin de garantizar seguridad y buen desempeño.

En la búsqueda de cumplir con los lineamientos estipulados, se hace necesario desarrollar proyectos en los que idealmente lo que se pretende es intervenir parcialmente o en su defecto cambiar totalmente trayectos de tubería de acero por las que gases combustibles, que en el caso de este proyecto es el gas natural, circulan a alta presión desde un punto de origen hasta un centro de distribución. Uno de los lineamientos principales señala que la tubería se debe instalar enterrada en zanjas a una profundidad habitual de un metro y hasta dos metros, dependiendo del terreno y la seguridad. Excepcionalmente, se construyen en superficie.

Entre otros aspectos evaluados es necesario contemplar que en cualquiera de las alternativas que se intentara proponer, inevitablemente se intervienen sectores del territorio del Magdalena en donde se presentan circunstancias contempladas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) como restricciones para el proceso de habilitación, que finalmente es lo que se pretende lograr con el análisis de tres alternativas que propongo como posibles opciones para el diseño y desarrollo del proyecto del gasoducto. Para poder llevar a cabo el análisis, se realizaron cruces de información ambiental en donde se señalan las áreas protegidas, áreas Sensibles (proyectos licenciados) áreas sociales (resguardos comunidades negras) ubicación geográfica y así seleccionar la que menos restricción tenga.

Este cruce de información ambiental lo realice apoyada en la herramienta Arcgis, que grosso modo es un software que permite tanto recopilar como manipular información geográfica. Lo que hice fue implementar la carto-base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), que es la base de datos que contiene datos (mapas), para transferir desde ella la información espacial existente del terreno o zonas por donde pasaría cada una de las alternativas, esto analizado conjuntamente con la información social del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), y las áreas sensibles del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) perteneciente al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en la herramienta Arcgis me permitió identificar las zonas con restricciones presentes en cada una de las alternativas y de esta manera concluir que la alternativa 2 que comprende 26,50 km (Área de Influencia 79,59 ha) es la propuesta más conveniente para el diseño y desarrollo del proyecto que pretende realizar modificaciones necesarias, con el fin de ajustar el gasoducto “Troncal Ballena” ubicado entre Cartagena y Yobo a los lineamientos y normativas vigentes.

.

Introducción

Un gasoducto esta comprendido particularmente por tramos de tubería instalados con el fin de obtener y transportar gases combustibles a gran escala. En la actividad económica actual de la industria de hidrocarburos, el funcionamiento de un gasoducto es muy importante, este consiste como se mencionaba, en tramos de longitudes o trayectos grandes de tubería de acero soldada entre otras formas por resistencia eléctrica, que permiten que gases combustibles, principalmente el gas natural, circule desde un punto de origen como un yacimiento hasta un centro de distribución o un punto de almacenamiento o estación de compresión, etc (1). Por lo general, este tipo de tuberías se instalan enterradas en una excavación tipo zanja a una profundidad habitual de un metro, llegando a ser de hasta dos metros, esto dependiendo del terreno y la seguridad que se requiera, la profundidad de la excavación básicamente depende de lo que existe cerca al gasoducto, excepcionalmente, se construyen a nivel de superficie.

Es preciso mencionar que el trayecto o ruta que recorre la tubería depende de estudios previos de viabilidad por medio de herramientas tecnológicas que permiten obtener y administrar información geográfica y así mismo contemplar lineamientos establecidos en Colombia por entidades como la ANLA con el fin de entre otras cosas controlar el contacto de la tubería con actividades ejecutándose en la zona, controlar durante el diseño del gasoducto en la medida de lo posible el contacto con población, flora, fauna, entre otras.

Este es el caso del gasoducto “Troncal Ballena” el cual presenta la necesidad de acoplarse a ciertos parámetros, que a lo largo de este ensayo serán descritos, así mismo serán descritas tres alternativas planteadas como opción de análisis y estudio con el fin de seleccionar entre ellas la más ajustada dichos parámetros.

El gasoducto “Troncal Ballena” ubicado entre Cartagena y Yobo está conformado por dos subsistemas, el primero de ellos está comprendido entre Ballena - Cartagena y Cartagena - Jobo. Este tramo recorre una longitud total de 745,5 km. de tubería, el cual está encargado de transportar gas natural, que proviene de dos campos llamados Chuchupa - Ballena. Estos se encuentran ubicados en el departamento de La Guajira y El Dificil en Magdalena y Bullerengue en el Atlántico. Su función inicia básicamente con el gas que se recibe en la Estación Ballena y este es llevado por este medio hasta las ciudades de Santa Marta, Barranquilla y Cartagena, atendiendo, además, a lo largo de su recorrido, a varias poblaciones, plantas termoeléctricas de la Costa Atlántica, distribuidoras de gas natural y otros clientes industriales (2).

Por otra parte, un segundo subsistema que cuenta con una longitud aproximada de 477 km transporta gas natural, el cual proviene de los yacimientos denominados La Creciente, Arianna y Bonga y Mamey ubicados en los municipios de San Pedro (Sucre), El Viajano (Córdoba) y San Pedro (Sucre), respectivamente. Este subsistema tiene la particularidad que recibe inyección de gas al Sistema Nacional de Transporte a través de la Terminal Portuaria de Regasificación ubicada en Barú (Bolívar). Dicho gas inyectado en este subsistema está destinado para surtir ciudades, poblaciones y al sector industrial y eléctrico, a lo largo de su recorrido desde Cartagena hasta la población de Caucasia (Antioquia) (2).

Los dos subsistemas que conforman el gasoducto tienen la ventaja de que el gas puede circular en las dos direcciones con el fin de abastecer la necesidad de suministro de gas requerido por los diferentes tipos de población beneficiaria de este sistema de transporte de gas (comercial, residencial e industrial) (2).

Paralelo a este importante e interesante sistema también se encuentra trabajando en conjunto sistemas regionales de transporte desempeñándose en una longitud total de 1.320km de tubería. Así mismo en Barranquilla se encuentra con una red de distribución con una longitud de 78.56 km encargado de suministrar el producto al sector industrial, vehicular y domiciliario de la ciudad y su área metropolitana (2).

La propuesta de alternativas para gasoducto “Troncal Ballena” se encuentran ubicadas en los municipios de Sitio Nuevo y Pueblo viejo del departamento del Magdalena (figura 1). La problemática es identificar la alternativa que resulte más viable para construir la variante de gasoducto; para esto se ejecutan diversos geos procesos, indicando la información base, proyectos licenciados, áreas protegidas, áreas de ámbito social que interceptan el proyecto. Para así tener una decisión respecto a la variante escogida y con menos áreas sensibles anteriormente mencionadas apoyados en un sistema de información geográfica (SIG), con el fin de obtener la licencia ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Un sistema de información geográfica (SIG) es un marco de trabajo para reunir, gestionar y analizar datos. SIG integra diversos tipos de datos, analiza la ubicación espacial y organiza capas de información para su visualización, utilizando mapas y escenas 3D. Con esta capacidad única, SIG revela el conocimiento más profundo escondido en los datos, como patrones, relaciones y situaciones, ayudando a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes (3).

Las aplicaciones de un SIG están arraigadas a diferentes campos de estudio del espacio por ejemplo en la parte ambiental, donde mediante la cartográfica y su geo procesos, se hace parte de los anexos de un proyecto que se debe ser entregado a la ANLA para el

diligenciamiento de su licenciamiento. Otro tipo de aplicaciones se encuentran en proyectos eólicos, fotovoltaicos, de hidrocarburos, de electricidad (líneas de transmisión) fauna y flora, proyectos offshore (en el mar) entre otros (4).

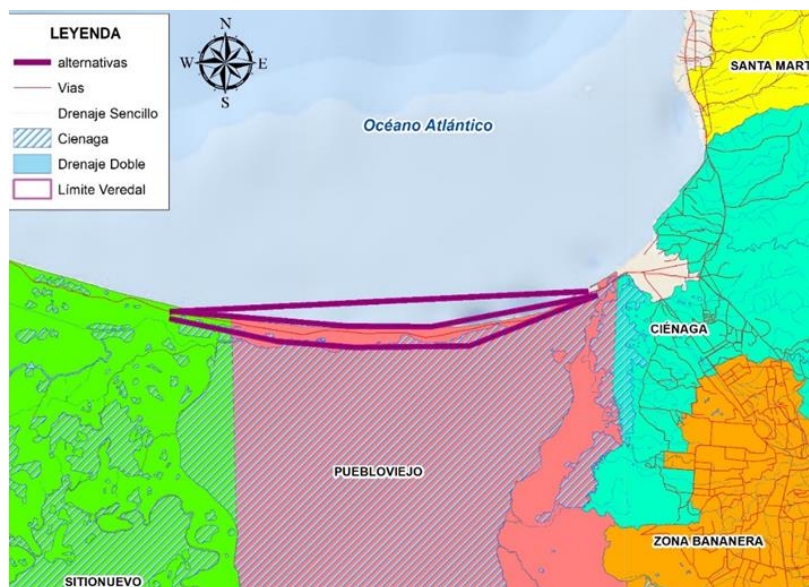


Figura 1

También los SIG se encuentran en proyectos de catastro, manejados en gran parte por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, con el fin de facilitar a la ciudadanía información georreferenciada brindando accesibilidad por ejemplo al mapa del sistema nacional catastral, mapa dinámico de líneas de vuelo, etc. Por otra parte, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), implementa un SIG por medio del cual realiza un monitoreo de suelos y tierras, también para hacer un seguimiento y caracterización del clima con el fin de evaluar las posibles amenazas riesgos y vulnerabilidad presentes en el territorio.

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), lo implementa entre otras cosas para realizar un control y diagnóstico de la malla vial, diagnóstico de espacio público y ciclo rutas, tener un inventario de puentes, etc. Así mismo el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE); implementa estos sistemas con el fin de organizar, sectorizar y

manipular información para proporcionar datos estadísticos relevantes vinculados con principalmente con procesos de evolución de diferentes aspectos socioeconómicos.

Por otro lado, las alcaldías, en sus oficinas de planeación necesitan SIG para evaluar los usos del suelo de cada territorio, divisiones políticas rurales y urbanas censo local. Estos son las más relevantes aplicaciones de SIG, pero hay más entidades que manejan este sistema, ejemplo levantamiento topográficos mediante drones, imágenes satelitales que son de uso común como por ejemplo Waze, Google maps, etc. Que permiten ubicarse y generar rutas de desplazamiento; esto es SIG.

Basada en toda la información georreferenciada disponible en las bases de datos de las entidades anteriormente mencionadas, clasifiqué la información necesaria con el objetivo de realizar procesos Cartográficos para la evaluación, de tres alternativas para el gasoducto “Troncal Ballena” en el departamento del Magdalena y así ver cual resultaba más factible para realizar la conexión a un ducto madre ya existente. Implementando los diferentes procesos cartográficos existentes en el software ArcGIS para elaborar los mapas temáticos, se realizaron diferentes geos procesos en el software.

Debido al paso de los años, los gasoductos como cualquier otro sistema deben tener mantenimiento y así mismo se debe de alguna manera acoplar a la normatividad que se encuentra en constante cambio entre otras cosas con el fin de proteger y garantizar seguridad a zonas aledañas al recorrido del sistema, es decir construir una red de tubería nueva conectada al ducto madre, pero por así decirlo que cuente con tubería y trayectos seguros según los estatutos. Este es el caso de este proyecto en el cual se proponen tres alternativas diferentes.

Este estudio de alternativas de diseño y desarrollo de gasoducto “Troncal Ballena”, fue realizado en diferentes fases en donde para iniciar se realizó la identificación y la ubicación geográfica de las de cada una de las variantes establecidas como opción de diseño y ejecución del proyecto a realizar, estas proporcionadas en un archivo kmz, es decir esta información es almacenada en lo que se denomina como una extensión del software que permite comprimir

la información para por ejemplo poder ser enviada por correo electrónico y posteriormente manipulada a esto se le llama formato de archivo kmz.

Posteriormente se ejecutó la fase 2 la cual consiste en descargar la información cartográfica que se emplea al momento de realizar los geo-procesos SIG, las fuentes que se van a emplear son el SIAC (Sistema de Información Ambiental de Colombia), IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), y el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística).

Desde el SIAC que es donde se almacena la información ambiental y de proyectos licenciados del país, se descargó el runup de donde se despliegan las áreas sensibles (parques naturales, reservas forestales, aves, humedales y proyectos licenciados como ductos, oleoductos, vías, etc).

Desde el IGAC lo que se hizo fue descargar la cartografía base a escala 1:25000 y 100000 es decir, vías, drenajes sencillos, ríos, poblaciones, curvas de nivel, etc.

Desde el DANE se descargó lo que corresponde al shapefile de veredas, este es otro tipo de archivo que se encarga de almacenar datos vectoriales correspondientes a la ubicación, forma, etc de entidades territoriales para poder ubicar municipios, veredas y departamentos que cruzan cada alternativa.

Posteriormente en la tercera fase con la información debidamente descargada, se realizan los primeros geo procesos los cuales voy a describir uno a uno a continuación:

- Convertir la información dada en kmz a shapefile, esto se hace utilizando una herramienta del software ArcGIS, (ArcMap – ArcToolbox - Convertir de kmz a Layer (capa) o shapefile)
- Crear un shapefile que me muestre un área de estudio y así hacerles clip a las diferentes capas procesadas, es decir, crear un cuadrado y seleccionar únicamente las capas que necesito trabajar de la información que anteriormente fue descargada
- Continuando, se realizó la primera figura, (localización general), lo que se hizo fue dejar encendidas las capas del sector donde se va a trabajar y se apagan las demás

para poder obtener una imagen en donde se observan las veredas que interceptan las tres alternativas y se demarcan cada una de las alternativas para observar su trayecto.

- Ya con las capas descargadas de los servidores las áreas sensibles (áreas protegidas, áreas sociales, proyectos licenciados) se hizo la intersección entre estas y el AID (área de influencia directa) de cada una de las alternativas.
- Obtener las figuras correspondientes a las intersecciones anteriormente mencionadas.
- En cuanto a la Cartografía temática, se identifican las áreas de intervención de las coberturas y ecosistemas, finalmente exportar las salidas graficas de estas.

Resultados

Como resultado se obtuvieron los siguientes datos: la longitud de cada alternativa es:

- ✚ Alternativa 1: 26,33 km (Área de Influencia 79,06 ha)
- ✚ Alternativa 2: 26,50 km (Área de Influencia 79,59 ha)
- ✚ Alternativa 3: 27,28 km (Área de Influencia 81,91 ha)

Para presentar los resultados de los geoprocenos realizados a cada una de las alternativas propuestas vamos a realizar la descripción de las capas analizadas y posteriormente si es el caso se indica el cruce.

En las tres alternativas fueron analizadas las mismas capas y/o restricciones. En cuanto a restricciones ambientales fueron analizadas las siguientes capas:

- AICAS
- Reserva Natural de la sociedad civil
- Reservas Forestales (Ley 2)
- Áreas prioritarias de compensación (COMPES)
- Santuario de Fauna y Flora
- Reserva de la Biosfera
- Vía Parque

En cuanto a lo social fueron analizadas las siguientes capas:

- Resguardos Indígenas

En cuanto a proyectos licenciados fueron analizadas las siguientes capas:

- Ductos

En el caso de la alternativa 1 se encontró que en su trayectoria (26.33km), sí cruza áreas protegidas en 79.06 ha, pertenecientes a las capas AICAS, áreas prioritarias de compensación (COMPES), AL SANTUARIO DE Fauna y Flora, reserva de la Biosfera, vía parque y ductos y por el contrario no cruza áreas protegidas pertenecientes a capas como Reserva Natural de la sociedad civil, Reservas Forestales (Ley 2) y Resguardos Indígenas. En las áreas protegidas con las que no se cruza, su trayectoria estará a 24.24km, 31.63km y 30.04km de cada área respectivamente.

Así mismo en el caso de la Alternativa 2, se encontró que en su trayectoria (26.50km) sí cruza áreas protegidas en 79.56ha, pertenecientes a las capas AICAS, áreas prioritarias de compensación (COMPES), AL SANTUARIO DE Fauna y Flora, reserva de la Biosfera, vía parque, ductos y proyectos viales. Por el contrario, no cruza áreas protegidas pertenecientes a capas como Reserva Natural de la sociedad civil, Reservas Forestales (Ley 2) y Resguardos Indígenas. En las áreas protegidas con las que no se cruza, su trayectoria estará a 20.35km, 31.23km y 30.04km de cada área respectivamente.

En el caso de alternativa 3 se encontró que en su trayectoria (27.28km) sí cruza áreas protegidas en 81.91ha, pertenecientes a capas AICAS, áreas prioritarias de compensación (COMPES), AL SANTUARIO DE Fauna y Flora, reserva de la Biosfera, vía parque, ductos y proyectos viales. Por el contrario, no cruza áreas protegidas pertenecientes a capas como Reserva Natural de la sociedad civil, Reservas Forestales (Ley 2) y Resguardos Indígenas. En las áreas protegidas con las que no se cruza, su trayectoria estará a 21.24km, 31.63km y 30.04km de distancia de cada área respectivamente.

Como se muestra en la figura 2 existen restricciones en común para las tres alternativas y así mismo cada una de ellas recorre zonas no tan cerca de áreas protegidas, grosso modo se ven tres áreas protegidas y dos proyectos licenciados

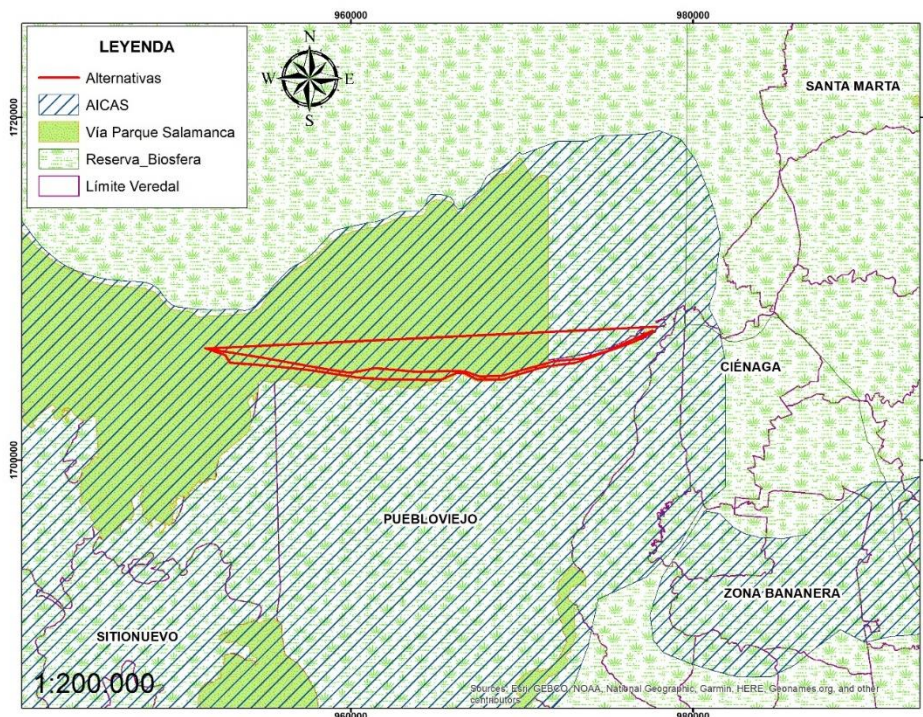


Figura 2 Áreas Protegidas

Conclusiones

De acuerdo con los resultados en la sumatoria de las áreas sensibles interceptadas se obtuvo lo siguiente: Ciénaga 1 con 218,02 Ha y 0.15 km; Ciénaga 2 219,54 Ha y 27.66 Km y por último Sta. Marta 220,66 Ha y 42.14 km.

Con estos datos se podría considerar que Alternativa 1 es la opción más viable para la alternativa de variante en el gasoducto ya existente, ya que tiene el valor menor de restricción ambiental.

Existen otros criterios a considerar para plantear la verdadera mejor opción. Entre Alternativa 1 y Alternativa 2 hay una mínima diferencia de 1.52 Ha esto lo podemos atribuir a que una de ellas (Alternativa 1) se encuentra sobre el nivel del mar, por esta razón se hace menos viable.

Alternativa 2 se encuentra paralela al ducto existente lo cual puede hacer más probable su aprobación por parte de la ANLA porque así ya se tiene en cuenta la licencia del trazado existente, y así evitar más impacto ambiental, a diferencia de Ciénaga 1 que tocaría evaluar la fauna y flora marina que se podría intervenir.

Bibliografía

1. García Mogollon J. Diseño De Gasoductos Mediante El Uso De Herramientas Computacionales De Propósito General. Universidad de Piura; 2015.
2. BEO Manual del Transportador / Procedimientos Operacionales / Mapa del Gasoducto [Internet]. [cited 2021 Jul 13]. Available from: <http://www.promigas.com/Es/BEO/Paginas/ProcedimientosOperacionales/Mapa-del-gasoducto.aspx>
3. ¿Qué es SIG? | Sistemas de Información Geográfica - Aeroterra S.A. [Internet]. [cited 2021 Jul 13]. Available from: <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/introduccion>
4. Los SIG aplicados al Medio Ambiente - Blog Geoinnova [Internet]. [cited 2021 Jul 13]. Available from: <https://geoinnova.org/blog-territorio/los-sig-aplicados-al-medio-ambiente/>