

**MANUAL PARA IMPLEMENTAR UN SIG DE EXPLORACIÓN
GEOLÓGICA PARA LA EMPRESA MORENA MINERALES EN SALENTO
QUINDÍO**

NATALIA RÍOS BUSTAMANTE

LUIS CARLOS VILLANUEVA OSPINA



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

**MANUAL PARA IMPLEMENTAR UN SIG DE EXPLORACIÓN
GEOLÓGICA PARA LA EMPRESA MORENA MINERALES EN SALENTO
QUINDÍO**

NATALIA RÍOS BUSTAMANTE

LUIS CARLOS VILLANUEVA OSPINA

**Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Especialista en Información Geográfica**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Roger Easterday, Gerente General de Morena Minerales SAS por abrirnos las puertas de su empresa para realizar la parte práctica del presente proyecto.

Diego Alberto Arango Arcila por asesorarnos en los procesos y etapas de este trabajo.

Luis Carlos Correa Ortiz por su constante apoyo y valiosos consejos académicos durante la especialización y el desarrollo de este trabajo investigativo.

Natalia Rios Bustamante agradece a:

A mi abuela, por su constante apoyo y sus lecciones de vida.

Luis Carlos Villanueva agradece a:

A mis padres Amparo y Jesús, quienes siempre me enseñaron el verdadero valor de estudiar y formarme día a día.

CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
1. ÁREA PROBLEMÁTICA	13
1.1 DESCRIPCIÓN	13
1.2 DELIMITACIÓN	13
1.3 FORMULACIÓN	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1 CAPTURA Y ADMINISTRACIÓN DE DATOS GEOLÓGICOS Y MINEROS.	18
4.2 IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA EN LA MINERÍA COMO INDUSTRIA	19
4.3 CONTROL DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS DATOS GEOLÓGICOS MINEROS	19
4.3.1 Normas de Calidad	20
4.4 ESTANDARES EN LAS COMPAÑÍAS MINERAS COLOMBIANAS ..	20
4.5 LOS SIG Y SU PAPEL EN LA ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y MINERA	21
4.6 ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SIG EN UN PROYECTO MINERO	22
4.7 ANTECEDENTES	22
5. METODOLOGÍA	26
5.1 TIPO DE TRABAJO	26
5.2 PROCEDIMIENTO	26
5.2.1 Fase 1. Pre-operativa.	26
5.2.2 Fase 2. Inicio de consultas.	26
5.2.3 Fase 3. Tratamiento inicial de la información requerida y existente. 26	
5.2.4 Fase 4. Sistemas de información	27

5.2.5 Fase 5. Informes finales.....	27
6. RESULTADOS	28
6.1 FASE I: PRE – OPERATIVA	28
6.1.1 Análisis de Problemas	28
6.1.2 Análisis Causal	28
6.1.3 Matriz de Vester	29
6.1.4 Clasificación de Problemas	30
6.1.5 Árbol de Problemas	32
6.2 INICIO DE CONSULTAS	33
6.3 TRATAMIENTO INICIAL DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA Y EXISTENTE.....	34
6.3.1 Calidad de los Datos Existentes	34
6.3.2 Disponibilidad de Recursos	36
6.3.3 Definición de Necesidades	37
6.3.4 Definición del Problema	37
6.4 Esquema del Flujo de Información	38
6.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	38
6.5.1 Base de Datos	38
6.5.2 Creación de las Bases de Datos	39
6.5.3 Protocolos de Manejo	55
7. CONCLUSIONES.....	59
8. RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	64
GLOSARIO.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano cartesiano donde se muestra la ubicación de las parejas de totales obtenidos en la Matriz de Vester, clasificando los problemas Activos (Cuadrante Inferior Derecho), Pasivos (Cuadrante Superior Izquierdo), Críticos (Cuadrante Superior Derecho), Indiferentes (Cuadrante Inferior Izquierdo).....	31
Figura 2. Árbol de Problemas, a partir del análisis realizado donde se evidencia como resultado el problema central analizado en el área problemática del presente informe.	32
Figura 3. Árbol de Soluciones, en azul se resalta la importancia de la centralización de la información del proyecto como uno de los componentes que a su vez es objetivo del presente trabajo.	33
Figura 4. Vista de las portadas de los protocolos encontrados en los archivos de la compañía Morena Minerales S.A.S.	34
Figura 5. Vista de la Tabla “Drill Info” del archivo de Datos de Perforación. Fuente: Archivos Digitales Morena Minerales S.A.S. © 2013.....	35
Figura 6. Diagrama entidad relación generado por el programa Microsoft Officece Acces ® para la base de datos relacional de Perforación del Proyecto Salento, como ejemplo demostrativo.	36
Figura 7. Esquema general del flujo de información que se requiere dentro del Sistema de Información Geológica.	38
Figura 8. Vista de la tabla Mapping_Geology con sus llaves foráneas y principal.	41
Figura 9. Vista de algunas opciones del dominio “Alterations”.	42
Figura 10. Vista del dominio Minerals de la base de datos geológica.	42
Figura 11. Vista del Dominio de Lithology, que alimenta la columna Lithology de la tabla Mapping Geology, que posee relación de 1 a muchos con esa.	43
Figura 12. Catálogo de estructuras geológicas que se usan en las descripciones de campo.	43
Figura 13. Vista del dominio de la columna Location Type.....	44
Figura 14. Diagrama entidad Relación para la base de datos generado por la aplicación PgModel para PostgreSQL.	45
Figura 15. Tabla creada en la Base de Datos de Geología, creada en PostgreSQL	46
Figura 16. Ejemplo de Datos Importados a la Tabla Mapping_Geology, en la base de datos Geology.....	46
Figura 17. Vista del diseño de la Tabla “Holes”.	48
Figura 18. Diseño de la Tabla “Boxes”.....	48
Figura 19. Tabla “Geology” con sus respectivos dominios.....	48
Figura 20. Estructura de la Tabla “RQD”.....	49
Figura 21. Diseño de la tabla Samples.	49
Figura 22. Diseño de la tabla de “Structures”.....	49
Figura 23. Diagrama Entidad Relación para la base de datos de perforación Geológica. Generado por la aplicación PgModel para PostgreSQL.....	50
Figura 24. Tablas Creadas en el programa PostgreSQL para la base de datos de perforación.	51

Figura 25. <i>Muestra de Tabla Importada a la Base de Datos de Perforación a partir de los datos existentes.</i>	51
Figura 26. <i>Lista de tablas importadas al software Postgesql, archivos Shp importados.</i>	52
Figura 27. <i>Ventana de Importación de los datos al programa Qgis, desde la base de datos espacial Morena_Geo en Postgresql.</i>	53
Figura 28. <i>Vista de los archivos cargados por medio de la base de datos espacial desde Postgresql.</i>	53
Figura 29. <i>Visualización de los datos luego de ser importados de la base de datos Morena_Geo en Postgresql.</i>	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Lista de problemas</i>	28
Tabla 2. <i>Tipificación de Problemas Identificados</i>	29
Tabla 3. <i>Leyenda Usada para Matriz de Vester</i>	30
Tabla 4. <i>Tabla Total Activos Vs Total Pasivos</i>	31
Tabla 5. <i>Tabla de Clasificación de Problemas</i>	32

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. <i>Matriz de Vester</i>	30
Cuadro 2. <i>Vista de la hoja de Logue o Registro Geológico de donde se toman los datos para la base de datos DRILLING ©Morena Minerales 2013</i> .	58

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Carta de Acceptation del Trabajo por parte de Morena Minerales.

ANEXO B: Tablas de la Base de Datos Espacial

ANEXO C: Vista del Mapa Geologico Generado Luego de Cargar en Qgis.

RESUMEN

Para aplicar las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica aprendidos durante la especialización en esta área, se pretende diseñar un manual para la implementación sistema de información geológica para una empresa minera, que de acuerdo a sus necesidades, solicita la creación de un sistema de base de datos para administrar la información que posee de exploración y geología en el proyecto Salento.

Usando las herramientas de análisis para determinar la necesidad existente y cuál es la manera más efectiva para atender dicho requerimiento, se procede a realizar un estudio de los datos disponibles y de los campos de aplicación de dicho estudio dentro de la empresa.

Finalmente se diseña un sistema de información en bases de datos relacionales que integre catálogos de objetos y tablas de información donde se consigna la data geológica de exploración y de perforación del proyecto, otorgándole a la compañía un herramienta para centralizar sus datos geológicos, los cuales a su vez le sirven para la toma de decisiones de manera más rápida ordenada y con el mínimo de error posible.

Palabras Clave: Sistema, Base de Datos, Necesidades, Diseño, Geología, Exploración.

ABSTRACT

To apply the tools of Geographical Informations Systems, learned during this specialization is to design a guide for implementation of a Geological Information system for a mining company, according her needs, It need the creation of a system database for administrate the information that has of exploration and geology in the Salento project.

Using the analysis tools to determine the need that existing and what is the most effective way to attend this requirements, next is to conduct a study of the available data and the application fields of the study inside the company.

Finally an information system is designed in relational database that integrates catalogs of objects and data tables where the geological data and drilling exploration project is recorded, giving the company a tool to centralize her geological data, which in turn they serve to take decisions faster with order and the least possible error.

Keywords: System, Database, Requirements, Design, Geology, Exploration.

INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico ha hecho que las ramas del conocimiento encuentren nuevas formas de aplicar su función; los Sistemas de Información Geográfica (GIS) entendidos en un sentido amplio de su significado, han permeado y sus aplicaciones se han extendido a varios campos que anteriormente no hacían uso de ellos o por lo menos no se consideraban como parte importante de esos campos.

Actualmente, los GIS, han avanzado sus frentes de trabajo a tal punto que se encuentran inmersos en la vida cotidiana de las personas; las aplicaciones de los GIS han demostrado ser una herramienta eficiente en el desenvolvimiento de numerosas tareas, de allí la importancia que poseen y la necesidad de su estudio especializado como una aplicación de la era digital.

Uno de los campos en los que ha tomado fuerza es en la administración de los datos en proyectos de tipo geológico o que involucren el uso de las geociencias, en donde el volumen de información y sus finalidades, hacen necesario la aplicación de bases de datos, bases de datos espaciales, software especializado para modelado de datos geológicos, entre otras herramientas que hagan que la aplicación de las geociencias básicas estén a la vanguardia de las nuevas tecnologías en materia GIS.

Como requisito para optar al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica, se presenta un ejercicio en donde se crea el manual para la implementación de un Sistema de Información Geológica para un Proyecto de la Compañía Morena Minerales S.A.S, en el Municipio de Salento, Departamento del Quindío. Por medio de las herramientas aprendidas en el transcurso de la especialización, se pretende diseñar el Sistema que permita a la mencionada empresa la administración eficiente de la información que posee de sus proyectos mineros, en especial el Proyecto Salento y que le servirá a futuro como base para la toma de decisiones sobre el direccionamiento estratégico de su objeto social y metas institucionales.

Finalmente se genera un informe, donde se llevan a cabo los pasos que se requieren para realizar el tipo de tarea descrita de acuerdo a las necesidades de la empresa, se deja plasmado los pasos y fases que se siguen para la implementación en el Proyecto Salento, cumpliendo así con los objetivos del presente trabajo, mostrando un caso específico de aplicación de los GIS en un Proyecto Minero y su importancia.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

1.1 DESCRIPCIÓN

La exploración de oro y sus asociados, representa un gran reto para quienes intentan emprender esta opción de negocio; ya que es una inversión a largo plazo y que posee un retorno de capital en el mismo sentido de tiempo. La compañía, Morena Minerales SAS, adquirió el proyecto Salento, ubicado en el municipio de Salento, Departamento del Quindío – Colombia, para la exploración y explotación de una mina de oro subterránea denominada La Morena, con más de 120 años de existencia en la zona.

Luego de retomada la exploración técnica de la mina, se generó un grande flujo de información, el cual ha sido administrado aplicando algunos de los estándares internacionales exigidos, tabulando y recopilando datos que han servido al avance del proyecto, sin embargo, se ha visto una dispersión de los mismos debido a que no existe un enfoque desde los sistemas de información y su enlace eficiente con los sistemas de información geográfica, para crear una centralizada base de datos que proporcione información técnica y geológica del proyecto de manera oportuna, ágil y eficiente, y así garantizar la toma de decisiones, la administración adecuada de los recursos disponibles para el proyecto, y obtener información confiable y segura.

En concreto, se han presentado casos en los cuales la información no está disponible y por lo tanto dificulta su enlace con una programa o software que sustente el diseño de cartografías temáticas y análisis espaciales y estadísticos de datos. Esto en general se puede catalogar como un error técnico dentro de la compañía.

1.2 DELIMITACIÓN

El problema que se ha venido identificando en la Compañía Morena Minerales S.A.S, aplica en estos momentos para su proyecto conocido con el Nombre de Proyecto Salento, sin embargo la empresa planea extenderse en un mediano plazo a otros proyectos y allí quiere comenzar también la implementación de un sistema ágil y eficiente para la administración de su información. La prioridad por ahora se enfoca en la administración de la información geológica del proyecto, ubicado en el Municipio de Salento, Departamento del Quindío, centro de operaciones mineras de la empresa.

Los recursos con los que cuenta la empresa, es la disponibilidad de personal que proporciona la información técnica, archivos de los datos tanto digitales como físicos que garantizan la trazabilidad de los procesos, personal con conocimientos en minería, geología, bases de datos, sedes de trabajo en Medellín y Salento así como campamentos para los posibles accesos al área principal del proyecto en terreno. De acuerdo a las observaciones los archivos digitales y físicos son amplios y permiten la implementación de un simplificado sistema de información.

1.3 FORMULACIÓN

¿Cuál es el método más eficiente para evitar los errores técnicos, centralizar, evitar la fuga y enlazar internamente la información técnico – geológica de la empresa Morena Minerales, de tal forma que permita un uso eficiente de la data disponible y la que se capture en campo?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un manual para la implementación de un sistema interno de información técnica y geológica, que permita administrar eficientemente los datos disponibles y que sean capturados en campo por la empresa Morena Minerales SAS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Consultar la información disponible sobre la aplicación de sistemas de información a las actividades de exploración y explotación en un yacimiento mineral, tomando ejemplos y experiencias de otras compañías del ramo.
- Consultar las normas que rigen la administración de este tipo de información (datos de exploración y explotación de un yacimiento mineral), y definir su grado de aplicación actual a los datos existentes en los archivos de la empresa y de esta forma recopilar la base datos necesaria que formara parte del sistema de información.
- Crear el sistema de información usando las opciones que desde los Sistemas de Información Geográfica y de Datos puedan ser aplicables, tales como ingreso de datos, relaciones entre otros.
- Determinar el grado de aplicabilidad de este sistema y su beneficio para la compañía como herramienta para la toma de decisiones.
- Creación del manual para la implementación del sistema de información geológica y de exploración de la compañía.

3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, el rápido crecimiento de las grandes potencias industriales, así como el avance de las tecnologías y comunicaciones, ha generado una alta demanda de bienes y servicios que garanticen la continuidad del sostenimiento de esa demanda. El Sector Secundario de la economía en Colombia, como país proveedor de materias primas, está presentando un auge en los últimos años sobre todo en el área minero – energética, y en respuesta a ello, se crearon múltiples empresas dedicadas a la exploración con miras a explotación de los yacimientos minerales y petroleros del país, para atender la demanda de un mundo que, globalizado, ha incluido a Colombia como uno de los sectores ideales para inversión. El aumento de flujo de capitales desde y hacia Colombia, se ha dado significativamente desde mediados del año 2008, generando aumento en la dinámica económica nacional, creando confianza y un gran auge de empleo en el sector minero energético, a la par de gestión de políticas mineras y ambientales de control estatal.

Morena Minerales SAS, es una compañía junior cuyo objetivo es la de explorar y explotar yacimientos minerales metálicos enfocándose especialmente en oro y sus asociados a pequeña y mediana escala, la cual lleva en Colombia trabajando desde el año 2010. Como unidad operativa y de negocio, posee flujo de capitales de inversión, propios y externos, los cuales garantizan el desenvolvimiento del proyecto que, de ser rentable, otorgará el retorno de capital esperado en los tiempos estimados desde la concepción del proyecto o idea.

Debido a la necesidad de creación de confianza en los inversionistas, luego de la gran estafa a nivel global y escándalo que significó en el año 1997 el caso Bre – X, se creó la norma internacional para la Certificación de Reservas Mineras o más conocida como la Norma Canadiense NI 43-101, (además de otras en otros países del mundo, Colombia se basa en esta), la cual establece todos los parámetros por medio de los cuales una empresa minera certifica, mediante control de calidad a sus procesos de captura y administración de la información, las reservas de mineral existentes en su o sus proyectos.

Morena Minerales, en búsqueda de este control de calidad, ha intentado capturar, archivar y clasificar la información obtenida en formas de bases de datos internas y aplicando algunos de los protocolos establecidos por la norma 43101, para dar trazabilidad a la información, con colaboraciones de otras compañías del ramo, pero debido al gran volumen de información, la falta de experiencia, errores en la comunicación, el sistema de gestión de la calidad no se ha apoyado en el área de los Sistemas de Información Geográfica de manera óptima y permitir entonces una administración eficiente de toda la data existente, por tal razón existe la necesidad de organizar el sistema integrado de información, y enlazarlo con el sistema de información geográfica de acuerdo a las necesidades de la empresa.

La aplicación de un ordenamiento y un sistema de información es de importancia relevante para que la empresa sea más eficiente a la hora de administrar sus recursos, tomar decisiones de importancia y generar confianza en los inversionistas que eventualmente puedan estar interesados en la empresa.

4. MARCO TEÓRICO

Desde finales del siglo XIX, y hasta nuestros días, el vertiginoso crecimiento y expansión de la industria, soportada por las crecientes necesidades de la población, han demandado grandes cantidades de recursos energéticos y minerales que de manera limitada están disponibles en nuestro medio.

La obtención de los recursos ha dado origen a innumerables actividades, producción de materias primas y a un andamiaje industrial el cual ha crecido con el paso de las décadas y que ha hecho de la industria minero energética una de las más rentables a nivel planetario, y aunque la disponibilidad de los recursos metálicos y no metálicos para la industria y por ende para el sostenimiento de la civilización actual, están distribuidos por la corteza terrestre de forma irregular, ha hecho de ciertas zonas en el globo, áreas “ricas” en términos de disponibilidad de recursos no renovables como petróleo gas carbón y minerales metálicos; ello dio lugar al movimiento de grandes capitales que buscan una opción de negocio con su consiguiente utilidad y retorno, pero debido a los muchos fracasos debido a estafas y pérdidas importantes por la no certificación de los recursos minerales existentes en un yacimiento antes de iniciar la explotación, numerosas organizaciones se han preocupado por la estandarización de los parámetros que permitan certificar las reservas de mineral o de petróleo de un yacimiento, para asegurar que la inversión de capital si se esta haciendo sobre datos confiables y así no existirán fugas o pérdidas de dinero por invertir en proyectos fraudulentos.

Es aquí donde los sistemas de información cobran sentido, debido a que la exploración de un yacimiento mineral, es un compendio de información capturada en campo que corrobora que las reservas de determinado material, existen y están enterradas en un área en particular y que estas reservas pueden ser verificables; pero para esto se requiere una estructurada organización de la información integrando datos geográficos y técnicos en un sistema centralizado, estandarizado.

El Comité para los reportes internacionales estandarizados de reservas minerales – CRIRSCO -, es un organismo internacional que vela por la estandarización de estas normas en particular para los reportes internacionales de reservas de mineral. Así existen varios estándares internacionales que se aplican a la certificación de recursos minerales para empresas del sector minero que desean ingresar sus capitales a la bolsa de valores. Sin embargo también pueden ser utilizados por compañías que no están interesadas por ingresar a la bolsa de valores pero que requieren aval de capitales privados y con ello generan confianza en el sector inversionista.

Países como Canadá (Norma NI 43 – 101), Estados Unidos (SME), Chile (Ley 20235), Unión Europea (Estándar PERC), Sudáfrica (SAMREC), Rusia (NAEN), Australia (JORC), son los principales estándares, a la fecha existentes y son administrados por diferentes compañías de certificación de la calidad alrededor del mundo.

En Colombia el estándar ampliamente utilizado es la Norma NI 43 – 101, ya que gran parte de las compañías dedicadas a esta industria, cotizan en la bolsa de Toronto y otro menor número en la bolsa de New York.

En nuestro caso de estudio, Morena Minerales SAS, ha implementado la norma NI 43 – 101, aunque no está cotizando en la bolsa de valores, requiere calidad en sus procesos de captura y administración de información técnica y geográfica ya que necesita generar confianza entre

sus inversionistas. A la luz de la norma usada, la compañía ha recibido asesorías de otras compañías del ramo como lo son Consorcio Minero Horizonte de Perú (2012), Solvista Gold de Colombia, Continental Gold de Colombia, Grupo de Bullet SAS de Colombia (2010), quienes han aportado información necesaria para la aplicación de las normas de certificación de recursos minerales y de administración de los datos técnicos del proyecto.

De igual forma, compañías importantes en el ramo del control de calidad como SGS, han aportado al presente objetivo, datos sobre la aplicación de la certificación de los recursos y administración de la información.

Como se puede observar el estado del arte en términos de garantizar la calidad de la información geográfica y técnica en las empresas del sector minero, ha presentado numerosos controles a lo largo de su historia, y esta disponible ampliamente a la luz de las disposiciones del CRIRSCO, como máximo estado actual de la materia que ocupa el presente trabajo en términos de certificación de la calidad de la información, que es en últimas la razón de ser de los sistemas de información geográficos en la industria minera.

4.1 CAPTURA Y ADMINISTRACIÓN DE DATOS GEOLÓGICOS Y MINEROS.

La captura y administración de datos geológicos, ha sido una preocupación de los geólogos desde que su actividad ha ido tomando importancia en el campo de Geología Económica y se han realizado numerosos avances en materia de SIG.

Cuando se inicia un proyecto donde se aplican las geociencias, es necesario seguir unos pasos preestablecidos en una metodología. “El primer paso es obtener y evaluar la información existente, antes de ir a campo para obtener más datos” (Peters, 1978, p.279).

De igual forma, se pueden sintetizar los datos existentes y tomar solo la información que se necesita, (Peters, 1978), es así como el geólogo puede agilizar su trabajo y descartar aquella información que no es relevante en el objeto de estudio, esto aplica principalmente cuando ya existen trabajos precedentes en el área; cuando no es así, este paso puede ser omitido.

Durante muchos años, los geólogos aplicaron métodos mecánicos para el procesamiento, administración y análisis de los datos capturados en campo y que servían de base para la toma de decisiones; Peters (1978) afirma: “La información geológica relevante como resultado del procesamiento puede ser eventualmente tratada como datos geológicos recibiendo procesamiento adicional y acoplado con datos económicos y de ingeniería en un programa de computador (p.489). De esta forma se establece que no solo los datos geológicos por sí mismos, comprenden la información en el análisis de datos geológico mineros, sino que es un acople de datos de diferente origen pero relacionados entre sí y el autor invoca el uso de un programa de computador ya en 1978 para la administración de estos datos.

Contemporáneamente en los años 1960, los Sistemas de Información Geográfica comenzaban su camino de desarrollo, como herramienta cartográfica para el procesamiento de datos geográficos, lo cual a lo largo de estos años se ha traducido en la implementación de diferentes herramientas como los sensores remotos, bases de datos, la programación,

procesamiento digital de imágenes, de los cuales la geología ha hecho uso, hasta convertirlas en indispensable recurso para la geología moderna.

4.2 IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA EN LA MINERÍA COMO INDUSTRIA

Se ha podido encontrar una estrecha relación entre la Geología y La Minería desde épocas remotas:

“La industria minera, en su tarea de encontrar, seguir y extraer menas metálicas, ha hecho siempre uso de la geología en una u otra forma. Desde épocas medievales, escritos sobre minería se aventuran en discusiones sobre la génesis y localización de menas; aunque nos parezcan ahora simples y divertidos, constituían la mejor geología conocida en su tiempo, y estaban considerados entonces como parte del conocimiento esencial en minería”. (Mckinstry, 1977, p.18).

Así, la industria minera, se ha convertido en una opción de negocio para invertir fondos de capital en proyectos mineros; sin embargo esas inversiones requieren especial cuidado, ya que existe un riesgo y obviamente ningún inversionista quiere perder o invertir mal su dinero. Así se habla de Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad en minería, en donde se intenta generar confianza en el inversionista a través de la certificación de procesos por medio de los cuales se obtiene la información geológica y minera, lo cual lo llevará a toma de decisiones acertadas en su negocio; para tal efecto, es fundamental que la información que se obtenga, tenga trazabilidad, sea veraz y confiable y para ello, en geología y minería, la aplicación e implementación de los SIG, juega un papel primordial.

4.3 CONTROL DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LOS DATOS GEOLÓGICOS MINEROS

Otro aspecto importante en los datos geológicos, es el control de calidad y el aseguramiento de la calidad de los mismos (QA/QC). La RAE (Real Academia Española), define calidad como: “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo que permiten juzgar su valor”. De esta forma el concepto de calidad en la información geológica permite juzgar el valor de los datos obtenidos y procesados; adicionalmente, el aseguramiento de la calidad es el conjunto de actividades planificadas y sistemáticas aplicadas en un Sistema de Calidad para que los requisitos de calidad de un producto o servicio sean satisfechos.

En los últimos años este concepto se aplica en el ámbito minero, permitiendo generar confianza entre quienes procesan, publican e invierten en este sector, y de esta forma generar solidez en el sector de la Geología Económica.

4.3.1 Normas de Calidad

Se han redactado en diferentes países estándares de calidad en materia de proyectos mineros, que están encaminados a asegurar la calidad de la información geológica y minera de un proyecto. Aunque existen varias de ellas, en este caso en particular se tendrá en cuenta el estándar conocido como NI 43 – 101 o “National Instrument 43 – 101”, expedido por el Instituto Canadiense de Minería Metalurgia y Petróleo, y que se aplica a las compañías mineras que requieran reportar informes sobre proyectos mineros de su propiedad a los emisores de valores en el mercado canadiense.

- National Instrument 43 – 101

Basado en el estándar expedido por El Joint Ore Reserves Committee – JORC - (1998), así como en otros instrumentos análogos, y corresponde a un estándar para la divulgación de proyectos mineros en Canadá.

Según el Instituto Canadiense de Minería, Metalurgia y Petróleo (1998), citado por Bolaños (2014), la norma es: “Un set codificado de reglas y directrices para reportar y mostrar información relacionada con las áreas mineras, propiedad de, o exploradas por compañías las cuales reportan esos resultados en bolsas de valores dentro de Canadá”.

De acuerdo a lo anterior, cualquier proyecto minero que quiera ingresar su empresa a cotizar en las bolsas de valores de Canadá, deberá certificarse por medio del Instrumento 43-101; con esto se busca evitar la pérdida de capitales y la incursión de proyectos con información fraudulenta a los mercados bursátiles en el negocio minero.

4.4 ESTANDARES EN LAS COMPAÑIAS MINERAS COLOMBIANAS

Debido al auge minero en Colombia en los últimos años, la industria minera ha recibido inversión extranjera de diferentes partes del mundo y esas compañías han ingresado a los mercados de capital; en ese sentido es natural que esas compañías se vean avocadas a cumplir los estándares exigidos para tal fin e incluyan dentro de sus procesos internos, protocolos encaminados a cumplir los estándares de certificación de recursos, los cuales se aplican en la captura, procesamiento, organización y presentación de la información del proyecto minero, haciendo control de calidad, aseguramiento de la calidad y generando confianza en los inversionistas que tengan su dinero en la compañía, todo bajo las regulaciones de las normas y estándares como la NI 43 – 101.

En el caso que nos ocupa, al interior de Morena Minerales S.A.S, se han creado protocolos encaminados al cumplimiento de estas normas, pese a que la compañía no pertenece al mercado bursátil, aplica procesos de control de calidad y aseguramiento de la calidad para estar a la vanguardia de los estándares en esta materia, los cuales necesitan ser complementados por la aplicación de los SIG y así dinamizar de una manera más eficiente el

flujo de información dentro de la empresa y que permita la toma oportuna y eficiente de las decisiones que se requieran por parte de las directivas de la empresa.

4.5 LOS SIG Y SU PAPEL EN LA ADMINISTRACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y MINERA

Los Sistemas de Información Geográfica han sido una herramienta fundamental en la Geología, ya que sus características son ampliamente compatibles con las actividades que desde las geociencias se pueden efectuar. Así, una base de datos relacional y espacial es de gran ayuda a la hora de la captura, procesamiento y ploteo de datos geológicos.

De las muchas definiciones que han surgido sobre los SIG, aquella que refleja en alto grado lo que el presente trabajo ha venido mostrando es la expresada por Burrough (1986) en la que nos dice que un SIG es: “Un conjunto de herramientas para reunir, introducir en un ordenador, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos”

Los componentes de un SIG en una empresa minera, comprenden:

Hardware: Equipamiento necesario para la captura, procesamiento y almacenamiento de datos geológicos. Ordenadores, equipos de geoposicionamiento, capacidad de almacenamiento de datos y seguridad de los mismos.

Software: Programas enfocados a la administración y procesamiento de los datos capturados en campo; existen actualmente numerosos programas especializados en el modelado de datos Geológicos y Mineros. Los softwares en este sentido se usan desde bases de datos y motores de bases de datos que están disponibles en la web y de manera comercial.

Datos: Información que el Geólogo captura en campo, así como la información existente en archivos previos y que constituyen el corazón central del trabajo que realiza el profesional encargado de los datos.

Procedimientos: Las normas y estándares internacionales, como es el caso de la NI – 43101, dictan los protocolos y procedimientos en el manejo de los datos geológicos y mineros en proyectos como el que maneja Morena Minerales S.A.S, los cuales sumados a los protocolos particulares de cada empresa (de acuerdo a sus necesidades), se convierten en la hoja de ruta de los procedimientos dentro del SIG.

Recurso Humano: Esta parte está compuesta por profesionales de SIG y Ciencias de la Tierra que recolectan, procesan, analizan y muestran datos productos del Sistema de Información Geográfica, para tal fin Geólogos, Ingenieros de Minas y especialistas SIG entre otros.

4.6 ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SIG EN UN PROYECTO MINERO

Cuando una empresa minera inicia un proyecto determinado, sigue una serie de pasos como hoja de ruta, de las cuales numerosos estudiosos del tema han sugerido diferentes enfoques de forma general, sin embargo, en la práctica, todo depende de las necesidades particulares de cada proyecto.

Un ejemplo de lo anterior esta descrito en los procedimientos establecidos por Mckinstry, (1977), que no es más que una compilación escrita de las labores que en Geología de Minas se han venido aplicando a lo largo de varias décadas, todas enfocadas a la exploración y puesta en funcionamiento de un proyecto minero. En general los pasos para la puesta en marcha de una mina o un proyecto minero corresponden a la prospección inicial, exploración en superficie, exploración subterránea, cálculo de recursos, estimación del proyecto, estudio de factibilidad, montaje y puesta en marcha; obviamente dentro de cada paso a seguir existen sub-items que serán aplicados de acuerdo al tipo de proyecto minero y tipo de depósito mineral en cuestión así como la extensión tamaño y recursos de capital disponibles.

La parte de SIG en el proyecto minero, está presente en cada una de las etapas del mismo; esto es, las bases de los datos recolectados desde el inicio del proyecto minero e inclusive con anterioridad (Antecedentes), serán tabuladas codificadas y administradas de manera que permitan tener el mayor nivel de conocimiento estructurado sobre el depósito mineral objeto de estudio, lo cual luego de un procesamiento por medio de herramientas SIG, permitirá a la compañía la toma de decisiones sobre el proyecto, de ahí la importancia de realizar un trabajo de calidad, regido por normas estandarizadas así como el de tener un SIG estructurado de acuerdo a las necesidades de la empresa, para evitar pérdidas de dinero.

Pero, ¿Cómo definir la ruta a seguir desde los SIG, de manera que la empresa se beneficie de esta herramienta? Es importante conocer las metodologías que nos a ayudar a definir como la compañía se verá beneficiada por la estructuración de este sistema.

Debido a que la empresa ya se encuentra funcionando hace algunos años, es necesario aplicar metodologías que permitan identificar el estado del proyecto tales como: Identificación de Problemas, Análisis Causal, Matriz de Vester, Clasificación de Problemas, Árbol de Problemas y Soluciones, que están relacionados directamente con el área problemática estudiada en el capítulo 1 del presente informe.

4.7 ANTECEDENTES

El aumento de la demanda de recursos minerales que desde principios del siglo XX y el auge tecnológico después de la segunda guerra mundial, llevaron a que los años 50's y 60's fuera de un vertiginoso avance en muchos frentes de las ciencias y en general de la civilización como la conocemos.

El enlace inicial entre la Geología y los SIG, se refleja a través de la geografía. “La primera experiencia relevante en esta dirección la encontramos en 1959, cuando Waldo Tobler define los principios de un sistema denominado MIMO (map in--map out) con la finalidad de aplicar los ordenadores al campo de la cartografía” (Iturbe, et al. 2012).

Así, los datos espaciales que se adquieren en geología, inician un camino de integración a los SIG, a medida que avanzaban los componentes digitales como herramienta de apoyo a los mismos. A partir de la Fundación del Instituto de Investigación de Sistemas Medio Ambiental (ESRI) en 1969, se inicia una etapa para la creación de softwares especializados en el manejo de datos espaciales

Durante las décadas de 1970 y 1980, se destacan varios avances en materia de SIG, en donde se incluyen importantes inicio de programas satelitales como Landsat en 1972, o avances en tecnologías de posicionamiento global (GPS), estas herramientas se integran para mejorar la adquisición de datos espaciales por medio de sensores remotos.

El manejo de los datos espaciales, se fue enriqueciendo a medida que alrededor del mundo crecía la necesidad de obtener y procesar información de diferente índole y así la geología se benefició de ellos con la creación de programas como ArcInfo en 1981, MapInfo en 1986, Ilwis 1988 entre otros, los cuales mostraron aún más ventajas en el manejo de información geográfica y espacial, la cual ayuda a la geología en el manejo de la información propia de su ramo desde los SIG.

A partir de estos softwares, se han diseñado varios tipos de programas de computación que sirven específicamente a la minería en lo que tiene que ver con el modelamiento de los datos espaciales para generar diseños en tres dimensiones (3D) a partir de datos tabulados; debido a la versatilidad de estos programas, los datos de entrada se manejan de manera relativamente simple, ya que aceptan desde formatos *.csv, *.xls o sus equivalentes, por lo tanto la administración de los datos se ha hecho por medio de herramientas de tabulación, sin incluir bases de datos espaciales o bases de datos relacionales propiamente dichas; cada empresa administra sus datos espaciales de manera que le permitan tabularlos y ser manejados por el software que han escogido para modelar datos. Así se conoce hoy día por ejemplo, la empresa “Gemcom” que provee softwares para el diseño de minas y de explotaciones a partir de datos tabulados por las empresas en las diferentes etapas de minería. “RecMine”, ofrece soluciones de modelamiento y geoestadística para yacimientos minerales. MapInfo posee módulos de análisis de perforaciones mineras así como ArcGIS (ArcMap) provee ayudas en geoestadística y modelamiento; sin embargo ello no implica la necesidad de poseer un sistema de trazabilidad de los datos ya que esos softwares reciben o se intercambian con diversos formatos.

Otro de los softwares específicos en minería de reciente diseño que usa SQL en base de datos para la exploración y explotación y seguridad de la información corresponde a “3DMine”, quien en 2015 innovó el mercado con módulos de diseño de minas, ventilación y aumento de

seguridad de los datos. Todos estos programas son comerciales y de costos variables dependiendo del tamaño o cantidad de módulos adquiridos o que la empresa necesite.

La geología económica es una rama de la geología que tiene dentro de sus funciones todo el trabajo geológico correspondiente a los yacimientos de minerales metálicos y no metálicos que sirven a la civilización y tecnología; para mediados de esa década, ocurre lo que los diarios llamaron el Caso Bre – X:

“Todo comenzó a gestarse en 1995 cuando David Walsh, un oscuro broker neoyorkino, decidió dar un impulso a la empresa que había fundado unos años antes, la aún más oscura y minúscula minera Bre-X. Ni corto ni perezoso se asoció con el geólogo John Felderhoff y compró un pedazo de tierra en la jungla de Borneo (Indonesia), conocido también como el yacimiento de Busang. Y sencillamente, dijo que allí había encontrado oro.

Según relata José Luis Cárpatos en la obra “Leones contra Gacelas”, estábamos a mediados de los años noventa, una época en la que las bolsas subían sin parar. La edad dorada de la burbuja, donde todo valía y nada se cuestionaba. Para dar un toque de realismo a la historia, contrató al geólogo Michael de Guzmán y se las arregló para que certificara que en el remoto yacimiento de Busang había hasta 6.500 toneladas de oro, es decir, casi el 8% de las reservas mundiales del metal precioso.

Pero en realidad, nadie se molestó en comprobar si lo que Walsh decía era verdad y las acciones de Bre-X comenzaron a subir como la espuma. Así, a finales de 1995, los títulos valían poco más de dos dólares canadienses, lo que valoraba la empresa en 4.400 millones de dólares (casi 6.000 millones de dólares estadounidenses). Pocos meses después, la gran minera estadounidense Barrick fichó como ejecutivo al ex presidente de Estados Unidos, George Bush, quien envió una carta al mandatario indonesio Suharto –también metido en Bre-X- para que vendiera dos tercios de la minera a Barrick. Hasta entonces, todos salvo Walsh desconocían que en la jungla de Indonesia no había más que pedregal del bueno”. El Mayor Fraude Cometido en la Historia del Oro, José Jiménez 2010.

A partir del fraude de 1997, numerosos gobiernos y compañías del sector bursátil implementaron estándares internacionales con el fin de regular la actividad minera y sobre todo aquellas empresas que quieran certificar los recursos minerales que poseen en un yacimiento e ingresar a los mercados accionarios.

De esta forma se tiene varios estándares de acuerdo al país donde se deseen certificar los recursos tales como Canadá (Norma NI 43 – 101), Estados Unidos (SME), Chile (Ley 20235), Unión Europea (Estándar PERC), Sudáfrica (SAMREC), Rusia (NAEN), Australia (JORC). En el caso que nos ocupa, nos hemos centrado en la Norma Canadiense basada en el National Instrument 43 – 101 más conocido como NI – 43 – 101.

Este estándar sirve como hoja de ruta y de allí la necesidad de implementar sistemas estructurados por medio de los cuales la información geológica de un proyecto minero sea confiable veraz y posea trazabilidad para que cumpla con los estándares establecidos y los SIG en una empresa son de gran ayuda en este sentido.

Debido a la dificultad de acceder a las bases de datos de las empresas mineras que en Colombia han generado sus propias bases de datos de información geológica como primer paso de estandarización de procesos, se ha encontrado que algunas empresas del sector que ya están certificadas en el mercado bursátil han organizado su información interna como protocolos internos.

En el caso que nos ocupa, la compañía Morena Minerales ha generado protocolos que corresponden a sus procedimientos en cartografía, captura de información en campo y formas de preservación de la información.

La compañía tomo la idea apoyado por una empresa filial suya de Medellín. Llamada Grupo de Bullet SAS y en el año 2013, formulo la organización de la información espacial y data geológica por medio de tablas digitales y por medio del presente trabajo se ha querido organizar y estandarizar al interior de la compañía.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

El presente trabajo corresponde a un estudio de tipo investigativo sobre un caso específico en donde se puedan aplicar los conceptos de los sistemas de información geográfica y de datos como lo es un proyecto minero. Dentro de la metodología escogida para este proyecto, se ha dividido por fases secuenciales donde una depende de la anterior para su ejecución y que permite ir de una forma fácil ordenada y con el mínimo de error posible.

5.2 PROCEDIMIENTO

5.2.1 Fase 1. Pre-operativa.

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO IDENTIFICACION Y DIRECCIONAMIENTO DE LA METODOLOGIA. Debido a que la empresa es una compañía privada, se debe acceder a datos que la empresa tiene como propios, y crear un acuerdo que permita el uso de los datos, implementar el sistema propuesto en este proyecto, usar como ejemplo la información que permita la empresa y así cumplir el objetivo planteado. De igual forma, identificar por medio de la gestión de proyectos, los problemas que serían solucionados al interior de la compañía con la implementación de un Sistema de Información Geológico Minera para el proyecto Salento.

5.2.2 Fase 2. Inicio de consultas.

CONSULTAS EXTERNAS: Una vez se tenga vía libre a la realización del proyecto dentro de la empresa, se procede a consultar en el ramo de la minería, cuales empresas han aplicado dentro de sus sistemas de gestión de información las bases de datos y otras herramientas disponibles. Como se sabe, es difícil de obtener procesos de otras empresas debido al recelo con el que guardan sus informaciones, sin embargo se puede apelar a los contactos institucionales que se haya tenido en el pasado y enfocarlos en el sentido de conocer otras experiencias en el campo de la minería.

CONSULTAS INTERNAS: De igual forma se puede establecer si la empresa posee previamente protocolos de aplicación de normas de control de calidad y administración de la información.

5.2.3 Fase 3. Tratamiento inicial de la información requerida y existente.

NORMAS APLICABLES: Observar y consultar las normas específicas que rigen el control de calidad de la información en los proyectos mineros con el fin de saber el modo y tipo de datos que se requieren.

RECOLECCION DATA EXISTENTE: Revisión de los datos en los archivos de la compañía, realizando un inventario de la data existente, comparando su exactitud y cantidad con los requerimientos de las normas aplicables.

ANALISIS DE DATOS: Observar y evaluar el estado de la información recopilada en la empresa, versus las normas que la rigen y ver su estado con respecto a ellas, realizando los ajustes necesarios y flexibilizar aquellos en donde la norma otorgue un espacio de libertad para ello.

5.2.4 Fase 4. Sistemas de información

DEFINICION DEL SISTEMA: A partir de las normas consultadas, de la evaluación y ajuste de la información existente, definir los requerimientos de un sistema de información para la empresa; jerarquizando y clasificando la información para un tratamiento acorde a las necesidades.

DEFINICION DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA: De acuerdo a la clasificación de la información, las necesidades actuales y las futuras, crear una lista de aquellos equipos y componentes físicos y no físicos que puedan ayudar a la creación del sistema de información y validar su funcionalidad; estos incluyen los hardware y software y formas de administración de datos aplicables que se requiere para la creación e implementación del sistema, el cual puede estar disponible en la empresa o en algún caso pueda requerirse de un licenciamiento especial, en cualquier caso se evaluarán todas las alternativas disponibles.

CREACION DEL SISTEMA: En este paso se crea la estructura fundamental del sistema con las herramientas definidas anteriormente de manera que sean funcionales para el objetivo propuesto, así como su funcionamiento a futuro.

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA: Por medio de las funciones necesarias, se carga la información existente, previamente clasificada, organizada, estructurada y complementada, de manera que sirva como prueba funcional a la base de datos y de esta forma se actualiza el sistema

5.2.5 Fase 5. Informes finales.

PROTOCOLOS FUNCIONAMIENTO: Creación de unos protocolos de funcionamiento y control interno para garantizar la sostenibilidad y funcionalidad del sistema en el mediano y largo plazo, recomendando los ajustes y formas de manejo necesarios.

INFORME FINAL: Creación de un informe que presente un compendio de todo el proceso que se ha llevado por medio de la metodología aplicada, desde la concepción de la idea, hasta la implementación y funcionamiento final de la solución al problema planteado, todo con las normas técnicas respectivas para un informe de esta categoría.

6. RESULTADOS

6.1 FASE I: PRE – OPERATIVA

Una vez hablado con el Gerente General de la Compañía Morena Minerales S.A.S, el señor Roger Easterday, suscribe el oficio Numero MMS – 2015 – 028, (**Anexo A**) en donde otorga permiso para la realización del trabajo de grado, que está reflejado en el presente informe final.

Luego se realizó el análisis de los problemas que se intentaran resolver por medio de la creación del Sistema de Información.

6.1.1 Análisis de Problemas

Se realiza una identificación de problemas que están presentes en un proyecto minero típico y en especial en la empresa Morena Minerales S.A.S, desde el punto de vista de la gestión del proyecto. **Tabla 1**

Tabla 1. *Lista de problemas*

ITEM	PROBLEMA
A	Decisiones Incorrectas
B	Dispersion de Información
C	Reportes con poca Precisión
D	Sobreexpectación del Proyecto
E	Repetición Innecesaria de Trabajos
F	Pago de Multas
G	Escazes de Capital
H	Mal uso del Tiempo
I	Errores Tecnicos
J	Perdida de Dinero Invertido

6.1.2 Análisis Causal

Una tipificación de los problemas (**Tabla 2**) permitirá hacerse una idea clara sobre él porque ocurren los problemas que se han detectado, la causa primaria o situaciones que llevan a eso, a partir de la lista anterior se pudo determinar las causas de los problemas reflejados en la **Tabla 1**.

Tabla 2. Tipificación de Problemas Identificados

PROBLEMA	TIPIFICACIÓN
Decisiones Incorrectas	Debido a la inexperiencia de algunos de los encargados de la parte ejecutiva, se toman decisiones incorrectas en el ámbito técnico, administrativo y operativo.
Dispersion de Información	Debido a la dispersión de las bases de datos y al incipiente sistema de información implementado, se pueden presentar pérdidas de información registrada.
Reportes con poca Precisión	La no centralización de la información registrada, genera una dispersión de los datos lo cual no le brinda la información completa al profesional que crea los reportes.
Sobreexpectación del Proyecto	Cuando se tienen reportes con datos no precisos se crea una falsa imagen del proyecto que tiende a sobredimensionarlo en cuanto a su valor. Si los reportes son imprecisos y la información esta dispersa, no se tiene un inventario real de la información, y se realizan actividades de manera repetida para obtener información que posiblemente ya se tiene.
Repetición Innecesaria de Trabajos	La empresa debe responder ante autoridades gubernamentales por sus actividades mineras, si su organización interna no es clara, puede generar problemas con estas entidades, y por ende multas, por incumplimiento de la normativa legal.
Pago de Multas	Si se sobredimensiona el proyecto y no se tiene la información clara y concreta, al momento de mostrar el proyecto a un potencial inversionista, se puede generar desconfianza, por ende, alejar la inversión necesaria para la realización del proyecto.
Escasos de Capital	Diversos factores pueden generar retraso en la consecución de los objetivos, por ejemplo, repetir labores sin necesidad, la no clara organización interna de las funciones de los empleados, así como, la no centralización de la información.
Mal uso del Tiempo	Los reportes erróneos, la praxis, y el desconocimiento de los protocolos para la obtención de la información en un proyecto minero, puede generar fracasos técnicos y pérdida del trabajo realizado.
Errores Tecnicos	En un proyecto minero, por ser un negocio, cualquier error se puede convertir en pérdida de tiempo y en pérdida de dinero.
Perdida de Dinero Invertido	

6.1.3 Matriz de Vester

Con este análisis se obtiene la clasificación de los problemas (**Cuadro 1**), si estos son activos o pasivos y esta metodología permite continuar con la formulación de los árboles de problemas y soluciones en una aproximación al objetivo final y mostrar el cómo la compañía se verá beneficiada de la estructuración de su información.

Aquí se hace una confrontación de cada problema, y asignándole un valor según la metodología escogida de acuerdo a la **Tabla 3**, estableciendo entre los problemas codificados desde la A hasta la J, quien no es causa, o es causa indirecta o medianamente directa o es totalmente directa.

Tabla 3. Leyenda Usada para Matriz de Vester

VALOR	SIGNIFICADO
0	NO ES CAUSA
1	ES CAUSA INDIRECTA
2	CAUSA MEDIANAMENTE DIRECTA
3	CAUSA TOTALMENTE DIRECTA

Cuadro 1. Matriz de Vester

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
A		0	0	3	2	2	3	3	3	3	19	ACTIVOS
B	3		3	3	3	3	3	3	3	3	27	
C	3	3		3	3	3	3	2	3	3	26	
D	3	3	3		2	0	3	2	3	3	22	
E	2	3	3	1		0	2	3	2	3	19	
F	0	0	0	0	0		3	0	0	3	6	
G	0	0	0	0	0	0		0	0	3	3	
H	2	3	1	0	3	1	2		3	3	18	
I	3	3	3	3	3	3	3	3		3	27	
J	1	0	0	0	1	0	3	0	3		8	
	17	15	13	13	17	12	25	16	20	27		PASIVOS

6.1.4 Clasificación de Problemas

Una vez realizada la Matriz de Vester, se obtiene la tabla de Total Activos Vs Total Pasivos (**Tabla 1**) para graficarlas en el plano cartesiano (**Figura 1**), separando los cuadrantes y obteniendo la clasificación final de los problemas en Activos, Pasivos, Críticos, Indiferentes que se muestran en la **Tabla 5**.

Tabla 4. *Tabla Total Activos Vs Total Pasivos*

PROBLEMA	TOTAL ACTIVO	TOTAL PASIVO
A	19	17
B	27	15
C	26	13
D	22	13
E	19	17
F	6	12
G	3	25
H	18	16
I	27	20
J	8	27

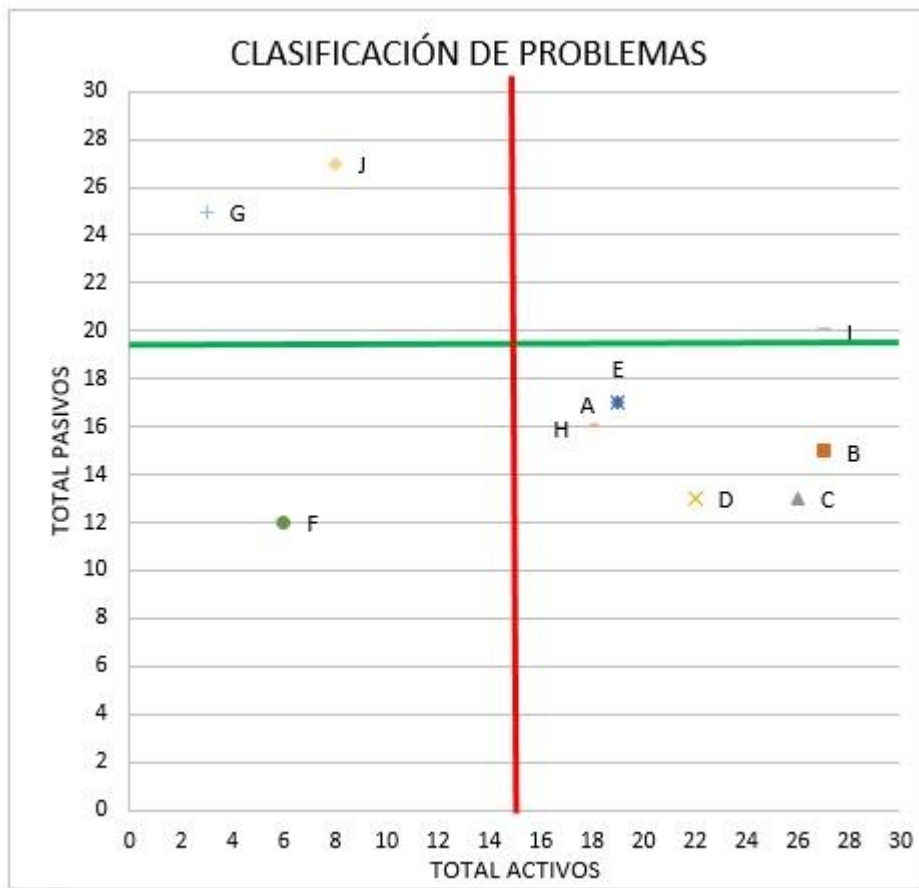


Figura 1. *Plano cartesiano donde se muestra la ubicación de las parejas de totales obtenidos en la Matriz de Vester, clasificando los problemas Activos (Cuadrante Inferior Derecho), Pasivos (Cuadrante Superior Izquierdo), Críticos (Cuadrante Superior Derecho), Indiferentes (Cuadrante Inferior Izquierdo)*

Tabla 5. *Tabla de Clasificación de Problemas*

ITEM	PROBLEMA	CLASIFICACIÓN
A	Decisiones Incorrectas	ACTIVO
B	Dispersion de Información	ACTIVO
C	Reportes con poca Precisión	ACTIVO
D	Sobreexpectación del Proyecto	ACTIVO
E	Repetición Innecesaria de Trabajos	ACTIVO
F	Pago de Multas	INDIFERENTE
G	Escazes de Capital	PASIVO
H	Mal uso del Tiempo	ACTIVO
I	Errores Tecnicos	CRITICO
J	Perdida de Dinero Invertido	PASIVO

6.1.5 Árbol de Problemas

Como apoyo al área problemática descrita, se genera a partir del análisis de problemas el respectivo árbol como se muestra en la **Figura 2.**

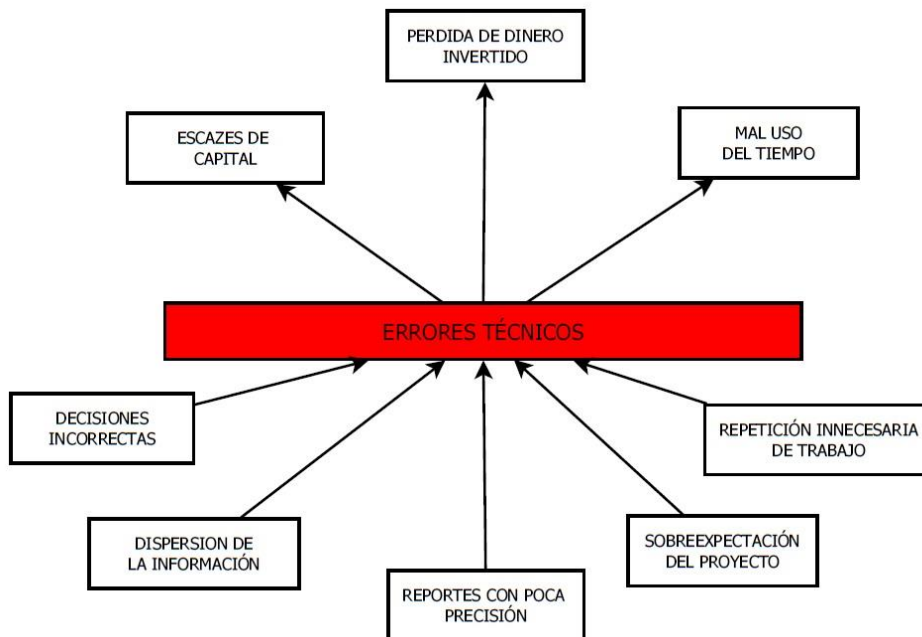


Figura 2. *Árbol de Problemas, a partir del análisis realizado donde se evidencia como resultado el problema central analizado en el área problemática del presente informe.*

Los problemas planteados, se verán solucionados de manera que la empresa se beneficie, de esta forma se crea el árbol de soluciones con el fin de mostrar en que parte del mismo se ubica el objetivo principal del presente trabajo.

Figura 3

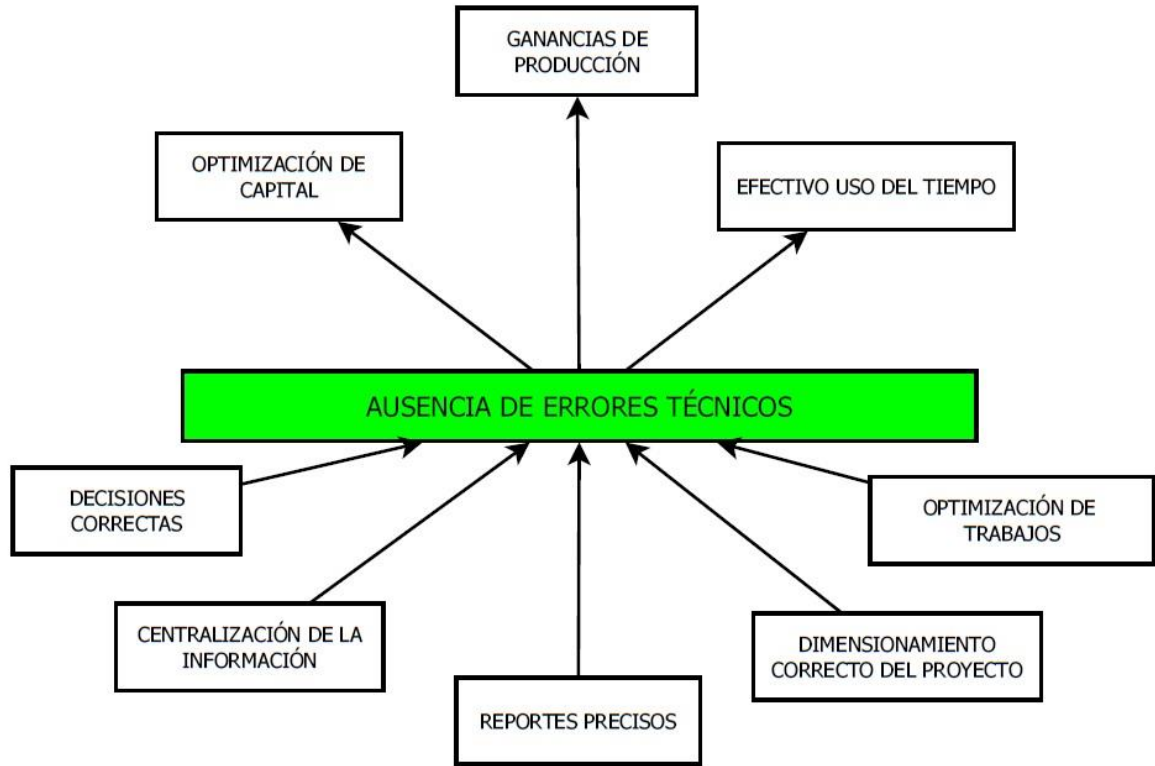


Figura 3. Árbol de Soluciones, en azul se resalta la importancia de la centralización de la información del proyecto como uno de los componentes que a su vez es objetivo del presente trabajo.

6.2 INICIO DE CONSULTAS

De los dos tipos de consultas planteados en la metodología (Externa, Interna) se obtuvo solo un contacto con la Empresa Grupo de Bullet S.A.S de Medellín, Filial de Morena Minerales S.A.S, sin embargo solo se pudo establecer que allí existe una base de datos en formato Acces para la recopilación de datos geológicos.

Internamente, la compañía Morena Minerales S.A.S, en el año 2013, creó sus propios protocolos para procedimientos en campo sobre perforaciones y cartografías así como almacenamiento de datos, orientados desde dentro por asesorías a través de acuerdos comerciales con empresas como lo es Consorcio Minero de Perú.

Dentro de la empresa existen tres protocolos, en la **Figura 4** se muestran las portadas de los mismos. Ellos comprenden Procedimientos para muestreo y cartografía, perforaciones y administración de documentos digitales y físicos.



Figura 4. Vista de las portadas de los protocolos encontrados en los archivos de la compañía Morena Minerales S.A.S.

6.3 TRATAMIENTO INICIAL DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA Y EXISTENTE

6.3.1 Calidad de los Datos Existentes

Una vez se tuvo acceso a los diferentes archivos de la empresa, se procede a consultar lo que esta descrito en el marco teorico sobre las normas aplicables. En esta caso se usará como ya se ha dicho el National Instrument 43 – 101 de Canada, mas conocido como el estandar NI – 43 – 101.

Esta norma esta disponible via web en su versión de 2011, sin embargo los cambios realizados a esta no son significativos.

Dentro de la empresa se encontro la siguiente darta disponible para ser manejada y transformada de acuerdo a los objetivos del presente trabajo:

Tablas para registro de datos Geologicos.

Tablas para Registros de Muestreo

Tablas para Registros de Perforacion “Drill”

Las anteriores Tablas, presentan formatos Acces y formatos fisicos desde su captura en campo, que permiten la trazabilidad de los datos, sin embargo, se debe evaluar desde el punto de vista del diseño de los archivos y su funcionalidad, diseñar los diagramas entidad relacion y rediseñar en un moderno sistema que se pueda integrar manipular y preservar de acuerdo a las normas de los SIG.

La tabla de datos geologicos es solo de datos capturados en campo mas no constituye una base de datos espacial propiamente dicha; Las tablas de datos de muestreo, presenta los datos pero no esta enlazada a una herramienta que permita hacer control de calidad a esas muestras como lo exige la norma internacional y la base de datos de registro de perforacion sigue un riguroso sistema de registro pero no esta integrada es decir, es solo un archivo independiente que no forma parte de un servidor como tal.

Las tablas presentan columnas con informacion almacenada en ella por parte de los profesionales de la compañía, en donde se evidencia el intento de guardar y plasmar los datos geologicos o de interes según el caso.

HOLE_ID	ORDER_NUM	START_DATE	COMPLETE	START_LOCATION	COMPLETE	LOG_GEOI	APPROVAL	NUM_PAG	CONTRAT	Hoga clic para agregar
SA-DH-01	1	28/10/2011	12/11/2011	27/09/2012	27/09/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	8	Geological Min	
SA-DH-02	2	18/11/2011	25/11/2011	20/09/2012	20/09/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	13	Geological Min	
SA-DH-03	3	01/12/2011	18/12/2011	01/10/2012	01/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	22	Geological Min	
SA-DH-04	4	04/01/2012	11/01/2012	11/10/2012	11/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	7	Geological Min	
SA-DH-05	5	12/01/2012	18/01/2012	31/10/2012	31/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	7	Geological Min	
SA-DH-06	6	20/01/2012	24/01/2012	26/09/2012	26/09/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	8	Geological Min	
SA-DH-07	7	26/01/2012	29/01/2012	11/10/2012	11/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	4	Geological Min	
SA-DH-08	8	02/02/2012	22/02/2012	12/10/2012	10/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	9	Geological Min	
SA-DH-09	9	23/02/2012	25/02/2012	12/10/2012	13/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	4	Geological Min	
SA-DH-10	10	26/02/2012	28/02/2012	12/10/2012	13/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	4	Geological Min	
SA-DH-11	11	03/03/2012	14/03/2012	24/09/2012	25/09/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	11	Geological Min	
SA-DH-12	12	28/03/2012	16/04/2012	13/10/2012	13/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	19	Geological Min	
SA-DH-13	13	19/04/2012	30/04/2012	17/10/2012	24/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	13	Geological Min	
SA-DH-14	14	05/05/2012	11/05/2012	21/09/2012	21/09/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	11	Geological Min	
SA-DH-15	15	16/05/2012	23/05/2012	24/09/2012	24/09/2012	OTHER	LUIS CARLOS	12	Geological Min	
SA-DH-16	16	24/05/2012	06/06/2012	08/10/2012	10/10/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	20	Geological Min	
SA-DH-17	17	09/06/2012	19/06/2012	05/09/2012	06/09/2012	OTHER	LUIS CARLOS	12	Geological Min	
SA-DH-18	18	21/06/2012	02/07/2012	19/09/2012	19/09/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	11	Geological Min	
SA-DH-19	19	06/07/2012	30/07/2012	07/09/2012	08/09/2012	OTHER	LUIS CARLOS	20	Geological Min	
SA-DH-20	20	03/08/2012	13/08/2012	08/09/2012	09/09/2012	NATALIA RIC	LUIS CARLOS	12	Geological Min	

Figura 5. Vista de la Tabla “Drill Info” del archivo de Datos de Perforación. Fuente: Archivos Digitales Morena Minerales S.A.S. © 2013.

La ausencia de relaciones entre las tablas existentes nos lleva a pensar inicialmente en diseñar una base de datos relacional en el mismo formato Acces, creando dominios y relaciones entre las tablas, sin embargo, el nivel de manejo de la información por parte de este programa de Microsoft Office®, no permite una integración como si se puede hacer, en bases de datos relacionales diseñadas en otros softwares.

Una vez diseñadas las relaciones entre las tablas del archivo de Perforación “Drill Database”, se puede observar que esta herramienta no permite una clara visualización de las relaciones entre las tablas, según la figura que el programa Acces arroja al consultar las relaciones creadas a manera de un diagrama de entidad Relación. **Figura 6**

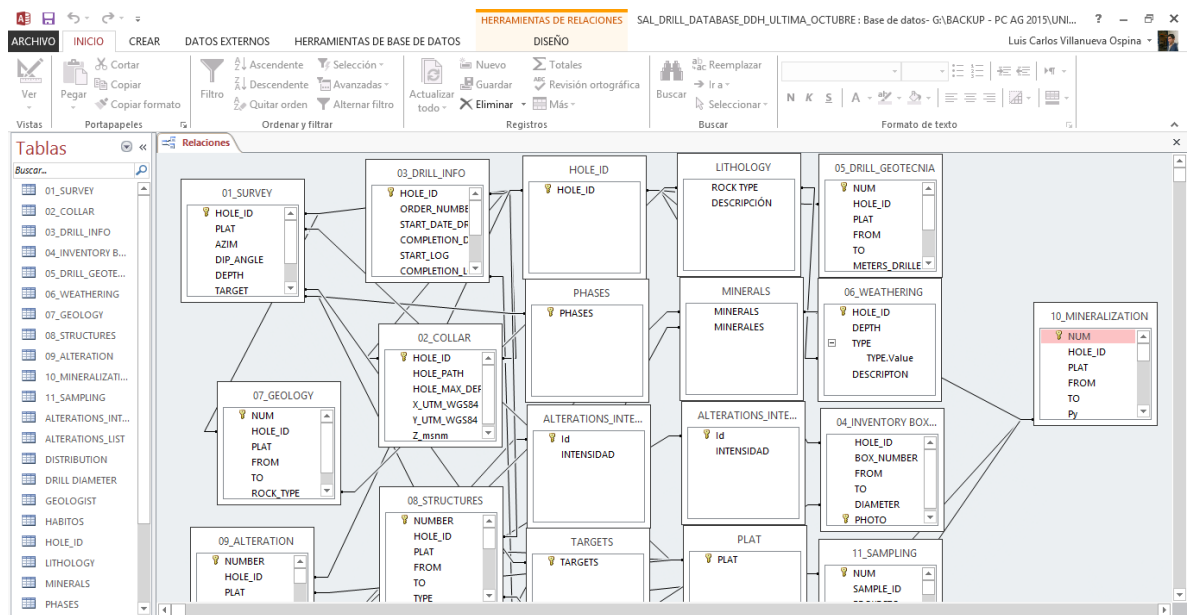


Figura 6. Diagrama entidad relación generado por el programa Microsoft Office Access® para la base de datos relacional de Perforación del Proyecto Salento, como ejemplo demostrativo.

6.3.2 Disponibilidad de Recursos

Teniendo en cuenta las necesidades para la formulación de un SIG, se tienen los siguientes recursos disponibles en la empresa para el diseño y desarrollo del presente trabajo:

Hardware: Se posee laptop con configuraciones de última generación para el hospedaje de los archivos digitales, equipos para captura de información en campo (GPS), conexiones a internet (router), y discos duros de alta capacidad y Pc con aceleradores de gráficos.

Software: Programas de uso libre para el manejo de datos sql como Postgres, y datos espaciales como PostGIS, para visualización de los datos como QGis, MapSource para captura de datos en campo. Se tiene la posibilidad de adquirir espacios en nubes y servidores virtuales para el hospedaje de la base de datos centralizada.

Datos: La empresa posee datos archivados de forma digital con su respectivo par en físico, como fuente de los datos a migrar al nuevo sistema GIS, en tablas de formato Microsoft Access®.

Procedimientos: De acuerdo a los protocolos de la empresa, los cuales están ajustados a los requerimientos de la Norma NI 43 – 101, estos establecen los procedimientos para el manejo digital. A estos se les adicionará los que en virtud del presente trabajo sea necesario.

Recursos Humanos: Estudiantes de la Especialización SIG quien a su vez participó en la creación inicial de las tablas de datos existentes, autores del presente trabajo.

6.3.3 Definición de Necesidades

La implementación del Sistema de Información Geológica que se pretende implementar en los datos de la empresa Morena Minerales S.A.S, requiere de unas especificaciones técnicas que de acuerdo a las tablas presentadas y a los protocolos sobre el manejo de este tipo de información, necesita la creación de una **Base De Datos Espacial** que contenga los siguientes datos:

Datos de Geología: Se almacena la información de tipo espacial con coordenadas X,Y,Z para cada punto de descripción geológica y ambiental. Asociado a cada punto en el espacio se debe contar con la posibilidad de almacenar datos sobre descripciones geológico estructurales y ambientales, descripciones de los puntos del espacio, así como el almacenamiento de datos espaciales como polígonos, líneas y demás asociados a las descripciones hechas por el geólogo o profesional encargado en campo.

Datos de Muestreo: Contiene la relación espacial con los puntos geográficos que en la base de datos geológica, presentan muestras de tipo geológico tomadas en campo. Almacenar los datos inherentes a las muestras, descripciones, análisis realizados y resultados geoquímicos. Igualmente debe contener aquellas muestras que no poseen ubicación espacial pero que son de control de calidad.

Datos de Perforación: Contiene los datos de ubicación espacial, metraje de perforación y control de calidad de los puntos de sondeo por medio de los cuales se hace exploración subterránea de tipo geológico, igualmente, contener los datos inherentes a la lectura o logueo de las muestras obtenidas en la perforación.

6.3.4 Definición del Problema

En el Capítulo 1, se define el área problemática, en donde se formula la pregunta respectiva, que por medio del diseño y posterior implementación de un Sistema de Información, permita la centralización de la información y evitar errores técnicos.

6.4 Esquema del Flujo de Información

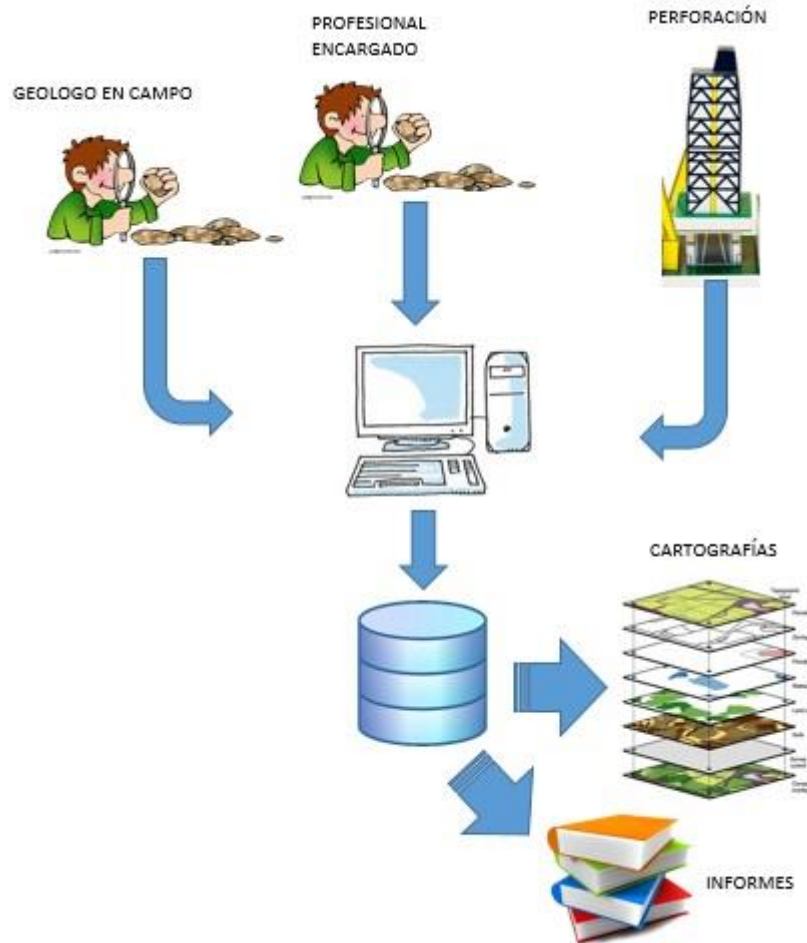


Figura 7. Esquema general del flujo de información que se requiere dentro del Sistema de Información Geológica.

6.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

6.5.1 Base de Datos

- Geológica

Esta base de datos registrará los datos para mapeo geológico originados en campo y deberá contener el objeto MAPPING con datos recolectados en campo, donde cada fila corresponde a un punto geológico descrito en campo.

- **Perforación:**

Esta base de datos recopila todos los datos inherentes a la perforación o sondeos en profundidad que por medio de una máquina perforadora se realizan, esta máquina recupera un núcleo de muestra de roca de diámetro variable con características propias que deben quedar descritas en la base de datos y en las tablas según como se sigue ya que posteriormente estos datos geológicos serán llevados a un software que permita la modelación 3D de la mina o yacimiento así como cálculo de los recursos minerales allí existentes:

HOLE: Información sobre Numero de pozo (perforación), inclinación, longitud y profundidad. De igual forma la información sobre quien diseña el pozo, quien logue el pozo y las fechas de inicio y finalización del mismo.

INVENTORY BOXES: Las muestras se guardan en cajas que están numeradas específicamente, y llevan el registro del metraje del pozo, en esta tabla se guarda esa data como información estadística.

RQD: Información Geotécnica de las muestras.

GEOLOGY: Descripción metro a metro de las rocas encontradas en los núcleos muestreados.

STRUCTURES AND SAMPLING: En el proyecto Salento el objetivo es impactar estructuras geológicas, en esta tabla se describen las estructuras de interés impactadas o cortadas por la perforación así como las muestras tomadas.

- **Base de Datos Espacial**

Tomando como base los archivos formato *.shp que posee el proyecto, que representan el formato grafico de los datos consignados en las bases de datos geológica y de perforación, se hace una importación de los datos a la base de datos Morena_Geo, creada en el programa Postgresql, y su posterior visualización en el programa Qgis, alternativa que representa una buena opción para la empresa por ser un software libre y de fácil acceso.

6.5.2 Creación de las Bases de Datos

Usando el programa Postgresql v.9.3.5, con la herramienta PgAdmin, y usando los comandos abajo descritos se crean las bases de datos como plataformas iniciales para la creación del sistema.

- **Base de Datos Geológica**

```
CREATE DATABASE "GEOLOGY_DB"  
  WITH OWNER = postgres  
      ENCODING = 'UTF8'  
      TABLESPACE = pg_default  
      LC_COLLATE = 'Spanish_Colombia.1252'  
      LC_CTYPE = 'Spanish_Colombia.1252'  
      CONNECTION LIMIT = -1;
```

```
COMMENT ON DATABASE "GEOLOGY_DB"
  IS 'Base de Datos para almacenar datos geologicos y ambientales
recolectados en campo recolectados en campos';
```

- Entidades de la Base de Datos

La base de datos geológica posee una entidad principal, la cual se corresponde con la tabla Mapping Geology, que consigna la información geológica de campo. Esta tabla se diligencia con base en unos dominios que tienen relación con la entidad principal.

- Diseño De Las Tablas Y Sus Columnas: Ejemplo Tabla MAPPING GEOLOGY:

```
CREATE TABLE "MAPPING_GEOLOGY"
("PONIT_ID" integer NOT NULL, -- Consecutivo del Punto Geologico
 "TYPE" text, -- Tipo de Punto Geologico registrado
 "TITLE" text, -- Codigo Alfanumerico que identifica al area Minera
(Titulo Minero)
 "LOCATION" text, -- Nombre Ubicación Geografica Aproximada
 "DATUM" text, -- Datum Geografico del punto Geologico
 "X" double precision, -- Coordenda en X del punto
 "Y" double precision, -- Coordenada Y del Punto
 "Z" double precision, -- Coordenada Z del Punto
 "GEOLOGIST" text, -- Nombre del Geologo Encargado del registro
 "DATE_M" date, -- Fecha de toma del punto
 "LITHOLOGY" text, -- Tipo de Roca en el punto Geologico
 "ALTERATION" text,
 "MINERALS" text, -- Nombre Minerales identificados en las rocas
descritas
 "PORC_MIN" text, -- Porcentaje de los minerales descritos
 "STRUCTURE" text, -- Estructura Geologica Presente
 "CONTACT" text, -- Tipo de Contacto encontrado
 "C_DIP_ANGLE" integer, -- Buzamiento del Contacto
 "C_DIP_DIRECTION" integer, -- Angulo de Rumbo de la linea de Buzamiento
del contacto
 "FOLIATION" text, -- Foliacion Presente en la roca
 "F_DIP_ANGLE" integer, -- Angulo de Buzamiento de la Foliacion
 "F_DIP_DIRECTION" integer,
 "VEIN" text,
 "V_DIP_ANGLE" integer, -- Angulo de Buzamiento de la Veta, si es el
caso
 "V_DIP_DIRECTION" integer, -- Angulo de Rumbo de la linea de buzamiento
 "JOINT" text, -- Diaclasamiento
 "J_DIP_ANGLE" integer, -- Angulo Buzamiento DIaclasa
 "J_DIP_DIRECTION" integer, -- Angulo de Rumbo de la linea de buzamiento
de la diaclasa
 "FAULT" text, -- Falla Geologica
 "FA_DIP_ANGLE" integer, -- Buzamiento de la Falla
 "FA_DIP_DIRECTION" integer, -- Angulo de rumbo de la linea de
buzamiento
 "NOTAS" text, -- Observaciones Adicionales al punto mapeado
 "SAMPLE_ID" integer, -- Muestra Tomada, si es el caso
```


"PHOTO" integer, -- Numero de foto o carpeta de fotos tomadas en el punto

public MAPPING_GEOLOGY		
○ TITLE	text	
○ LOCATION	text	
○ DATUM	text	
○ X	real	
○ Y	real	
○ Z	real	
○ GEOLOGIST	text	
○ DATE_M	date	
○ PORC_MIN	text	
○ CONTACT	text	
○ C_DIP_ANGLE	numeric(5,0)	
○ C_DIP_DIRECTION	numeric(5,0)	
○ FOLIATION	text	
○ F_DIP_ANGLE	numeric(5,0)	
○ F_DIP_DIRECTION	numeric(5,0)	
○ VEIN	text	
○ V_DIP_ANGLE	numeric(5,0)	
○ V_DIP_DIRECTION	numeric(5,0)	
○ JOINT	text	
○ J_DIP_ANGLE	numeric(5,0)	
○ J_DIP_DIRECTION	numeric(5,0)	
○ FAULT	text	
○ FA_DIP_ANGLE	numeric(5,0)	
○ FA_DIP_DIRECTION	numeric(5,0)	
○ NOTAS	text	
○ PROJECTION	text	
○ SAMPLES	text	
○ PHOTO	text	
👉 POINT_ID	numeric(5,0)	« pk nn »
👉 TYPE	numeric	« fk »
👉 ALTERATIONS	numeric	« fk »
👉 LITOLGY	numeric	« fk »
👉 MINERALS	numeric	« fk »
👉 STRUCTURES	numeric	« fk »

Figura 8. Vista de la tabla Mapping_Geology con sus llaves foráneas y principal.

- Dominios de la Base de Datos:

Para el diligenciamiento de la información y evitar que los datos sean dispersos o problemas en su escritura, se han creado dominios para algunas de las columnas de la tabla MAPPING_GEOLOGY:

Alterations: Tabla que contiene el listado de alteraciones disponibles en la literatura geológica y que proporcionan las opciones de llenado de la columna “Alteration”, posee una relación de 1 a muchos, ya que un dato del dominio puede estar varias veces en la columna Alteration de la tabla Mapping Geology.

	Alteracion text	Alteration text	CODIGO [PK] numeric
1	Advanced Arg	Argillica Av	1
2	Altered	Alterada	2
3	Albitic	Albitica	3
4	Argillic	Argillica	4
5	Bleached	Decolorada	5
6	Calc-Silica	Calcosilico	6
7	Carbonatize	Carbonatiza	7
8	Chloritic	Cloritica	8
9	Decalcified	Decalcifica	9
10	Depleted	Empobrecida	10
11	Dissolution	Disolucion	11
12	Dolomitized	Dolomitizada	12
13	Endoskarn	Endoskarn	13
14	Enriched	Enriquecida	14
15	Epithermal	Epitermal	15
16	Exoskarn	Exoskarn	16
17	Greisen	Greisen	17
18	Hydrotherma	Hidrotermal	18
19	Hypogene	Hipogenico	19
20	Kaolinitize	Caolinitiza	20
21	Leached	Lixiviado	21
22	Other	Otro	22
23	Oxidised	Oxidado	23
24	Phyllic	Filico	24



Figura 9. Vista de algunas opciones del dominio “Alterations”.

Minerals: Listado de minerales que posee relación de 1 a muchos con la columna Minerals de la tabla principal.

	Minerals text	Minerales text	CODIGO [PK] numeric
1	Acanthite	Acantita	1
2	Actinolite	Actinolita	2
3	Adularia	Adularia	3
4	Albite	Albita	4
5	Almandine	Almandino	5
6	Alunite	Alunita	6
7	Amphibole	Anfibol	7
8	Anatase	Anatasa u O	8
9	Andalusite	Andalucita	9
10	Anglesite	Anglesita	10
11	Anhydrite	Anhidrita	11
12	Ankerite	Ankerita	12
13	Anorthoclase	Anortoclase	13
14	Antimonite	Antimonita	14
15	Antimony Oc	Antimonio O	15
16	Antlerite	Antlerita	16
17	Apatite	Apatito	17
18	Aragonite	Aragonito	18
19	Argentite	Argentita	19
20	Arsenic Och	Arsenico Oc	20
21	Arsenopyrit	Arsenopirit	21
22	Atacamite	Atacamita	22
23	Augite	Augita	23
24	Autunite-Ce	Autunita/Ce	24



Figura 10. Vista del dominio Minerals de la base de datos geológica.

Lithology: Contiene el listado de rocas que alimentan la columna Lithology de la tabla principal y posee relación de 1 a muchos con la tabla Mapping Geology.

	Lithology text	Litologia text	CODIGO [PK] numeric
1	Agglomerate	Aglomerado	1
2	Alaskite	Alaskita	2
3	Amphibolite	Anfibolita	3
4	Andesite	Andesita	4
5	Anorthosite	Anortosita	5
6	Anthracite	Antracita	6
7	Aplite	Aplita	7
8	Arenite	Arenita	8
9	Argillite	Argilita	9
10	Arkose	Arkosa	10
11	Banded Iron	Formacion B	11
12	Basalt	Basalto	12
13	Bauxite	Bauxita	13
14	Bentonite	Bentonita	14
15	Breccia Vol	Brecha Volc	15
16	Breccia-Col	Brecha de C	16
17	Breccia-Hyd	Brecha Hidr	17
18	Breccia-Int	Brecha Intr	18
19	Breccia-Sed	Brecha Sedi	19
20	Breccia-Sol	Brecha de E	20
21	Breccia-Tec	Brecha Tect	21
22	Caliche/Cal	Caliche/Cal	22
23	Carbonatite	Carbonatita	23
24	Cataclasite	Cataclasita	24



Figura 11. Vista del Dominio de Lithology, que alimenta la columna Lithology de la tabla Mapping Geology, que posee relación de 1 a muchos con esa.

Structures: Contiene el catálogo de estructuras geológicas (fallas, diques, fracturas, entre otros) que son descritas típicamente en el trabajo geológico, posee relación de 1 a muchos con la columna Structures de la tabla Mapping Geology.

	STRUCTURES text	ESTRUCTURA text	CODIGO [PK] numeric
1	Boudinaged	Boudinage	1
2	Boxwork	Brecha Pipe	2
3	Breccia Pip	Brechado	3
4	Brecciated	Boxwork	4
5	Cleavage	Clivaje	5
6	Contact	Contacto	6
7	Dome	Domo	7
8	Dyke	Dike	8
9	Fault	Falla	9
10	Fault-Norma	Falla Norma	10
11	Fault-Obliq	Falla Oblic	11
12	Fault-Rever	Falla Inver	12
13	Fault-Strik	Falla Rumbo	13
14	Fault-Thrus	Falla de Ca	14
15	Fiamme	Ignimbrita	15
16	Flow	Flujo	16
17	Fold-Antifo	Pliegue Ant	17
18	Folded	Pliegue Sin	18
19	Fold-Sinfor	Plegado	19
20	Foliation	Foliacion	20
21	Foot Wall-C	Mineral de	21
22	Foot Wall-S	Estructura	22
23	Foot Wall-V	Veta Piso	23
24	Fractured	Fracturado	24

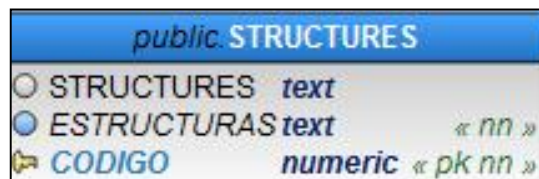


Figura 12. Catálogo de estructuras geológicas que se usan en las descripciones de campo. **Location Type:** Tipo de punto geológico o de ubicación descrito, si es escuela, punto de mina, puentes pueblos etc. Posee relación de uno a muchos con la tabla Mapping Geology.

	TYPE text	Tipo text	CODIGO [PK] numeric
1	Agriculture	Agricultura	1
2	Airport	Aeropuerto	2
3	Bridge	Puente	3
4	Cellphone s	Senal Celul	4
5	City	Ciudad	5
6	Culture	Cultura	6
7	Dock	Puerto	7
8	Drill Hole	Pozo	8
9	Hospital	Hospital	9
10	House	Casa	10
11	Indigenous	Asentamient	11
12	Mine	Mina	12
13	Mining	Mineria	13
14	Border Ston	Mojon	14
15	Outcrop	Afloramient	15
16	Pipeline	Oleoducto	16
17	Power Plant	Planta Elec	17
18	Processing	Planta de F	18
19	Quarry	Cantera	19
20	River	Rio	20
21	Sample	Muestra	21
22	School	Escuela	22
23	Soil	Suelo	23
24	Subcrop	Subaflorami	24



Figura 13. Vista del dominio de la columna Location Type.

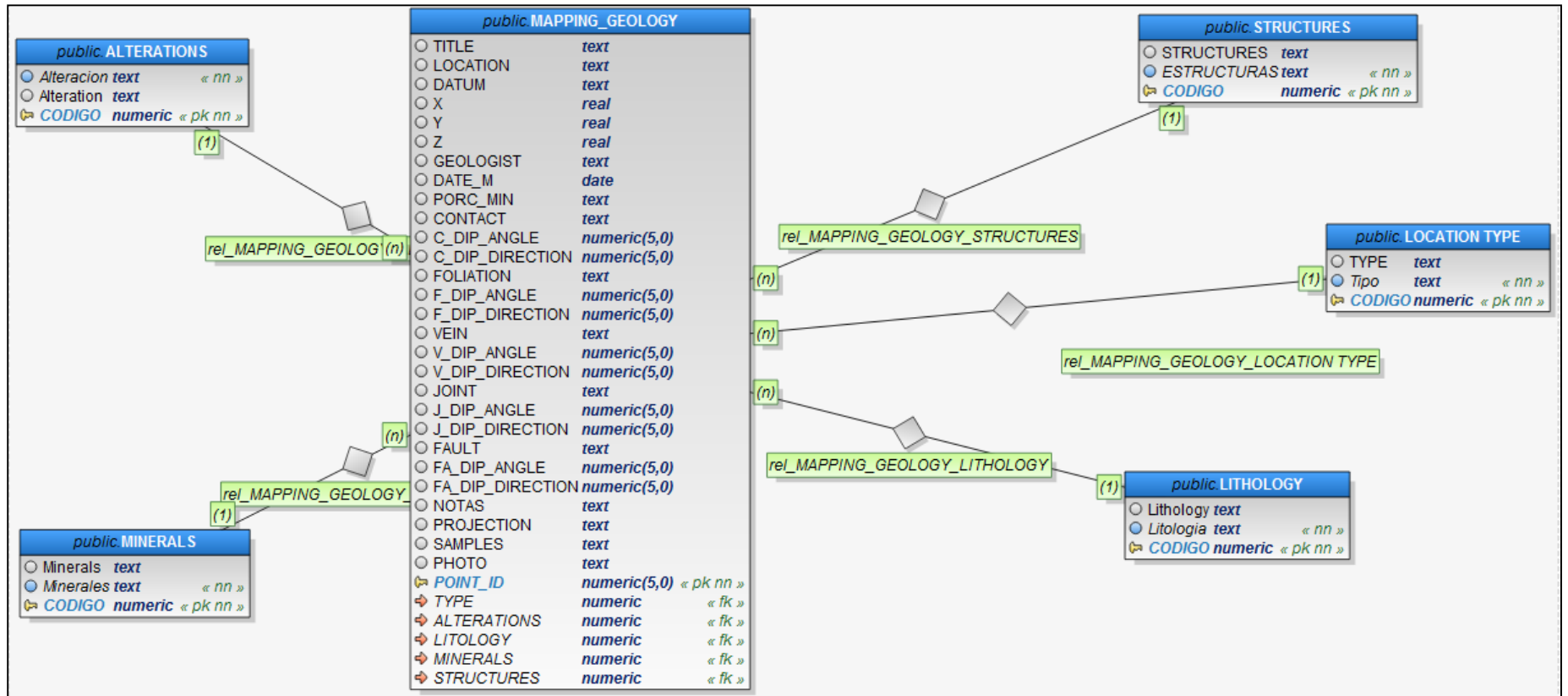


Figura 14. Diagrama entidad Relación para la base de datos generado por la aplicación PgModel para PostgreSQL.

- **Tablas Creadas en la Base de Datos de Geología**

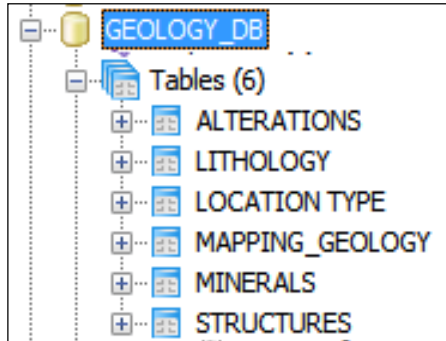


Figura 15. Tabla creada en la Base de Datos de Geología, creada en PostgreSQL

- **Datos Importados**

Los datos importados a la tabla de geología, se muestran en la , por seguridad de los datos solo se muestra una de ella.

	TYPE text	TITLE text	LOCATION text	DATUM text	X real	Y real	Z real	GEOLOGIST text	DATE_M date	LITHOLOGY text	ALTERATION text	MINERALS text	PORC_MIN text	STRUCTURE text	CONTACT text	C_DIP_ANGLE numeric(5,0)	C_ANGULO nu
1	Outcrop	13750	La Morena	WGS84	440445	503919	2836	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Schist	''	Muscovite	''	Foliation	FALSO	0	0
2	Outcrop	13750	La Morena	WGS84	440334	504345	2873	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Metamorphi	Oxidised	Quartz	''	Vein	FALSO	0	0
3	Outcrop	13750	La Morena	WGS84	440535	504423	2868	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Gneiss	Oxidised	Plagioclase	20- 25	Stockwork	FALSO	0	0
4	Outcrop	13750	La Morena	WGS84	440566	504494	2868	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Vein	Oxidised	Quartz	100	Vein	FALSO	0	0
5	Mine	13750	La Morena	WGS84	440528	504553	2824	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Mylonite	Oxidised	Plagioclase	20- 20-15	Stockwork	FALSO	0	0
6	Outcrop	13750	Cuba	WGS84	440644	504574	2867	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Gneiss	''	AMPHIBOLE-	60- 20-15	''	FALSO	0	0
7	Float	LJT-08031	Finca La Re	WGS84	440838	504579	2851	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
8	Mine	LJT-08031	Finca la Re	WGS84	440997	504208	2937	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Gneiss	Oxidised	''	''	Stockwork	FALSO	0	0
9	Outcrop	LJT-08031	Finca la Re	WGS84	440953	504376	2881	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Gneiss	Hydrotherma	Muscovite	20	''	FALSO	0	0
10	Outcrop	LJT-08031	Quebrada Cu	WGS84	441021	504598	2827	LUIS CARLOS 2010-11-05	2010-11-05	Gneiss	Hydrotherma	''	''	Stockwork	FALSO	0	0
11	No outcrop	LJT-08031	Cuba	WGS84	440975	504264	2938	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	Gneiss	Oxidised	Plagioclase	20- 25	Stockwork	FALSO	0	0
12	Mine	LJT-08031	Cuba	WGS84	440985	504218	2956	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
13	Mine	LJT-08031	Cuba	WGS84	440964	504207	2961	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
14	Mine	LJT-08031	Cuba	WGS84	440958	504199	2970	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
15	Mine	LJT-08031	Cuba	WGS84	440935	504181	2986	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
16	Mine	LJT-08031	Cuba	WGS84	440900	504131	3020	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
17	Mine	LJT-08031	Cuba- zona	WGS84	440843	504050	3056	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
18	Mine	13750	Cuba	WGS84	440739	503918	3020	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	''	''	''	''	''	FALSO	0	0
19	Outcrop	13750	La Morena	WGS84	440616	503716	2968	LUIS CARLOS 2010-11-06	2010-11-06	Schist	''	''	''	''	FALSO	0	0
20	No outcrop	13750	La Morena	WGS84	440153	504050	2783	LUIS CARLOS 2010-11-07	2010-11-07	Schist	Oxidised	''	''	''	FALSO	0	0

Figura 16. Ejemplo de Datos Importados a la Tabla Mapping_Geology, en la base de datos Geology

La tabla de datos de Mapping_Geology es un instrumento por medio del cual se puede digitalizar el mapeo geológico con base en interpretaciones del geólogo, y de esta forma exportar los poligonos creados en otros formatos, ingresarlos e integrarlos a la base de datos espacial central de la compañía.

- Base de Datos de Perforación

```
CREATE DATABASE "DRILLING_DB"  
WITH OWNER = postgres  
ENCODING = 'UTF8'  
TABLESPACE = pg_default  
LC_COLLATE = 'Spanish_Colombia.1252'  
LC_CTYPE = 'Spanish_Colombia.1252'  
CONNECTION LIMIT = -1;
```

```
COMMENT ON DATABASE "DRILLING_DB"  
IS 'Base de Datos de Perforación';
```

- Entidades de la Base de Datos de Perforación

Las entidades que contiene información y están relacionadas entre si son las siguientes:

Holes: Contiene la información principal de cada perforación, como ubicación y características generales, posee relación de 1 a muchos con las otras entidades de la base de datos.

- Ejemplo creación tabla “HOLES”

```
CREATE TABLE "HOLES"  
("GEO" text, -- GEOLOGO ENCARGADO DEL POZO  
"ID" numeric(2,0), -- NUMERO DEL POZO  
"X" real, -- COORDENADA X DEL POZO  
"Y" real, -- COORDENADA Y DEL POZO  
"Z" real, -- COORDENADA Z DEL POZO  
"INCL" numeric, -- INCLINACION DEL POZO  
"LONG" numeric, -- LONGITUD DEL POZO  
"D_INI" date, -- FECHA INICIO DE LA PERFORACION  
"D_FINAL" date, -- FECHA FINAL DEL POZO  
"DIR" numeric -- ORIENTACION DEL POZO);ALTER TABLE "HOLES"  
OWNER TO postgres; COMMENT ON TABLE "HOLES"  
IS 'Listado de Pozos con su topografia';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."GEO" IS 'GEOLOGO ENCARGADO DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."ID" IS 'NUMERO DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."X" IS 'COORDENADA X DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."Y" IS 'COORDENADA Y DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."Z" IS 'COORDENADA Z DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."INCL" IS 'INCLINACION DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."LONG" IS 'LONGITUD DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."D_INI" IS 'FECHA INICIO DE LA PERFORACION';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."D_FINAL" IS 'FECHA FINAL DEL POZO';  
COMMENT ON COLUMN "HOLES"."DIR" IS 'ORIENTACION DEL POZO';
```

public HOLES		
<input type="radio"/>	GEO	text
<input checked="" type="radio"/>	ID	numeric(2,0) « pk nn »
<input type="radio"/>	X	real
<input type="radio"/>	Y	real
<input type="radio"/>	Z	real
<input type="radio"/>	INCL	numeric
<input type="radio"/>	LONG	numeric
<input type="radio"/>	D_INI	date
<input type="radio"/>	D_FINAL	date
<input type="radio"/>	DIR	numeric

Figura 17. Vista del diseño de la Tabla “Holes”.

Boxes: Guarda la información del inventario de cajas que guardan las muestras extraídas en la perforación. Posee relación con la tabla Holes de muchos a uno, con llave foránea en la columna ID del pozo.

public BOXES		
<input checked="" type="radio"/>	CONSECUTIVO	numeric « pk nn »
<input checked="" type="radio"/>	ID	numeric(2,0) « fk »
<input type="radio"/>	FROM	real
<input type="radio"/>	TO	real

Figura 18. Diseño de la Tabla “Boxes”

Geology: Tabla que contiene la descripción geológica detallada de las muestras de la perforación. Posee dos dominios que son Litology y Alterations, que son las mismas usadas en la base de datos de geología.

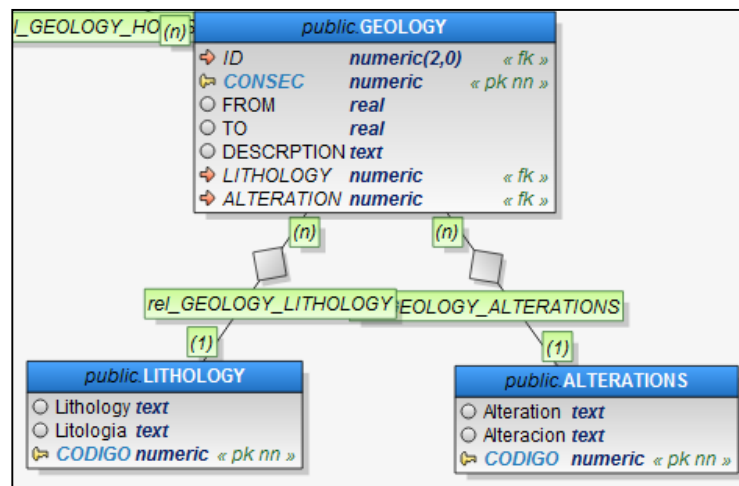


Figura 19. Tabla “Geology” con sus respectivos dominios.

RQD: Tabla de datos geotécnicos, que está relacionada a la tabla “Holes” con una llave foránea.

public RQD		
➤	NUM numeric	« pk nn »
➔	ID numeric	« fk »
○	FROM real	
○	TO real	
○	RQD numeric(2,0)	

Figura 20. Estructura de la Tabla “RQD”

Samples: Tabla donde se registra el listado de muestras tomadas a los núcleos, esta tabla es diferente a la tabla de muestreo de la base de datos espacial, ya que esta ultima corresponde a una base de datos de información de superficie muestras esta corresponde a una tabla de muestras de pozos de perforación.

public SAMPLES		
➤	SAMPLE_ID numeric	« pk nn »
➔	ID numeric	« fk »
○	FROM real	
○	TO real	
○	Au_ppm real	

Figura 21. Diseño de la tabla Samples.

Structures: Tabla de estructuras geológicas de pozo, aunque usa como dominio la tabla de tipo de estructuras que se usa en la tala Mapping_Geology de la Base de Datos Geológica, es necesario adaptarla a las mediciones para una muestra de perforación.

public STRUCTURES		
➤	NUM numeric	« pk nn »
➔	ID numeric(2,0)	« fk »
○	FROM numeric	
○	TO numeric	
○	WIDTH numeric	
○	SAMPLE_ID numeric	
➔	TYPE numeric	« fk »
○	ANGLE numeric	

Figura 22. Diseño de la tabla de “Structures”

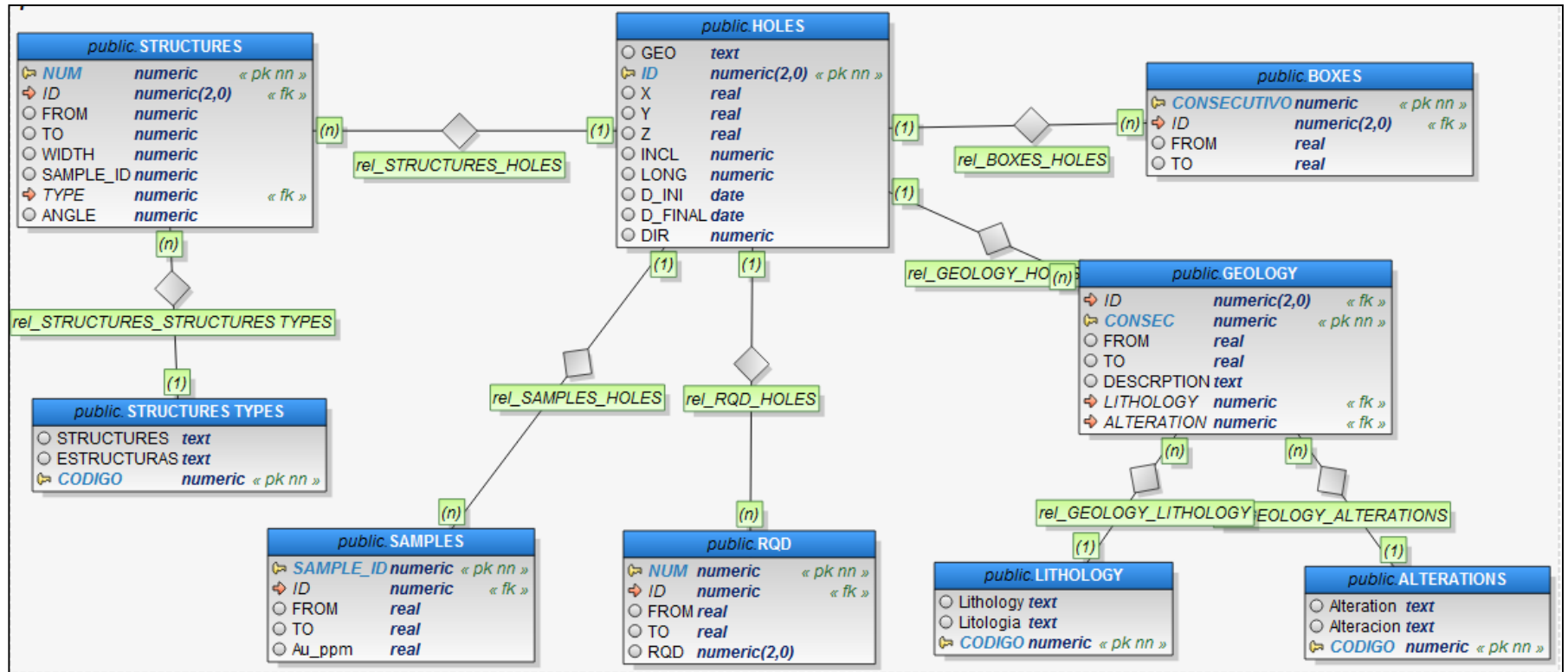


Figura 23. Diagrama Entidad Relación para la base de datos de perforación Geológica. Generado por la aplicación PgModel para PostgreSQL

- **Tablas Creadas en la Base de Datos de Perforación**

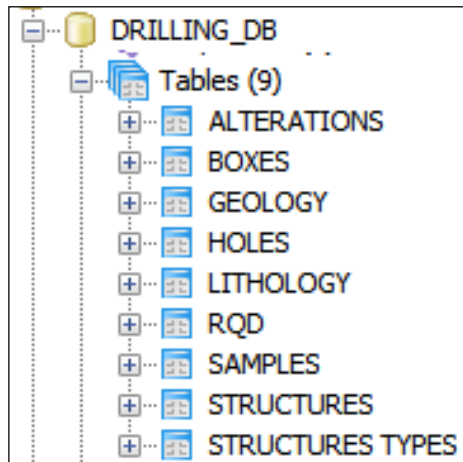


Figura 24. Tablas Creadas en el programa PostgreSQL para la base de datos de perforación.

- **Datos Importados**

	GEO	ID	X	Y	Z	INCL	LONG	D_INI	D_FINAL	DIR
	text	[PK] numeric	real	real	real	numeric	numeric	date	date	numeric
1	LUIS CARLOS	1	441.018	504.215	2852.02	-52	115.6	2011-10-28	2011-11-12	263
2	LUIS CARLOS	2	441.018	504.215	2852.02	-50.2	190.3	2011-11-18	2011-11-25	253
3	LUIS CARLOS	3	441.018	504.215	2852.02	-54.4	320	2011-12-01	2011-12-18	230.5
4	LUIS CARLOS	4	440.48	504.166	2838.4	-65	100.6	2012-01-04	2012-01-11	265.6
5	LUIS CARLOS	5	440.48	504.166	2838.4	-62	95.05	2012-01-12	2012-01-18	218
6	LUIS CARLOS	6	440.48	504.166	2838.4	-63.6	110.1	2012-01-20	2012-01-24	209
7	LUIS CARLOS	7	440.48	504.166	2838.4	-55.3	58.2	2012-01-26	2012-01-29	25.3
8	LUIS CARLOS	8	440.51	504.004	2852.02	-75	125.6	2012-02-02	2012-02-22	230.7
9	LUIS CARLOS	9	440.51	504.004	2852.02	-53.5	47.5	2012-02-23	2012-02-25	152.5
10	LUIS CARLOS	10	440.51	504.004	2852.02	68.5	51.1	2012-02-26	2012-02-28	163.5
11	LUIS CARLOS	11	440.51	504.004	2852.02	-65	161.3	2012-03-03	2012-03-14	92
12	LUIS CARLOS	12	440.659	503.919	2838.4	-66	278.15	2012-03-28	2012-04-16	219.6
13	LUIS CARLOS	13	440.659	503.919	2838.4	-65	195	2012-04-19	2012-04-30	191
14	LUIS CARLOS	14	440.659	503.919	2838.4	-60.5	153.45	2012-05-05	2012-05-11	137.5
15	LUIS CARLOS	15	440.659	503.919	2838.4	-70	178.8	2012-05-16	2012-05-23	110
16	LUIS CARLOS	16	440.659	503.919	2852.02	-55	295.35	2012-05-24	2012-06-06	110
17	LUIS CARLOS	17	440.659	503.919	2852.02	-55	169.5	2012-06-09	2012-06-19	90
18	LUIS CARLOS	18	440.659	503.919	2852.02	-71	154.1	2012-06-21	2012-07-02	70.6
19	LUIS CARLOS	19	440.659	503.919	2852.02	-65.9	244.6	2012-07-06	2012-07-30	2
20	LUIS CARLOS	20	440.659	503.919	2838.4	-72	171.9	2012-08-03	2012-08-13	270
21	LUIS CARLOS	21	440.81	503.983	2838.4	-50	158	2012-08-25	2012-09-02	157
22	LUIS CARLOS	22	440.81	503.983	2838.4	-65	201.6	2012-09-04	2012-09-15	200
23	LUIS CARLOS	23	440.81	503.983	2838.4	-71	193.2	2012-12-03	2012-12-13	187
24	LUIS CARLOS	24	440.729	504.016	2852.02	-62	180.4	2012-12-22	2012-12-29	158

Figura 25. Muestra de Tabla Importada a la Base de Datos de Perforación a partir de los datos existentes.

La base de datos de perforación, permite realizar consultas estadísticas sobre las perforaciones realizadas como numero de muestras, pozos, metrajes, profundidades entre otros. Estas mismas tablas se exportaran a futuro para que mediante un software especializado se lleve a cabo la modelación 3D, del yacimiento base para el inicio de las

actividades de explotación. Esta base de datos proporciona una herramienta que será usada en el planteamiento del diseño de la mina, con la ventaja que con respecto al diseño anterior, la versatilidad de las tablas en postgresql permite un intercambio fácil de la información, y así la compañía podrá obtener a futuro un modelado de yacimiento acorde a sus necesidades.

- Base de Datos Espacial

```
CREATE DATABASE "Morena_Geo"
  WITH OWNER = postgres
      ENCODING = 'UTF8'
      TABLESPACE = pg_default
      LC_COLLATE = 'Spanish_Colombia.1252'
      LC_CTYPE = 'Spanish_Colombia.1252'
      CONNECTION LIMIT = -1;
```

Proceso de Importación

Una vez creada la base de datos espacial con las extensiones para el manejo de operaciones espaciales, se procede a la importación de los Shapefiles que son requeridos y se descartan los que están repetidos para priorizar información, de allí se desprende una serie de tablas correspondientes. De todos los Shapefiles existentes solo 16 pasan a la nueva base de datos, ya que los otros son duplicados de otros archivos y por ende se descartan.

Table	Owner
Area_Topografia	postgres
Bocaminas	postgres
Curvas de Nivel_...	postgres
Curvas_Nivel_2m	postgres
Drenajes	postgres
Fallas	postgres
Finca_La_Morena	postgres
Fincas	postgres
Geologia	postgres
Muestras_Superfi...	postgres
Plataforma_1	postgres
Plataforma_2	postgres
Sedimentos_Que...	postgres
Titulos_Mineros	postgres
Vetas	postgres
Vetas_Datos_Est...	postgres
spatial_ref_sys	postgres

Figura 26. Lista de tablas importadas al software Postgresql, archivos Shp importados.

Luego de tener los datos en Postgresql, se inicia la importación para la visualización de los mismos en Qgis, un software de uso libre que permitirá a la empresa a un bajo costo, el manejo de datos espaciales, desde el motor central que será Postgresql.

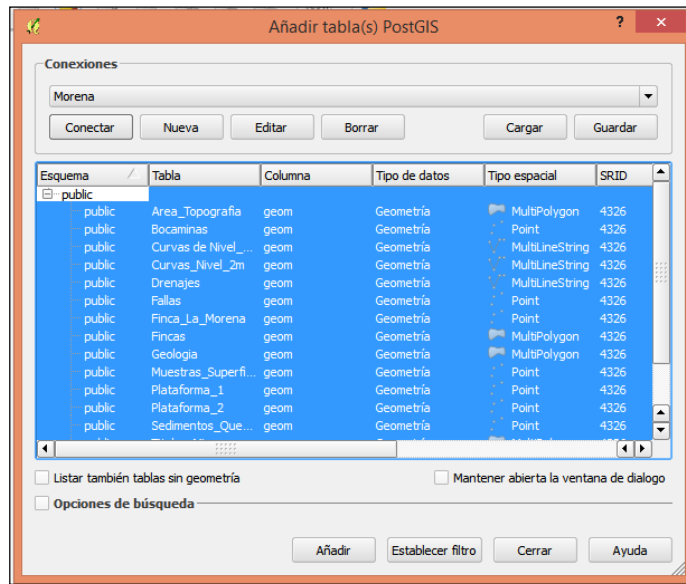


Figura 27. Ventana de Importación de los datos al programa Qgis, desde la base de datos espacial Morena_Geo en Postgresql.

Finalmente se obtiene una vista de los archivos en el programa Qgis, donde se pueden trabajar y hacer operaciones entre ellos.



Figura 28. Vista de los archivos cargados por medio de la base de datos espacial desde Postgresql.

- Visualización de Datos

La empresa ha trabajado sus datos espaciales a través de versiones de pruebas y licencias extendidas de ESRI® en convenio con otras compañías del sector, en las aplicaciones de

ArcMap y ArcCatalog. Sin embargo debido a las necesidades del Sistema de Información y al flujo no extenso de la misma, se usa el Software libre Qgis y Postgresql para visualizar los datos. Debido a la similitud de ambos programas (Qgis y ArcMap), el primero es una opción para el ahorro de costos de software.

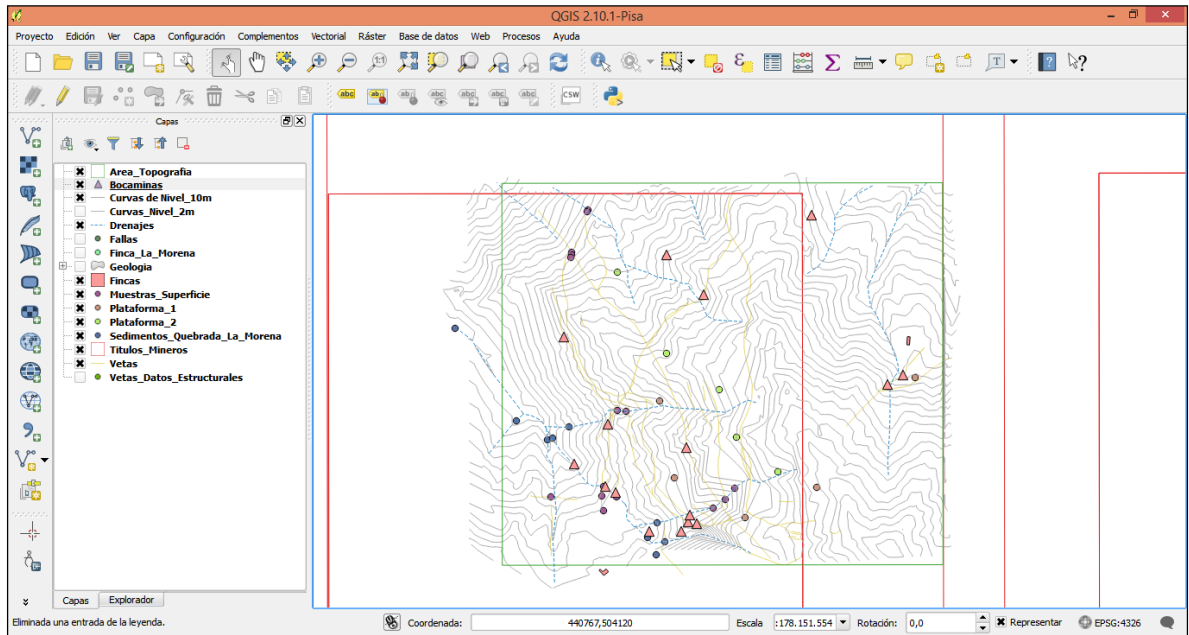


Figura 29. Visualización de los datos luego de ser importados de la base de datos *Morena_Geo* en Postgresql.

- Utilidad de la Base de Datos Espacial

Uno de los principales usos es el poder realizar consultas y operaciones entre información vectorial existente. A continuación se muestran algunas de las que pueden ser aplicadas en el contexto del proyecto Salento:

- a. Conocer los tipos de muestras que se han usado en el proyecto, ya que existen numerosos tipos.
- b. Conocer cuántas Bocaminas se registraron dentro del área minera del proyecto.
- c. Longitud de las vetas del depósito mineral
- d. Conocer los cruces de las vetas para obtener posibles zonas de enriquecimiento del mineral ya que las zonas más ricas son en teoría los cruces de la vetas.

- e. Cuantas muestras están en un determinado tipo de roca.
- f. Aplicar un Kriging para muestreos de superficies.
- g. Generación de Cartografías.
- h. Otras aplicaciones específicas en función de la necesidad de la compañía.

Los anteriores ejemplos son algunas de las muchas formas en que una base de datos de este tipo puede ser consultada. El profesional a cargo deberá crear sus propias sentencias o frases de consultas según la necesidad.

La importancia de centralizar en este sistema de base de datos, consiste en poder otorgar una herramienta que permita a la compañía consultar datos sobre su base de datos espacial que de acuerdo a lo mostrado, centraliza el muestreo, perforaciones y geología en una misma base de datos espacial.

6.5.3 Protocolos de Manejo

- Captura de Información Geológica:

La información que alimente la base de datos geológica de la compañía, tiene su origen en los datos de campo que el profesional encargado tendrá como producto de su trabajo fuera de la oficina.

El trabajo del geólogo en campo comprende los siguientes ítems:

- a. Formulación de recorridos, optimizando tiempo y recursos disponibles o solicitados, y así cubrir la zona a estudiar dentro de los tiempos prudenciales que considere el geólogo.

NOTA: Para esta etapa, y de ser posible, el geólogo puede usar como apoyo, imágenes remotas con el fin de tener una idea más aproximada del terreno.

- b. Para el posicionamiento de punto y afloramientos en campo se usaran los siguientes métodos de acuerdo a las disponibilidades y directrices que sean dictadas:
 - Sistema de Posicionamiento Global o GPS, con la máxima precisión posible.
 - Poligonales abiertas no extensas amarradas a un mojón topográfico con coordenadas conocidas.
 - Ubicación con topografía de detalle

- c. El geólogo deberá tomar los datos geológicos en la libreta de campo y ubicarlos tentativamente en un mapa geológico de campo para ir realizando la geología paso a paso.
- d. Consignar en la libreta de campo los siguientes datos:
 - Numero de punto consecutivo (será dado un rango para cada geólogo)
 - Fecha
 - Ubicación: Coordenadas planas y descripción del acceso
 - Tipo de punto: Si es descriptivo, de muestreo o ambas
 - Dibujo o esquema del lugar donde fue tomada la muestra o del afloramiento descrito
 - Descripción geológica del punto tomado
 - Numero de muestra tomada y su descripción en la libreta de muestreo
- e. Al final del recorrido, los datos geológicos serán descargados de la terminal GPS a la terminal digital donde se crearan tablas con los datos geográficos X,Y,Z; con sistema de coordenadas EPSG:4326 (WGS84_UTM), guardados en una tabla de Excel con formato *.csv, para ser importados a la base de datos geográfica.
- f. El especialista GIS, encargado de la base de datos, cargará las coordenadas y las descripciones del geólogo de acuerdo a la siguiente tabla MAPPING_GEOLOGY de la base de datos GEOLOGY.

The screenshot shows a PostgreSQL database editor window titled "Edit Data - PostgreSQL 9.3 (localhost:5432) - GEOLOGY_DB - MAPPING_GEOLOGY". The window displays the table structure for "MAPPING_GEOLOGY" with the following columns and data types:

TITLE	LOCATION	DATUM	X	Y	Z	GEOLOGIST	DATE_M	PORC_MIN	CONTACT	C_DIP_ANGLE	C_DIP_DIRECT	FOLIATION	F_DIP_ANGLE	F_DIP_NUM
text	text	text	real	real	real	text	date	text	text	numeric(5,0)	numeric(5,0)	text	numeric(5,0)	numeric(5,0)

- g. Los atributos geográficos de la tabla, los digitalizará el profesional quien en archivos de intercambio tipo *.dxf, otorgará las entidades en términos gráficos para ser alimentados en la base de datos.
- h. El profesional GIS, cuidará del correcto cargado de los datos y su representación final en el programa Qgis, con los procedimientos que aquí se han aplicado.
- i. A partir de las capas cargadas, se harán las cartografías temáticas o interpretativas a partir de aplicar las funciones en lenguaje SQL o aplicadas directamente sobre la ventana de trabajo.

- **Información Geológica de Perforación**

- a. La captura de información de las muestras de la perforación la realiza el geólogo, utilizando hojas de logueo **Cuadro 2**, en las que se debe determinar el tipo de litología, mineralización, alteración, diques, fracturas, fallas, vetas, vetillas, ángulos de contacto.
- b. Los tramos separados para el logueo es criterio del geólogo.
- c. Además en estas hojas de logueo se llenan datos numéricos obtenidos durante la perforación, tales como número de caja, profundidad final, longitud perforada, longitud recuperada, RQD.
- d. Para la parte gráfica del logueo se emplearan códigos de colores y simbología adoptada para los tipos de alteración y litología. Los colores de la litología son dictados por la carta estratigráfica internacional.
- e. Estos datos serán incluidos en la tabla “HOLES” de la base de datos DRILLING.
- f. A partir de estos datos también se realizará la futura modelación del yacimiento.

- **Información de la Base de Datos Espacial**

- a. El origen de los datos de la base de datos espacial, son los datos alimentados en las bases de datos Drilling, Geology y los archivos que entrega el profesional encargado en formatos *.dxf para intercambio y visualización en programa Qgis.
- b. Esta base de datos será guardada en una nube que la empresa adquirirá para tal fin de salvaguardar los datos consignados; creando Backup en un periodo no superior a una semana.
- c. De acuerdo al organigrama interno de la empresa, actualmente, el geólogo, corresponde al mismo profesional GIS, y debido a que el proyecto no es de dimensiones mayores, por ahora existirá un solo usuario de la base de datos.

7. CONCLUSIONES

- El sistema Diseñado para la empresa Morena Minerales S.A.S, obedece a las necesidades que la empresa manifestó en el análisis de problemas sobre el flujo de información interno.
- Según el estado del arte, otras empresas del ramo ya han aplicado en sus procesos, el uso de bases de datos o por lo menos tabulación de datos geológicos como una manera de administrar mejor su información geológica y de exploración.
- La norma aplicada y estudiada es el National Instrument 43-101 del gobierno Canadiense, aunque esta norma es para aquellas empresas que quieren ingresar a la bolsa y Morena Minerales no lo desea así por ahora, es una necesidad que esta ha manifestado, el querer tener controlados sus procesos de administración de la información interna, con estándares de calidad.
- De acuerdo a las normas internacionales que aplican en el caso de Morena Minerales SAS, se pretende diseñar un sistema de información que permita el cumplimiento mínimo del fundamento general de la norma, el cual es la trazabilidad de la información para garantizar la veracidad de la información del proyecto.
- Un análisis de problemas realizado al interior de la compañía, permite identificar que una de las formas de disminuir los efectos de algunos de los problemas presentes en la empresa, es la creación de un sistema de administración de la información geológica y de exploración.
- Se crea un sistema de bases de datos relacionales para las actividades de geología y perforaciones (exploraciones) dentro de la empresa, la cual permite la administración de los datos geológicos y de exploración de forma más eficiente que el sistema de Acces que poseía antes del presente estudio.
- La base de datos espacial, contiene ahora los datos geográficos y geológicos del proyecto, los cuales podrán ser administrados por medio del programa Postgresql y Qgis, los cuales son libres y permiten el ahorro de costos por lo menos en licenciamiento de software para estos casos.
- La base de datos espacial, reúne en su esencia los datos requeridos para la empresa en su toma de decisiones, con el registro de las perforaciones muestreo y geología en formatos vectoriales.
- Se pudo simplificar la forma de registrar la información geológica y de exploración de la empresa por medio del diseño de bases de datos relacionales, con un fundamento claro en la teoría de manejo de información.

- A futuro, la compañía podrá usar las bases de datos para exportar las tablas de información y generar un modelamiento del yacimiento que permita la toma de decisiones y llevar el proyecto a producción.
- Unos protocolos de manejo mínimos para el sistema de información, serán integrados a los ya existentes, estos últimos son específicos de operación en campo mientras las descripciones aquí presentadas son de manejo en la información luego de su captura en proceso y post-proceso de la misma.
- Finalmente se logra diseñar por medio del presente manual, la migración del actual formato Acces a un formato más avanzado en términos de seguridad y manejo estructurado de los datos, cumpliendo con uno de los componentes del árbol de soluciones planteado para la empresa los problemas de la empresa en general.
- El presente informe muestra la metodología usada para llegar al diseño de las bases de datos en respuesta a las necesidades que la empresa evidenció en el análisis de su información.
- La empresa tendrá de aquí en adelante la potestad de decidir si implementa o no el sistema diseñado, el cual ayuda a suprimir información redundante o que no es necesaria para la esencia de su actividad en el plano de la geología económica.
- No es posible mostrar los mapas generados en su totalidad, solo una visualización general a manera de figuras dentro del texto, así como otros datos de las tablas de las bases de datos, debido a que la compañía posee información que se reserva, sin embargo fue posible acceder a ella y manipularla en virtud del presente trabajo y diseñar el manual que requiere para la optimización del manejo de dicha información.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa la implementación del sistema aquí presentado, ya que las tablas existentes en la actualidad no poseen la versatilidad de las bases de datos relacionales.
- Adquirir un espacio en la nube virtual para almacenar los datos ante la ausencia de un servidor local; este método rebaja los costos de administración de la información.
- La empresa deberá contar con un profesional encargado de la administración, mantenimiento y funcionalidad del sistema.
- Se recomienda el uso de software libre Qgis y Postgresql para rebajar costos en adquisición de licencia para el uso de programas de manejo de información geográfica.
- El motor de base de datos que se sugiere es el Postgresql con la extensión PostGis.
- Se recomienda hacer ajustes al sistema de acuerdo a las nuevas necesidades de la compañía.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA DE COLOMBIA. 2003. Glosario de Terminos Mineros. Recuperado de:
<http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>

BOLAÑOS, J.E. (2014, Abril 15). La Normativa Canadiense 43-101 [Archivo de Video]. Recuperado de: <http://es.slideshare.net/JohnEfranBolaos/la-normativa-ni-43-101eng-33548113>.

BURROUGH, P.A. (1988). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Recuperado de: <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/467.pdf>.

CRIRSCO. Comité para los reportes internacionales estandarizados de reservas minerales (En Línea). Fecha Actualización: Noviembre de 2014. Fecha de Consulta: Diciembre de 2014. Disponible en: <http://www.crirSCO.com/>

CRIRSCO et al, 2007. Mapping of Petroleum and Minerals Reserves and Resources Classification Systems. Documento pdf,

GEOVIA (2015). Portal Corporativo. Software Minero. Recuperado de: <http://es.geovia.com/servicios>.

JIMENEZ, J. (2010). El Mayor Fraude Cometido en la Historia del Oro. Octubre 19 de 2015, de ABC.es Sitio web: <http://www.abc.es/20091230/economia-mercados/mayor-fraude-historia-200912300910.html>

LONDOÑO, J. 2012. Estándares Internacionales, Certificación de Recursos y Reservas. SGS Colombia S.A. Presentación.

MORENA MINERALES, 2012. Manual de Implementación de protocolos en exploración. Archivo interno.

PETERS, W C. (1978). Exploration and Mining Geology. 1. 279-282p.

QGIS. (2015). Software Qgis 2.12. Recuperado de: <http://www.qgis.org/en/site/about/index.html>.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2015). Calidad. Recuperado de: <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=calidad>.

RECURSOS MINEROS (2015). Mining Software. Recuperado de: <http://recmin.com/WP/>

THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. (2015).Postgresql 9.3. Recuperado de: <http://www.postgresql.org/download>.

UNIVERSIDAD EAFIT (2015). Boletín No 42. Aseguramiento de la Calidad. Recuperado de: <http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/consultorio-contable/Documents/boletines/auditoria-control/b10.pdf>

3DMINE SOFTWARE CO. LTD. (2015). Portal Corporativo. Servicios Software 3DMine. Recuperado de: <http://www.3dmineamerica.com/#!about-us/cjg9>

ANEXOS

ANEXO A

MORENA
MINERALES
S.A.S.
NIT 900.393.746 - 6

MMS - 2015 -028

Salento Quindío, 125 JUN. 2015

Señores
NATALIA RIOS BUSTAMANTE
LUIS CARLOS VILLANUEVA OSPINA
Estudiantes Especialización SIG
Universidad de Manizales
Ciudad

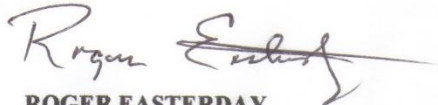
Asunto: Autorización realización trabajo de grado

Cordial Saludo,

De acuerdo al oficio recibido el pasado 8 de Mayo de 2015, por medio de la presente se les informa que la compañía Morena Minerales SAS, otorga autorización para que realicen el trabajo de grado de su especialización denominado **“DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE INFORMACION GEOGRÁFICA Y GEOLOGICO MINERO PARA LA EMPRESA MORENA MINERALES S.A.S EN SALENTO QUINDIO COLOMBIA”**

Esperamos poder colaborar de manera integral en el desarrollo de este trabajo, y deseándole éxitos en el mismo.

Cordialmente,



ROGER EASTERDAY
CEO y Gerente General
MORENA MINERALES S.A.S

Proyectó: LVO

ANEXO B: Tablas de la Base de Datos Espacial (algunas Tablas no se muestran por restricción de la información)

Tabla Area Topográfica

	gid [PK] integer	fid_ integer	entity character va	layer character va	color smallint	linetype character va	elevation numeric	linewt smallint	refname character va	geom geometry(Mu
1	1	0	LWPolyline	SURVEY DETA	170	Continuous	0.000000000	25		0106000020E
*										

Curvas_Nivel_10m

	gid [PK] integer	fid_ integer	entity character va	layer character va	color smallint	linetype character va	elevation numeric	linewt smallint	refname character va	geom geometry(Mu
1	1	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3070.000000	20		
2	2	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3060.000000	20		01050000E0E
3	3	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3060.000000	20		
4	4	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3050.000000	20		
5	5	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3040.000000	20		
6	6	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3030.000000	20		
7	7	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3020.000000	20		
8	8	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3010.000000	20		
9	9	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3000.000000	20		01050000E0E
10	10	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	3000.000000	20		
11	11	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2990.000000	20		
12	12	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2980.000000	20		
13	13	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2970.000000	20		
14	14	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2960.000000	20		
15	15	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2950.000000	20		01050000E0E
16	16	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2950.000000	20		
17	17	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2940.000000	20		
18	18	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2930.000000	20		
19	19	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2920.000000	20		
20	20	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2910.000000	20		
21	21	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2900.000000	20		
22	22	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2890.000000	20		
23	23	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2880.000000	20		
24	24	0	LWPolyline	CONT-MJR	26	Continuous	2870.000000	20		

Curvas_Nivel_2m

	gid [PK] integer	fid_ integer	entity character va	layer character va	color smallint	linetype character va	elevation numeric	linewt smallint	refname character va	geom geometry(Mu
1	1	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3076.000000	5		01050000E0E
2	2	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3074.000000	5		
3	3	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3072.000000	5		
4	4	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3068.000000	5		
5	5	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3066.000000	5		
6	6	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3064.000000	5		
7	7	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3062.000000	5		
8	8	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3058.000000	5		
9	9	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3056.000000	5		
10	10	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3054.000000	5		
11	11	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3052.000000	5		
12	12	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3048.000000	5		
13	13	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3046.000000	5		
14	14	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3044.000000	5		
15	15	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3042.000000	5		
16	16	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3038.000000	5		
17	17	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3036.000000	5		
18	18	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3034.000000	5		
19	19	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3032.000000	5		
20	20	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3028.000000	5		
21	21	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3026.000000	5		
22	22	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3024.000000	5		
23	23	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3022.000000	5		
24	24	0	LWPolyline	CONT-MNR	2	Continuous	3018.000000	5		

Drenajes

	gid [PK] integer	id integer	name smallint	name_1 character vai	long numeric	geom geometry(Mu
1	1	0	0	Qda Cuba	671.2382004	0105000020E
2	2	0	0	Qda La More	520.3062805	0105000020E
3	3	0	0	Qda Campame	327.7847088	0105000020E
4	4	0	0	Qda La More	376.6403913	0105000020E
5	5	0	0	Qda EL Breg	466.8970943	0105000020E
6	6	0	0	Quebrada	321.7521844	0105000020E
7	7	0	0	Quebrada	98.41321950	0105000020E
8	8	0	0	Quebrada	245.2316824	0105000020E
9	9	0	0	Quebrada	172.0660218	0105000020E
10	10	0	0	Qda PLT-10	296.8075643	0105000020E
11	11	0	0	Qda Los Tan	111.5452177	0105000020E
12	12	0	0	Qda La Urib	268.4828528	0105000020E
13	13	0	0		55.77721427	0105000020E

Fallas

	gid [PK] integer	id integer	dip_direct numeric	dip_angle smallint	geom geometry(Po
1	1	0	130.0000000	90	0101000020E
2	2	0	95.0000000	70	0101000020E
3	3	0	80.0000000	45	0101000020E
4	4	0	80.0000000	52	0101000020E
5	5	0	70.0000000	90	0101000020E
6	6	0	25.0000000	38	0101000020E
7	7	0	95.0000000	55	0101000020E
8	8	0	40.0000000	55	0101000020E
9	9	0	60.0000000	75	0101000020E
10	10	0	173.0000000	89	0101000020E
11	11	0	60.0000000	53	0101000020E
12	12	0	105.0000000	90	0101000020E
13	13	0	80.0000000	90	0101000020E
14	14	0	86.0000000	90	0101000020E
15	15	0	72.0000000	35	0101000020E
16	16	0	72.0000000	60	0101000020E
17	17	0	80.0000000	30	0101000020E
18	18	0	40.0000000	65	0101000020E
19	19	0	55.0000000	70	0101000020E
20	20	0	30.0000000	70	0101000020E
21	21	0	30.0000000	70	0101000020E
22	22	0	30.0000000	70	0101000020E
23	23	0	355.0000000	75	0101000020E
24	24	0	320.0000000	50	0101000020E

Finca_La_Morena

	gid [PK] integer	id integer	tipo character vai	geom geometry(Po
1	1	0	La Nevada	0101000020E
2	2	0	El Rocio	0101000020E
3	3	0	La Rolincha	0101000020E
4	4	0	Moravia	0101000020E
5	5	0	Golondrinas	0101000020E
6	6	0	CampaMento	0101000020E

Tipos de Roca

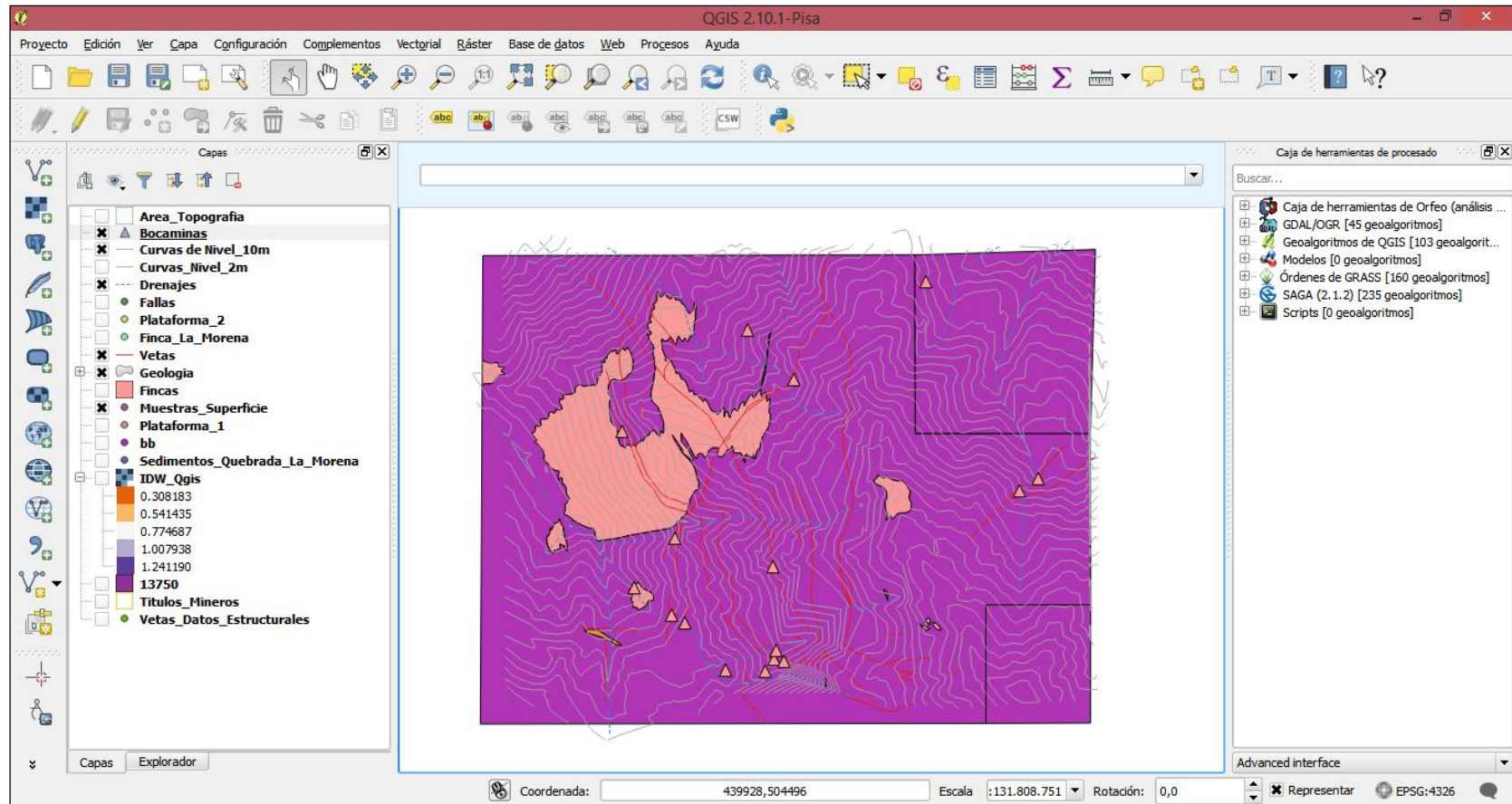
	gid [PK] integer	id integer	rock_type character va	geom geometry(Mu
1	1	0	Dique Aplit	0106000020E
2	2	0	Dique Aplit	0106000020E
3	3	0	Cuarzo Dior	0106000020E
4	4	0	Cuarzo Dior	0106000020E
5	5	0	Cuarzo Dior	0106000020E
6	6	0	Dique Aplit	0106000020E
7	7	0	Cuarzo Dior	0106000020E
8	8	0	Cuarzo Dior	0106000020E
9	9	0	Cuarzo Dior	0106000020E
10	10	0	Gneis	0106000020E
11	11	0	Cuarzo Dior	0106000020E
12	12	0	Cuarzo Dior	
13	13	0	Gneis	
14	14	0	Gneis	0106000020E
15	15	0	Gneis	0106000020E

Mapa de Vetas

	gid [PK] integer	layer character va	gm_type character va	elevation double precis	vein_name smallint	vein character va	geom geometry(Mu
1	1	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA CUBA	0105000020E
2	2	VETAS	Unknown Lin	0	0	SPLIT CUBA	0105000020E
3	3	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
4	4	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
5	5	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
6	6	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA RETIRO	0105000020E
7	7	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA RETIRO	0105000020E
8	8	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA MORENA	0105000020E
9	9	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
10	10	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA CONSOR	0105000020E
11	11	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA RETIRO	0105000020E
12	12	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA RETIRO	0105000020E
13	13	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
14	14	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
15	15	VETAS	Unknown Lin	0	0	SPLIT RETIR	0105000020E
16	16	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA - FALL	0105000020E
17	17	VETAS	Unknown Lin	0	0	SPLIT RETIR	0105000020E
18	18	VETAS	Unknown Lin	0	0	VETA RETIRO	0105000020E
19	19	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
20	20	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
21	21	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
22	22	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
23	23	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E
24	24	VETAS	Unknown Lin	0	0		0105000020E

Scratch pad

ANEXO C: Vista del Mapa Geologico Generado Luego de Cargar en Qgis.



GLOSARIO

Coordenadas: Par de magnitudes (latitud y longitud) que sirven para determinar la posición de un punto en la superficie de la Tierra.

Explotación: Proceso de extracción y procesamiento de los minerales, así como la actividad orientada a la preparación y el desarrollo de las áreas que abarca el depósito mineral. Es la aplicación de un conjunto de técnicas y normas geológico-mineras y ambientales, para extraer un mineral o depósito de carácter económico, para su transformación y comercialización.

Estudios geológicos: Recopilación de información geológica de un área o una región, con un objetivo primordial (minería, exploración minera, obras civiles, entre otros). Un estudio geológico provee información sobre litología, estructuras, ocurrencias minerales, entre otros. Un estudio geológico puede ser general o detallado, por ejemplo, en el caso de túneles para obras civiles, un estudio geológico suministra información de la zona a perforar metro a metro, con detalles de la estructura, permeabilidad, niveles freáticos, dureza de las distintas unidades rocosas y otros, para contar con la solución a los problemas que se van a encontrar antes de que la perforación alcance las zonas donde existan estos posibles problemas, para salvar de esta manera tiempo, dinero y hasta vidas humanas.

Estandarización: Propiedad que garantiza la uniformidad en los métodos de capturar, representar, almacenar y documentar la información. La estandarización es, hoy por hoy, un objetivo, ya que no existen normas universalmente aceptadas para casi ningún tipo de información.

Exploración: Búsqueda de depósitos minerales mediante labores realizadas para proporcionar o establecer presencia, cantidad y calidad de un depósito mineral en un área específica. La exploración regional es la etapa primaria de un proyecto de exploración encaminada a la delimitación inicial de un depósito mineral identificado en la etapa de prospección, con evaluación preliminar de la cantidad y la calidad. Su objetivo es establecer las principales características geológicas del depósito y proporcionar una indicación razonable de su continuidad y una primera evaluación de sus dimensiones, su configuración, su estructura y su contenido; el grado de exactitud deberá ser suficiente para decidir si se justifican posteriores estudios de prefactibilidad minera y una exploración detallada. La exploración detallada comprende el conjunto de actividades geológicas destinadas a conocer tamaño, forma, posición, características mineralógicas, cantidad y calidad de los recursos o las reservas de un depósito mineral. La exploración incluye métodos geológicos, geofísicos y geoquímicos.

Geodatabase: es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas

en un Sistema Gestor de Base de Datos (Microsoft Access, Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 e Informix).

Geología: Ciencia que estudia la composición y la disposición de los materiales que constituyen la litosfera terrestre, su naturaleza, su situación y las causas o fenómenos que originan esa disposición y de los efectos de los agentes que la alteran.

Litología: Conjunto de caracteres petrográficos de una masa (formación, estratos, entre otros) de rocas. Es el estudio de dichos caracteres.

Logueo: Registro detallado de las características geológicas, estructurales, geotécnicas, mineralógicas y físicas de una muestra de roca.

Mapa Geológico: Es la representación sobre un plano topográfico de los accidentes geológicos que afloran en la superficie terrestre. Las diferentes rocas o formaciones geológicas y sus edades se representan mediante una trama de colores que las identifican.

Mina: Excavación que tiene como propósito la explotación económica de un yacimiento mineral, la cual puede ser a cielo abierto, en superficie o subterránea. Yacimiento mineral y conjunto de labores, instalaciones y equipos que permiten su explotación racional. El Código de Minas define "mina" como el yacimiento, formación o criadero de minerales o de materias fósiles, útiles y aprovechables económicamente, ya se encuentre en el suelo o el subsuelo.

Muestreo Sistemático: Recolección de muestras de acuerdo con una distribución areal o espacial homogénea, o un patrón o malla definidos. En carbón es el muestreo en el cual los incrementos se toman a intervalos iguales de tiempo, espacio o masa en todo el lote o suministro.

Núcleo de Perforación: Muestra extraída de una perforación geológica, donde un taladro hueco extrae un "corazón" de roca de forma cilíndrica de manera que representa la geología de profundidad del área perforada..

Perforación (desarrollo minero): Acción o proceso de elaborar un orificio circular con un taladro (perforadora) manual o mecánico (eléctrico o hidráulico). Apertura de galerías o cámaras de explotación con el uso de cualquier clase de equipo (neumático o mecánico).

Perforación (prospección y exploración): Es la operación de abrir huecos en el terreno, utilizados para exploración o para la extracción de petróleo, gas, agua o energía hidrotermal. Es la realización o la elaboración de huecos en el subsuelo, mediante equipos adecuados y brocas, utilizados en labores técnicas de prospección o exploración. La perforación se puede realizar por métodos de percusión, rotación o combinación de ambos.

Poligonal: Se refiere al levantamiento topográfico que se realiza con la ayuda de figuras geométricas denominadas polígono. Los polígonos o poligonales se clasifican básicamente en dos tipos: la abierta y la cerrada

Prospección: Es el proceso para investigar la existencia de minerales y delimitar zonas prometedoras. Sus métodos consisten, entre otros, en la identificación de afloramientos, la cartografía geológica, los estudios geofísicos y geoquímicos, y la investigación superficial, en áreas no sujetas a derechos exclusivos.

Pozo Minero: En minería, los pozos se utilizan como labores de acceso desde la superficie en las minas subterráneas situadas por debajo del nivel del fondo del valle. Los pozos pueden ser verticales o inclinados. En este último caso se conocen también como pozos planos, planos inclinados, o simplemente, planos. Por metonimia se denominan pozos a las minas subterráneas cuyo acceso se realiza mediante los mismos.

RQD: (Rock Quality Designation) Se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del sondeo.

Yacimiento mineral: Es una acumulación natural de una sustancia mineral o fósil, cuya concentración excede el contenido normal de una sustancia en la corteza terrestre (que se encuentra en el subsuelo o en la superficie terrestre) y cuyo volumen es tal que resulta interesante desde el punto de vista económico, utilizable como materia prima o como fuente de energía. Es una concentración de elementos minerales, cuyo grado de concentración o ley mineral hace que sea económicamente rentable su explotación. Lugar donde se encuentra una sustancia o unos objetos determinados, por ejemplo, yacimiento de minerales, yacimiento de petróleo, yacimiento de fósiles.



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES



**EL COMITÉ DE INVESTIGACIONES Y POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS E INGENIERÍA**

HACEN CONTAR QUE

Los estudiantes de la Especialización en Sistemas de
Información Geográfica

NATALIA RIOS BUSTAMANTE código 83201428550
LUIS CARLOS VILLANUEVA OSPINA código 83201422628

Cumplieron con la presentación del trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y DE EXPLORACIÓN PARA LA EMPRESA MORENA MINERALES SAS EN SALENTO QUINDIO COLOMBIA”** para optar al título de *Especialistas en Sistemas de Información Geográfica*.

A dicho trabajo se asignaron como jurados evaluadores a los Carlos Marcelo Jaramillo Echeverry, Luis Carlos Correa Ortiz y José Fernando Mejía Correa, quienes dieron concepto de **APROBACIÓN** del mencionado trabajo.

Para constancia se firma a los 20 días del mes de noviembre de 2015.

Néstor Jaime Castaño Pérez
Decano Facultad de Ciencias e Ingeniería

José Fernando Mejía Correa
Coordinador de Investigaciones y Postgrados