

**HERRAMIENTAS SIG PARA ANALIZAR CONDICIONES DE SEGURIDAD  
MINERA AURÍFERA EN EL DISTRITO MINERO SEGOVIA REMEDIOS**



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**MANIZALES - CALDAS**

**2017**

**HERRAMIENTAS SIG PARA ANALIZAR CONDICIONES DE SEGURIDAD  
MINERA AURÍFERA EN EL DISTRITO MINERO SEGOVIA REMEDIOS**

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Sistemas de  
Información Geográfica**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**MANIZALES - CALDAS**

**2017**

## CONTENIDO

1	RESUMEN .....	2
2	INTRODUCCIÓN .....	4
3	JUSTIFICACIÓN .....	6
4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	8
5	LOCALIZACIÓN .....	10
6	HIPÓTESIS .....	11
7	OBJETIVOS .....	13
8	METODOLOGÍA .....	14
8.1	PLAN DE TRABAJO .....	14
8.2	ACTIVIDADES .....	15
8.2.1	Recopilación de información y levantamiento de la línea base .....	15
8.2.2	Realización de trabajo de campo .....	16
8.2.3	Verificación, análisis y evaluación de la información levantada en las visitas de campo .....	17
8.2.4	Elaboración de planos y mapas de localización de la infraestructura minera	18
8.2.5	Elaboración de documento escrito .....	21
9	MARCO TEÓRICO .....	22
9.1	Conceptos básicos en geología y minería .....	22
9.2	CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RIESGOS .....	32
9.3	CONCEPTOS BÁSICOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	37
10	ESTADO DEL ARTE .....	44
10.1	Antecedentes Normativos .....	44
10.2	Antecedentes técnicos .....	45
11	DIAGNÓSTICO MINERO Y DE RIESGOS MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG	48
11.1	Implementación de herramientas SIG .....	48
11.2	Diagnóstico Minero .....	53
11.2.1	Municipio de Segovia – Antioquia .....	53
11.2.2	Municipio de Remedios – Antioquia .....	56
12	PANORAMA GENERAL DE RIESGOS .....	62

12.1	Riesgos en las actividades mineras de Segovia y Remedios .....	62
12.2	Parámetros evaluados en las unidades mineras .....	63
12.2.1	Minería subterránea .....	63
12.2.2	Minería en superficie .....	64
12.2.3	Proceso de beneficio .....	64
12.2.4	Compras de oro.....	64
12.3	Identificación de escenarios de peligro .....	65
12.3.1	Escenarios de peligro en minas .....	65
13	PANORAMA DE RIESGOS DE MINAS EN SEGOVIA .....	67
13.1	Panorama de riesgos por seguridad .....	67
13.1.1	Valoración de la Severidad de Consecuencias (SC).....	74
13.1.2	Valor de índice de probabilidad (IP) .....	79
13.1.3	Análisis de priorización de los riesgos.....	83
13.2	Escenarios de Riesgos por contaminación (ERC) .....	90
13.2.1	Valoración de Severidad de Consecuencias (SC).....	95
13.2.2	Valoración de Índice de Probabilidad (IP) .....	97
13.2.3	Análisis de priorización de los riesgos.....	99
14	PANORAMA DE RIESGOS EN MINAS DE REMEDIOS .....	104
14.1	Escenarios de Riesgos por seguridad (ERS).....	104
14.1.1	Valoración de Severidad de Consecuencias (SC).....	109
14.1.2	Valoración de Índice de Probabilidad (IP) .....	112
14.1.3	Análisis de priorización de los riesgos.....	118
14.2	Escenarios de Riesgos por contaminación (ERC) .....	125
14.2.1	Valoración de Severidad de Consecuencias (SC).....	131
14.2.2	Valoración del Índice de Probabilidad (IP) .....	135
14.2.3	Análisis de valoración de priorización de los riesgos .....	137
15	ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A MINERÍA PARA LOS MUNICIPIOS DE SEGOVIA Y REMEDIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA	142
15.1	Actividad Minera (Activas – Inactivas) .....	142
15.1.1	Actividad Minera en Segovia .....	143
15.1.2	Actividad Minera en Remedios.....	146
15.2	Escenarios de Riesgo .....	151
15.2.1	Escenarios de Riesgo por Seguridad .....	152

15.2.2	Escenarios de Riesgo por Contaminación .....	167
15.3	Vulnerabilidad .....	173
15.3.1	Zona vulnerable por movimientos en masa .....	173
15.3.2	Zona vulnerable por subsidencia.....	174
15.3.3	Zona vulnerable por inundaciones .....	176
15.3.4	Zona vulnerable por caída de rocas .....	177
15.4	Definición de sectores que requieren atención inmediata.....	179
15.4.1	Zonas para intervención - Escenarios de riesgo por seguridad .....	179
15.4.2	Zonas para intervención - Escenarios de riesgo por contaminación ....	186

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los municipios de Segovia y Remedios .....	10
Figura 2. Modelo entidad relación para el manejo de información de riesgos en minería .....	51
Figura 3. Condición de legalidad para el Municipio de Segovia .....	55
Figura 4. Condición de legalidad para el Municipio de Remedios .....	58
Figura 5. Ubicación de las minas en el Municipio de Segovia.....	60
Figura 6. Ubicación de las minas en el Municipio de Remedios .....	61
Figura 7. Escenarios de riesgos por seguridad en Segovia .....	68
Figura 8. Severidad de las consecuencias para el Municipio de Segovia .....	77
Figura 9. Índice de Probabilidad IP para el Municipio de Segovia .....	82
Figura 10. Esquema de la matriz de priorización de riesgos en Segovia .....	87
Figura 11. Escenarios de riesgo por contaminación en Segovia.....	91
Figura 12. Severidad de las Consecuencias (SC) en Segovia.....	96
Figura 13. Índice de Probabilidad (IP) en Segovia .....	98
Figura 14. Esquema de la matriz de priorización de riesgos.....	101
Figura 15. Análisis del escenario de riesgos con mayor prioridad en Segovia.....	103
Figura 16. Análisis del escenario de riesgo con menor prioridad en Segovia .....	103
Figura 17. Escenarios de riesgos por seguridad en Remedios .....	106
Figura 18. Severidad de las consecuencias (SC) en Remedios .....	111
Figura 19. Índice de probabilidad (IP) en Remedios .....	115
Figura 20. Esquema de la matriz de priorización de riesgos en Remedios.....	121
Figura 21. Análisis del escenario de riesgos con mayor prioridad en Remedios .....	124
Figura 22. Análisis del escenario con prioridad moderada en Remedios.....	124
Figura 23. Escenarios de Riesgo por contaminación en Remedios.....	127
Figura 24. Severidad de las consecuencias (SC) en el Municipio de Remedios.....	134
Figura 25. Índice de probabilidad (IP) en Remedios. ....	136
Figura 26. Análisis de la priorización de riesgos. ....	139
Figura 27. Análisis del escenario de riesgos con mayor prioridad en Remedios. ....	141
Figura 28. Análisis del escenario de riesgo con prioridad moderada en Remedios. ...	141
Figura 29. Actividad Minera en Segovia.....	144

Figura 30. Actividad Minera en Segovia.....	145
Figura 31. Actividad Minera en Remedios.....	147
Figura 32. Actividad Minera en La Cruzada (Remedios).....	148
Figura 33. Actividad Minera Otú (Remedios) .....	149
Figura 34. Actividad Minera Santa Isabel (Remedios) .....	150
Figura 35. ERS3 Municipio Segovia.....	153
Figura 36. ERS3 Municipio de Remedios.....	154
Figura 37. ERS4 Municipio de Segovia.....	156
Figura 38. ERS4 Municipio de Remedios.....	157
Figura 39. ERS6 Caída de rocas para el DMSR .....	159
Figura 40. ERS8 Colapso de túnel de transporte para el DMSR .....	161
Figura 41. ERS15 Movimientos en masa para el DMSR.....	163
Figura 42. ERS20 Municipio de Segovia.....	165
Figura 43. ERS20 Municipio de Remedios.....	166
Figura 44. Humedad anormal DMSR .....	168
Figura 45. ERC4 Inundación DMSR.....	170
Figura 46. ERC4 Subsistencia DMSR.....	172
Figura 47. Vulnerabilidad por movimientos en masa .....	174
Figura 48. Vulnerabilidad por subsidencia .....	175
Figura 49. Vulnerabilidad por inundaciones .....	177
Figura 50. Vulnerabilidad por caída de rocas.....	178
Figura 51. Zona 1 intervención por ERS .....	180
Figura 52. Zona 2 intervención por ERS .....	181
Figura 53. Zona 3 intervención por ERS .....	182
Figura 54. Zona 4 intervención por ERS .....	184
Figura 55. Zona 5 intervención por ERS .....	185
Figura 56. Zona 1 intervención por ERC.....	187
Figura 57. Zona 2 intervención por ERC.....	188
Figura 58. Zona 3 intervención por ERC .....	189
Figura 59. Zona 4 intervención por ERC .....	191
Figura 60. Zona 5 intervención por ERC.....	192
Figura 61. Zona 6 intervención por ERC.....	193

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estructura GDB .....	50
Tabla 2. Diccionario de datos .....	51
Tabla 3. Minas visitadas en el Municipio de Segovia. ....	53
Tabla 4. Condición de legalidad para el Municipio de Segovia .....	55
Tabla 5. Minas visitadas en el Municipio de Remedios. ....	56
Tabla 6. Condición de legalidad para el Municipio de Remedios .....	58
Tabla 7. Resumen de escenarios de peligro según la seguridad en minas. ....	65
Tabla 8. Resumen de escenarios de peligro según la contaminación en minas. ....	66
Tabla 9. Escenarios de Riesgo por seguridad en Segovia .....	67
Tabla 10. Matriz y estándares del Índice de Probabilidad (IP) .....	79
Tabla 11. Matriz de priorización de riesgos .....	84
Tabla 12. Valoración de la priorización de riesgos .....	85
Tabla 13. Matriz de priorización de riesgos .....	88
Tabla 14. Escenarios de riesgo por contaminación en Segovia .....	90
Tabla 15. Valoración de la priorización de riesgos .....	100
Tabla 16. Matriz de priorización de riesgos .....	102
Tabla 17. Escenarios de riesgos por seguridad en Remedios .....	104
Tabla 18. Matriz y estándares del Índice de Probabilidad (IP) .....	113
Tabla 19. Matriz de priorización de riesgos .....	118
Tabla 20. Valoración de la priorización de riesgos .....	119
Tabla 21. Matriz de priorización de riesgos .....	122
Tabla 22. Escenarios de Riesgo por contaminación en Remedios .....	126
Tabla 23. Valoración de la priorización de riesgos .....	137
Tabla 24. Matriz de priorización de riesgos .....	140

## LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Riesgo ergonómico (ERS-20) Mina el Salto.....	69
Imagen 2. Riesgo Ergonómico (ERS-20) Mina Los Naranjos .....	69
Imagen 3. Riesgo Superficies lisas e inclinadas (ERS-21).....	70
Imagen 4. Caída a nivel (ERS-4) Vereda Marmajito .....	71
Imagen 5. Caída a desnivel (ERS-4) Mina El Palo.....	71
Imagen 6. Riesgo de asfixia por inmersión (ERS-17). Mina Playa Rica.....	72
Imagen 7. Riesgo de colapso de túnel (ERS-8) .....	73
Imagen 8. Riesgo por contacto eléctrico (ERS-10) Mina la Antioqueña.....	74
Imagen 9. Presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en agua (ERC-8). Efluente de Mina La Bonanza. ....	91
Imagen 10. Contaminación de fuentes hídricas por minería aluvial. Quebrada la Aparecida, sector de Fraguas. ....	92
Imagen 11. Presencia de material particulado (polvo) en el momento de la perforación y antes de la voladura. Mina La Fe. ....	93
Imagen 12. Inundación (ERC-4) y humedad anormal (ERC-2). Mina El Higueron.....	94
Imagen 13. Aguas ácidas (ERC-1). Mina La Galaxia #3. ....	94
Imagen 14. Túnel con superficie inclinada (ERS-21) y con riesgo ergonómico (ERS-20). ....	106
Imagen 15. Caída a desnivel (ERS-3), acceso principal mina La Palmichala. ....	107
Imagen 16. Asfixia por inmersión (ERS-2). Mina La Culebra. ....	108
Imagen 17. Riesgo de colapso de túnel (ERS-8). Mina La Palmichala. ....	108
Imagen 18. Contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas (ERC-9). Mina en el sector de Santa Rita .....	127
Imagen 19. Presencia de material particulado (polvo) (ERC-11), Mina La palmichala. ....	128
Imagen 20. Presencia de gases contaminantes (ERC-10), Mina la Cirila. ....	129
Imagen 21. Riesgo de humedad anormal (ERC-2). Mina La Italia. ....	131

---

## 1 RESUMEN

---

La presente investigación demuestra cómo en el denominado Distrito Minero Segovia -Remedios (DMSR) se desarrollan actualmente explotaciones superficiales y subterráneas, sobre las cuales se han identificado diferentes tipos de riesgos sin las mejores medidas de control, prevención y mitigación. La mayoría de las actividades se realizan de una forma artesanal y son pocas las que tienen tecnificación en las minas, así como un contrato con el Estado para su explotación.

La anterior problemática conlleva a que la actividad minera sea considerada como una de las acciones que genera mayores riesgos tales como: explosiones, inundaciones, asfixia, intoxicaciones, derrumbes, desprendimientos de roca y accidentes electromecánicos entre otros; es así cómo reconociendo cada uno de estos peligros y haciendo un análisis detallado sobre el estudio realizado por la Universidad Nacional – Sede Medellín, “IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA AURÍFERA EN LOS MUNICIPIOS DE SEGOVIA Y REMEDIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA”, para la Secretaría de Minas y la Gobernación de Antioquia; este proyecto levanta información, identifica y georreferencia unidades mineras con escenarios de inseguridad y peligro, delimita zonas de mayor vulnerabilidad, teniendo en cuenta factores geográficos y socioeconómicos que aumenten las alarmas.

Estos contextos conllevan a caracterizar las condiciones de seguridad, crear mecanismos de solución y sugerir medidas de prevención y mitigación en la actividad minera de dichos municipios. Para ello se implementó un plan de trabajo que implicó desarrollar adecuadamente cada una de las etapas, tales como: la recolección y revisión de información obtenida en campo, el análisis. Surge la necesidad de implementar herramientas SIG tras realizar una evaluación de la información recopilada, generar y estructurar adecuadamente las bases de datos y los mapas que han permitido

representar gráficamente la información e identificar las zonas con mayor riesgo y vulnerabilidad para los escenarios de riesgo.

**PALABRAS CLAVE:** amenaza, escenarios de riesgo, geología ambiental, minería, sistema de información geográfica, mapas de riesgo, vulnerabilidad, prevención, mitigación, sistemas de información geográfica, herramientas SIG, bases de datos.

---

## 2 INTRODUCCIÓN

---

La presente investigación ha sido lograda con base al proyecto desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia Sede – Medellín “IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA AURÍFERA EN LOS MUNICIPIOS DE SEGOVIA Y REMEDIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA”, para la Secretaría de Minas y la Gobernación de Antioquia. Tal proyecto ha sido la fuente directa para la recopilación de información, generada por los trabajos investigativos y prácticos que realizó dicha Universidad; con el fin de identificar riesgos para observar, considerar y establecer una evaluación, buscando crear mecanismos que faciliten su tratamiento. Con esta información lograda en el trabajo investigativo de la Universidad Nacional ha sido posible identificar, reconocer y analizar cada uno de las zonas vulnerables y en alto riesgo para quienes ejercen el trabajo de la minería subterránea.

La actividad minera de estos dos municipios ofrece pocos mecanismos de control y seguridad, por lo que constantemente los trabajadores están enfrentados a una serie de riesgos; dichos riesgos se pueden clasificar como riesgos físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales. Por tal motivo surge la necesidad de caracterizar las condiciones de seguridad, crear y sugerir medidas de prevención y mitigación en esta labor minera, ya que aunque esta zona Noreste de Antioquia cuenta con un gran potencial geológico y se pueden encontrar depósitos de metales preciosos, en su mayoría son explotados informalmente y con escasos conocimientos técnicos; la actividad desarrollada para la extracción de estos metales preciosos se hace por medio del trabajo minero subterráneo, este trabajo es una de las labores con mayor inseguridad para los agentes involucrados, ya que mantiene cifras muy altas de accidentalidad debido a las prácticas poco responsables en el entorno social, ambiental y de beneficio.

Con el objetivo de caracterizar y analizar las condiciones de seguridad y crear mecanismos de solución y prevención a estos peligros mineros de los municipios Segovia y Remedios del Departamento de Antioquia, surge esta investigación, la cual ha sido lograda mediante la siguiente estructura: recopilación de información y levantamiento de la línea de base, trabajo de campo, verificación, análisis y evaluación de la información levantada en las visitas de campo, elaboración de los planos y mapas de localización de infraestructura minera, conceptualización básica de geología, minería, riesgos y sistemas de información geográfica, diagnóstico y riesgos mediante herramientas SIG, panorama general de riesgos, panorama de riesgos de minas en Segovia, panorama de riesgos en minas de remedios, análisis gráfico de los riesgos asociados a la minería para dichos municipios y, se concluye con el último punto, la producción del documento final, en este se posibilitan una serie de recomendaciones, sugerencias, medidas de prevención y mitigación en la actividad minera en los Municipios de Segovia y Remedios del Departamento de Antioquia; además se adjuntan las listas de figuras, tablas e imágenes que enriquecen esta investigación.

---

### **3 JUSTIFICACIÓN**

---

Antioquia es un departamento de tradición minera, actividad que en la última década se ha incrementado debido a las alzas de precios de metales preciosos, particularmente oro. La subregión del Nordeste se ha caracterizado por tener entre sus principales actividades económicas la minería de oro, la cual tiene su mayor presencia en los municipios de Segovia y Remedios, objeto de este estudio.

La Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, desarrolló el proyecto “IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA AURÍFERA EN LOS MUNICIPIOS DE SEGOVIA Y REMEDIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA”, para la Secretaría de Minas y la Gobernación de Antioquia; el objeto de dicho proyecto se orienta a las unidades mineras de oro (con título y sin título minero).

Teniendo en cuenta que el análisis de riesgo de una operación minera depende de diferentes factores, incluyendo las dimensiones de la operación, la geología local, el método de extracción, el tipo de mineral, la geografía regional, el clima y el nivel de formación y educación de las personas que laboran en las minas, es necesario realizar una lectura integral del territorio para identificar, analizar y evaluar los riesgos que se asocian a la actividad minera, con el fin de crear y sugerir posibles medidas de prevención y mitigación, para así evitar accidentes, daños a infraestructura y muertes ocasionadas por falta de planes y medidas de prevención y mitigación.

Es así como se pretende manipular adecuadamente la información recolectada de la zona ya sea por una revisión bibliográfica o trabajo de campo, para un buen análisis posterior, en el cual la base de datos se encuentre bien estructurada con los fundamentos organizados, de tal forma que se pueda consultar la información necesaria para resolver inquietudes durante el análisis y así poder representar gráficamente dicha información,

creando diferentes juegos de mapas temáticos en los cuales se tengan en cuenta factores tales como: amenaza, riesgo y vulnerabilidad; además de representar localidades.

---

## **4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

---

Con el proyecto desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, “IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA AURÍFERA EN LOS MUNICIPIOS DE SEGOVIA Y REMEDIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA”, para la Secretaría de Minas y la Gobernación de Antioquia, se han podido analizar cada uno de los riesgos a los que están expuestas las personas que desarrollan la actividad minera subterránea. Es bajo tierra donde suelen aparecer repentinamente riesgos inesperados, casi ocultos; por causa de esta actividad diariamente ocurren muchísimos accidentes de trabajo y lesiones mortales, debido a las condiciones de seguridad precarias y al desconocimiento de ciertas clases de inseguridades por parte de los trabajadores. Se establece así que la minería subterránea representa un alto peligro por las condiciones adversas y dificultosas que muestra la explotación de los minerales; por lo tanto quienes ejercen este trabajo están expuestos a una serie de riesgos físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales.

Es así como surge no solo la necesidad de identificar, analizar y evaluar los riesgos asociados a la minería aurífera en estos dos municipios, sino también la importancia de determinar cómo caracterizar las condiciones de seguridad y crear mecanismos de solución y prevención a la actividad minera aurífera en dichos municipios del departamento Antioquia con el fin de reconocer, priorizar y encaminar las explotaciones grandes, medianas y pequeñas, así como las formales e informales, en un marco técnico que garantice la minimización de riesgos y que a su vez permita establecer criterios preventivos que puedan contribuir a un desarrollo sostenible y seguro de la actividad minera aurífera en el noreste antioqueño. Por ello es necesaria la valoración del trabajo geológico (geotecnia, fallas y mineralizaciones), de la Ingeniería de Minas (diseño, explotación, extracción y beneficio), de la seguridad industrial y el entorno social y ambiental; reconocer las zonas de mayor amenaza y vulnerabilidad e identificar los riesgos que se asocian a la minería aurífera y que perjudiquen a los habitantes de los

municipios, con el fin de evitar tragedias representadas no solamente en daños materiales sino también en pérdidas humanas y accidentes, puesto que los mayores antecedentes de accidentes y de pérdidas en la historia se han dado por desinformación, mal manejo de la misma y por no realizar planes de emergencia.

Para llevar a cabo esta investigación y llevar a cabo una lectura integral del territorio es necesario la implementación de herramientas SIG para hacer un manejo eficiente de la información que sea generada, se elaborarán unas listas de chequeo con la información pertinente a ser levantada, para reconocer e identificar riesgos y posteriormente elaborar mapas temáticos y bases de datos que permitan generar consultas y representar gráficamente las zonas de mayor riesgo ya sea por subsidencia, por emanación de gases, entre otras variables.

---

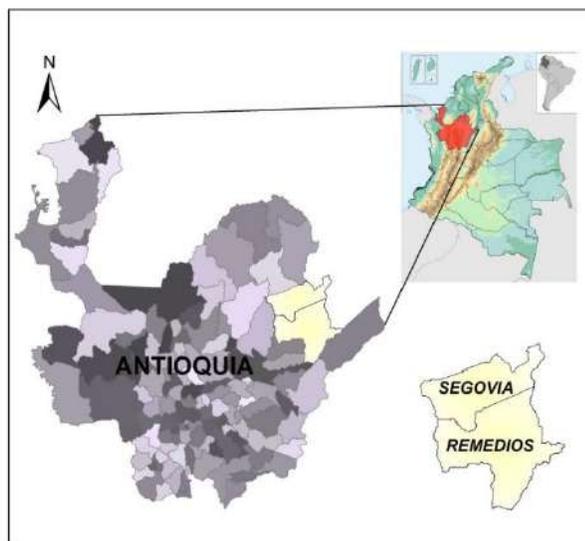
## 5 LOCALIZACIÓN

---

Los municipios de Segovia y Remedios (Figura 1) se encuentran ubicados en la región llamada “Nordeste Antioqueño” a unos 227 km (Segovia) y 200 km (Remedios) del municipio de Medellín capital del departamento de Antioquia, sobre el flanco oriental de la Cordillera Central. Los principales accesos con los que cuenta los municipios son la Troncal del Nordeste, y por vía aérea desde la ciudad de Medellín hasta el aeropuerto del corregimiento de Otú en el municipio de Remedios.

La zona de estudio (cabeceras municipales de Segovia y Remedios) se encuentra dentro de entre las planchas topográficas con escala 1:25.000 117-II-B, 117-II-D y 117-IV-B, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

En ambos municipios se practica la minería aurífera por tradición desde épocas precolombinas. Ésta región es considerada una zona de gran actividad minera de oro en veta y aluvión; por más de 150 años su crecimiento y desarrollo están íntimamente ligados a la explotación aurífera. Su economía también se basa en otras actividades tales como la ganadería, la agricultura y la industria maderera.



**Figura 1.** Localización de los municipios de Segovia y Remedios

---

## 6 HIPÓTESIS

---

El contexto de la seguridad en la minería subterránea en los municipios de Segovia y Remedios del departamento de Antioquia, tiene una connotación especial, debido a los diferentes escenarios de riesgos ambientales, físicos, y químicos; que esta labor representa diariamente para quienes desarrollan esta actividad. La minería, aunque es una de las principales actividades económicas que se ha desarrollado a lo largo de la historia por el ser humano, constituye situaciones de riesgo para el mismo, los cuáles deben ser debidamente caracterizados y cartografiados para así aplicar las medidas determinadas para anticipar o mitigar el riesgo.

Para identificar, analizar y evaluar los riesgos asociados a la actividad minera aurífera en estos dos municipios, además de analizar la información pertinente a ser levantada en campo, es necesario implementar herramientas SIG que permitan realizar una lectura mediante la superposición de diferentes tipos de información, generar consultas y realizar mapas que delimiten las zonas en donde hay mayor riesgo (confluencia de amenaza y vulnerabilidad), para que estas observaciones sean tomadas en cuenta por las autoridades competentes para la elaboración de sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y para la posible reubicación de algunas familias, las cuales debido a la intensa actividad minera de la región particularmente en cercanía a sus viviendas, no viven en sitios muy seguros pues han reportado algunas quejas sobre daños en sus estructuras y terrenos aledaños.

Con la implementación de herramientas SIG en este proyecto, se hará un manejo más eficiente de la información recopilada y generada. Con la elaboración de listas de chequeo con la información necesaria, será posible reconocer e identificar riesgos y posteriormente elaborar mapas temáticos y bases de datos que permitan generar consultas y representar gráficamente las zonas de mayor riesgo ya sea por subsidencia, por emanación de gases, entre otros escenarios de riesgo, de esta manera se podrán

caracterizar las condiciones de seguridad y crear mecanismos de solución y prevención a la actividad minera aurífera en dichos municipios.

---

## **7 OBJETIVOS**

---

### **Objetivo General**

Utilizar herramientas SIG para desarrollar una lectura del territorio y así apoyar la caracterización de las condiciones de seguridad y crear mecanismos de solución y prevención para la actividad minera aurífera en los municipios de Segovia y Remedios - departamento de Antioquia.

### **Objetivos Específicos**

1. Identificar los riesgos derivados de la actividad minera aurífera en los municipios de Segovia y Remedios por medios directos tales como encuestas, entrevistas y levantamiento de información en campo, priorizando los sitios específicos, en los cuales ha existido riesgos latentes y eventos de baja, mediana o gran magnitud.
2. Elaborar planos (Mapas SIG) para los 2 municipios (Segovia y Remedios) con localización geográfica de todas las bocaminas en el área de estudio (activas e inactivas), de las plantas de beneficio y de los sitios de compra de oro.
3. Elaborar Mapas de riesgo y vulnerabilidad, con las diferentes minas georreferenciadas.
4. Utilizar los mapas elaborados de riesgo y vulnerabilidad, para identificar zonas de intervención que requieren una atención inmediata por parte de la autoridad competente.

---

## **8 METODOLOGÍA**

---

La metodología empleada para el análisis de riesgos asociados a minería aurífera en los municipios de Segovia y Remedios, tuvo un componente teórico – práctico con el cuál se realizaron dos campañas de campo a la zona y posteriormente, informes y bases de datos con la información necesaria para realizar un análisis a detalle. Se tuvieron en cuenta para el desarrollo del trabajo los siguientes elementos:

### **8.1 PLAN DE TRABAJO**

1. Revisión de información geológica, minera y ambiental de la zona de interés del proyecto (Segovia y Remedios.)
2. Realización de visitas de campo a la zona del proyecto con los profesionales que hacen parte del mismo.
3. Verificación, análisis y evaluación de la información consultada y levantada en las visitas de campo (Identificación y descripción de riesgos, identificación de posibles receptores y valoración de los riesgos).
4. Elaboración de base de datos para el proyecto con la información recolectada en campo, teniendo en cuenta elementos claves como tablas, definición de campos, relaciones y consultas para poder consultar datos claves a la hora de realizar análisis de riesgos y facilitar la toma de decisiones.
5. Elaboración de planos y mapas de localización para infraestructura minera (actividad minera activas e inactivas, plantas de beneficios, compras de oro, etc.), localización de riesgos y vulnerabilidad.
6. Elaboración de mapas con los principales escenarios de riesgos en los dos municipios que permitan identificar las zonas que necesitan una intervención inmediata.
7. Elaboración de documento final (Conclusiones, recomendaciones, fichas técnicas levantadas en campo, soportes bibliográficos, etc.).

## **8.2 ACTIVIDADES**

### **8.2.1 *Recopilación de información y levantamiento de la línea base***

Se realizó una recopilación de la información minera existente en la zona de estudio, consultando con las administraciones municipales (Censos Mineros, reportes de accidentes, reportes de daños ambientales, etc.), entidades nacionales (CAR'S, Secretaría de Minas, Centros Provinciales, alcaldías municipales, Ministerio de Minas, Servicio Geológico Nacional, Servicio Geológico Colombiano, Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, Instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Unidad Nacional para la gestión del riesgo UDGR, etc.), además estudios documentados en las bibliotecas de algunas facultades y del antiguo Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS) hoy llamado Agencia Nacional Minera (ANM). Con la ayuda de esta información se determinó el "Estado de la Región", en el área de estudio, lo anterior antes de realizar las visitas de campo.

Con esta actividad lograron los siguientes resultados:

1. Contextualización sobre las condiciones y estado del arte de los municipios de Segovia y Remedios.
2. Contextualización de los posibles escenarios de riesgos a ser observados en las minas de Segovia y Remedios.
3. Desarrollo de fichas técnicas, metodología y plan de trabajo con el fin de ejecutar las visitas de campo.
4. Organización, identificación y desarrollo de la información para dar inicio a la realización de planos y mapas solicitados.

### **8.2.2 Realización de trabajo de campo**

En la ejecución de esta actividad se diligenciaron tablas y fichas técnicas anteriormente desarrolladas, en las cuales se identificaron las diferentes instalaciones mineras subterráneas, en superficie, plantas de beneficio, botaderos, acopios, etc. Diferenciando así cada uno de los componentes de la actividad minera y las actividades o procesos que en esta se desarrollan.

De igual forma se definieron cuáles eran los posibles escenarios de peligro que podrían ser encontrados en las actividades mineras previo a la visita de campo. Se realizaron encuestas y entrevistas al personal que laboraba en la zona sobre algunas generalidades y los riesgos actuales que se presentaban en su actividad minera bajo el enfoque de Riesgos por contaminación (emisión de polvo y gases, tala de árboles, vertimiento de agentes contaminantes, etc.) y Riesgos por seguridad (derrumbes en frentes de explotación, caída de bloques, contacto con agentes corrosivos, etc.), tomando nota de los mismos acerca de su localización dentro de las actividades o procesos, los posibles receptores, su descripción y codificación para su eventual análisis.

Se verificaron los siguientes aspectos generales, contenidos en el formato utilizado para realizar el levantamiento de la información:

1. Litología (Tipo de roca, porcentajes de minerales).
2. Tipo de discontinuidades geológicas, espaciamiento, relleno, espesor, etc.
3. Tipos de alteraciones y mineralizaciones (si se presentan).
4. Rasgos geomorfológicos predominantes
5. Maquinaria utilizada en cada uno de los procesos
6. Cantidad y calidad de personal asociado a la actividad
7. Tiempo de ejecución de la actividad
8. Calidad del ambiente de trabajo o atmosfera minera
9. Calidad y cantidad de aguas subterráneas
10. Equipos utilizados en cada actividad
11. Estado físico de infraestructura

12. Forma de almacenamiento y adecuación de cada uno de los insumos utilizados y desechos generados
13. Insumos necesarios para la ejecución de las actividades
14. Control y manejo de desechos generados en la actividad
15. Cantidades y cualidades del tipo de material procesado
16. Calidad, cantidad y manejo de aguas empleadas
17. Calidad, cantidad y manejo de aguas superficiales y subterráneas
18. Mediciones de parámetros técnicos que nos ayuden a la evaluación de los escenarios de riesgos.

Al culminar esta actividad se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Identificación y georreferenciación de las actividades mineras de los municipios de Remedios y Segovia.
2. Identificación de los escenarios de peligros por componentes y procesos dentro de las actividades mineras de los municipios de Remedios y Segovia de forma general y en cuyo caso de manera específica.
3. Identificación de los posibles receptores de los escenarios de peligro.
4. Desarrollo de la información necesaria para la realización de los planos y mapas solicitados.

### ***8.2.3 Verificación, análisis y evaluación de la información levantada en las visitas de campo***

En esta actividad se organizó la información levantada en campo con el fin de identificar de forma general los escenarios de riesgo encontrados en la zona, priorizarlos y valorarlos (cuantificarlos). Para esto se emplearon herramientas sistemáticas de manejo de base de datos e información.

Así mismo, se describieron los escenarios de riesgos encontrados en la zona acorde a las condiciones reales y el tipo de control que en ellos se ejecutan, los cuales fueron previamente identificados mediante una revisión bibliográfica.

Se realizaron los panoramas de riesgo por contaminación y seguridad, para cada uno de los dos municipios teniendo en cuenta los parámetros como valoración de severidad de consecuencias (SC), valor índice de probabilidad (IP) y un análisis de priorización, el cuál será comparado con los mapas que se generaron posteriormente con el fin de darle una ubicación geográfica a cada uno de esos escenarios que representan un peligro para la comunidad.

#### **8.2.4      *Elaboración de planos y mapas de localización de la infraestructura minera***

Una vez terminada las actividades de levantamiento de información, como parte vital de la lectura del territorio se elaboraron los planos y mapas donde se plasmaron la localización de las bocaminas (activas e inactivas), en los municipios de Segovia y Remedios. Además de mapas donde se localizaron los posibles riesgos referentes a fuentes de emisión de gases, vertimientos, disposición de residuos peligrosos, de áreas probables a subsidencia y de influencia minera.

De igual forma se elaboraron los mapas de vulnerabilidad y de controles existentes en la zona, teniendo en cuenta la información recopilada en campo en lo referente a la localización e identificación de los escenarios de riesgos y receptores potenciales asociados.

Los mapas que fueron realizados fueron de riesgo por cada uno de los escenarios más representativos y de vulnerabilidad, teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

- Definición del contexto: reconocimiento de las condiciones que se derivan de los procesos mineros efectuados en la zona, que presumen una situación de riesgo, ¿Qué factores de riesgo han afectado las labores?, ¿Cuáles son las causas? En este caso de estudio, el enfoque es en seguridad minera.
- Identificación de riesgos: durante esta etapa se respondió ¿Cómo se presenta el riesgo?, ¿Qué factor de riesgo tienen las diferentes labores mineras?, es por ello que el trabajo de campo como recolección primaria de información y georreferenciación de labores mineras durante el recorrido de campo donde se

identificaron amenazas y factores de vulnerabilidad locales, se vuelve una pieza clave en la construcción de los mapas de riesgo y vulnerabilidad.

- Análisis de riesgos preliminar: durante esta etapa inicialmente se hizo necesaria una discusión de los riesgos encontrados, una verificación de cuáles fueron los más relevantes de los seleccionados al comienzo del proyecto y así mismo seleccionar para cada uno de los municipios cuáles representan un mayor peligro para la comunidad.
- Definición del panorama general de riesgos para ambos municipios, en el cuál se identificaron claramente los parámetros evaluados para las unidades mineras en cuanto a minería y riesgo (definición de escenarios de riesgo por seguridad y contaminación).
- Construcción de la matriz de riesgo para cada uno de los municipios, comenzando por la valoración de la severidad de las consecuencias (SC) que representa la gravedad de las posibles consecuencias sobre potenciales receptores clasificando las consecuencias de 1 a 4 como baja, media, alta y catastrófica.
- Cálculo del valor del índice de probabilidad (IP), para el cual se definieron los niveles de deficiencia y exposición al riesgo por medio de unas guías de cálculo.
- Análisis de priorización de los riesgos, se construyó definitivamente la matriz, conjugando valores de severidad de las consecuencias (SC) e índice de probabilidad (IP), en la cual se obtuvieron categorías según el tiempo y medidas de acción que sean o no significativas.
- El análisis mediante herramientas SIG fue posterior y consistió en la elaboración de un juego de mapas para la lectura del territorio desde el punto de vista geográfico para complementar y discutir los resultados obtenidos a partir de la matriz, de la base de datos generada, se seleccionaron los valores de severidad de las consecuencias calculados anteriormente y que se definen de 1 a 4 así: bajo, medio, alto y catastrófico para los escenarios de riesgo más comunes, se graficaron estos parámetros y se tuvo en cuenta una escala de colores (de rojo

a azul, indicando de un riesgo más alto a uno menor), que brindara un mejor contraste a la hora de visualizar la información.

- Para realizar los mapas de vulnerabilidad, se tuvo en cuenta además la localización de viviendas, conjugando una amenaza por diferentes eventualidades descritas en este informe como escenarios de riesgo, con la vulnerabilidad desde la infraestructura, los cuáles juntos constituyen un riesgo latente para la comunidad.
- Posterior a la elaboración de los mapas, se realizó un análisis gráfico de los resultados obtenidos con la matriz de riesgo para la priorización de los escenarios de riesgos, analizando la superposición de los distintos y más significativos escenarios en el mapa, para tomar conclusiones, definir zonas y así facilitar las decisiones que puedan influenciar directamente la comunidad, llevando a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Cabe resaltar, que el análisis de la información mediante herramientas SIG en esta etapa fue importante a la hora de realizar una lectura del territorio, pues se tienen en cuenta además de la ubicación espacial de las labores mineras y su severidad de las consecuencias, factores como la hidrología y la topografía, que en conjunto constituyen una lectura integral que aporta elementos necesarios para la definición de zonas de intervención y cimientos para la toma de decisiones.

En la realización de esta actividad se utilizó como software de Sistemas de Información Geográfica (SIG): ArcGIS 10, ocasionalmente se hizo uso de MapInfo 11 y Discover.

Los resultados obtenidos fueron:

1. Matriz de riesgo.
2. Mapa de localización de bocaminas activas e inactivas para los municipios de Segovia y Remedios.
3. Mapa de riesgos donde se especifiquen los riesgos encontrados en especial los asociados a zonas de posibles fuentes de emisión de gases, vapores metálicos o

químicos, vertimientos de agua de las actividades mineras, disposición de residuos peligrosos, zonas susceptibles a subsidencia.

4. Mapa de vulnerabilidad de la infraestructura existente en la zona correlacionado con las zonas de riesgos o el área de influencia minera.
5. Zonas de intervención prioritaria por riesgos en materia de seguridad y contaminación.

### **8.2.5      *Elaboración de documento escrito***

Esta actividad como su nombre lo indica consistió en la elaboración de este documento escrito en el cual se recopila la información generada a lo largo del proyecto (avances de los panoramas de riesgos, fichas técnicas, base de cálculos, recomendaciones realizadas, etc.), contiene además conclusiones y recomendaciones.

---

## 9 MARCO TEÓRICO

---

### 9.1 Conceptos básicos en geología y minería

**Acopio:** Sitio donde se ubican los minerales que se extraen.

**Afloramiento:** Lugar donde asoma a la superficie del terreno un mineral o una masa rocosa que se encuentra en el subsuelo.

**Agua subterránea:** El agua subterránea es el agua del subsuelo, que ocupa la zona saturada.

**Aluvial:** Las formaciones geológicas resultantes de procesos de depósito de aluviones.

**Aluvión:** Depósitos dejados por las corrientes fluviales. Ocurren cuando la corriente pierde capacidad de carga de sedimentos y no los puede transportar y los deposita. Cubre todos los tamaños de grano. La acumulación puede ocurrir dentro o fuera del cauce.

**Autoridad ambiental:** Es la autoridad que tiene a su cargo fiscalizar los recursos naturales renovables, aprobar estudios de impacto ambiental, adoptar términos y guías, aprobar la Licencia Ambiental, delimitar geográficamente las reservas forestales, sancionar de acuerdo con las normas ambientales, no autorizar la licencia ambiental de acuerdo con el Artículo 195 de la Ley 685 de 2001, recibir los avisos de iniciación y terminación de las explotaciones mineras.

**Autoridad minera:** Es el Ministerio de Minas y Energía o, en su defecto, la autoridad nacional, que de conformidad con la organización de la administración pública y la distribución de funciones entre los entes que la integran, tienen a su cargo la administración de los recursos mineros, la promoción de los aspectos atinentes a la industria minera, la administración del recaudo y distribución de las contraprestaciones económicas, con el fin de desarrollar las funciones de titulación, registro, asistencia técnica, fomento, fiscalización y vigilancia de las obligaciones emanadas de los títulos y solicitudes de áreas mineras.

**Avance:** Longitud de una labor (frente de trabajo como guías, tambores, cruzadas, entre otros) en una mina, elaborada o abierta en un período determinado (jornada, día, semana u otro). El avance mide el rendimiento de la operación minera.

**Beneficio de minerales:** Conjunto de operaciones empleadas para el tratamiento de menas y minerales por medios físicos y mecánicos con el fin de separar los componentes valiosos de los constituyentes no deseados con el uso de las diferencias en sus propiedades.

**Bocamina:** 1. La entrada a una mina, generalmente un túnel horizontal. 2. Sitio en superficie por donde se accede a un yacimiento mineral.

**Cartografía:** Ciencia que tiene por objeto la realización de mapas, y comprende el conjunto de estudios y técnicas que intervienen en su elaboración

**Yacimiento:** Es el lugar en el que se encuentran de forma natural los minerales, rocas o fósiles. Por lo general, los minerales se encuentran mezclados con otros elementos no explotables, pero la concentración exclusiva de minerales, en un área específica, es a lo que llamamos Yacimiento minero.

**Cierre:** Terminación de actividades mineras o desmantelamiento del proyecto originado en renuncia total, caducidad o extinción de los derechos del titular minero. Es la última etapa del desarrollo de una mina y se presenta cuando los márgenes de rentabilidad no son los adecuados por los bajos tenores o agotamiento de las reservas que no la hacen competitiva con Otras minas.

**Clavada:** Excavación vertical o inclinada ejecutada en la roca con la finalidad de permitir el acceso a un yacimiento o conectar niveles de explotación. Normalmente está equipada con un malacate en la parte superior que permite bajar y levantar un dispositivo para transportar los mineros y los materiales.

**Colas:** Material resultante de procesos de lixiviación y concentración de minerales que contiene muy poco metal valioso. Pueden ser nuevamente tratadas o desechadas.

**Construcción y montaje:** Consiste en la preparación de los frentes mineros y en la instalación de obras, servicios, equipos y maquinaria fija, necesarios para iniciar y adelantar la extracción o la captación de los minerales, su acopio, su transporte interno y su beneficio.

**Depósito mineral:** Concentración natural de sustancias minerales útiles, la cual bajo circunstancias favorables puede ser extraído con beneficio económico.

**Erosión:** Fenómeno de descomposición y desintegración de materiales de la corteza terrestre por acciones mecánicas o químicas.

**Escombros (industria minera):** 1. Material o roca que fueron rotos mediante la voladura. 2. Material de suelo, arena, arcilla o limo, no consolidados, encontrados como material de recubrimiento en las operaciones de minería a cielo abierto. 3. Material estéril producido en una mina.

**Estabilización de taludes:** 1. Medidas de precaución y obras correctoras que se le hacen a los taludes que están o fueron explotados en operaciones mineras a cielo abierto, para evitar deslizamientos o caídas de piedras, o que los taludes se derrumben, y al mismo tiempo dejar estructuras que permitan la siembra y la plantación; las obras que se usan son, por ejemplo, muros de contención, gaviones.

**Estéril:** 1. Se dice de la roca o del material de vena que prácticamente no contiene minerales de valor recuperables, que acompañan a los minerales de valor y que es necesario remover durante la operación minera para extraer el mineral útil. 2. En carbones, del estrato sin carbón, o que contiene mantos de carbón muy delgados para ser minados. 3. En depósitos minerales lixiviados, se dice de una solución de la cual los minerales de valor disueltos han sido removidos por precipitación, intercambio de iones, o por extracción por solventes. 4. Escombros que se forman cuando se explotan las minas. En las explotaciones mineras se utiliza el mineral aprovechable, pero el resto del material que acompaña al mineral y no es útil (ganga) se deja acumulado cerca de las galerías o explotaciones mineras en forma de derrubios. 5. Material sin valor económico

que cubre o es adyacente a un depósito de mineral y que debe ser removido antes de extraer el mineral.

**Estudio geotécnico:** Es el conjunto de actividades que comprenden: la investigación del subsuelo, los ensayos de laboratorio y pruebas in situ que llevan a unas recomendaciones de ingeniería, con el fin de garantizar el adecuado comportamiento de la construcción de una estructura.

**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.

**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.

**Explosivo:** Los explosivos son sustancias que tienen poca estabilidad química y que son capaces de transformarse violentamente en gases. Esta transformación puede realizarse a causa de una combustión o por acción de un golpe, impacto, fricción u otro, en cuyo caso recibe el nombre de explosivos detonantes, como es el caso de las dinamitas y los nitratos de amonio. Cuando esta violenta transformación en gases ocurre en un lugar cerrado, como puede ser un barreno en un manto de roca, se producen presiones muy elevadas que fracturan la roca. La más antigua de las sustancias explosivas es la pólvora negra, que consistía en una mezcla formada por salitre, carbón y azufre.

**Falla:** Una fractura o una zona de fractura sobre la cual se produce un movimiento diferencial entre dos bloques rocosos adyacentes. El desplazamiento puede ser de milímetros a cientos de kilómetros. Hay varios tipos de falla, clasificados según la forma como se desplaza un bloque con respecto al otro.

**Galerías:** Túneles horizontales al interior de una mina subterránea.

**Ganga:** Minerales que no presentan interés económico en un yacimiento, aquella parte de una mena que no es económicamente deseable, pero que no puede ser desechada en minería. Ella es separada de los minerales de mena durante los procesos de concentración. Este concepto se opone al de mena. Es el material estéril o inútil que acompaña al mineral que se explota. Generalmente son minerales no metálicos, o bien la roca encajante y muy ocasionalmente pueden ser minerales metálicos. Los minerales de ganga son aquellos que no son beneficiables, pero en algunos casos estos minerales pueden llegar a ser económicamente explotables (al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos) y, por lo tanto, dejarían de ser ganga, por ejemplo, el mineral de ganga es galena. 2. La roca dederroche que rodea un depósito de mineral; también la materia de menor concentración en un mineral.

**Gas (industria minera):** 1. Término usado por los mineros para referirse a un aire impuro, especialmente con combinaciones explosivas. 2. Gases combustibles (metano), mezcla de aire y gases combustibles, u otras mezclas de gases explosivos que se encuentran en las minas.

**Geología estructural:** Rama de la geología que estudia las características estructurales de las rocas, el porqué de su distribución espacial y sus causas.

**Geomorfología:** 1. Es la ciencia que trata con la configuración general de la superficie de la Tierra; específicamente, es el estudio de clasificación, descripción, naturaleza, origen y desarrollo de las formas actuales de la Tierra y su relación con las estructuras que subyacen, y de la historia de los cambios geológicos como han quedado registrados con estos rasgos superficiales. En los Estados Unidos, este término ha llegado a reemplazar al término "Fisiografía" y es usualmente considerado como una rama de la geología; en Inglaterra, éste ha sido usualmente tenido como una rama de la geografía. 2. Estrictamente, es cualquier estudio que tenga que ver con la forma de la Tierra, e incluye geodesia, y geología estructural y dinámica. Esta utilización es más común en Europa, donde el término ha sido aplicado aún más ampliamente a la ciencia de la Tierra.

**Geotecnia:** Aplicación de los métodos científicos y los principios de la ingeniería a la adquisición, la interpretación y el conocimiento de los materiales de la corteza terrestre, orientados a la solución de los problemas de ingeniería. Abarca las áreas de mecánica de rocas y suelos, y muchos de los aspectos cubiertos por la geología, la geofísica, la hidrología y las ciencias relacionadas.

**Guía (industria minera):** Una galería subterránea que sigue el rumbo del cuerpo mineralizado (vena, veta, filón, manto o capa). Las guías no tienen salida directa a la superficie y están destinadas al transporte de cargas, circulación de personal, ventilación, desagüe, y conducen a los frentes de trabajo. In situ Expresión utilizada para referirse a características de una muestra tomada "en el sitio" mismo o propio de afloramiento y no de zonas cercanas o contiguas.

**Labor (industria minera):** 1. Lugar (cavidad u otro sitio) dentro de una mina subterránea (galería, clavada, entre otros) de donde se extrae el material de mena, mineral o carbón. 2. Cantera, nivel, cámara, corte donde se realiza una actividad dentro de una mina.

**Malacate (industria minera):** Equipo utilizado para el ascenso o el descenso de materiales (mena, roca, carbón y otros), personal o suministros, en una mina (particularmente minas subterráneas) mediante la jaula o *skip*. Está constituido por un tambor en el que se enrolla el cable al que está unida la jaula.

**Manifestación mineral:** Recurso mineral puesto en evidencia por un estudio de reconocimiento geológico. Pequeñas acumulaciones de minerales que debido a su conocimiento o su información revisten una importancia geológica económica de tercer grado. Se utiliza como sinónimo el término ocurrencia.

**Material en bruto:** Se trata del material que no ha sufrido ningún tipo de beneficio o manufacturación, es decir, es el material tal cual sale de la mina.

**Mina:** 1. Excavación que tiene como propósito la explotación económica de un yacimiento mineral, la cual puede ser a cielo abierto, en superficie o subterránea. 2. Yacimiento mineral y conjunto de labores, instalaciones y equipos que permiten su explotación racional. 3. 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.

**Mina abandonada:** 1. Operación minera que se encuentra clausurada. 2. Excavación, derrumbada o sellada, que ha sido abandonada y en la cual no se pretende llevar a cabo operaciones mineras futuras.

**Mina activa:** Mina en la cual actualmente se adelantan labores de explotación.

***Mina inactiva:*** Denominación que se da a una mina, si actualmente se encuentra en cese debido a circunstancias como paros, problemas económicos, pero hay, por ejemplo, vigilancia de la mina y labores de mantenimiento de equipos.

***Minerales:*** 1. Sustancia homogénea originada por un proceso genético natural con composición química, estructura cristalina y propiedades físicas constantes dentro de ciertos límites.

***Mineral de ganga:*** 1. Minerales que no presentan interés económico en un yacimiento, aquella parte de una mena que no es económicamente deseable, pero que no puede ser desechada en minería. Ella es separada de los minerales de mena durante los procesos de concentración. Este concepto se opone al de mena. Es el material estéril o inútil que acompaña al mineral que se explota. Generalmente son minerales no metálicos, o bien la roca encajante y muy ocasionalmente pueden ser minerales metálicos. Los minerales de ganga son aquellos que no son beneficiables, pero en algunos casos estos minerales pueden llegar a ser económicamente explotables (al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos) y, por lo tanto, dejarían de ser ganga, por ejemplo, el mineral de ganga es galena.

***Mineralización:*** Procesos naturales por los cuales los minerales son introducidos en las rocas. Los procesos de mineralización más conocidos son: segregación magmática, diferenciación magmática, hidrotermal, sublimación, metasomatismo de contacto, metamorfismo, sedimentación, evaporación, concentración residual, oxidación y enriquecimiento supergénico, concentración mecánica, eólico.

Nivel freático: Superficie en la zona de saturación de un acuífero libre sometido a la presión atmosférica

***Piscina de sedimentación:*** Excavación artificial destinada a la acumulación de sólidos y líquidos con alto contenido de sedimentos, cuya función principal es permitir la decantación de los sólidos en suspensión en un determinado período de tiempo.

**Piscinas de lodo:** Estas manifestaciones se forman por alteración superficial ácida producida por la descarga de vapor y gases no condensables. El lodo se mantiene en una suspensión gracias a la condensación del vapor. La dinámica ascendente del lodo (celdas de convección) se deben a la descarga permanente de CO<sub>2</sub>, principalmente.

**Pólvora:** Mezcla, por lo común, de salitre, azufre y carbón, que a cierto grado de calor se inflama, y desprende bruscamente gran cantidad de gases. Se emplea casi siempre en granos, y es el principal agente de la pirotecnia. Hoy varía mucho la composición de este explosivo.

**Reptación:** Movimiento en masa descendente y lento de partícula a partícula que se da en pendientes suaves. El desplazamiento producido no es visible a simple vista, ya que se desarrolla muy lentamente, porque se debe a repetición de movimientos infinitesimales. Se puede observar sólo por el efecto acumulado durante largo tiempo.

**Rocas ígneas:** Rocas formadas por el enfriamiento y la solidificación tanto en procesos intrusivos como extrusivos o volcánicos, de material fundido, magma, generalmente de composición compleja, que tuvo su origen en el interior de la Tierra. Las rocas ígneas se pueden subdividir en: 1. Rocas intrusivas o plutónicas (cristalización en altas profundidades, adentro de la Tierra); 2. Rocas extrusivas o volcánicas (cristalización a la superficie de la Tierra); 3. Rocas subvolcánicas o hipoabisales (cristalización adentro de la Tierra, pero en sectores cercanos de la superficie; y 5. Rocas piroclásticas, las cuales se forman en conjunto con procesos atmosféricos como el viento. Rocas intermedias Rocas ígneas que contiene entre un 52% y un 65% de sílice (SiO<sub>2</sub>). Aquellas que contienen feldespato alcalino y cuarzo. Rocas leucocráticas Rocas ígneas con un índice de color entre 0 y 35, es decir, cuyo contenido de ferromagnesianos está entre 0 y 35%. Nota: estos porcentajes varían según diferentes petrólogos. Rocas melanocráticas Rocas ígneas con un índice de color entre 65 y 90, es decir, cuyo contenido de ferromagnesianos está entre 65 y 90%. Nota: estos porcentajes varían según diferentes petrólogos. Rocas mesocráticas Rocas ígneas con un índice de color entre 35 y 65, es

decir, cuyo contenido de ferromagnesianos está entre 35 y 65%. Nota: estos porcentajes varían según diferentes petrólogos.

**Rocas metamórficas:** Toda roca que ha sufrido, en estado sólido, cambios de temperatura o de presión, con cristalización de nuevos minerales, estables bajo las condiciones metamórficas, llamados neoformados, con adquisición de texturas y estructuras particulares, bajo la influencia de condiciones físicas o químicas diferentes de las que habían regido durante la formación de la roca original o protolito. Generalmente los procesos metamórficos actúan en profundidades relativamente grandes con respecto a la superficie. Ejemplos de estas rocas son neis, esquisto, pizarra, mármol. Meteorización y diagénesis, es decir, la solidificación de una roca sedimentaria, no pertenece al metamorfismo.

**Salvamento minero:** Conjunto de acciones, recomendaciones y medios para lograr el descenso de la siniestralidad y prevenir los accidentes e incidentes en la minería.

**Surco (erosión):** La erosión en surcos es la forma de erosión más fácilmente perceptible, tiene su origen a causa del escurrimiento superficial del agua que se concentra en sitios irregulares o depresiones superficiales del suelo desprotegido o trabajado inadecuadamente. En función de la pendiente y de la longitud de la ladera del terreno, el flujo concentrado de agua provoca el aumento de las dimensiones de los surcos formados inicialmente, hasta transformarse en grandes zanjas llamadas cárcavas.

**Talud:** 1. Resalte o inclinación de la topografía, natural o artificial, cuya pendiente es generalmente más suave que la de los acantilados (desde plano inclinado hasta subvertical), su altura es menor a los 8 m.

**Tenor:** Porcentaje neto de mineral económicamente recuperable de una mena. Tenor de cabeza La ley promedio de la mena alimentada al molino. Se refiere al dato de tenor del material que entra a la planta de beneficio, y se calcula tanto para el producto como para los coproductos y subproductos.

**Título minero:** Es el acto administrativo escrito (documento) mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo minero de propiedad de la Nación.

**Veta:** Cuerpo de roca tabular o laminar que penetra cualquier tipo de roca. Se aplica este término particularmente para intrusiones ígneas de poco espesor como diques o silos y cuyos componentes más comunes son cuarzo o calcita. Muchos depósitos de mena importantes se presentan en formas de vetas junto con otros minerales asociados.

**Voladura:** 1. Ignición de una carga masiva de explosivos. El proceso de voladura comprende el cargue de los huecos hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma.

**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.

**Zona de falla:** Área relacionada con un plano de falla que puede consistir hasta de cientos de metros a los lados del plano de falla. Consiste de numerosas fallas pequeñas en las cataclasitas y milonitas asociadas.

## 9.2 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RIESGOS

**Accidente:** Evento no planificado y no deseado que si ocasiona daño, lesión o pérdidas. También definido como un acontecimiento no deseado que da por resultado un daño físico a una persona, o un daño a la propiedad. Generalmente es el resultado del contacto con una fuente de energía o sustancia por sobre la capacidad límite del cuerpo o de una estructura.

**Amenaza:** Peligro latente asociado a un fenómeno físico de origen natural, tecnológico o antrópico que puede manifestarse en un sitio específico durante un tiempo determinado y con cierta intensidad (magnitud), produciendo efectos adversos en las personas, bienes y/o medio ambiente. La evaluación de la amenaza se realiza combinando análisis probabilísticos con el análisis de comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado.

**Análisis de riesgo:** Un uso sistemático de la información disponible para determinar la magnitud de las consecuencias de eventos y sus probabilidades para establecer el nivel de riesgo.

**Desastre:** Es el producto de la convergencia, en un momento, lugar y con una intensidad determinada, del riesgo y la vulnerabilidad; ocurre en la mayoría de los casos de forma repentina e inesperada. Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas. Los efectos de éste se pueden clasificar en pérdidas directas e indirectas.

**Escenario de Peligro:** Es la descripción del origen, causas y efectos de los eventos que dan origen a un riesgo. Distribución espacial de los efectos potenciales, que puede causar un evento de una intensidad definida, sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto.

**Evaluación del riesgo ambiental:** Es el proceso mediante el cual se determina si existe una amenaza potencial que comprometa la calidad del agua, aire o suelo, poniendo en peligro la salud del ser humano como consecuencia de la exposición a todos los productos tóxicos presentes en un sitio, incluyendo aquellos compuestos tóxicos presentes que son producto de actividades industriales ajenas al sitio o cualquier otra fuente de contaminación, y define un rango o magnitud para el riesgo

**Identificación de riesgos:** El proceso de determinar que puede suceder, donde, cuando, porque, como.

***Incidente:*** Evento no planificado, que PUEDE o NO causar daño, lesión o pérdidas, también definido como acontecimiento no deseado que bajo circunstancias un poco diferentes podría haber resultado en una lesión personal o daño a la propiedad. Ejemplo: un resbalón sin caída, un trabajador sin casco.

***Magnitud:*** Con base en eventos anteriores, usualmente se trata de predecir lo mejor posible la escala de magnitudes de los eventos y sus respectivas probabilidades de ocurrencia.

***Peligro:*** Es algo que tiene la potencialidad de causar daño a personas, equipos o al medio ambiente. Una fuente de daño potencial o una situación con potencial para causar pérdidas. La habilidad de identificar el peligro depende del entendimiento de como este puede causar daño.

***Prevención:*** Reducción del riesgo. Acciones encaminadas a evitar que se generen riesgos.

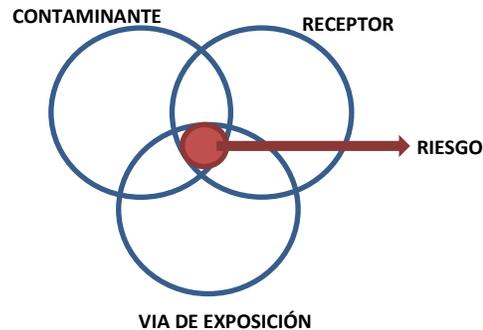
***Pronóstico:*** Es establecer la probabilidad de que se produzca un evento, de cierta magnitud, en un intervalo de tiempo determinado.

***Riesgo:*** Cualquier fenómeno de origen natural, tecnológico o antrópico que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada que sea vulnerable a éste fenómeno. Constituye una relación directa entre amenaza y vulnerabilidad. Es la probabilidad, oportunidad o posibilidad de que pueda ocurrir daño a partir de un peligro. (Peligro + Exposición) = Riesgo

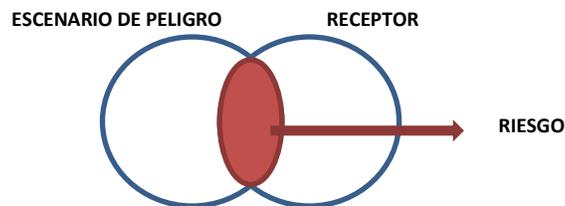
***Riesgo específico:*** Grado de pérdidas esperadas en un periodo de tiempo determinado, debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

***Riesgos por contaminación:*** Para que exista un riesgo de contaminación se requieren tres componentes: debe haber un contaminante presente en concentraciones tales que pueda generar efectos no deseados en los receptores, debe haber un receptor

y por último debe de haber una vía de exposición mediante el cual el receptor entra en contacto con el contaminante.



**Riesgos por seguridad:** para que exista un riesgo a la seguridad de las personas, al medio ambiente o a las actividades económicas deben encontrarse presentes dos componentes, 1ro tiene que haber un escenario de peligro y 2do debe haber un receptor potencial que sea afectado por dicho escenario.



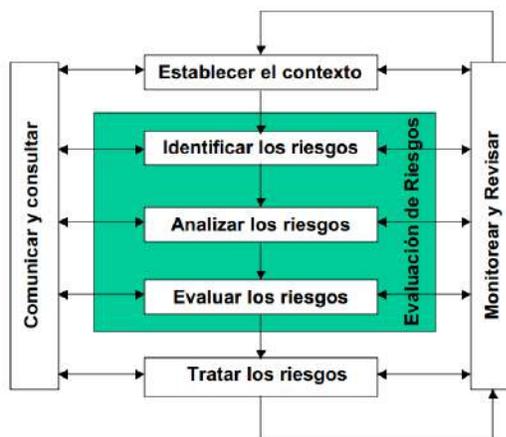
**Riesgo total:** Cuantificación acumulativa de los riesgos específicos, de cada uno de los elementos expuestos y para cada una de las amenazas.

**Salud Ocupacional:** Rama de la Salud Pública cuya finalidad está dirigida a proteger a la población activa laboral, promover y mantener el más alto grado posible de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas sus profesiones.

**Severidad:** Conjunto de características de una amenaza, con incidencia en su capacidad de producir daño.

**Sistema de Gestión ambiental:** Es el conjunto de disposiciones necesarias para lograr el mantenimiento de un capital ambiental suficiente para que la calidad de vida de las personas y el patrimonio natural sean lo más elevado posible. Un sistema de gestión ambiental minero es el marco metodológico empleado para orientar a la organización a alcanzar y mantener un funcionamiento en conformidad con las metas establecidas y respondiendo de forma eficaz a los cambios de presiones reglamentarias, sociales, financieras y competitivas así como a los riesgos medioambientales.

**Evaluación de riesgos:** El proceso general de identificación, análisis y evaluación del riesgo.



**Vulnerabilidad:** Predisposición que tiene un elemento de ser afectado o de sufrir pérdida y se expresa como el grado de daño potencial de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso. Determina la intensidad de daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad debido a posibles acciones externas a ésta.

**Zona de exposición:** Es el área física que comprende el área geográfica en riesgo

### 9.3 CONCEPTOS BÁSICOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

**ARC/INFO:** Software de Sistemas de Información Geográfica desarrollado por el Environmental Research Institute Systems (ESRI).

**Archivo de proyección:** Archivo que almacena los parámetros de las proyecciones, de mapas y sistemas de coordenadas de un conjunto de datos geográficos, que son usados para convertir datos geográficos entre sistemas.

**Base de datos:** Conjunto de datos estructurado para permitir su almacenamiento, consulta y actualización en un sistema informático

**Base de datos geográfica:** Es una representación o modelo de la realidad territorial. Colección de datos espaciales y datos descriptivos organizados para un eficiente almacenamiento y recuperación por parte de los usuarios. Contiene datos sobre posición, atributos descriptivos, relaciones espaciales y tiempo de las entidades geográficas, las cuales son representadas mediante el uso de puntos, líneas, polígonos y volúmenes.

**Base topográfica:** Mapa base que contiene información topográfica, utilizable para referenciar localizaciones de otros elementos, y la elaboración de mapas temáticos (mapas geológicos, estructurales, de uso de tierras, entre otros)

**Cartografía:** Ciencia que tiene por objeto la realización de mapas, y comprende el conjunto de estudios y técnicas que intervienen en su elaboración.

**Cartografía geológica:** Arte de construir mapas bajo la ciencia de la geología.

**Cobertura de polígonos:** Archivo que contiene información de entidades geográficas representadas por polígonos y atributos asociados.

**Cobertura de puntos:** Archivo que contiene información de entidades geográficas representadas por puntos y con atributos asociados

**Consulta (base de datos):** Conjunto de condiciones y preguntas realizadas para recuperar información de una base de datos.

**Consulta de mapa:** Proceso de obtener información desde un GIS mediante preguntas sobre datos geográficos. Las consultas pueden ser espaciales (por ejemplo, seleccionar elementos que disten 200 km de otro) o lógicas (por ejemplo, seleccionar todos los polígonos cuya área sea mayor de 10).

**Consulta espacial:** Interrogación que incluye criterios espaciales de selección de elementos.

**Conversión de datos:** Es la transformación de datos de un formato a otro. La conversión de datos ocurre cuando un dato es transferido de un sistema a otro. Arc/Info soporta formatos de datos como CSV, DXF, TIN y DEM.

**Coordenadas:** Cada n-tupla de valores que define unívocamente a un punto en un sistema ndimensional de referencia (sistema de coordenadas). Las coordenadas representan la localización de un objeto en la superficie de la Tierra. Una localización (x, y) en un sistema de coordenadas cartesianas o una localización (x, y, z) en un sistema de coordenadas tridimensional.

**Coordenadas geográficas o geodésicas:** Sistema de referencia esférico usado para localizar un punto sobre la superficie de la Tierra. Se establece a partir de la medida de dos ángulos diedros que se conocen como latitud y longitud. La latitud es el ángulo formado por el plano ecuatorial (sobre el cual se encuentra el eje del elipsoide de revolución que es la forma de la Tierra) y un plano normal a él que pasa por el punto a localizar. La longitud corresponde al ángulo diedro formado por un meridiano de referencia, que es el Meridiano 0 ó Meridiano de Greenwich y el meridiano que pasa por el punto a localizar. Los dos se toman en unidades de arco: grados, minutos, segundos y fracción de segundos. Como la geodesia bidimensional ofrece algunas insuficiencias, se asegura la localización del punto sobre la superficie, mediante la medida de altitud, la cual corresponde a la distancia horizontal medida en metros, desde el elipsoide hasta el punto a localizar. Se obtiene así la llamada altura elipsóidica (h). En Colombia, las posiciones geodésicas se definen sobre el Elipsoide Internacional de 1924 o de Hayford, cuyas dimensiones son:  $a=6\,378\,388$  m (semieje mayor) y  $f=1/297$  (aplanamiento). Estas

posiciones han sido establecidas en el país tomando como punto de partida el Observatorio Astronómico de Bogotá, cuyas coordenadas astronómicas se asumieron como elipsoidales, para lo cual se partió del supuesto que en este sitio el elipsoide y el geoide (forma real de la Tierra) coinciden perfectamente.

**Dato:** Hecho verificable sobre la realidad; un dato puede ser una medida, una ecuación o cualquier tipo de información que pueda ser verificada (en caso contrario se trataría de una Creencia).

**Datos geográficos:** Localizaciones y descripciones de elementos geográficos que normalmente se refieren a datos relacionados con la Tierra.

**Datum:** 1. Un nivel de referencia arbitrario a partir del cual se asumen y se corrigen las medidas relacionadas. El nivel de referencia para las medidas de elevación, usualmente el nivel medio del mar. 2. Sistema geodésico de definición local construido históricamente a partir de un punto.

**DLG:** Archivos de la U. S. Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos) que incluyen datos de categorías como transporte, hidrografía, contornos y límites de tierras públicas. Formato estándar para intercambio de archivos cartográficos.

**DXF:** Formato para almacenar datos tipo vector en ASCII o en archivos binarios. Usado por Autocad, otros productos CAD y convertibles a coberturas de Arc/Info.

**Escala de un mapa:** Valor de la reducción necesaria para desplegar una representación de la superficie de la Tierra en un mapa. Convención 1:x que significa, que una unidad de distancia en el mapa representa x unidades de distancia en el mundo real. 2. Relación de magnitud entre las distancias en un mapa y las distancias reales sobre la superficie terrestre. Relación o proporción entre medidas comparables de un mapa y las áreas que representan. La distancia en un mapa se expresa siempre como unidad, mientras que la escala puede expresarse de varias formas: como ESCALA NUMÉRICA (fracción o razón), EXPRESIÓN TEXTUAL (distancia en el mapa en relación

con la distancia sobre la Tierra), ESCALA GRÁFICA LINEAL (línea subdivida en segmentos que indica la correspondencia entre unidades del mapa y unidades reales) y como ESCALA PARA SUPERFICIES (razón entre superficie del mapa y la correspondiente de la Tierra).

**Estadística:** Estudio de los datos cuantitativos de la población, de los recursos naturales e industriales, del tráfico o de cualquier otra manifestación de las sociedades humanas. Rama de la matemática que utiliza grandes conjuntos de datos numéricos para obtener inferencias basadas en el cálculo de probabilidades.

**Fotografía aérea:** 1. Instantánea de la superficie terrestre o de cualquier otro cuerpo celeste tomada verticalmente o con un ángulo determinado desde un avión u otro vehículo espacial. 2. Cualquier fotografía tomada desde el aire, tal como una fotografía de una parte de la superficie terrestre tomada por una cámara que ha sido montada en un avión.

**Leyenda:** Área de referencia donde se listan y explican colores, símbolos, patrones, formas y anotaciones usadas en un mapa. Incluye escala, origen, orientación e información adicional sobre el mapa.

**Mapa de bits:** Conjunto de bits almacenados en forma de matriz en memoria y utilizados para generar una imagen en formato raster.

**Mapa de detalle:** Mapa ampliado de un área seleccionada en otro mapa a mayor escala, generalmente ubicado en la misma hoja.

**Mapa de intervisibilidad:** Mapa que muestra las áreas visibles y ocultas desde puntos de observación determinados.

**Mapa geológico:** Un mapa geológico es la representación de los diferentes tipos de materiales geológicos (rocas y sedimentos) que afloran en la superficie terrestre o en un determinado sector de ella, y del tipo de contacto entre ellos. En el mapa geológico las rocas pueden diferenciarse de acuerdo con su tipo (ígneas, metamórficas o sedimentarias)

o composición (granitos, pizarras, areniscas, etc.) y también de acuerdo con su edad (cámbricas, paleozoicas, etc.). Para distinguir las rocas y los sedimentos se utilizan colores y rastras. En un mapa geológico también se reflejan las estructuras (pliegues, fallas, etc.) que afectan a los materiales. Con el objeto de ampliar la información en el mapa pueden incluirse yacimientos de fósiles, recursos minerales y otros. Todos estos datos se representan mediante símbolos especiales. Habitualmente se utiliza un mapa de la superficie del terreno (mapa topográfico) como base del mapa geológico. Por razones de escala, no todo lo que se observa en el terreno puede ser incluido en el mapa geológico, por lo tanto, sólo los rasgos geológicos de una determinada magnitud mínima pueden ser incluidos en el mapa.

**Mapa temático:** 1. Representación cartográfica de fenómenos mediante símbolos sobre una base o fondo de referencia. Los mapas temáticos tienen su origen en el mapa básico, porque de él se toma el contorno superficial, la estructura cuadrangular o cualquier otro elemento de interés que permite derivar un buen mapa de representación y, luego, sobre dicha configuración se puede mapear el fenómeno geográfico que se esté investigando. Fenómenos, tales como: la distribución o la variación de la población, la distribución de la producción agrícola; la variabilidad de las lluvias, la influencia de la litología, de la tectónica o del clima sobre las formas del relieve o del uso del suelo. Las escalas de representación son muy variadas y comprenden desde las escalas pequeñas, pasando por las medianas hasta las escalas grandes. Los mapas temáticos se pueden clasificar de acuerdo con criterios geográficos, en dos grandes grupos, como son: los mapas temáticos analíticos y los mapas temáticos sintéticos.

**Mapa temático analítico:** Los mapas temáticos analíticos son aquellos que representan una sola variable geográfica o varias categorías de observaciones. Si representa una sola variable, se les llaman representaciones analíticas univariantes y pueden ser cualitativos o cuantitativos; y si, en cambio, se representan varias variables de observaciones de manera superpuesta o yuxtapuesta, sean éstas cualitativas o

cuantitativas, pero sin considerar las posibles combinaciones, se denominan representaciones analíticas plurivariadas. En las representaciones analíticas univariadas cualitativas, según la escala, se tiene: mapas, cartas y planos analíticos univariadas cualitativas; como, por ejemplo, los levantamientos de suelos -que señalan los tipos de suelos y sus características-, las representaciones climática -que señalan tipos de climas, distribuciones y sus características-, los levantamientos litológicos -señalan tipos de rocas, sus características y formaciones superficiales. Entre las cuantitativas se tiene las representaciones sobre la distribución o la variación de la población, sobre densidades de población, pluviosidad, temperatura, humedad.

**Mapa topográfico:** Es la representación sobre un plano de los aspectos de relieve, hidrografía, vías y obras civiles, y culturales de una región. Los mapas topográficos en Colombia los elabora el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y los clasifica y los nombra según la escala.

**Metadatos:** Datos sobre el contenido, la calidad, la condición y otras características de los datos.

**Plano:** Mapa que representa sólo las posiciones horizontales relativas de accidentes naturales o culturales, mediante líneas y símbolos. Se diferencia del mapa topográfico en que el plano omite el relieve.

**Rasterización:** 1. Proceso de conversión de información espacial en datos de tipo raster (*grid*). 2. Proceso de codificación de datos espaciales cuyo resultado es la incorporación de la información a una estructura de datos raster.

**Sistema de coordenadas:** Un sistema usado para medir distancias verticales y horizontales en un mapa planimétrico.

**Sistema de coordenadas cartesianas:** Localización de un punto en un espacio unidimensional definida por las distancias de ese punto a los planos de referencia. Las coordenadas cartesianas equivalen a la proyección del punto correspondiente sobre los ejes x, y, z, que definen el elipsoide y cuyo origen se ubica en el centro del mismo. Si

dicho origen coincide con el centro de masas terrestre, las coordenadas se denominan geocéntricas. Éstas son utilizadas, principalmente, en navegación aérea, satelital y espacial.

**Sistema de Información Geográfica:** Una colección organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos y personal, diseñados para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y desplegar eficientemente la información referenciada geográficamente.

**TIN:** Estructura vectorial usada para construir modelos digitales del terreno. TIN son las siglas de *triangulated irregular network*; se trata de una estructura de datos que representa el relieve mediante una red irregular de triángulos adosada al terreno, sin solapamientos y donde cada vértice se define por sus coordenadas espaciales (x, y, z).

**Tipos de datos:** Características de los datos representables por una computadora, que incluye diferentes tipos: "caracteres alfanuméricos" (*character*), "entero" (*integer*), "números" (*numeric*), "coma flotante" (*float*), "booleano" (*boolean*), "binario" (*binary*), entre otros.

**Visualización de la información:** Proceso de interiorización del conocimiento mediante la percepción de información. Aunque la información se presentará preferentemente de forma visual, en este contexto Visualización se ha de entender de forma amplia como percepción o interiorización, esto es, comprensión. Es, en principio, indiferente por qué medio se consiga dicha percepción, sean gráficos, texto escrito, sonido, animaciones, entre otros. La visualización de la información se beneficia básicamente de que los seres humanos reciben información de forma eminentemente visual, ya que es el sentido con mayor ancho de banda, es decir, que 165 proporciona mayor cantidad de información. La visualización de información incluye explícitamente los siguientes subtemas (entre otros): El diseño o la arquitectura de Información, la visualización científica, las representaciones gráficas, en general.

---

## 10 ESTADO DEL ARTE

---

### 10.1 Antecedentes Normativos

Se consideran como antecedentes normativos las leyes, decretos y normas que rigen a las actividades mineras de Colombia y que pueden ser implementadas en la ejecución del proyecto de “Identificación, análisis y evaluación de los riesgos en las actividades mineras auríferas en los municipios de Segovia y Remedios del departamento de Antioquia”; se presentan a continuación:

1. Ley 9 de 1979. “Código Sanitario Nacional”
2. Ley 685 de 2001. “Código de minas y otras disposiciones”
3. Decreto 2191 de 2003. “Glosario técnico minero”
4. Decreto 1335 de 1987. “Reglamento de seguridad en labores subterráneas”
5. Decreto 2222 de 1993. “Reglamento de higiene y seguridad en las labores mineras a cielo abierto”
6. Decreto 035 de 1994. “Sobre medidas de prevención y seguridad en las labores mineras”
7. Decreto 614 de 1984. “Por el cual se determinan las bases para la organización y la Administración de la Salud Ocupacional en el país”
8. Decreto 2820 de 2010 "Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales"
9. Decreto 1295 de 1994. “Sistema General de Riesgos profesionales”
10. Resolución 2013 de 1986 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. “Comité Paritario Salud Ocupacional”
11. Resolución 3673 de 08. “Trabajo Seguro en alturas”
12. NTC-3704/NTC-4251. “Determinación de la concentración de partículas suspendidas en el aire ambiente”
13. NTC-4394-1/2/3/4. “Determinación del contenido de cianuros”
14. NTC-4784. “Determinación del contenido de mercurio”

15. NTC-3321. “Determinación de la exposición al ruido ocupacional y estimación del deterioro de audición inducido por el ruido”
16. Fichas técnicas de guías minero ambientales (Exploración, Explotación y Beneficio y transformación)
17. Guía técnica Colombiana GTC-45. “Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional”

## **10.2 Antecedentes técnicos**

La explotación en el Distrito Minero de Segovia y Remedios (DMSR) data desde época de la colonia. En este sentido histórico, se realizó una recopilación bibliográfica de los estudios, conclusiones y recomendaciones en términos de identificación y análisis de riesgos asociados a las actividades mineras de la zona. La Alcaldía Municipal Remedios (2012) Identificó impactos asociados a la minería como formación de grietas y procesos erosivos; subsidencia de terreno por abandono de excavaciones subterráneas y deslizamientos e inestabilidad de taludes; pérdida de capacidad productora, asociada a la disposición final de estériles, erosión y socavamiento de la vía por vertimiento de afluentes de la mina, esterilización de suelos por drenajes de aguas subterráneas o remoción de masas o disposición de estéril, reducción y deterioro de cobertura vegetal, alteración del uso del suelo, degradación y desertización de grandes extensiones de suelo por prácticas inadecuadas de la actividad minera de aluvión, modificaciones en la textura y estructura del terreno, disminución de áreas disponibles y aprovechadas para uso agrícola y pecuario y esterilización de suelos por drenajes de aguas subterráneas; contaminación y sedimentación de quebradas por disposición del material estéril y efluentes de mina y uso irracional de recursos de agua en el beneficio del mineral; alteración de ecosistemas acuáticos y pérdida y disminución de micro fauna; alteración de las condiciones naturales de las corrientes de agua, colmatación de humedales y alteración paisajística. Uno de las causas de este tipo de inconvenientes las observo Hincapié (2006) y recalca: “La mayoría de las empresas visitadas no poseen espacios acondicionados para manejo de explosivos que cumplan la normatividad vigente a la

fecha, se observa mal manejo de las sustancias químicas en el beneficio, no se lleva registro de avance de excavaciones, no hay demarcación de rutas de evacuación y falta de señalización, mal manejo de cables eléctricos, falta de planes de contingencia y emergencia. Del 1 de Julio de 2004 a 20 de junio del 2006 (aproximadamente 2 años), 23 personas resultaron muertas en accidentes en las minas, equivalente a un minero por mes”. Otra problemática que presenta la actividad minera en el sector es la alta concentración de cianuro debido a los efluentes sólidos y líquidos productos del beneficio de minerales en los entables. Gaviria, & Meza. (2006). Concluyen “La situación actual de las aguas y suelos de los municipios de Segovia y Remedios es crítica y requiere de la implementación de metodologías de degradación de cianuro”. Veiga (2010) Afirma: “La contaminación es causada por el hecho de que los entables amalgaman todo el mineral en áreas urbanas y las compraventas de oro compran y queman la amalgama con 40 – 50 % de mercurio. Los niveles usuales de mercurio en el casco urbano de los municipios de Remedios, Segovia y Zaragoza, en frente a los entables varían entre 2000 – 10000 ng Hg/m<sup>3</sup> en el aire”.

En Colombia cerca del 30% de las explotaciones mineras carece de los debidos permisos y autorizaciones establecidas por las autoridades mineras y ambientales, hasta septiembre de 2010 se habían emitido 8.821 títulos mineros y las autoridades ambientales habían recibido más de 3.600 solicitudes de legalización de unidades de explotación minera de hecho. Estas cifras no son exactas debido a la informalidad y clandestinidad de esta actividad. Del actual proceso de legalización minera (decreto 2715 de 2010) surgen varios inconvenientes: Pesada probatoria exigida para acreditar 5 años continuos de labores y diez años de existencia de la actividad minera; la competencia para controlar la minería de hecho en el país (descentralizada en las alcaldías municipales, sobrepasado su capacidad de gestión, descompromiso de las autoridades ambientales); deficiente control, vigilancia y asesoría en temas laborales (salud y de seguridad). Defensoría del Pueblo (2010) y donde cabe destacar en este contexto, los actores armados ilegales han aprovechado, en ciertas regiones la débil presencia institucional en territorios donde tradicionalmente se explotaban minerales,

particularmente el oro, como estrategia para el financiamiento de sus actividades a través de la extorsión e intimidación a los mineros y propietarios de los predios donde yacen los minerales, lo que ha originado en ciertos casos desplazamientos forzados.

Recursos Geológicos S.A. (2013) realizó en los municipios de Amagá, Angelópolis, Fredonia, Titiribí un trabajo de identificación y análisis y evaluación de riesgos asociados a la actividad minera del carbón, la cual arroja unas recomendaciones primordiales en cuanto al levantamiento topográfico subterráneo de todas las minas existentes en la región, la exigencia a todas las minas del diseño de planos de rutas de evacuación, circuitos de ventilación, barreras de protección, controles de incendios, inundación y concentraciones peligrosas de gases, establecer y vigilar el cumplimiento de las normas técnicas para el plan de abandono de minas, establecer de una manera permanente la presencia de inspectores de seguridad y control sobre daños al medio ambiente, además se debe implementar el uso obligatorio y rutinario de aparatos multi-detectores de gases, se debe buscar eliminar el uso de la pólvora negra, la implementación del uso de equipos anti-explosión y realizar un estudio de sostenimiento de minas en cada uno de los municipios afectados.

---

## 11 DIAGNÓSTICO MINERO Y DE RIESGOS MEDIANTE HERRAMIENTAS SIG

---

Con el fin de tener recoger, analizar y definir las necesidades de los municipios, en términos de funcionalidad, es necesario implementar un sistema de información geográfica, basado en el manejo de la información disponible y recolectada en campo, para con la ayuda de la cartografía digital disponible, hacer un uso eficiente de la información en el sistema.

Adicionalmente es necesario realizar un diagnóstico minero para cada uno de los municipios donde se evidencien las condiciones mineras para cada uno de ellos y calcular dentro de su panorama general de riesgos los parámetros que serán graficados para cada uno de los escenarios de riesgo.

### 11.1 Implementación de herramientas SIG

Dentro de los servicios que se aportan para la gestión y la administración de la información se encuentran:

1. **Visualización, búsqueda y despliegue de la información:** La visualización de la información, la búsqueda y el despliegue son parte de los principales usos de las herramientas SIG, para lo cual se busca utilizar eficientemente la información disponible y garantizar que puede ser consultada cada vez que sea necesario para realizar los análisis y evaluaciones necesarios para realizar el diagnóstico minero y de riesgos para cada uno de los municipios involucrados. Igualmente es necesario definir adecuadamente las capas de la información involucrada.
2. **Herramienta desktop:** la herramienta de geoprocésamiento utilizada para el análisis fue ArcGis 10.2, fue seleccionada por ser una plataforma líder a nivel mundial para analizar la información geográfica, al ser utilizada por diversos sectores hace posible su manipulación y la publicación de la información

disponible para cualquier usuario. Esta herramienta hace posible resolver problemas, tomar decisiones y planear adecuadamente las actividades de campo a realizar.

3. **Base de datos:** la información fue organizada en una base de datos en Microsoft Access, la cual cumple la función de almacenar la información y generar consultas de los aspectos necesarios, cumpliendo las funciones necesarias de recuperar datos específicos, dichas consultas permiten agregar criterios para filtrar los datos y así obtener los registros que sean requeridos.

Se integró la cartografía disponible con la base de datos de la información que se recolectó en campo, con el fin de realizar un análisis sobre los escenarios de riesgo presentes en los municipios de Segovia y Remedios, para lo anterior las variables mínimas para tener en cuenta para la organización de la información son:

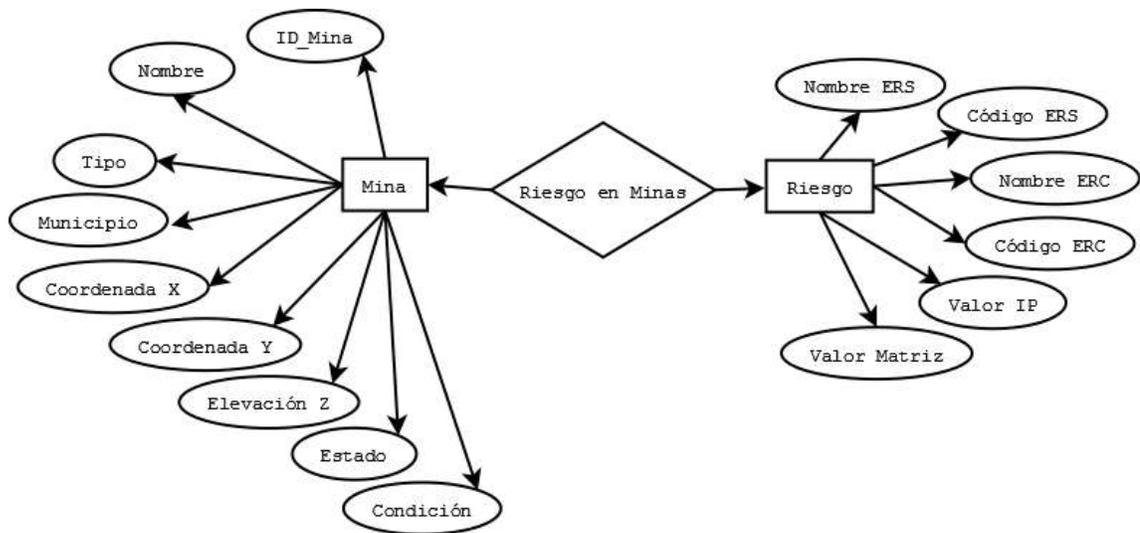
1. ID Mina
2. Nombre de la mina
3. Tipo de mina
4. Municipio
5. Coordenadas (X, Y, Z)
6. Estado
7. Condición
8. Nombre escenario de riesgo por contaminación y seguridad
9. Códigos escenarios de riesgo por contaminación y seguridad
10. Valoraciones de los riesgos (Severidad de las consecuencias SC)

La información recopilada fue almacenada en una Geodatabase "GDB" la cual tiene la estructura que se describe en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Estructura GDB

<b>GEODATABASE</b>	<b>FEATURE DATASET</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>GDB_RIESGOS</b>	BASE_CARTOGRAFICA	Contiene la cartografía de los municipios de Segovia y Remedios. Además de los sectores que fueron delimitados en campo
	ESCENARIO_RIESGOS_CONTAMINACIÓN	Escenarios de riesgo por contaminación para entables y minas.
	ESCENARIO_RIESGOS_SEGURIDAD	Escenarios de riesgo por seguridad para entables y minas.
	MINAS	Información básica levantada de minas.
	ZONAS_VULNERABILIDAD	Zonas vulnerables delimitadas.

El modelo Entidad – Relación (Figura 2) representa el modelado de los datos para el análisis de riesgos asociados a minería que fue realizado durante la ejecución del proyecto:



**Figura 2.** Modelo entidad relación para el manejo de información de riesgos en minería

Igualmente se elaboró un diccionario de datos (Tabla 2) con el fin de mostrar los datos y el tipo de variables que se utilizaron en cada uno de los shapefile utilizados, contiene todos los elementos y almacena datos, procesos y descripciones con el fin de satisfacer los requerimientos y necesidades de los usuarios:

**Tabla 2.** Diccionario de datos

NOMBRE DEL TEMÁTICO	PTO_RIESGOS_DMSR
Descripción:	Contiene información y georreferenciación de la información de campo para minas.
Geometría	Punto

NOMBRE DEL ATRIBUTO	TIPO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
FID	FID	Consecutivo ArcGis
ID_MINA	TEXTO	Código de la mina
NOMBRE_MINA	TEXTO	Nombre de la mina
TIPO_DE_MINA	TEXTO	Tipo de Mina

MUNICIPIO	TEXTO	Municipio de localización de la mina
VEREDA	TEXTO	Vereda en la cual está localizada la mina
SECTOR	TEXTO	Sector de localización de la mina
X	DOUBLE	Coordenada este origen Bogotá
Y	DOUBLE	Coordenada norte origen Bogotá
Z	DOUBLE	Altura en msnm
ESTADO	TEXTO	Estado de actividad de la mina
CONDICION	TEXTO	Información sobre tipo de contrato y tramites

NOMBRE DEL TEMÁTICO	VALORACION_ERS_ERC
Descripción:	Contiene valoración para escenarios de riesgo por seguridad y por contaminación para las minas visitadas en los municipios de Segovia y Remedios (Antioquia).
Geometría	Punto

NOMBRE DEL ATRIBUTO	TIPO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
FID	FID	Consecutivo ArcGis
ID_MINA	TEXTO	Código de la mina
ERS	TEXTO	Nombre escenario de riesgo por seguridad
RECEPTOR_ERS	TEXTO	Personas, actividad minera
CÓDIGO_RECEPTOR_ERS	TEXTO	Código del receptor
VALOR SC_ERS	INTEGER	Valoración severidad consecuencias
CATEGORIA_SC_ERS	TEXTO	Categoría severidad consecuencias
ERC	TEXTO	Nombre escenario de riesgo por contaminación
RECEPTOR_ERC	TEXTO	Personas, actividad minera
CÓDIGO_RECEPTOR_ERC	TEXTO	Código del receptor
VALOR SC_ERC	INTEGER	Valoración severidad consecuencias
CATEGORIA_SC_ERC	TEXTO	Categoría severidad consecuencias

En base a la información recolectada en las salidas de campo realizadas anteriormente, se realizó un análisis con el fin de evaluar el estado de la actividad minera en los municipios de Segovia y Remedios (Antioquia), abarcando las actividades mineras específicas desde diferentes puntos de vista como legalidad, condiciones de trabajo, receptores de riesgos según seguridad y ambientales o de contaminación, y la magnitud en términos de consecuencias y frecuencias de cada uno de estos. Para efectuar dicho

análisis se definieron sectores gráficos los cuáles están basados en la proximidad de las unidades mineras.

## 11.2 Diagnóstico Minero

### 11.2.1 *Municipio de Segovia – Antioquia*

En el municipio de Segovia se visitaron un total de 161 minas distribuidas por veredas y sectores gráficos (Tabla 3), de las cuales la vereda que presenta mayor actividad minera es Popales.

**Tabla 3.** Minas visitadas en el Municipio de Segovia.

<b>Vereda</b>	<b>Sector</b>	<b>Cantidad de Minas</b>	<b>Total Minas por Vereda</b>
Campo Alegre	La Murcielaguera	13	17
	Campo Alegre	4	
Casco Urbano Segovia	20 de Julio	7	16
	7 de Agosto	2	
	La Paz-El Guamo	3	
	Manantiales	4	
El Aporriado	20 de Julio	2	30
	7 de Agosto	2	
	La Murcielaguera	5	
	Limosna-Chumeca	13	
	Manantiales	1	
	Vera-Chicharrón	6	
	Campo Alegre	1	
Laureles	Laureles	1	6
	Machuca	5	

Marmajito	El Paraíso	3	34
	Manantiales	6	
	Marmajito-Marmajón	20	
	Tigrito	5	
Popales	Cecilia	5	37
	La Bolivia	3	
	La Cruzada	2	
	La Fonda	4	
	La Murcielaguera	6	
	La Patera	3	
	Manzanillo	13	
	Garibaldi	1	
Puerto Calavera	Laureles-Chispero	2	2
Fraguas	Machuca	19	19
<b>Total general</b>	<b>29 Sectores</b>	<b>161</b>	

Analizando la condición de legalidad (Tabla 4 y Figura 4) para las 161 minas visitadas en el municipio de Segovia, se puede observar que 93 se encuentran en operación realizando actividades de explotación, mientras que 68 minas se encuentran en estado de abandono o inactividad temporal. De estas, el 14% operan bajo la informalidad, es decir no poseen un título minero, mientras que el 6% tienen título minero, el 18% tiene contrato de operación (con el propietario del título), el 14% se encuentra realizando un trámite para celebrar un contrato de operación con el dueño del título minero (sin embargo, se encuentran realizando actividades en los predios) y el 46% restante corresponde a minas abandonadas e inactivas temporalmente de las cuales no fue posible conocer algún tipo de información.

**Tabla 4.** Condición de legalidad para el Municipio de Segovia

<b>Condición de Legalidad</b>	<b>Subterránea</b>	<b>Superficie</b>	<b>Total general</b>
Con título	10		10
Contrato de Operación	1		1
Contrato Operación	28		28
En legalización (Título)		1	1
En legalización (Trámite Contrato)	22		22
Operación sin Título		1	1
Sin Información	66	9	75
Sin título	17	6	23
<b>Total general</b>	<b>144</b>	<b>17</b>	<b>161</b>



**Figura 3.** Condición de legalidad para el Municipio de Segovia

### 11.2.2 *Municipio de Remedios – Antioquia*

Se visitaron en total 213 minas (Tabla 5), 95 se encontraron activas y 118 entre inactivas temporalmente o abandonadas. De éstas, el 9% operan bajo la informalidad, es decir no poseen un título minero, mientras que el 9% tienen título minero, el 8% tiene un contrato de operación (celebrado con el propietario del título) y el 5% se encuentra actualmente en trámite para celebrar un contrato de operación con el dueño del título minero (sin embargo, realizan actividades); y el 69% restante corresponde a minas abandonadas e inactivas temporalmente de las cuales no fue posible conocer ésta información.

**Tabla 5.** Minas visitadas en el Municipio de Remedios.

<b>Vereda</b>	<b>Sector Gráfico</b>	<b>Cantidad de minas</b>	<b>Total Minas Vereda</b>
Juan Brand	3 y Media	4	113
	Charco de las brujas	2	
	Garibaldi	2	
	Garibaldi	11	
	Las Brisas	5	
	Los pujidos	3	
	Marmajito-Marmajon	3	
	San Pedro	4	
	Santa Cruz-El Cristo	50	
	Santa Rita	21	
	Sucre-Marmajito	6	
	Tigrito	2	
Platanares	La Cruzada	7	15
	La Patera	6	
	Manzanillo	2	
Martana	La Bartola-Matanza	8	10

<b>Vereda</b>	<b>Sector Gráfico</b>	<b>Cantidad de minas</b>	<b>Total Minas Vereda</b>
	La Vetilla	2	
Otu	La Bartola-Matanza	8	31
	La Culebra	5	
	La Vetilla	1	
	Otu	16	
	Santa Isabel	1	
Los Lagos	Camambombo	1	9
	La Balastrea	1	
	Santa Isabel	7	
La Brava	Las Camelias	1	3
	Rio Ite	2	
La Mariposa	Santa Isabel	2	2
San Mateo	San Mateo	3	3
La Aurora	Camambombo	1	14
	La Culebra	4	
	Rio Pocune	8	
	San Antonio-El Rio	1	
Camelia Quintana	La Balastrea	1	2
	Santa Cruz-El Cristo	1	
San Cristobal	La Balastrea	1	4
	Las Camelias	1	
	Rio Ite	1	
	Santa Isabel	1	
San Antonio	Santa Isabel	1	1
Casco Urbano Remedios	Casco Urbano Remedios	6	6
<b>Total General</b>	<b>41 Sectores</b>		<b>213</b>

En el municipio de Remedios se visitaron en total de 213 minas distribuidas por veredas y sectores gráficos (Tabla 6 y Figura 4), de las cuales la vereda que presenta mayor actividad minera es Juan Brand.

**Tabla 6.** Condición de legalidad para el Municipio de Remedios

<b>Condición de legalidad</b>	<b>Subterránea</b>	<b>Superficie</b>	<b>Total General</b>
Con título	20		20
Contrato Operación	17		17
En legalización (Título)	1		1
En legalización (Trámite Contrato)	10		10
Sin Información	128	18	146
Sin título	10	9	19
<b>Total General</b>	<b>186</b>	<b>27</b>	<b>213</b>



**Figura 4.** Condición de legalidad para el Municipio de Remedios

Durante las visitas de campo a Segovia y Remedios se cubrieron los sectores registrados en el Censo minero realizado en el 2010 y otras adicionales. De igual forma se recorrieron principalmente las zonas aledañas a los cascos urbanos, y otros sectores con situación de seguridad pública estable.

En las Figura 5 y Figura 6 se ilustra la ubicación geográfica de las minas visitadas en los municipios de Segovia y Remedios, las cuáles se visitaron en base a referencias como el censo 2010 mencionado anteriormente y por petición de la comunidad, quienes además acompañaron este proceso de identificar y analizar los riesgos, pues en la mayoría de los casos consideran este tipo de estudios relevantes para su seguridad y la de sus empleados. Igualmente hubo un interés por parte de la autoridad minera (Secretaría de Minas en cada uno de estos Municipios) y asociaciones de mineros, por identificar regionalmente todas estas problemáticas y ubicarlas espacialmente para así priorizar intervención.

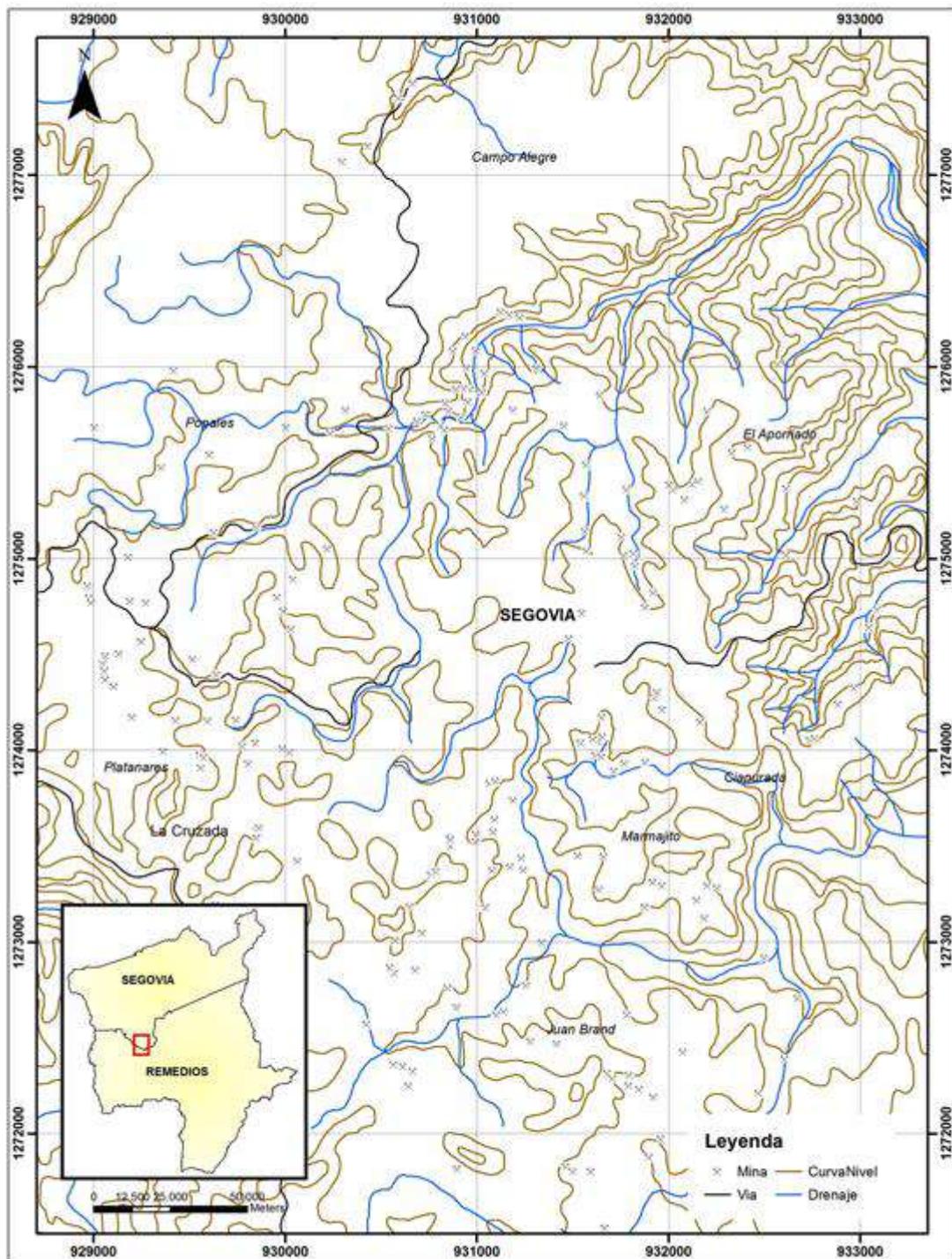


Figura 5. Ubicación de las minas en el Municipio de Segovia

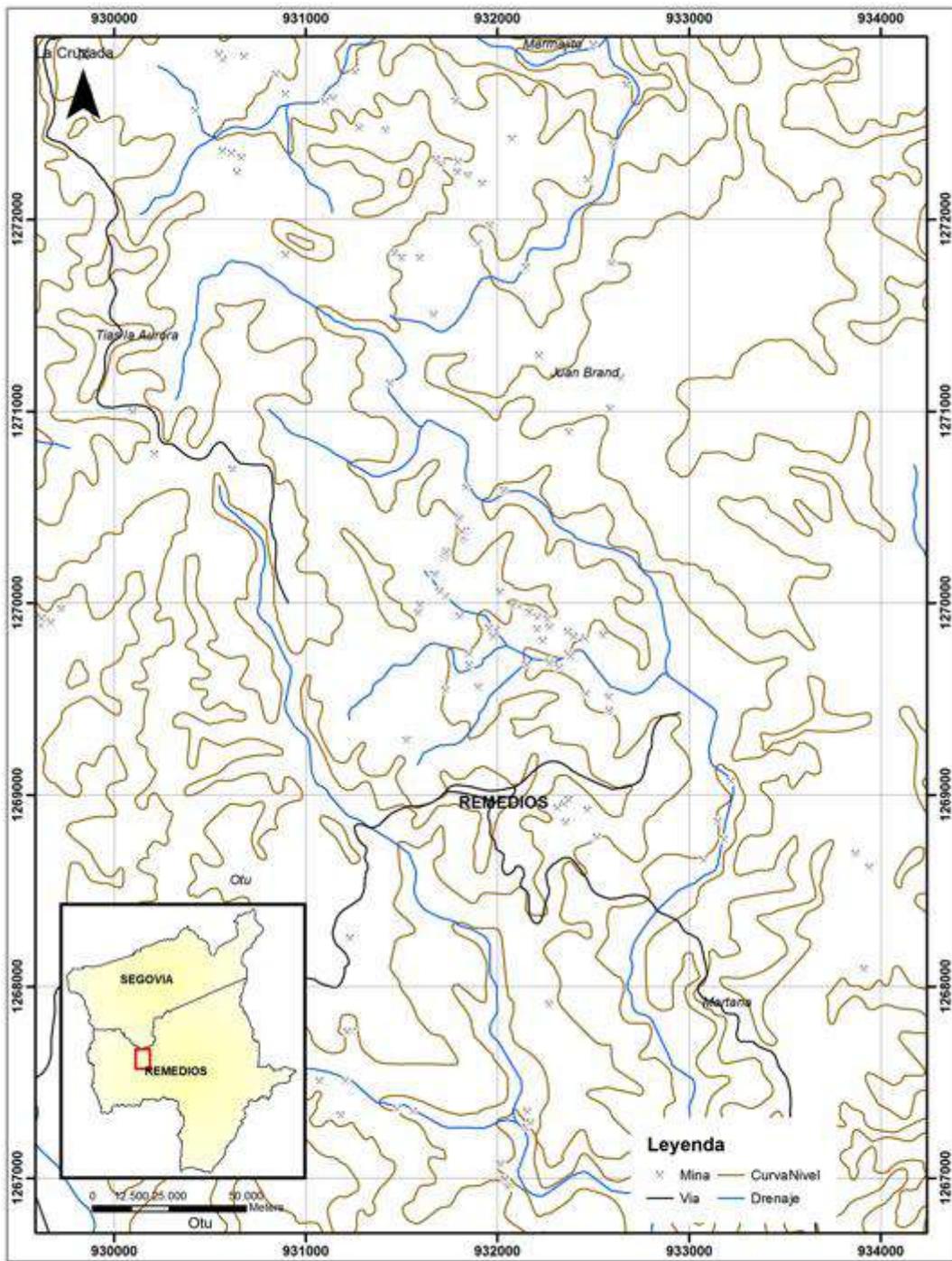


Figura 6. Ubicación de las minas en el Municipio de Remedios

---

## **12 PANORAMA GENERAL DE RIESGOS**

---

### **12.1 Riesgos en las actividades mineras de Segovia y Remedios**

En el Distrito Minero Segovia - Remedios (DMSR), se han realizado labores de extracción de mineral tanto a cielo abierto como subterráneas, en dichas actividades mineras se han identificado diferentes riesgos para el personal de las minas y comunidades próximas, para los cuales faltan medidas de control y prevención.

Las diferentes actividades de extracción en minería de oro se realizan comúnmente de forma artesanal, pocas unidades mineras cuentan con alguna forma de tecnificación para sus labores de transporte particularmente, tales como coches y malacates, en su mayoría el catanguero es el principal método de transporte de material excediendo comúnmente la norma básica que define la cantidad máxima de peso que puede levantar un trabajador.

La infraestructura de la tunelería es en su mayoría estrecha y no cumple con las normas básicas para definir la sección de túnel (3,2 m<sup>2</sup> y 1,8 m de altura). Los sostenimientos de los túneles son en su mayor parte natural, en madera (puertas alemanas) y material estéril, comúnmente no se encuentra en buen estado y requiere reemplazar al menos un tramo. La superficie del suelo de los túneles se caracteriza por tener generalmente huecos, ser irregular, húmeda o pantanosa y con pendientes pronunciadas, representando esto un peligro activo y potencial para todas las personas que transitan por estos lugares y aún más cuando cargan grandes pesos (> a 50 kg) a sus espaldas.

Las unidades productivas mineras no poseen espacios acondicionados para el manejo adecuado de explosivos que cumplan la normatividad vigente, existe un mal manejo de las sustancias químicas en el beneficio, no se lleva un registro de avance de excavaciones, no hay demarcación de rutas de evacuación y hay falta de señalización; mal manejo de cables eléctricos, falta de planes de contingencia y emergencia, es decir

los planes o actividades de mitigación y control de los escenarios de riesgos no existen y solo tienen la experiencia minera de la zona como herramienta de mitigación.

El proceso de beneficio del oro realizado en los entables, presentan escenarios críticos de riesgo ambiental o de contaminación. El uso abundante de cianuro sin métodos efectivos de neutralización y el uso de mercurio en el proceso de obtención del oro, ocasiona que los efluentes de estos establecimientos estén cargados de estos componentes, sumados al contenido exagerado de sólidos totales. Las descargas de agua son directamente vertidas a las fuentes de agua, arrasando con ecosistemas acuáticos y afectando a su vez otras actividades económicas como la ganadería y la agricultura ubicadas aguas abajo.

## **12.2 Parámetros evaluados en las unidades mineras**

### **12.2.1 Minería subterránea**

1. Condición de sostenimiento de túneles.
2. Existencia de planes de atención de emergencias.
3. Manipulación de explosivos y sustancias químicas realizada por personal capacitado.
4. Dimensiones de los túneles mínimas requeridas por la norma.
5. Condición de la atmosfera minera óptima.
6. Planes de mantenimiento periódicos y tecnología empleada en los equipos.
7. Condiciones de pisos del túnel, iluminación y visibilidad.
8. Existencia de un circuito de ventilación y registro de medición periódica de gases.
9. Existencia de controles y equipos para el manejo de aguas subterráneas.
10. Existencia de plantas eléctricas, mantenimiento y aislamiento de equipos y conducción eléctrica.
11. Uso adecuado y de calidad de los Elementos de Protección Personal (EPP).
12. Existencia de la señalización pertinente, para las unidades mineras activas y para las inactivas.
13. Existencia de programas de mantenimiento preventivo de equipos y herramientas.

### **12.2.2 Minería en superficie**

1. Tipo y dimensión de la terraza explotada
2. Tenor aproximado.
3. Pendientes de taludes y frentes de explotación.
4. Existencia de programas de mantenimiento preventivo de equipos y herramientas.
5. Existencia de señalización pertinente.
6. Secuencia de avances y plan minero.
7. Dimensiones de las vías de acceso y zonas de explotación.
8. Uso adecuado y de calidad de los Elementos de Protección Personal (EPP).

### **12.2.3 Proceso de beneficio**

1. Capacidad del entable y registro de la cantidad de material procesado.
2. Manejo de agua, vertimientos e insumos químicos.
3. Manejo del material estéril (Colas y escoria).
4. Uso adecuado y de calidad de los Elementos de Protección Personal (EPP).
5. Condiciones de los equipos y dimensiones del entable minero.
  6. Existencia de señalización de seguridad.

### **12.2.4 Compras de oro**

1. Equipos de quema de oro.
2. Filtros de depuración de gases.
3. Recuperación de mercurio.
4. Uso adecuado y de calidad de los Elementos de protección personal (EPP).

## 12.3 Identificación de escenarios de peligro

### 12.3.1 Escenarios de peligro en minas

En las diferentes operaciones mineras en los municipios de Segovia y Remedios se identificaron los siguientes escenarios de peligro según seguridad y contaminación (riesgo ambiental) (Tabla 7y Tabla 8).

**Tabla 7.** Resumen de escenarios de peligro según la seguridad en minas.

<b>Escenarios de riesgos según la seguridad (ERS)</b>	<b>Código</b>
Asfixia	ERS-1
Asfixia por Inmersión	ERS-2
Caída a desniveles	ERS-3
Caída a nivel	ERS-4
Caída de Equipos	ERS-5
Caída de Rocas	ERS-6
Colapso del frente de explotación	ERS-7
Colapso de túnel de transporte	ERS-8
Contacto con superficie cortante	ERS-9
Contacto eléctrico	ERS-10
Daño electromecánico	ERS-11
Explosiones no programadas	ERS-12
Incendio de origen eléctrico	ERS-13
Ingesta e inhalación de vapores químicos (Vapor de Mercurio o Cianuro)	ERS-14
Movimientos de masa	ERS-15
Movilización de material estéril de la mina	ERS-16
Proyecciones	ERS-17
Contacto con llamas o superficies calientes (Quemaduras)	ERS-18

Riesgos biológicos	ERS-19
Riesgos ergonómicos	ERS-20
Superficies lisas e inclinadas	ERS-21
Vibraciones	ERS-23

**Tabla 8.** Resumen de escenarios de peligro según la contaminación en minas.

<b>Escenarios de peligro según por contaminación</b>	<b>Código</b>
Drenaje con presencia aguas ácidas	ERC-1
Humedad anormal	ERC-2
Iluminación anormal	ERC-3
Inundación	ERC-4
Manipulación de sustancias tóxicas	ERC-5
Modificación del drenaje en aguas superficiales	ERC-6
Movilización de material estéril del proceso de beneficio	ERC-7
Presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas	ERC-8
Presencia de alto nivel de ruido	ERC-9
Presencia de gases contaminantes	ERC-10
Presencia de material particulado (polvo)	ERC-11
Subsidencia	ERC-12
Temperatura anormal	ERC-13

---

## 13 PANORAMA DE RIESGOS DE MINAS EN SEGOVIA

---

### 13.1 Panorama de riesgos por seguridad

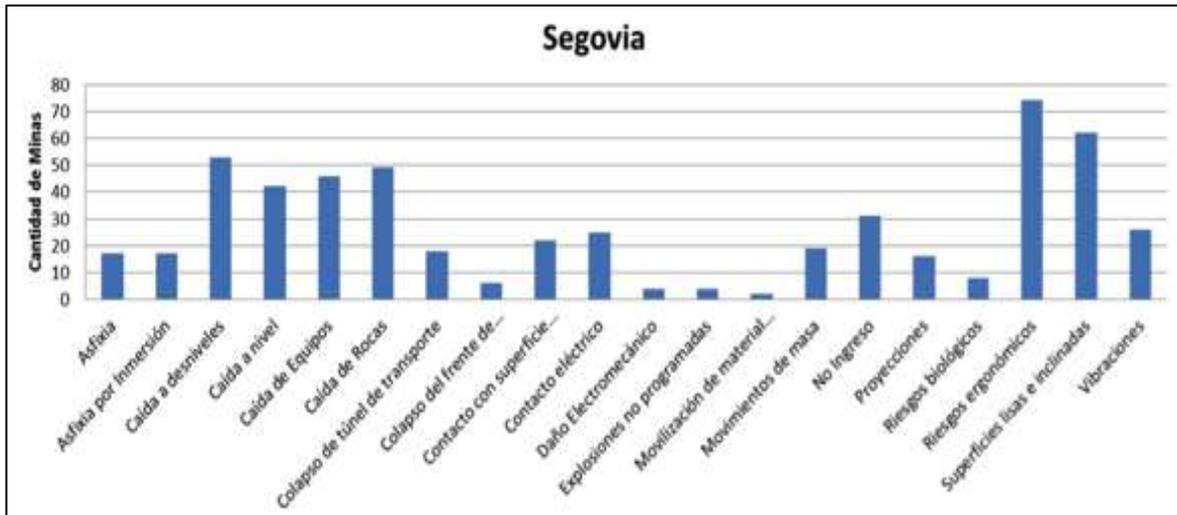
En el municipio de Segovia, se observaron los diferentes escenarios de riesgos por seguridad (Tabla 9 y Figura 7):

**Tabla 9.** Escenarios de Riesgo por seguridad en Segovia

<b>Códigos</b>	<b>Escenarios de riesgos por seguridad</b>	<b>Cantidad de minas</b>
ERS-1	Asfixia	17
ERS-2	Asfixia por Inmersión	17
ERS-3	Caída a desniveles	53
ERS-4	Caída a nivel	42
ERS-5	Caída de Equipos	46
ERS-6	Caída de Rocas	49
ERS-8	Colapso de túnel de transporte	18
ERS-7	Colapso del frente de explotación	6
ERS-9	Contacto con superficie cortante	22
ERS-10	Contacto eléctrico	25
ERS-11	Daño Electromecánico	4
ERS-12	Explosiones no programadas	4
ERS-16	Movilización de material estéril de la mina	2
ERS-15	Movimientos de masa	19
N/A	<i>No Ingreso</i>	31
ERS-17	Proyecciones	16
ERS-19	Riesgos biológicos	8
ERS-20	Riesgos ergonómicos	74
ERS-21	Superficies lisas e inclinadas	62

ERS-23	Vibraciones	26
--------	-------------	----

**Nota:** El ítem “no ingreso” hace referencia a las minas cuya información no pudo ser diligenciada debido a que se encontraban inactivas o abandonadas.



**Figura 7.** Escenarios de riesgos por seguridad en Segovia

Como puede observarse en la Tabla 9 y Figura 7 el riesgo al que están expuestos comúnmente los mineros es el ergonómico (ERS-20), debido al elevado peso que llevan en su espalda que excede en la mayoría de los casos los 50 kg reglamentarios, llegando a levantar pesos de hasta 80 y 85 kg, lo anterior puede verse agravado porque la mayoría de los túneles no cumplen con las secciones mínimas (Imagen 1 e Imagen 2).

**Imagen 1.** Riesgo ergonómico (ERS-20) Mina el Salto.

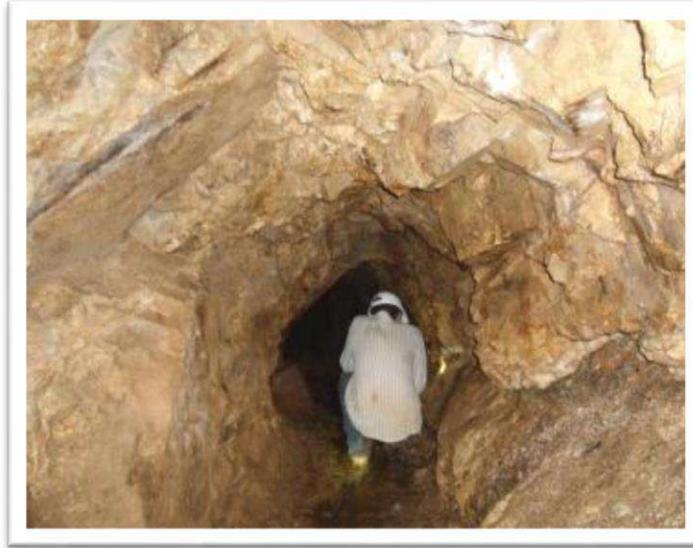


Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

**Imagen 2.** Riesgo Ergonómico (ERS-20) Mina Los Naranjos

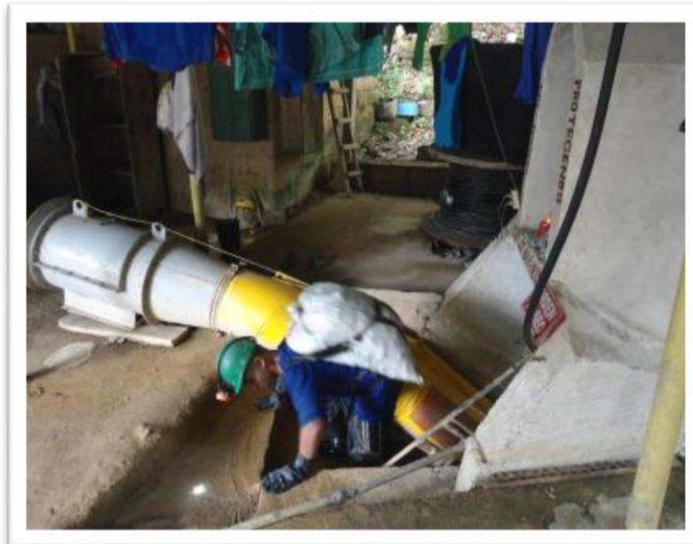


Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

Este riesgo ergonómico (ERS-20) aumenta debido las superficies lisas e inclinadas (ERS-21) por las que deben transitar el personal de la Unidad minera, las cuales predominan en la mayoría de minas de la zona y son agravadas por condiciones climáticas y filtraciones de agua (Imagen 3).

**Imagen 3.** Riesgo Superficies lisas e inclinadas (ERS-21)



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

Las grandes pendientes encontradas en algunos túneles en las minas de Segovia presentan valores que llegan hasta 50 y 70 grados, los cuales traen consigo escenarios de riesgos como caídas a nivel y desnivel potenciales (ERS-4 y ERS-3), riesgos que alcanzaron niveles altos durante la ejecución del estudio ( Imagen 4 e Imagen 5 ).

**Imagen 4.** Caída a nivel (ERS-4) Vereda Marmajito



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

**Imagen 5.** Caída a desnivel (ERS-4) Mina El Palo

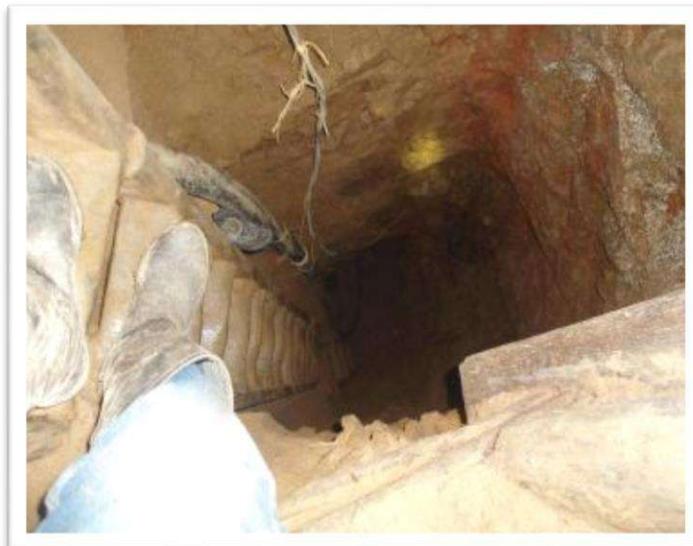


Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

Las caídas de equipos (ERS-5) han sido comúnmente causa de accidentes en la actividad minera, varios de ellos han tenido consecuencias fatales, lo cual se puede evitar con la creación programas de mantenimiento preventivo en el sistema de transporte del material (malacate y coches).

El riesgo de asfixia (ERS-1) fue evidente en los casos en que las mangas de ventilación no llegaban hasta el frente de explotación, generando una atmósfera pesada para respirar (falta de Oxígeno y presencia de gases contaminantes).

Las minas con alto flujo de agua y poca capacidad de evacuación de la misma, forman pozos en su interior, desencadenando riesgos de caídas y asfixia por inmersión (ERS-17), para los trabajadores que a diario transitan sobre éstos lugares (Imagen 6).

**Imagen 6.** Riesgo de asfixia por inmersión (ERS-17). Mina Playa Rica

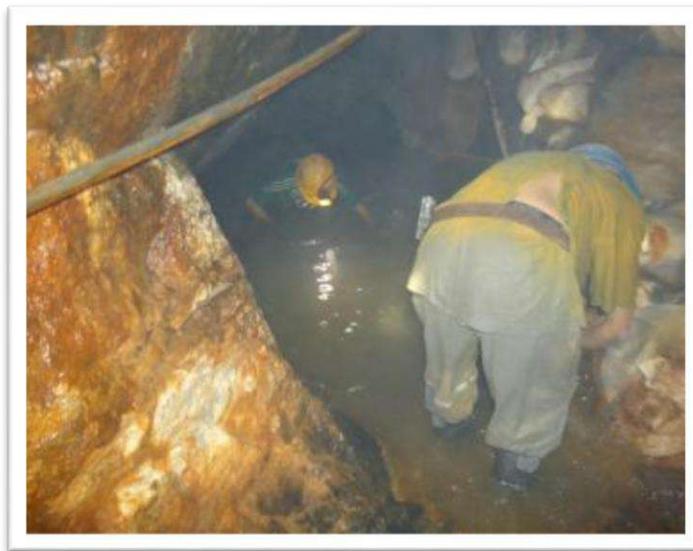


Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

El riesgo de colapso de túnel (ERS-8) (Imagen 7) fue evidente en aquellos túneles cuya madera de sostenimiento se encontraba podrida y/o plegada, la roca agrietada y terreno adicionalmente era geológicamente inestable. En noviembre (2013) se presentó en el sector de Manantiales un caso de atrapamiento de seis mineros en un túnel, presentándose una fatalidad.

**Imagen 7.** Riesgo de colapso de túnel (ERS-8)

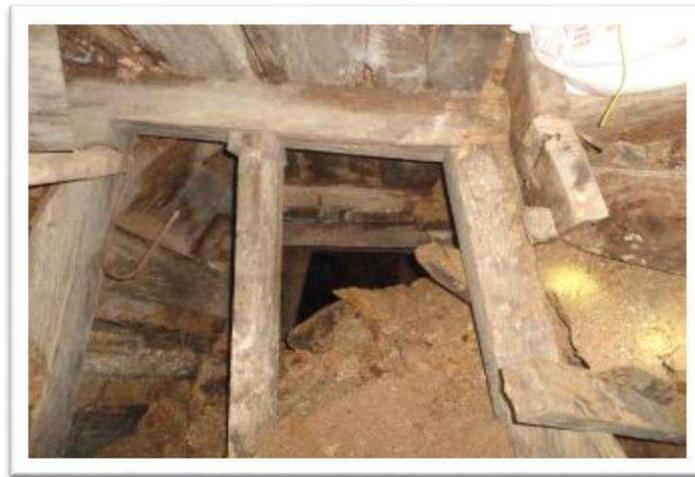


Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

El riesgo por contacto eléctrico (ERS-10) (Imagen 8) fue muy común en las minas visitadas. El cableado eléctrico se encuentra generalmente sin ningún tipo de revestimiento diferente al caucho del cable, sin señalización, ubicado de forma dispersa y caótica, sin ningún tipo de aislamiento, no están agrupados y se conducen aleatoriamente en los túneles y en las zonas aledañas de la superficie de las minas.

**Imagen 8.** Riesgo por contacto eléctrico (ERS-10) Mina la Antioqueña



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

### **13.1.1 Valoración de la Severidad de Consecuencias (SC)**

La estimación de la Severidad de las Consecuencias (gravedad de las posibles consecuencias) sobre los potenciales receptores cuando un escenario de peligro se vuelve efectivo es relativamente complejo, debido a su procedencia están íntimamente relacionados con los receptores, por lo tanto, es necesario definir criterios que nos permitan evaluar esa severidad. Este parámetro permitió visibilizar la problemática de los escenarios de riesgo más relevantes a una escala regional.

Con el fin de facilitar la estimación, se asignaron valores de 1 a 4 como consecuencias Bajas, Medias, Alta y Catastrófica respectivamente para los diferentes receptores (personas, el medio ambiente, la actividad minera y otras actividades económicas como la ganadería y la agricultura).

Una vez generada estas calificaciones de SC, se realiza un promedio ponderado del valor asignado a cada uno de los escenarios de riesgos; este promedio consiste en la suma de los productos entre la cantidad de minas en el que se aprecia el escenario de

riesgo y el valor SC asignado; dividido por la suma total de minas con el escenario de riesgo presentado (Ecuación 1).

**Ecuación 1.** Promedio ponderado de la Severidad de las Consecuencias

$$Prom\ SC = \frac{\sum SC * X}{\sum X}$$

Dónde:

Prom SC = Promedio ponderado de la Severidad de las consecuencias

SC = Valor Severidad de consecuencias

X = Número de minas en el que se aprecia el escenario de riesgo

Esta ecuación es generada por el grupo de trabajo de la Universidad Nacional con el fin de generar un único y solo valor de SC al escenario de riesgos evaluado y así generar la categoría dentro de la matriz de priorización.

Ejemplo: El escenario de riesgo (ERS-20: Riesgos ergonómicos) presenta un valor Prom SC de:

$$Prom\ SC\ (ERS - 20) = (49 * 3 + 8 * 1 + 17 * 2) / (49 + 8 + 17)$$

$$Prom\ SC\ (ERS - 20) = 2,55 \approx 3$$

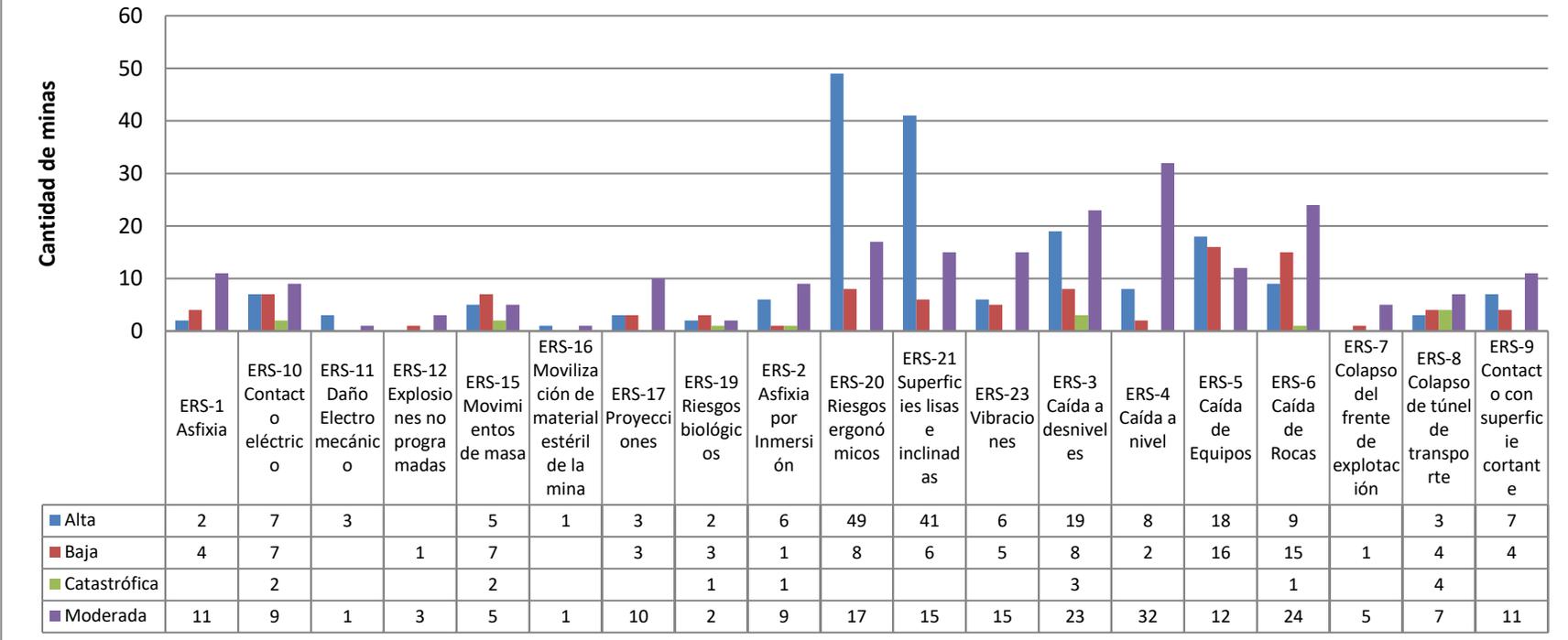
**Nota:** Este número es aproximado al entero más cercano debido a la escala de valor del SC y es empleado en la valoración de la matriz de priorización de riesgos.

Teniendo en cuenta los escenarios de riesgos observados en las minas del municipio de Segovia se realiza la identificación de receptores y la valoración de la Severidad de las Consecuencias (SC) que éstos generan en cada una de las minas (Figura 8). Este

análisis se realiza de forma particular para cada una de las minas en las que se identifica el escenario de riesgo y no tiene en cuenta el valor promedio ponderado de SC.

La severidad de las consecuencias, fue el parámetro evaluado y graficado mediante herramientas SIG, con su manipulación, se pudo identificar la gravedad de las posibles consecuencias de cada uno de los riesgos asociados a minería aurífera identificados inicialmente. De igual manera se pudieron determinar cuáles no son tan significativos en la zona de estudio.

## Severidad de las consecuencias (SC) Municipio de Segovia



**Figura 8.** Severidad de las consecuencias para el Municipio de Segovia

Según la Figura 8 los riesgos que presentan mayor SC tanto para las personas como para la actividad minera es el colapso del túnel de transporte (ER-8) con una valoración Catastrófica en 4 minas, lo anterior puede ser justificado con los casos de accidentes que se han presentado y los daños físicos y estructurales que ocasiona el hecho de tener túneles sin un adecuado sostenimiento.

Los riesgos ergonómicos (ER-20) con una valoración Alta se presentan en 49 minas esto puede ocasionar lesiones progresivas y hasta discapacidad permanente a mediano y largo plazo en las personas por los sobreesfuerzos a los que están expuestos al cargar pesos superiores a los permitidos y las altas pendientes que deben recorrer a lo largo de las minas, agravado por la alta incidencia de las superficies lisas e inclinadas (ER-21).

Las minas que presentan riesgo de caída de equipos (ERS-5) son pocas debido al sistema de transporte predominante es el catanguero (carga de roca y mineral en el hombro) y no cuentan con equipos tecnificados. La caída de rocas (ERS-6) presenta una valoración de Moderada en 24 minas, se esperaría que este escenario tuviera un mayor valor, sin embargo, los eventos ocurridos relacionados con caídas de roca no representaron grandes afectaciones por la alta competencia del macizo rocoso y al buen entibado de los túneles principales (Puertas Alemanas atizadas y forradas).

Los riesgos de asfixia por inmersión (ERS-2), caída a desniveles (ERS-3), caída de rocas (ERS-6), colapso de túnel de transporte (ERS-8), contacto eléctrico (ERS-10), movimientos en masa (ERS-15); presentaron SC en todas sus categorías. A pesar de que las cantidades de ellas son muy pocas, son ocurrencias que han cobrado víctimas (SC con valor Catastrófica) y/o lesiones graves (SC con valor Alta).

### 13.1.2 Valor de índice de probabilidad (IP)

Para obtener el valor de probabilidad de ocurrencia, se realiza el cálculo del Índice de Probabilidad (IP) (Anexo). Para obtener dicho valor es necesario calcular dos parámetros, el nivel de deficiencia y de exposición (Ecuación 2).

**Ecuación 2.** Matriz de valoración IP

$$\text{Matriz IP} = [ND \times NE]$$

Dónde:

IP = Índice de Probabilidad

ND = Nivel de Deficiencia del escenario de riesgo

NE = Nivel de Exposición

La valoración del ND: Nivel de Deficiencia y NE: Nivel de Exposición se realiza a través de unas Guías de cálculo de IP. Luego se efectúa la categorización, estandarización y evaluación del IP bajo una combinación matricial de los valores de ND y NE según la Tabla 10.

**Tabla 10.** Matriz y estándares del Índice de Probabilidad (IP)

	<b>Nivel de exposición</b>			
<b>Nivel de deficiencia del escenario</b>	<b>Esporádico (1)</b>	<b>Ocasional (2)</b>	<b>Frecuente (3)</b>	<b>Continuo (4)</b>
<b>Muy Alto</b>	Muy Alto-1	Muy Alto-2	Muy Alto-3	Muy Alto-4
<b>Alto</b>	Alto-1	Alto-2	Alto-3	Alto-4
<b>Moderado</b>	Moderado-1	Moderado-2	Moderado-3	Moderado-4
<b>Bajo</b>	Bajo-1	Bajo-2	Bajo-3	Bajo-4
<b>VALOR DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD (IP)</b>				
<b>Muy Alta</b>				

<b>Alta</b>	
<b>Moderada</b>	
<b>Baja</b>	

Por último, se calcula un promedio ponderado del valor IP asignado a cada uno de los escenarios de riesgos (Ecuación 3).

**Ecuación 3.** Promedio ponderado del Índice de Probabilidad

$$Prom\ IP = \frac{\sum IP * X}{\sum X}$$

Dónde:

Prom IP = Promedio ponderado del Índice de Probabilidad

IP = Índice de Probabilidad

X = Número de minas en el que se aprecia el escenario de riesgo

Esta ecuación fue generada por el grupo de trabajo de la Universidad Nacional con el fin de generar un único y solo valor de IP al escenario de riesgos evaluado.

Ejemplo: El escenario de riesgo (ERS-17: Proyecciones) presenta un valor Prom IP de:

$$Prom\ IP\ (ERS - 17) = (9 * 3 + 5 * 2 + 2 * 4) / (9 + 5 + 2)$$

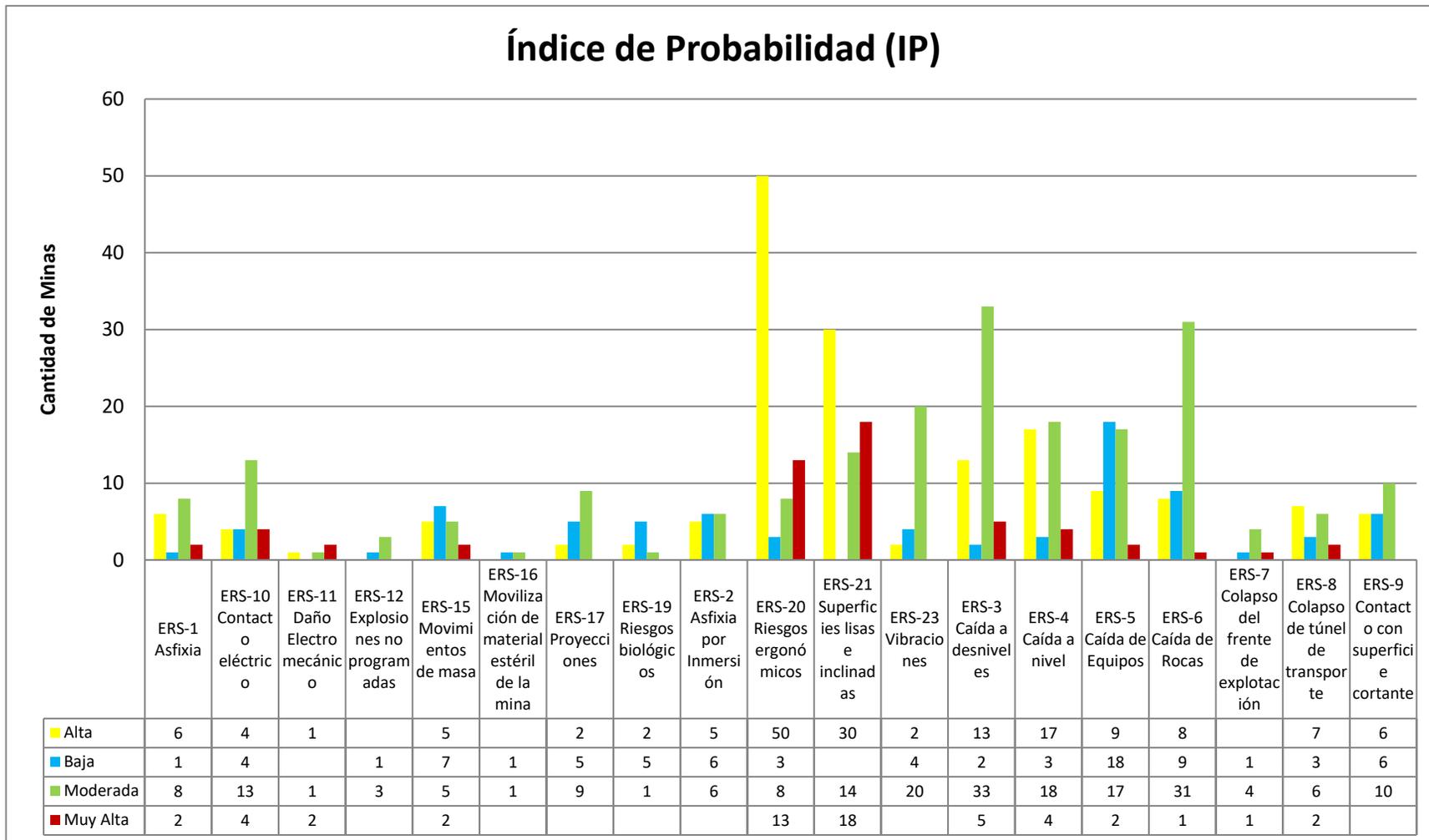
$$Prom\ SC\ (ERS - 17) = 2,81 \approx 3$$

**Nota:** Este número es aproximado al entero más cercano debido a la escala de valor del IP y es empleado en la valoración de la matriz de priorización de riesgos.

Teniendo en cuenta los escenarios de riesgos observados en las minas del municipio de Segovia se realiza la identificación de Receptores y valoración del índice de probabilidad (IP) que éstos generan en cada una de las minas (Figura). Cabe mencionar

que este análisis se realiza de forma particular para cada una de las minas en las que se identifica el escenario de riesgo.

Para la obtención de los Índices de Probabilidad de ocurrencia (IP) a cada uno de los escenarios de riesgos se tuvo en cuenta dos factores, el tiempo de exposición al riesgo; es decir, los turnos en que laboran las minas en Segovia las cuales en su mayoría son de 1 turno de 8 horas/día, trabajando 6 días/semana, y las Guías de cálculo de IP que incluyen condiciones de operación y seguridad en las que se lleva a cabo la actividad (Figura 9).



**Figura 9.** Índice de Probabilidad IP para el Municipio de Segovia

En la Figura 9 se aprecian los valores IP de cada uno de los riesgos, presentándose Muy Alta y en una cantidad de 63 minas el riesgo ergonómico (ERS-20), Las superficies lisas inclinadas (ERS-21) en 48 minas; esto es debido a que el método de transporte que predomina es el catanguero (transporte de material al hombro). También las dimensiones de los túneles y los tiempos en que se ejecutan estas labores, aumentan la probabilidad de ocurrencia.

Los riesgos de caída a nivel (ERS-4) y desnivel (ERS-3) se presentan Altos en 18 y 33 minas respectivamente, y Muy Altos en 21 y 18 minas respectivamente. Lo anterior es debido a las grandes inclinaciones que presentan los túneles (entre 30 y 45° en túneles principales) y secciones de túneles verticales sin ningún tipo de mitigación de riesgos (soga de amarre).

El Escenario de riesgo de caída de rocas (ERS-6) tiene Alta probabilidad de ocurrencia en 31 minas debido a sus condiciones de sostenimiento e inestabilidad del terreno, lo que se necesite un cambio frecuente de las puertas de madera en los túneles y frentes de explotación. Las caídas de equipos también tienen una incidencia importante, ya que presentan un grado de probabilidad Muy Alto en 11 minas y Alto en 17 minas, por la mala disposición de algunos equipos y a su mal estado, como el caso de los cables de los malacates que se pueden romper/ partir y ocasionar accidentes de consideración.

### **13.1.3      *Análisis de priorización de los riesgos***

La priorización de los riesgos se realiza a través de una matriz donde se conjugan los valores de SC e IP, obteniéndose categorías según el tiempo y medidas de acción (Significativas y No significativas) (Tabla 11).

**Tabla 11.** Matriz de priorización de riesgos

		<b>Severidad de las Consecuencias (SC)</b>			
<b>Índice de Probabilidad (IP)</b>	Baja (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Catastrófica (4)	
Muy Alta	<b>1 Muy Alta</b>	<b>2 Muy Alta</b>	<b>3 Muy Alta</b>	<b>4 Muy Alta</b>	
Alta	<b>1 Alta</b>	<b>2 Alta</b>	<b>3 Alta</b>	<b>4 Alta</b>	
Moderada	<b>1 Moderada</b>	<b>2 Moderada</b>	<b>3 Moderada</b>	<b>4 Moderada</b>	
Baja	<b>1 Baja</b>	<b>2 Baja</b>	<b>3 Baja</b>	<b>4 Baja</b>	
<b>Descripción de priorización</b>					
Significativa (Tipo 1)	Escenarios en los que hay que actuar de manera inmediata				
Significativa (Tipo 2)	Escenarios en los que se genera una alerta a corto plazo				
No Significativa (Tipo 1)	Escenario en los que se genera una alerta de manera esporádica				
No Significativa (Tipo 2)	Escenarios con los cuales se puede convivir en la operación				

En la Tabla 12 se observan los valores de priorización para cada uno de los escenarios identificados y las cantidades de minas asociadas a cada uno de estos valores. Cabe mencionar que los valores del promedio ponderado de la priorización de los riesgos provienen de la combinación entre los valores Prom SC y Prom IP los cuales fueron calculados con anterioridad.

**Tabla 12.** Valoración de la priorización de riesgos

Escenarios de riesgos por seguridad	Valor Priorización de riesgos				Promedio
	Significativa (Tipo 1)	Significativa (Tipo 2)	No Significativa (Tipo 1)	No Significativa (Tipo 2)	
ERS-1 Asfixia	1	7	6	3	
ERS-10 Contacto eléctrico	6	6	6	7	
ERS-11 Daño Electromecánico	2	2			
ERS-12 Explosiones no programadas			3	1	
ERS-15 Movimientos de masa	4	5	4	6	
ERS-16 Movilización de material estéril de la mina		1	1		
ERS-17 Proyecciones		5	8	3	
ERS-19 Riesgos biológicos	2	1	2	3	
ERS-2 Asfixia por Inmersión	2	8	7		
ERS-20 Riesgos ergonómicos	42	22	8	2	
ERS-21 Superficies lisas e inclinadas	34	17	9	2	
ERS-23 Vibraciones		7	15	4	
ERS-3 Caída a desniveles	10	19	19	5	
ERS-4 Caída a nivel	4	21	15	2	
ERS-5 Caída de Equipos	4	16	15	11	

ERS-6 Caída de Rocas	2	13	22	12	
ERS-7 Colapso del frente de explotación		1	4	1	
ERS-8 Colapso de túnel de transporte	5	6	4	3	
ERS-9 Contacto con superficie cortante	3	6	10	3	

**Nota:** El valor promedio ponderado de la priorización se realiza con los Prom SC y Prom SC con el fin de no acumular errores algebraicos y/o matemáticos acumulados en la aproximación al entero más cercano.

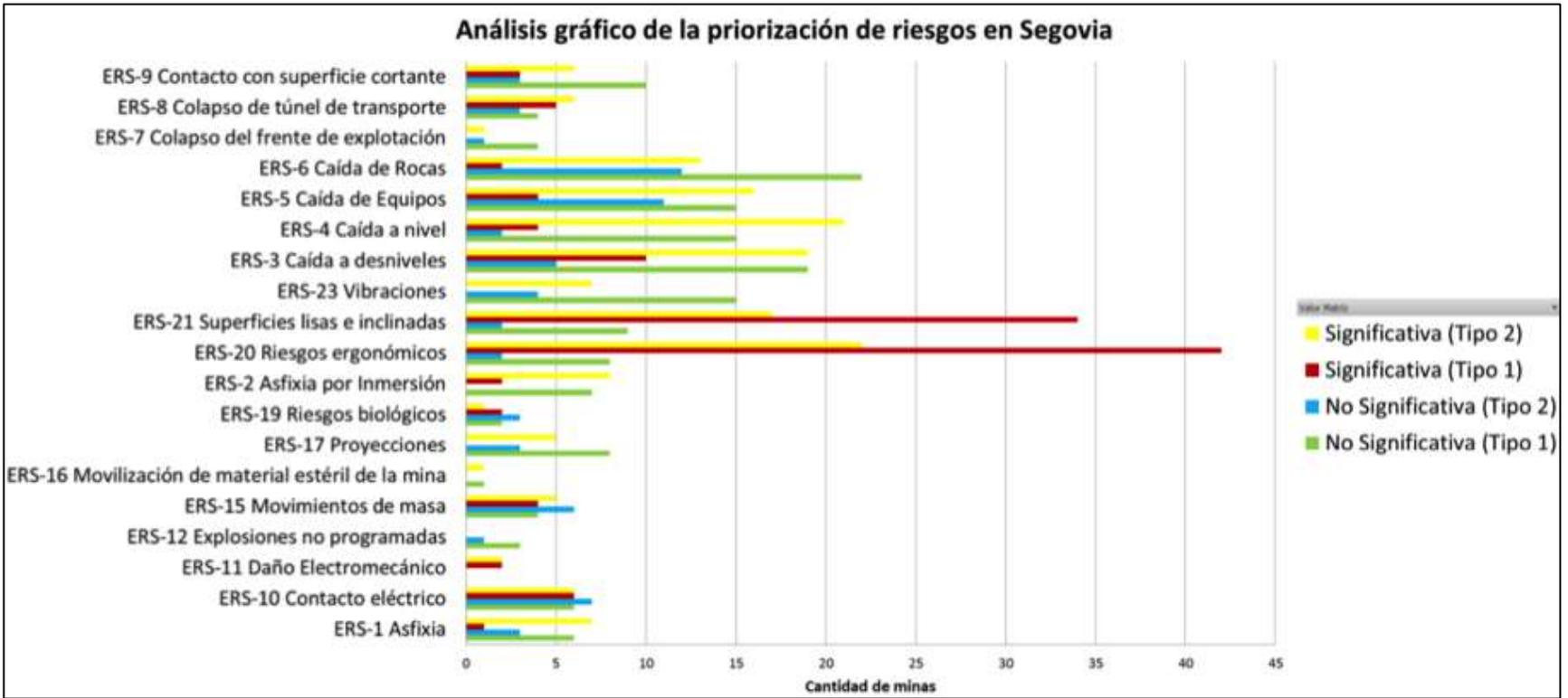


Figura 10. Esquema de la matriz de priorización de riesgos en Segovia

En general, las actividades mineras del municipio de Segovia, presentan escenarios de riesgos por seguridad con una prioridad entre, No Significativa Tipo 1 a Significativa Tipo 1, es decir; escenarios de riesgos cuyas acciones de control o mitigación deben realizarse de manera inmediata hasta alertas esporádicas.

Los escenarios de riesgos por seguridad en los que se deben tomar acciones inmediatas son: (ERS-11) Daño electromecánico, (ERS-20) Riesgos ergonómicos y (ERS-21) Superficies lisas e inclinadas.

En la Figura 10 y en la Tabla 13 se observa que el escenario de riesgo con mayor prioridad (Significativa Tipo 1) es el ERS-20 el cual se presenta en 42 de las 74 minas donde se aprecia este riesgo. El riesgo que alcanzó una prioridad más baja (No significativa Tipo 1) es el ERS-6 presentándose en 12 de las 49 minas.

El escenario menos común presentado en las minas fue el de movilización de estéril (ERS-16), lo cual tiene que ver con riesgo de derrumbe o afectación a terceros debido a la disposición incorrecta de este material.

**Tabla 13.** Matriz de priorización de riesgos

Índice de Probabilidad	Severidad de las Consecuencias			
	Baja (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Catastrófica (4)
Muy Alta			ERS-11, ERS-20, ERS-21	
Alta		ERS-12, ERS-15, ERS-17, ERS-19, ERS-2, ERS-23, ERS-3, ERS-4, ERS-5, ERS-6, ERS-7, ERS-8, ERS-9	ERS-16	

Moderada			ERS-1, ERS-10	
Baja				

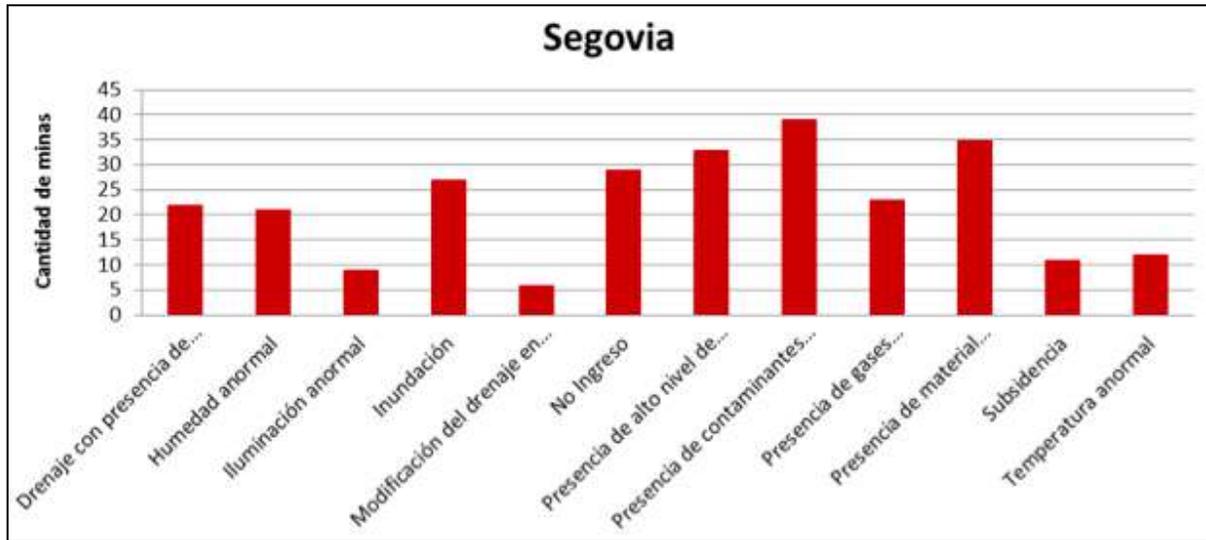
### 13.2 Escenarios de Riesgos por contaminación (ERC)

Para cada una de las minas visitadas se observaron los diferentes escenarios de riesgos por contaminación (Tabla 14 y Figura 11). A partir de la información procesada de las fichas de campo se observa la cantidad de minas que presentaron los diferentes riesgos según la clasificación correspondiente.

**Tabla 14.** Escenarios de riesgo por contaminación en Segovia

<b>Códigos</b>	<b>Escenarios de riesgos por contaminación</b>	<b>Cantidad de minas</b>
ERC-1	Drenaje con presencia de contaminantes (Aguas ácidas)	22
ERC-2	Humedad anormal	21
ERC-3	Iluminación anormal	9
ERC-4	Inundación	27
ERC-6	Modificación del drenaje en aguas superficiales	6
-	<i>No Ingreso</i>	29
ERC-8	Presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas	39
ERC-9	Presencia de alto nivel de ruido	33
ERC-10	Presencia de gases contaminantes	23
ERC-11	Presencia de material particulado (polvo)	35
ERC-12	Subsidencia	11
ERC-13	Temperatura anormal	12

**Nota:** El ítem “no ingreso” se refiere a las minas que por su condición de abandonadas o inactivas, no se obtuvo información.



**Figura 11.** Escenarios de riesgo por contaminación en Segovia

La presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en agua (ERC-8) fue el riesgo predominante, con una tendencia más inclinada a la presencia de sedimentos que a los contaminantes tóxicos, esto es debido a la presencia de lodos al interior de la mina, movilización constante de personal con carga (cantangueros), presencia de filtraciones en techos y pisos de túneles que generan acumulación de aguas con sedimentos, la cual es bombeada al exterior e incorporada a la fuente más cercana (Imagen 9 e Imagen 10).

**Imagen 9.** Presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en agua (ERC-8). Efluente de Mina La Bonanza.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

**Imagen 10.** Contaminación de fuentes hídricas por minería aluvial. Quebrada la Aparecida, sector de Fraguas.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

El alto nivel de ruido (ERC-9) y la presencia de material particulado (ERC-11) se generan tanto en el momento de la perforación (Imagen 11) como en el proceso de beneficio.

Se observó que en las minas que poseían plantas de beneficio, los operarios no hacían uso de los elementos básicos de protección personal (tapa bocas y tapa oídos) estipulados por la ley, estando constantemente expuestos al polvo y al ruido generado en su actividad.

**Imagen 11.** Presencia de material particulado (polvo) en el momento de la perforación y antes de la voladura. Mina La Fe.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

El riesgo por presencia de los gases contaminantes (ERC-10) se genera en el momento de la voladura. Se encontró que en algunos casos los operarios no esperaban el tiempo suficiente antes de volver a ingresar al túnel luego de hacer la voladura, inhalando los gases generados por ésta; así como también zonas en las que estos gases se acumulaban (zonas abandonadas sin ningún tipo de aislamiento).

El escenario de riesgo de inundación (ERC-4) y de humedad anormal (ERC-2), se presentan en aquellas minas donde la condición de humedad es crítica, la influencia de los niveles freáticos es alta y a los sistemas de drenaje tienen fallas o son ineficientes

(Imagen 12). El drenaje con presencia de aguas ácidas (ERC-1) se presentó en un total de 22 minas, con valores de pH entre 3,5 y 5 (Imagen 13).

**Imagen 12.** Inundación (ERC-4) y humedad anormal (ERC-2). Mina El Higueron



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

**Imagen 13.** Aguas ácidas (ERC-1). Mina La Galaxia #3.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

### **13.2.1 Valoración de Severidad de Consecuencias (SC)**

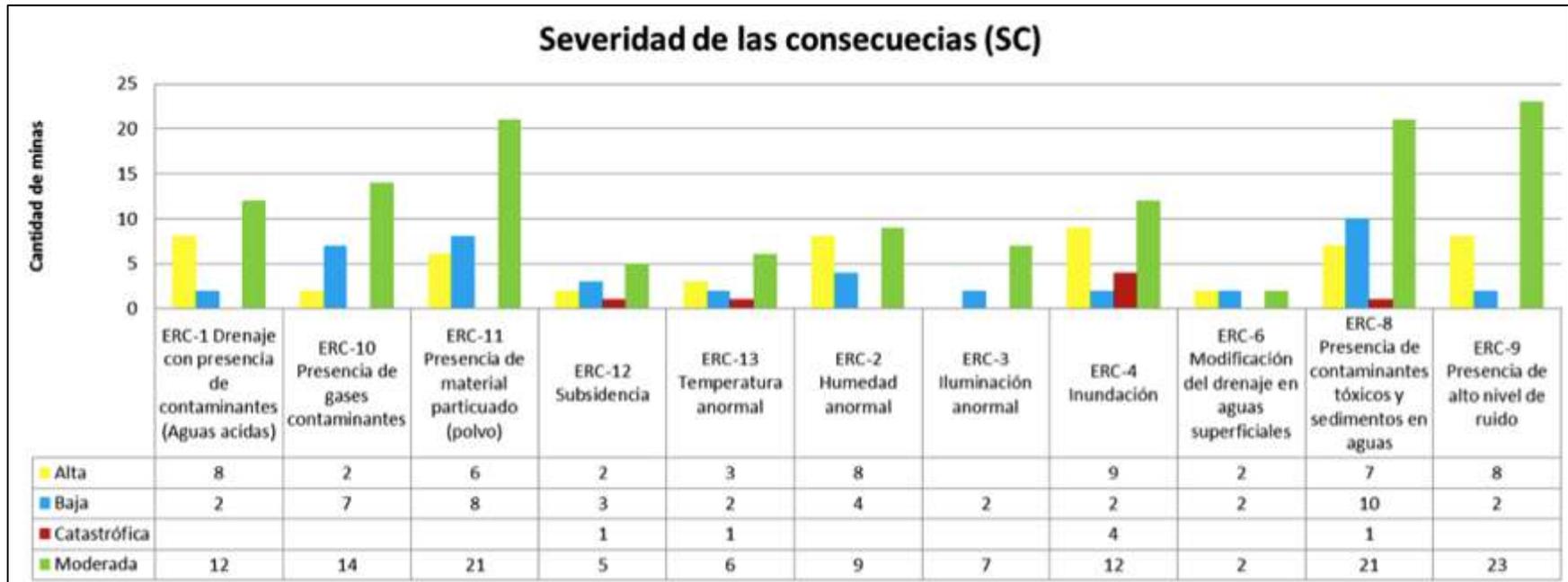
De manera similar al el planteamiento y análisis de la valoración de Severidad de Consecuencias (SC) para los escenarios de riesgos asociados a la seguridad se realiza el análisis de los receptores y SC para los riesgos asociados a la contaminación. Dicho análisis se realiza de forma particular para cada una de las minas en las que se identifica los escenarios de riesgo y no tiene en cuenta el valor promedio ponderado de SC.

Según la Figura 12 los riesgos que presentan mayor SC tanto para las personas y la actividad minera es la inundación (ERC-4) con una valoración Catastrófica para 4 unidades mineras, la abundancia de aguas subterráneas en ineficiencia de las bombas para drenarlas, hace que comúnmente se suspendan temporalmente las actividades y ocasionalmente ocasiona el cierre completo de la mina.

El riesgo que se presentó con mayor frecuencia es la presencia de alto nivel de ruido (ERC-9) en 23 unidades mineras visitadas. Si bien la valoración de SC es Moderada, es un riesgo al que comúnmente se encuentran expuestos que están perforistas y que puede ocasionar daños a mediano y largo plazo.

La presencia de aguas con sedimentos (ERC-8) alcanzó consecuencias Moderadas en 21 minas y Catastrófica en 1 de ellas. Esto se debe a que durante el tiempo de la operación el agua del drenaje se saturada de sedimentos lo cuales afectan las condiciones físicas y biológicas del cuerpo de agua receptor.

La severidad de las consecuencias, fue el parámetro evaluado para escenarios de riesgo y graficado mediante herramientas SIG, con su manipulación, se pudo identificar la gravedad de las posibles consecuencias de cada uno de los riesgos asociados a minería aurífera por contaminación identificados inicialmente. De igual manera se pudieron determinar cuáles no son tan significativos o tienen una influencia menor en la zona de estudio. Este parámetro al igual que en los escenarios por seguridad, permitió visibilizar regionalmente la problemática.



**Figura 12.** Severidad de las Consecuencias (SC) en Segovia

El riesgo de inundación (ERC-4) merece especial atención, ya que además de que presenta una valoración SC Alta en 9 minas y Moderada en 12, hay 4 minas con una severidad Catastrófica. Según lo observado en las campañas de campo, este riesgo se incrementa, como ya se había mencionado anteriormente tanto por una alta influencia de los niveles freáticos como por los ineficientes sistemas de desagüe en las minas.

El drenaje con presencia de aguas ácidas (ERC-1) afecta negativamente a las fuentes de agua más cercanas con un valor SC Alta, presentando un pH variable entre 3,5 y 5 en 8 minas. Mientras que el riesgo que presentan menor severidad para el ambiente laboral es la iluminación anormal (ERC-3) con una valoración de Baja en 2 Minas, ya que en la gran mayoría de las minas visitadas presentaban lámparas de seguridad con suficiente carga e iluminación para realizar las labores; en los casos en los que se presentó consecuencia Moderada (7 minas) fue debido a que no poseían los elementos de iluminación necesarios.

### **13.2.2 Valoración de Índice de Probabilidad (IP)**

Para llevar a cabo esta valoración, se hace uso de la misma metodología implementada para los escenarios de riesgos por seguridad. Los resultados de los IP para cada uno de los escenarios de riesgos se aprecian en la Figura 13.

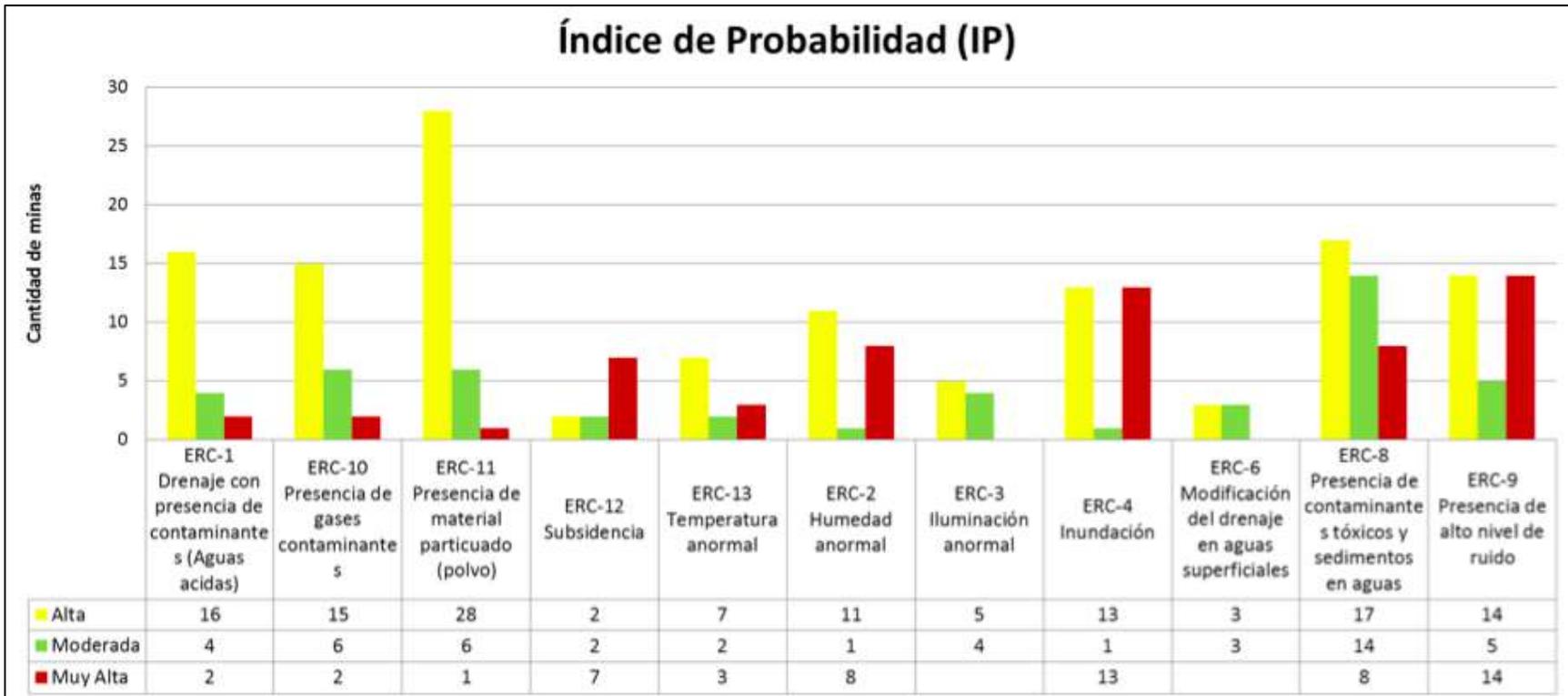


Figura 13. Índice de Probabilidad (IP) en Segovia

En la Figura 13 se observan los valores de IP de cada uno de los riesgos, presentándose escenarios como inundación (ERC-4) y altos niveles de ruidos (ERC-9), con una valoración IP Muy Alta en 13 y 14 minas respectivamente.

Con unas valoraciones Muy Alta en 8 minas y Alta en 17 minas, el escenario de riesgo de presencia de contaminantes tóxicas y sedimentos en aguas (ERC-8) presenta un importante IP; y en 16 minas con categoría de IP Alta el escenario de drenaje con presencia de acidez (ERC-1).

El escenario de riesgo de presencia de material particulado (ERC-11) obtuvo un IP Alta en 28 minas, debido a que su proceso de perforación no incluía agua (perforación con taladro eléctrico – “Maquita”) para disminuir el polvo producido.

El índice de probabilidad del escenario de riesgo de presencia aguas ácidas (ERC-1) y de gases contaminantes (ERC-10) fue alto en 16 y 15 minas respectivamente, debido, para este último; a las malas prácticas constantes en el proceso de voladura y extracción de material.

### **13.2.3 Análisis de priorización de los riesgos**

Una vez calculado los valores de SC e IP, estos son evaluados en la matriz de valoración y priorización de los riesgos, en los cuales se obtuvieron los valores de la Figura 14 y Tabla 15.

**Nota:** El valor promedio ponderado de la priorización se realiza con los Prom SC y Prom SC con el fin de no acumular errores algebraicos y/o matemáticos acumulados en la aproximación al entero más cercano.

**Tabla 15.** Valoración de la priorización de riesgos

Escenarios de riesgos por Contaminación	Valor Priorización de riesgos				Promedio
	Significativa (Tipo 1)	Significativa (Tipo 2)	No Significativa (Tipo 1)	No Significativa (Tipo 2)	
ERC-1 Drenaje con presencia de contaminantes (Aguas ácidas)		8	14		2
ERC-10 Presencia de gases contaminantes		4	12	7	2
ERC-11 Presencia de material particuado (polvo)		7	20	8	2
ERC-12 Subsistencia	2	5	2	2	2
ERC-13 Temperatura anormal	3	2	5	2	2
ERC-2 Humedad anormal	5	6	6	4	2
ERC-3 Iluminación anormal			7	2	2
ERC-4 Inundación	9	8	9	1	3
ERC-6 Modificación del drenaje en aguas superficiales		2	2	2	2
ERC-8 Presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas	2	9	21	7	2
ERC-9 Presencia de alto nivel de ruido	4	14	13	2	2

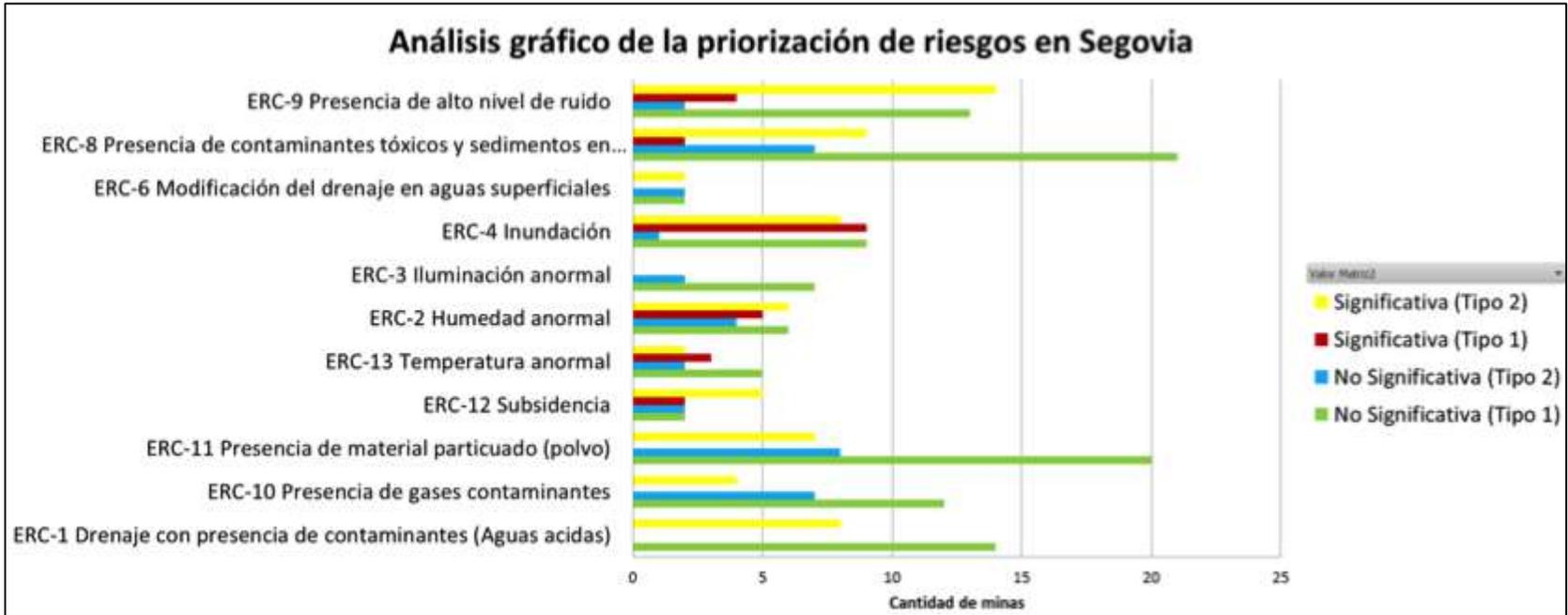


Figura 14. Esquema de la matriz de priorización de riesgos

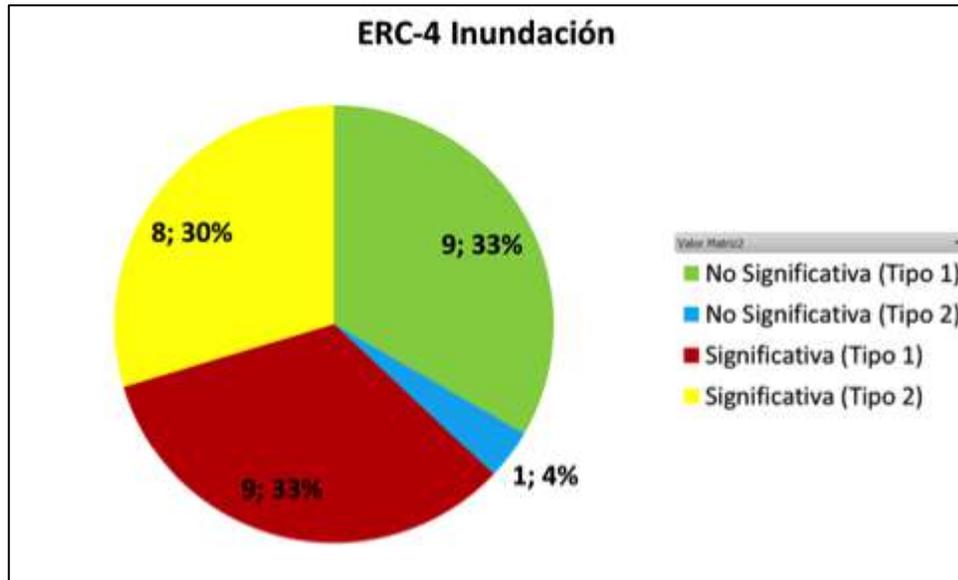
En conclusión, en las actividades mineras del municipio de Segovia se presentan escenarios de riesgos por contaminación con una prioridad entre Significativa Tipo 2 a No Significativa Tipo 2, es decir; escenarios de riesgos cuyas acciones de control o mitigación generan una alerta a corto plazo hasta alertas esporádicas. El escenario de riesgo en el que se generan alerta a corto plazo es el riesgo de inundación (ERC-4) (Tabla 16).

**Tabla 16.** Matriz de priorización de riesgos

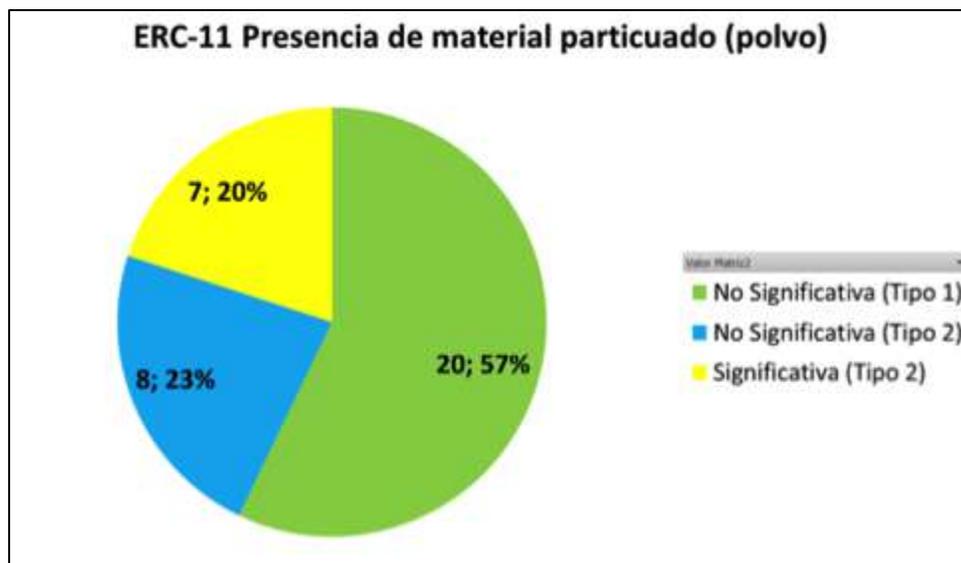
Índice de Probabilidad	Severidad de las Consecuencias			
	Baja (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Catastrófica (4)
Muy Alta				
Alta		ERC-1, ERC-10, ERC-11, ERC-12, ERC-13, ERC-2, ERC-3, ERC-6, ERC-8, ERC-9	ERC-4	
Moderada				
Baja				

En la Figura se observa que el escenario de riesgo con mayor prioridad (Significativa Tipo 1) es el ERC-4 el cual se presenta en 9 de las 27 minas donde se aprecia este riesgo, equivalente al 33%. El riesgo que alcanzó una prioridad más baja (No Significativa Tipo 2) es el ERC-11 presentándose en 8 de las 35 minas en el que se observó este riesgo, equivalente al 23% (Figura 15 y Figura 16).

**Figura 15.** Análisis del escenario de riesgos con mayor prioridad en Segovia



**Figura 16.** Análisis del escenario de riesgo con menor prioridad en Segovia



---

## 14 PANORAMA DE RIESGOS EN MINAS DE REMEDIOS

---

### 14.1 Escenarios de Riesgos por seguridad (ERS)

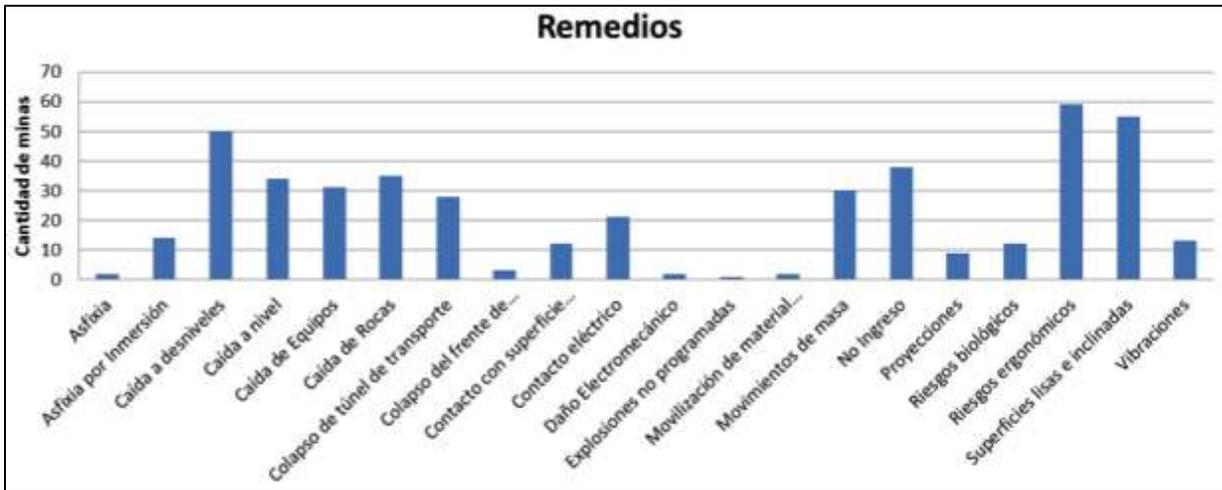
Para cada una de las minas visitadas se observaron los diferentes escenarios de riesgos por seguridad (Tabla 17 y Figura 17). A partir de la información procesada de las fichas de campo, en la Tabla se muestra la cantidad de minas que presentaron los diferentes escenarios de riesgos según la clasificación correspondiente.

Tabla 17. Escenarios de riesgos por seguridad en Remedios

<b>Códigos</b>	<b>Escenarios de riesgos por seguridad</b>	<b>Cantidad de minas</b>
ERS-1	Asfixia	2
ERS-2	Asfixia por Inmersión	14
ERS-3	Caída a desniveles	50
ERS-4	Caída a nivel	34
ERS-5	Caída de Equipos	31
ERS-6	Caída de Rocas	35
ERS-8	Colapso de túnel de transporte	28
ERS-7	Colapso del frente de explotación	3
ERS-9	Contacto con superficie cortante	12
ERS-10	Contacto eléctrico	21
ERS-11	Daño Electromecánico	2
ERS-12	Explosiones no programadas	1
ERS-16	Movilización de material estéril de la mina	2
ERS-15	Movimientos de masa	30
#N/A	<i>No Ingreso</i>	38
ERS-17	Proyecciones	9
ERS-19	Riesgos biológicos	12

ERS-20	Riesgos ergonómicos	59
ERS-21	Superficies lisas e inclinadas	55
ERS-23	Vibraciones	13

**Nota:** El ítem “no ingreso” hace referencia a las minas cuya información no pudo ser diligenciada debido a que se encontraban inactivas o abandonadas.



**Figura 17.** Escenarios de riesgos por seguridad en Remedios

Como puede observarse en la Figura 17 y Tabla 17 el riesgo al que están expuestos en mayor medida el minero es al ergonómico (ERS-20), debido al peso de las catangas que excede en la mayoría de los casos los 50 kg, llegando hasta 80 y 90kg (Imagen 14). Este riesgo se aumenta aún más por las superficies lisas e inclinadas (ERS-21) por las que deben transitar y que predominan en la mayoría de minas del estudio.

**Imagen 14.** Túnel con superficie inclinada (ERS-21) y con riesgo ergonómico (ERS-20).



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

Mina El Aguinaldo

Mina La Culebra

Las pendientes altas de hasta 50 y 70° encontradas en algunos túneles ocasionan caídas a nivel y desnivel potenciales (ERS-4 y ERS-3), riesgos que alcanzaron niveles altos. La ubicación de materiales, basuras, herramientas, tuberías de desagüe y de ventilación en el suelo del túnel, así como las condiciones de mantenimiento de las escaleras de algunas de las minas aumentan estas probabilidades (Imagen 15).

Las caídas de equipos (ERS-5) han sido causa de accidentes, varios de ellos fatales, por la falta de programas de mantenimiento preventivo en el sistema de transporte del material (malacate y coches) como lo reportaron los encargados de la mina El Almacén.

**Imagen 15.** Caída a desnivel (ERS-3), acceso principal mina La Palmichala.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

Las caídas de rocas (ERS-6) también muestran un valor alto entre los riesgos más dominantes en las minas visitadas, generando lesiones leves y graves, principalmente fracturas de alguna de las extremidades, según información suministrada por trabajadores de la zona.

El riesgo de asfixia (ERS-1) se presentó en los casos en que las mangas de ventilación no llegaban hasta el frente de explotación, generando una atmósfera pesada para respirar y temperatura alta, esta situación se presenta en mayor medida luego de hacer la voladura.

Las minas con abundante flujo de agua al interior forman pozos por los que en algunos casos los trabajadores debían pasar a través de ellos cargando el material o transitando para llegar al sitio de explotación activo, generando riesgo de caída y asfixia por inmersión (ERS-2) (Imagen 16).

**Imagen 16.** Asfixia por inmersión (ERS-2). Mina La Culebra.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

El riesgo de colapso de túnel (ERS-8) era latente en sitios donde la madera de sostenimiento se encontraba deteriorada o en mal estado y/o plegada, además de roca muy fracturada generando cuñas y terreno inestable, esta situación se presenta particularmente en las minas abandonadas y en las minas cerradas temporalmente en donde se observa el colapso total del túnel principal (Imagen 17).

**Imagen 17.** Riesgo de colapso de túnel (ERS-8). Mina La Palmichala.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

#### **14.1.1 Valoración de Severidad de Consecuencias (SC)**

Teniendo en cuenta los escenarios de riesgos observados en las minas del municipio de Remedios se realiza la identificación de receptores y valoración de la Severidad de las Consecuencias (SC) que estos generan. Se hizo uso de este parámetro para visibilizar la problemática a nivel regional mediante el uso de herramientas SIG.

Para tal fin se asignó un valor de 1 a 4, con consecuencias Bajas, Medias, Alta y Catastrófica, para los diferentes receptores, los cuales son las personas, el medio ambiente, la actividad minera y otras actividades económicas como la ganadería y la agricultura.

Una vez generada estas calificaciones de SC, se realiza un promedio ponderado del valor asignado a cada uno de los escenarios de riesgos. Este promedio, consiste en la suma de los productos entre la cantidad de minas visitadas en el municipio de Remedios, en el que se aprecia el escenario de riesgo y el valor SC asignado; dividido por la suma total de minas con el escenario de riesgo presentado (Ecuación 4).

**Ecuación 4.** Promedio ponderado de la Severidad de las Consecuencias

$$Prom\ SC = \sum SC * X / \sum X$$

Dónde:

Prom SC = Promedio ponderado de la severidad de las consecuencias

SC = Valor severidad de consecuencias

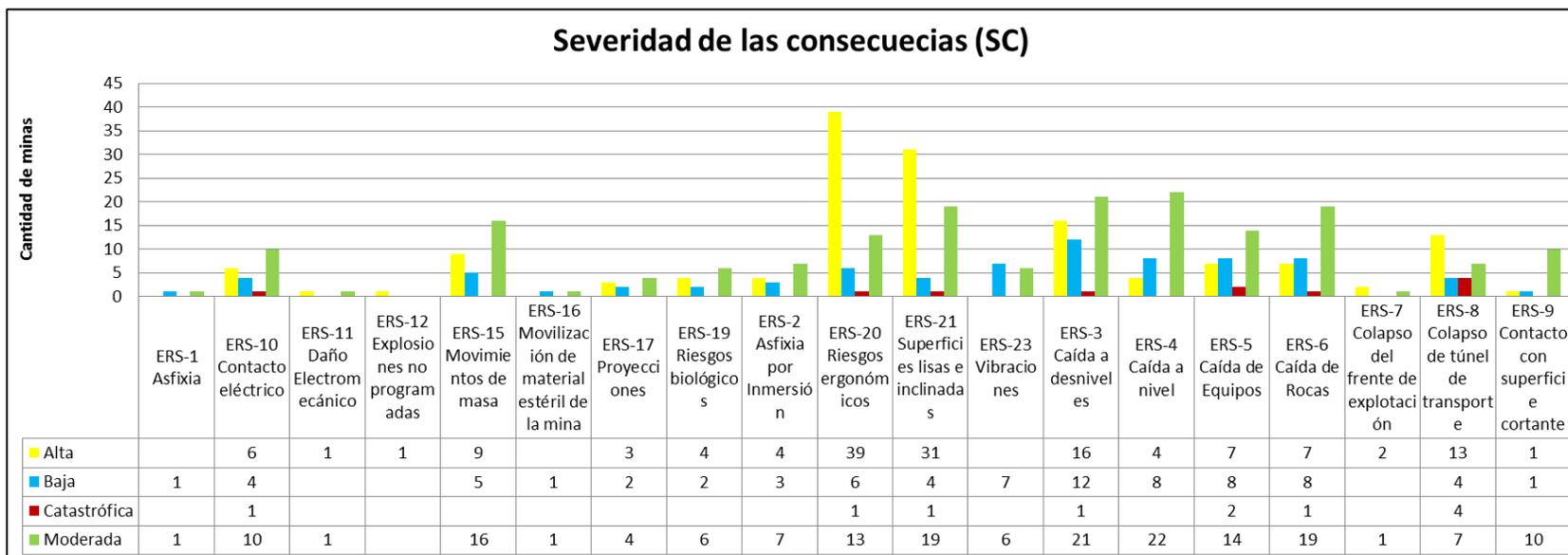
X = Número de minas en el que se aprecia el escenario de riesgo

**Nota:** Este número es aproximado al entero más cercano, debido a la escala de valor del SC y **es empleado en la valoración de la matriz de priorización de riesgos.**

Teniendo en cuenta los escenarios de riesgos observados en las minas del municipio de Remedios, se realiza la identificación de receptores y valoración de la Severidad de las Consecuencias (SC) que éstos generan en cada una de las minas (Figura 18). Cabe mencionar que este análisis se realiza de forma particular para cada una de las minas en las que se identifica el escenario de riesgo y no tiene en cuenta el valor promedio ponderado de SC.

Según la Figura los riesgos que presentan mayor severidad de las consecuencias con valoración Catastrófica que afectan a las personas y por ende a la actividad minera son: caída de equipos (ERS-5) y colapso de túnel de transporte (ERS-8) en 2 y 4 minas respectivamente de acuerdo a los casos de accidentes y daños físicos que se han presentado.

La severidad de las consecuencias, fue el parámetro evaluado y graficado mediante herramientas SIG, con su manipulación, se pudo identificar la gravedad de las posibles consecuencias de cada uno de los riesgos por seguridad asociados a minería aurífera identificados inicialmente. De igual manera se pudieron determinar cuáles no son tan significativos en la zona de estudio.



**Figura 18.** Severidad de las consecuencias (SC) en Remedios

Los riesgos ergonómicos (ER-20) con una valoración Alta en 39 minas, además de las distancias que deben recorrer y las altas pendientes; y al estar relacionado con la alta incidencia de las superficies lisas e inclinadas (ER-21), han ocasionado lesiones físicas en las personas debido al sobre esfuerzo que deben hacer para soportar el peso.

Asociado a los riesgos caídas a desniveles (ERS-3), caídas a nivel (ERS-4) y caída de rocas (ERS-6) para 21, 22 y 19 minas respectivamente, se obtiene una severidad de las consecuencias Moderada afectando principalmente a las personas.

Los escenarios que presentan un menor valor SC son las asfixias (ERS-1), explosiones no programadas (ERS-12) y movilización de material estéril de la mina (ERS-16).

#### **14.1.2 Valoración de Índice de Probabilidad (IP)**

Como se mencionó anteriormente, para obtener el valor de probabilidad de ocurrencia; se realiza el cálculo del Índice de Probabilidad (IP). Para obtener dicho valor es necesario calcular dos parámetros, el nivel de deficiencia y de exposición (Ecuación 5).

**Ecuación 5.** Matriz de valoración IP

$$\text{Matriz IP} = [ND \times NE]$$

Dónde:

IP = Índice de Probabilidad

ND = Nivel de Deficiencia del escenario de riesgo

NE = Nivel de Exposición

La valoración del **ND: Nivel de Deficiencia** y **NE: Nivel de Exposición** se realiza a través de unas Guías de cálculo de IP.

Luego se efectúa la categorización, estandarización y evaluación del IP bajo una combinación matricial de los valores de ND y NE según la Tabla 18.

**Tabla 18.** Matriz y estándares del Índice de Probabilidad (IP)

	Nivel de exposición			
Nivel de deficiencia del escenario	Esporádico (1)	Ocasional (2)	Frecuente (3)	Continuo (4)
Muy Alto	Muy Alto-1	Muy Alto-2	Muy Alto-3	Muy Alto-4
Alto	Alto-1	Alto-2	Alto-3	Alto-4
Moderado	Moderado-1	Moderado-2	Moderado-3	Moderado-4
Bajo	Bajo-1	Bajo-2	Bajo-3	Bajo-4
<b>VALOR DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD (IP)</b>				
Muy Alta				
Alta				
Moderada				
Baja				

Por último, se calcula un promedio ponderado del valor IP asignado a cada uno de los escenarios de riesgos (Ecuación 6).

**Ecuación 6.** Promedio ponderado del Índice de Probabilidad.

$$Prom IP = \frac{\sum IP * X}{\sum X}$$

Dónde:

Prom IP = Promedio ponderado del Índice de Probabilidad

IP = Índice de Probabilidad

X = Número de minas en el que se aprecia el escenario de riesgo

**Nota:** Este número es aproximado al entero más cercano debido a la escala de valor del IP y es empleado en la valoración de la matriz de priorización de riesgos.

Teniendo en cuenta los escenarios de riesgos observados en las minas del municipio de Remedios se realiza la identificación de receptores y valoración del índice de probabilidad (IP) que estos generan en cada una de las minas (Figura 19). Cabe

mencionar que este análisis se realiza de forma particular para cada una de las minas en las que se identifica el escenario de riesgo.

Para la obtención de los IP en cada uno de los escenarios de riesgos se tuvo en cuenta dos factores: el tiempo de exposición al riesgo, es decir, los turnos en que laboran las minas de Remedios, en la mayoría de los casos es de 1 turno de 8 horas/día, trabajando 6 días/semana; y las Guías de cálculo de IP que incluyen condiciones de operación y seguridad en las que se lleva a cabo la actividad, todo ello se muestra en la Figura 19.

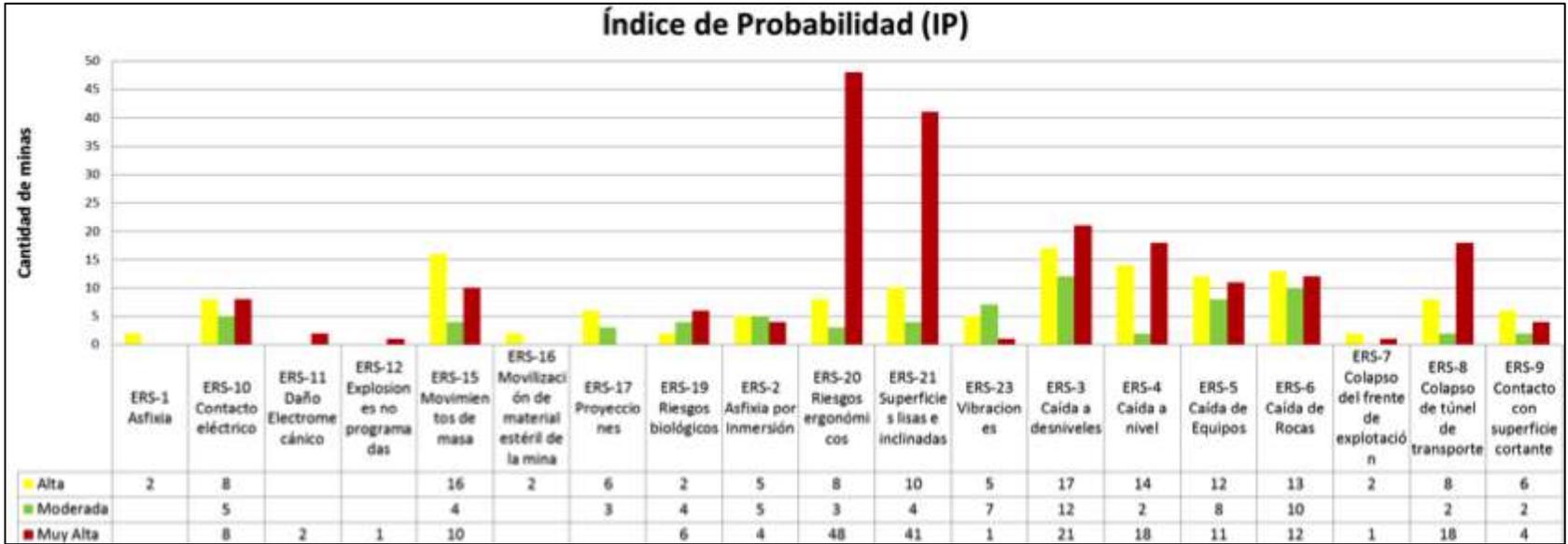


Figura 19. Índice de probabilidad (IP) en Remedios

En la Figura 19, se observan la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los escenarios de riesgos; en donde se presenta una probabilidad Muy Alta tanto en el riesgo ergonómico (ERS-20) en 48 minas, debido a que el catanguero predomina como forma de transporte del material, el empuje de coches de forma manual y las secciones no tienen las condiciones mínimas; como las superficies lisas e inclinadas (ERS-21) e irregulares en 41 minas, además la probabilidad de ocurrencia aumentan con el tiempo en que se ejecuta esta labor, teniendo en cuenta que estas vías son usadas como acceso a los sitios de trabajo y transporte del material.

El riesgo de caída a desnivel (ERS-3) se presenta de manera Muy Alta en 21 minas y Alta en 17 minas debido a la fuerte inclinación que presentan los túneles (entre 30 y 45° en túneles principales) y secciones de túneles verticales sin ningún tipo de elementos de seguridad, en donde se utiliza una cuerda para ayudar a bajar el personal que labora en los turnos.

Los escenarios de riesgo de caída a nivel (ERS-4) y colapso del túnel de transporte (ERS-8), comparten un IP Muy Alta en 18 minas, debido a las condiciones tanto de superficies de los túneles de acceso como de sostenimiento e inestabilidad del terreno, exigiendo un mayor y constante mantenimiento y renovación en las estructuras de sostenimiento de los túneles y frentes de explotación. Mientras que la probabilidad de estos dos escenarios se presenta como Alta en 14 y 8 minas respectivamente.

El riesgo de movimientos en masa (ERS-15), presenta una Alta probabilidad en 16 minas mientras Muy Alta en tan solo 10. La caída de equipos (ERS-5) y la caída de rocas (ERS-6), presentan similares estadísticas, mostrando una probabilidad Muy Alta en 11 y 12 minas respectivamente, y una probabilidad Alta en 12 y 13 minas en el mismo orden de riesgos.

Otro riesgo que predomina es el de contacto eléctrico (ERS-10); cuyo índice es Muy Alto en 8 minas y Alto en el mismo número de éstas.

Los demás escenarios de riesgos (ERS-1; ERS-11; ERS-12; ERS-16; ERS-17; ERS-19; ERS-2; ERS-2; ERS-23; ERS-7; ERS-9), presentan IP en un número inferior a 5 minas; por lo que no son tan relevantes en este análisis.

### 14.1.3 Análisis de priorización de los riesgos

La priorización de los riesgos se realiza a través de una matriz donde se conjugan los valores de SC e IP, obteniéndose categorías según el tiempo y medidas de acción (Significativas y No Significativas) (Tabla 19).

Tabla 19. Matriz de priorización de riesgos

		<b>Severidad de las Consecuencias (SC)</b>			
<b>Índice de Probabilidad (IP)</b>	Baja (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Catastrófica (4)	
Muy Alta	<b>1 Muy Alta</b>	<b>2 Muy Alta</b>	<b>3 Muy Alta</b>	<b>4 Muy Alta</b>	
Alta	<b>1 Alta</b>	<b>2 Alta</b>	<b>3 Alta</b>	<b>4 Alta</b>	
Moderada	<b>1 Moderada</b>	<b>2 Moderada</b>	<b>3 Moderada</b>	<b>4 Moderada</b>	
Baja	<b>1 Baja</b>	<b>2 Baja</b>	<b>3 Baja</b>	<b>4 Baja</b>	
<b>Descripción de priorización</b>					
Significativa (Tipo 1)	Escenarios en los que hay que actuar de manera inmediata				
Significativa (Tipo 2)	Escenarios en los que se genera una alerta a corto plazo				
No Significativa (Tipo 1)	Escenario en los que se genera una alerta de manera esporádica				
No Significativa (Tipo 2)	Escenarios con los cuales se puede convivir en la operación				

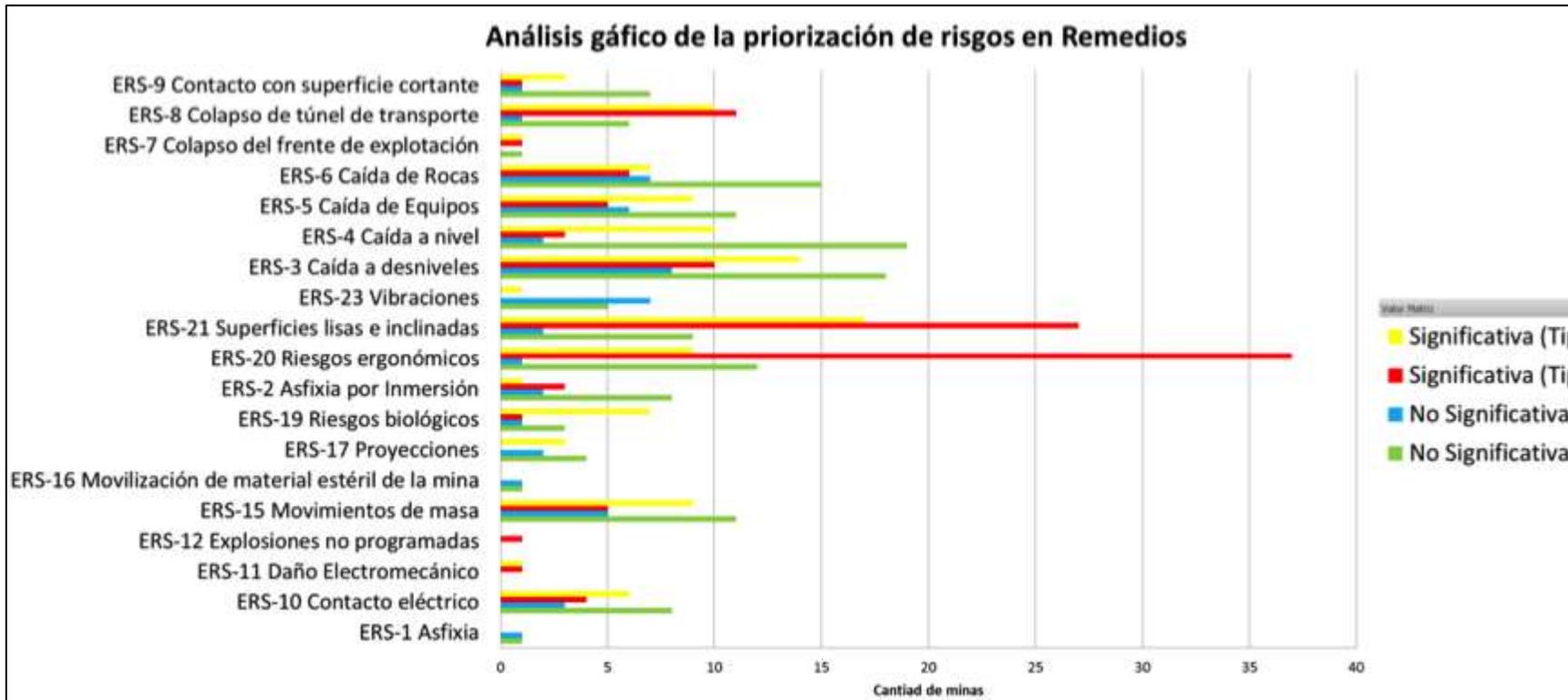
En la Tabla 20 y Figura 20 se muestra que los principales escenarios de riesgos por seguridad en los cuales se destacan: riesgos ergonómicos (ERS-20), superficies lisas e inclinadas (ERS-21), colapso de túnel de transporte (ERS-8) y caídas a desniveles (ERS-3).

**Tabla 20.** Valoración de la priorización de riesgos

Escenarios de riesgos por seguridad	Valor Priorización de riesgos				Promedio Ponderad
	Significativa (Tipo 1)	Significativa (Tipo 2)	No Significativa (Tipo 1)	No Significativa (Tipo 2)	
ERS-1 Asfixia			1	1	2
ERS-10 Contacto eléctrico	4	6	8	3	2
ERS-11 Daño Electromecánico	1	1			4
ERS-12 Explosiones no programadas	1				4
ERS-15 Movimientos de masa	5	9	11	5	2
ERS-16 Movilización de material estéril de la mina			1	1	2
ERS-17 Proyecciones		3	4	2	2
ERS-19 Riesgos biológicos	1	7	3	1	2
ERS-2 Asfixia por Inmersión	3	1	8	2	2
ERS-20 Riesgos ergonómicos	37	9	12	1	4
ERS-21 Superficies lisas e inclinadas	27	17	9	2	4
ERS-23 Vibraciones		1	5	7	1
ERS-3 Caída a desniveles	10	14	18	8	2
ERS-4 Caída a nivel	3	10	19	2	2
ERS-5 Caída de Equipos	5	9	11	6	2
ERS-6 Caída de Rocas	6	7	15	7	2
ERS-7 Colapso del frente de explotación	1	1	1		3

ERS-8 Colapso de túnel de transporte	11	10	6	1	4
ERS-9 Contacto con superficie cortante	1	3	7	1	2

**Nota:** El valor promedio ponderado de la priorización se realiza con los Prom SC y Prom IP con el fin de no acumular errores algebraicos y/o matemáticos generados en la aproximación al entero más cercano.



**Figura 20.** Esquema de la matriz de priorización de riesgos en Remedios.

En general, las actividades mineras del municipio de Remedios, presentan escenarios de riesgos por seguridad con una prioridad entre, No Significativa Tipo 1 a Significativa Tipo 1, es decir; escenarios de riesgos cuyas acciones de control o mitigación deben realizarse de manera inmediata hasta alertas esporádicas. Los escenarios de riesgos por seguridad en los que se deben tomar acciones inmediatas son: daño electromecánico (ERS-11), explosiones no programadas (ERS-12), riesgos ergonómicos (ERS-20), superficies lisas e inclinadas (ERS-21) y colapso de túnel de transporte (ERS-8) (Tabla 21).

**Tabla 21.** Matriz de priorización de riesgos

Índice de Probabilidad	Severidad de las Consecuencias			
	Baja (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Catastrófica (4)
Muy Alta			ERS-11, ERS-12, ERS-20, ERS-21, ERS-8	
Alta	ERS-23	ERS-1, ERS-10, ERS-15, ERS-16, ERS-17, ERS-19, ERS-2, ERS-3, ERS-4, ERS-5, ERS-6, ERS-9	ERS-7	
Moderada				
Baja				

En la Figura 21 se muestra el escenario de riesgo con mayor prioridad riesgos ergonómicos (ERS-20). En Remedios, esta situación se presenta debido a que alguna de las secciones de los túneles y frentes de explotación no cumple con las mínimas dimensiones exigidas, además el peso cargado por los cantangueros para la extracción del material en la mayoría de las ocasiones es mayor del exigido.

En la Figura 22 se muestra el escenario de riesgo con prioridad Moderada en el Municipio de Remedios para un total de 34 minas, la cual está representada en caída a nivel (ERS-4), principalmente debido al estado del piso de la mina (desniveles, lisa, inclinada), presencia de basuras, chatarra, herramientas, tuberías de desagüe y de ventilación.



Figura 21. Análisis del escenario de riesgos con mayor prioridad en Remedios

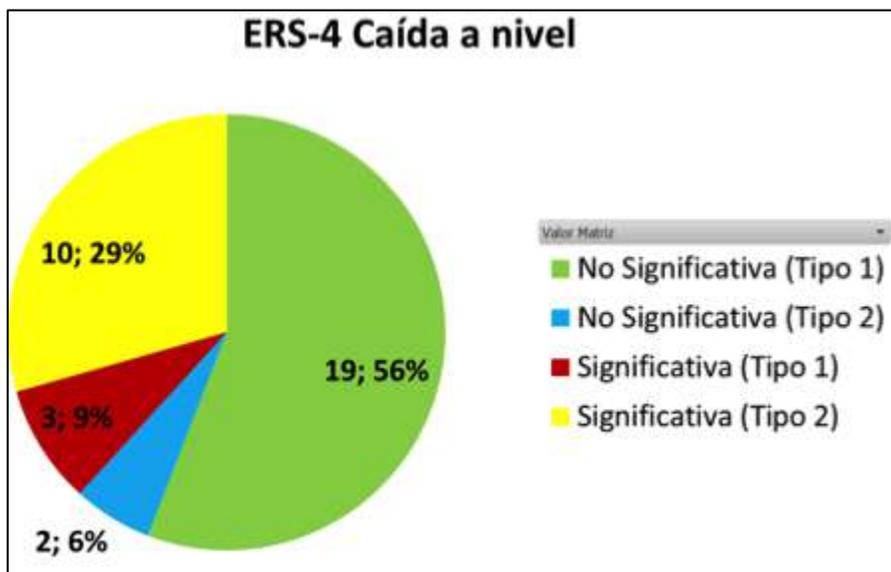


Figura 22. Análisis del escenario con prioridad moderada en Remedios.

## **14.2 Escenarios de Riesgos por contaminación (ERC)**

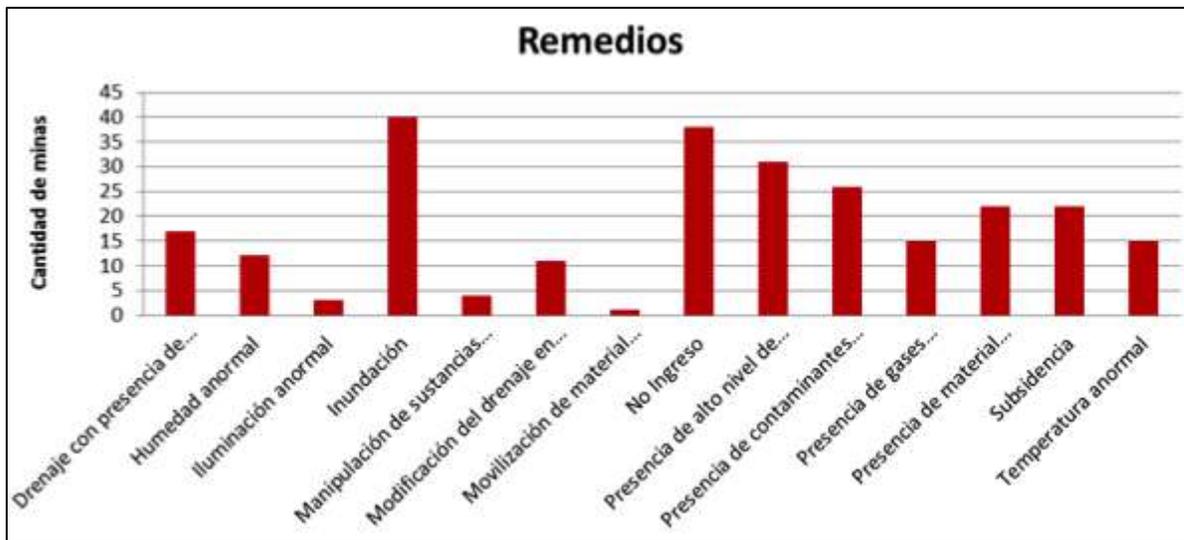
Para cada una de las minas visitadas en el municipio de Remedios, se observaron los diferentes escenarios de riesgos por contaminación (Tabla 22); donde se muestra la cantidad de minas que presentaron un escenario dado.

**Tabla 22.** Escenarios de Riesgo por contaminación en Remedios

<b>Códigos</b>	<b>Escenarios de riesgos por seguridad</b>	<b>Cantidad de minas</b>
ERC-1	Drenaje con presencia de contaminantes (Aguas ácidas)	17
ERC-2	Humedad anormal	12
ERC-3	Iluminación anormal	3
ERC-4	Inundación	40
ERC-5	Manipulación de sustancias tóxicas	4
ERC-6	Modificación del drenaje en aguas superficiales	11
ERC-7	Movilización de material estéril del proceso de beneficio	1
-	No Ingreso	38
ERC-8	Presencia de alto nivel de ruido	31
ERC-9	Presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas	26
ERC-10	Presencia de gases contaminantes	15
ERC-11	Presencia de material particulado (polvo)	22
ERC-12	Subsidencia	22
ERC-13	Temperatura anormal	15

**Nota:** El ítem “no ingreso” se refiere a las minas que por su condición de abandonadas o inactivas, no se obtuvo información.

A partir de la Figura 23, se describen los escenarios de contaminación más importantes y relevantes que se observaron en todas las minas visitadas del municipio de Remedios y sus posibles implicaciones.



**Figura 23.** Escenarios de Riesgo por contaminación en Remedios.

La inundación (ERC-4) dentro de las minas se presentaba frecuentemente en muchas de las visitas realizadas (40 minas), esto debido al exceso de agua filtrada en los techos de las minas y la poca efectividad por parte las motobombas utilizadas.

Otros escenarios como la presencia de altos niveles de ruido (ERC-8) y contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas (ERC-9), merecen especial atención, puesto que se identificaron en un número muy significativo de minas de este municipio (más de 25 minas); esto puede atribuirse a que varias de ellas tenían su propio sistema de beneficio (entable), en la parte exterior de las minas, generando así altos niveles de ruido y alta cantidad de sedimentos vertidos en las fuentes hídricas aledañas (Imagen 18).

**Imagen 18.** Contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas (ERC-9). Mina en el sector de Santa Rita



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

La presencia de material particulado (ERC-11) y subsidencia (ERC-12) (Imagen 19), presentan gran relevancia, puesto que el número de minas que sufren dichos riesgos es considerablemente alto (22 minas), los cuales, por la información recolectada en campo, se deben a la falta de protección (tapabocas) en los trabajadores dentro de las minas, que provoca inhalación de polvo nocivo para la salud de los operarios de turno.

La subsidencia puede ser el resultado tanto de colapso de túneles (recientes o trabajos de explotación antiguos), mal manejo en el sostenimiento de algunas de las minas y en mayor grado por la inestabilidad que generan los agentes externos o atmosféricos como aguas lluvia y de escorrentía sobre terrenos adyacentes a las minas.

**Imagen 19.** Presencia de material particulado (polvo) (ERC-11), Mina La palmichala.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

La presencia de gases contaminantes (ERC-10) generados principalmente durante las labores de voladura, además de los posibles gases generados por la descomposición de la madera del sostenimiento, la temperatura anormal (ERC-13) ocasionado en algunos casos debido a la falta de circuitos de ventilación; y los drenajes con presencia de aguas ácidas (ERC-17) originados principalmente por los minerales como los sulfatos que son disueltos y vertidos en las fuentes hídricas cercanas son otros de los riesgos observados y que presentaron menor cantidad de minas (Imagen 20).

**Imagen 20.** Presencia de gases contaminantes (ERC-10), Mina la Cirila.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

El riesgo de humedad anormal (ERC-2), sumado a la modificación del drenaje en aguas superficiales (ERC-6), son más aplicables a minería de superficie; aunque no se presentan en un número significativo de lugares visitados (11 y 12 minas respectivamente), merecen ser mencionados, puesto que son producto no solo de un ineficiente bombeo de aguas, sino también de un inadecuado desvío de drenajes (Imagen 21).

**Imagen 21.** Riesgo de humedad anormal (ERC-2). Mina La Italia.



Foto tomada por el Grupo de Investigación GEMMA - Universidad Nacional de Colombia

Los demás escenarios de contaminación como la iluminación anormal (ERC-3), la manipulación de sustancias tóxicas (ERC-5) y la movilización del material estéril (ERC-7), se registran en un número muy inferior a las anteriores (3, 4 y 1 mina respectivamente), por ello no se hace mucho énfasis en su interpretación, aunque pueden llegar a ser de especial cuidado y manejo.

#### **14.2.1 Valoración de Severidad de Consecuencias (SC)**

De la misma forma en la que se plantea la valoración de Severidad de Consecuencias (SC) para los escenarios de riesgos asociados a la seguridad se realiza el análisis de los receptores y SC para los riesgos asociados a la contaminación (Figura 24). De igual manera, este análisis se realiza de forma particular para cada una de las minas en las que se identifica el escenario de riesgo y no tiene en cuenta el valor promedio ponderado de SC.

La Figura 24 se observa que los escenarios por contaminación que presentan una SC corresponde al escenario por inundación (ERC-4); presente en 3 minas, debido al alto nivel freático que se aprecia en gran parte de las minas, lo que ocasiona un alto flujo de agua al interior y que en ocasiones por su alto caudal sumado a la baja capacidad de las motobombas genera acumulación al interior de los túneles generando retrasos en el desarrollo y seguridad de la actividad minera. Otro escenario de riesgo que es la presencia de aguas ácidas (ERC-1) en 1 mina, con un pH entre 4 y 5,5.

La presencia del alto nivel de ruido (ERC-9) es considerado otro escenario de riesgo por contaminación con una severidad Alta, el cual es ocasionado principalmente por el funcionamiento de las herramientas necesarias para el desarrollo de la actividad minera tales como: el sistema de ventilación en el caso de Segovia y Remedios se da mediante el denominado búfalo, el funcionamiento de la motobomba para la extracción del agua en la mina, la perforadora utilizada para el avance de la explotación, la actividad de la voladura y el uso de medios de transporte del material mediante los malacates, además que algunas minas tiene sus propios entables, los cuales ocasionan un incremento significativo en éstos niveles de ruido.

La presencia de contaminantes y sedimentos en aguas (ERC-8) presenta una valoración de severidad Alta, debido al vertimiento del material fino generado en la actividad minera a las fuentes hídricas y al uso de mercurio cuando se utiliza para obtener mayor eficiencia de extracción del oro en las labores de barequeo.

La temperatura anormal (ERC-13) presenta una SC Alta, ocasionada por el avance en los frentes de las minas que no se alcanza a cubrir con la ventilación disponible.

Los escenarios que presentan una menor severidad de las consecuencias hacen referencia a la manipulación de sustancias tóxicas (ERC-5) y movilización de material estéril del proceso de beneficio (ERC-7).

La severidad de las consecuencias, fue el parámetro evaluado y graficado mediante herramientas SIG, con su manipulación, se pudo identificar la gravedad de las posibles

consecuencias de cada uno de los riesgos por contaminación asociados a minería aurífera identificados inicialmente. De igual manera se pudieron determinar cuáles no son tan significativos en la zona de estudio y visualizar la problemática a una escala regional.

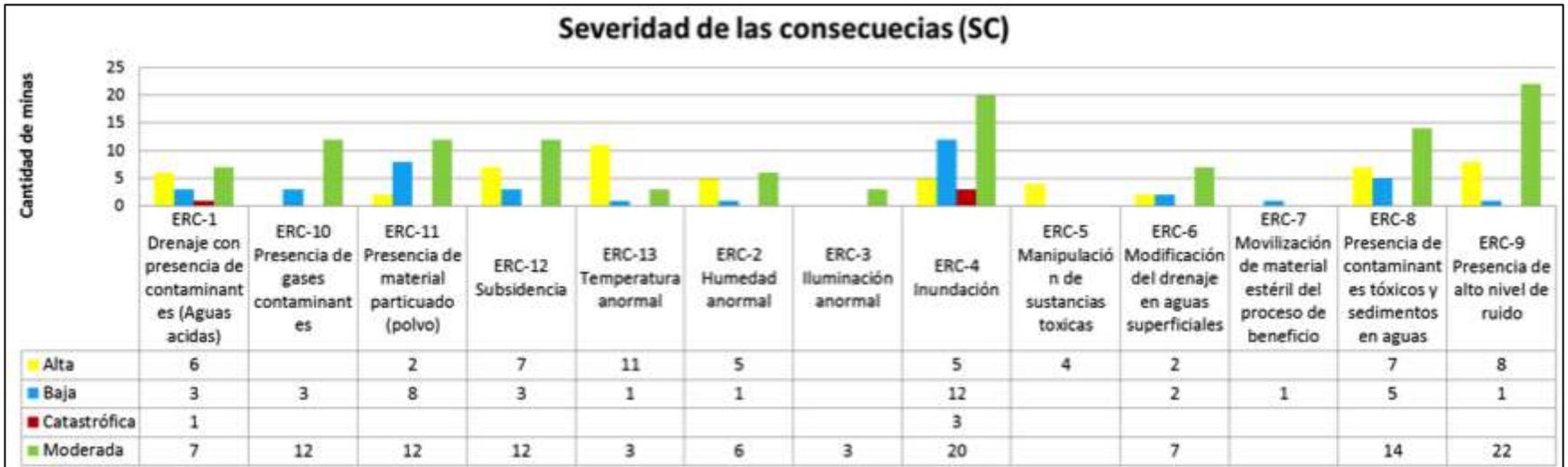


Figura 24. Severidad de las consecuencias (SC) en el Municipio de Remedios.

### **14.2.2 Valoración del Índice de Probabilidad (IP)**

En esta valoración se emplea la misma metodología y guías mencionadas en la valoración de IP para los escenarios de riesgos por seguridad.

Los resultados de IP, son basados en el tiempo de ocurrencia del riesgo y condiciones bajo las cuales se realiza dicha actividad para cada escenario, y se pueden apreciar en la Figura 25.

Como se puede observar los escenarios de riesgo que se presentan más frecuentemente en las minas visitadas y de Muy Alto índice de probabilidad, son: El riesgo ergonómico (ERS-20) en 48 minas, superficies lisas e inclinadas (ERS-21) en 41 minas; y otros en menor cantidad como caída a desniveles (ERS-3) en 21 minas, caída a nivel (ERS-4) y colapso del túnel de transporte (ERS-8) que comparten igual número de minas (18).

Hay escenarios de riesgos como movimientos en masa (ERS-15), caída de equipos (ERS-5) y caída de rocas (ERS-6) que, aunque no presente un número de minas exuberante, su valor IP es Muy Alta en 10, 11 y 12 minas respectivamente, convirtiéndolo en un dato relevante a analizar.

Otros riesgos como contacto eléctrico (ERS-10), riesgos biológicos (ERS-19), asfixia por inmersión (ERS-2), contacto con superficies cortantes (ERS-9), entre otros, presentan Muy Alto IP en menos de 10 minas visitadas en el municipio de Remedios, esto, al momento de las interpretaciones no influyen en gran manera como los mencionados en párrafos anteriores, pero si dan una noción de la distribución general de los escenarios de riesgos por contaminación en todas las minas del municipio.

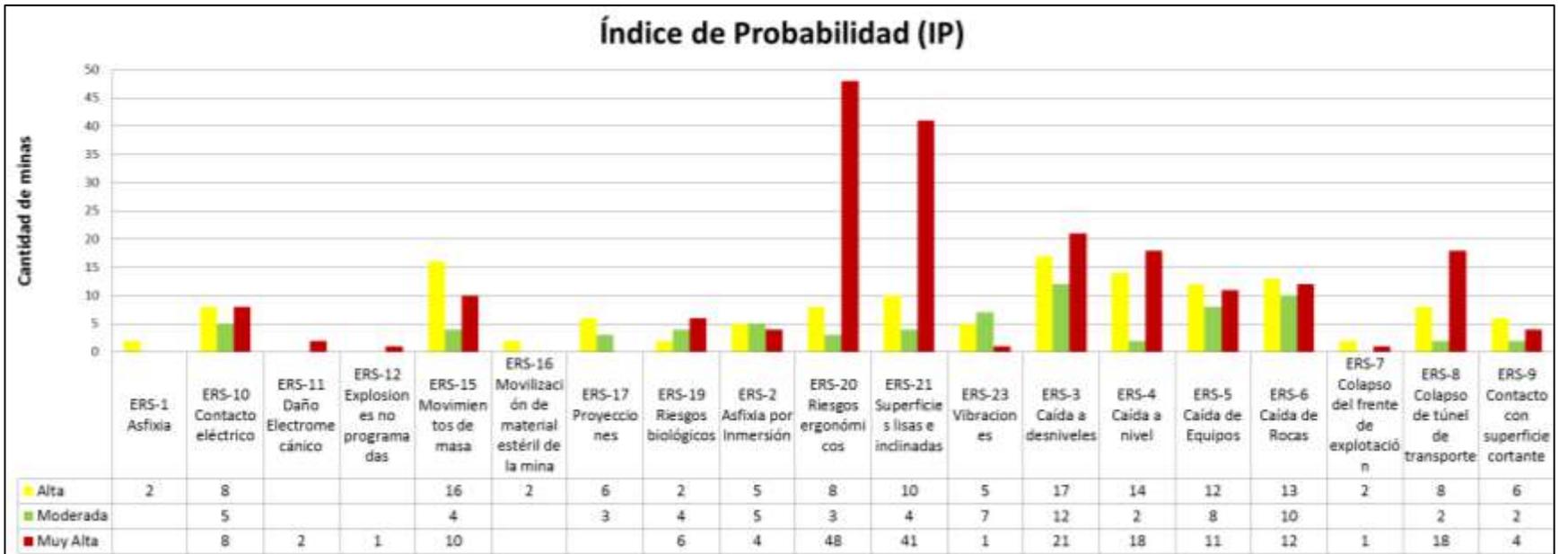


Figura 25. Índice de probabilidad (IP) en Remedios.

### 14.2.3 Análisis de valoración de priorización de los riesgos

Una vez calculado los valores de SC e IP, estos son evaluados en la matriz de valoración y priorización de los riesgos; los cuales se obtuvieron los valores de Tabla 23 y Figura 26.

**Tabla 23.** Valoración de la priorización de riesgos.

Escenarios de riesgos por contaminación	Valor Priorización de riesgos				Promedio Ponderado
	Significativa (Tipo 1)	Significativa (Tipo 2)	No Significativa (Tipo 1)	No Significativa (Tipo 2)	
ERC-1 Drenaje con presencia de contaminantes (Aguas ácidas)	4	4	7	2	2
ERC-10 Presencia de gases contaminantes		1	12	2	2
ERC-11 Presencia de material particulado (polvo)		4	11	6	2
ERC-12 Subsistencia	5	6	8	3	2
ERC-13 Temperatura anormal	9	2	3	1	3
ERC-2 Humedad anormal	2	6	4		2
ERC-3 Iluminación anormal		3			3
ERC-4 Inundación	6	8	16	10	2
ERC-5 Manipulación de sustancias tóxicas	4				4
ERC-6 Modificación del drenaje en aguas superficiales	1	2	5	2	2
ERC-7 Movilización de material estéril del proceso de beneficio			1		2
ERC-8 Presencia de contaminantes tóxicos y sedimentos en aguas	4	7	9	4	2

ERC-9 Presencia de alto nivel de ruido	5	11	13	1	2
---	---	----	----	---	---

**Nota:** El valor promedio ponderado de la priorización se realiza con los Prom SC y Prom IP con el fin de no acumular errores algebraicos y/o matemáticos generados en la aproximación al entero más cercano.

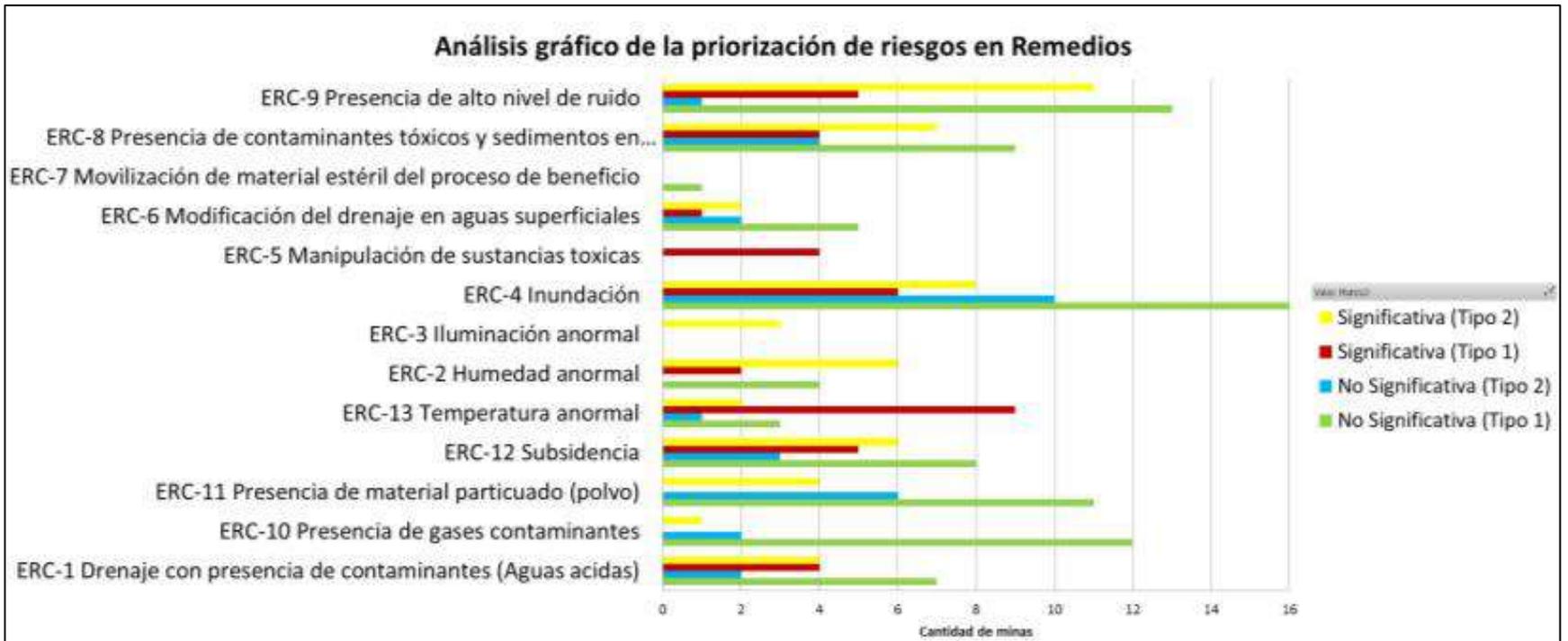


Figura 26. Análisis de la priorización de riesgos.

Como se observa en la Tabla 23 y Figura 26, el escenario que presenta una mayor prioridad (Significativa Tipo 1) es manipulación de sustancias tóxicas (ERC-5), seguido por los escenarios con prioridad moderada (Significativa Tipo 2) en iluminación anormal (ERC-3) y temperatura anormal (ERC-13). Por otro lado, el escenario que presenta una menor prioridad No Significativa Tipo 2 es la movilización de material estéril del proceso de beneficio (ERC-7), otros escenarios que presentan menor prioridad son la presencia de material particulado (polvo) (ERC-11) y presencia de gases contaminantes (ERC-10).

En conclusión, en las actividades mineras del municipio de Remedios, se presentan escenarios de riesgos por contaminación con una prioridad entre Significativa Tipo 1 a No Significativa Tipo 1, es decir; escenarios de riesgos cuyas acciones de control o mitigación generan una alerta inmediata hasta alertas esporádicas. Los escenarios de riesgo en los que se generan alertas inmediatas y a corto plazo son: ERC-5, ERC-3 y ERC-13 (Tabla 24).

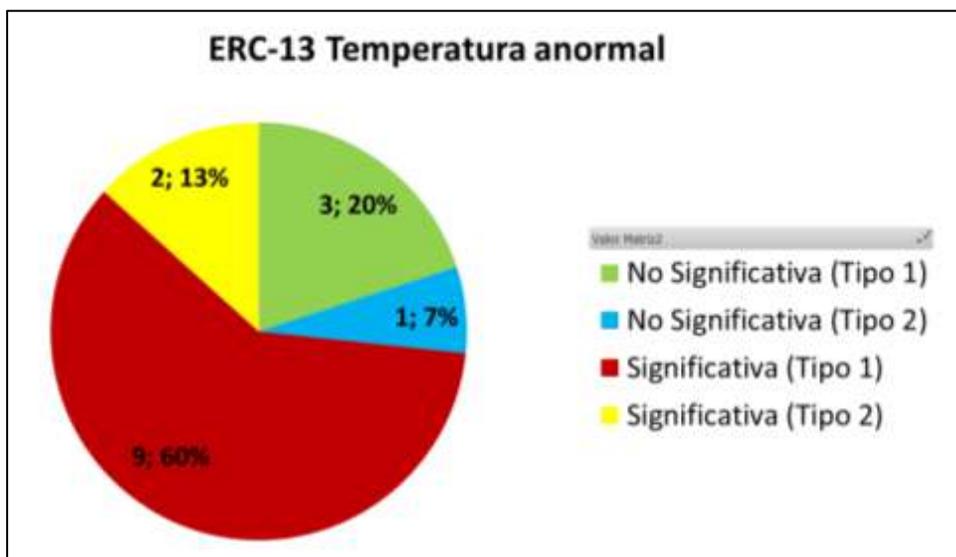
**Tabla 24.** Matriz de priorización de riesgos

Índice de Probabilidad	Severidad de las Consecuencias			
	Baja (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Catastrófica (4)
Muy Alta	ERC-7	ERC-3	ERC-5	
Alta		ERC-1, ERC-10, ERC-11, ERC-12, ERC-2, ERC-4, ERC-6, ERC-8, ERC-9	ERC-13	
Moderada				
Baja				

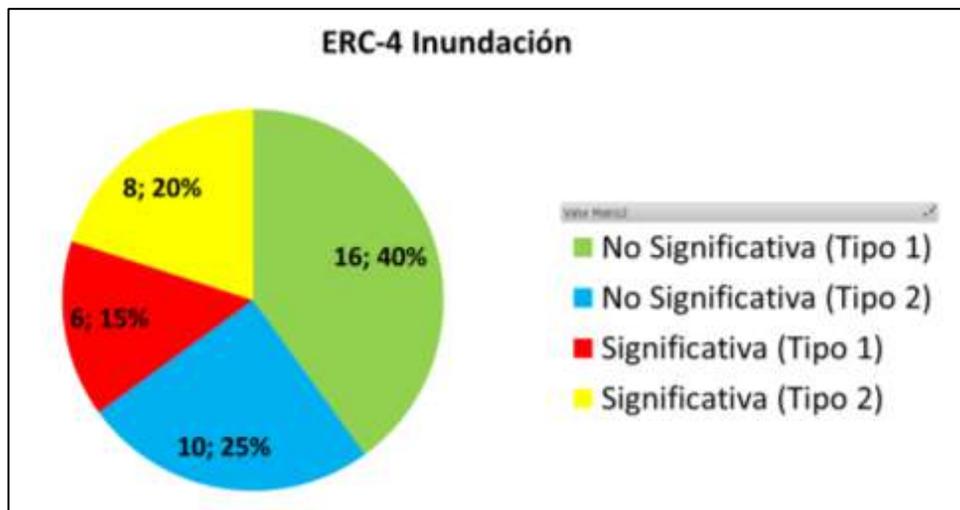
En la Figura 27, se puede observar el escenario de riesgo por contaminación ERC-13, que en el municipio de Remedios presenta mayor prioridad; el cual se presentó en un 60% de las minas en la que se percibió este riesgo (15 en total).

El escenario de riesgo que presenta una prioridad moderada es el ERC-4, el cual se observó en 16 minas equivalente al 40% de las 40 minas en el que se presencié este escenario de riesgo (Figura 28).

**Figura 27.** Análisis del escenario de riesgos con mayor prioridad en Remedios.



**Figura 28.** Análisis del escenario de riesgo con prioridad moderada en Remedios.



---

## **15 ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A MINERÍA PARA LOS MUNICIPIOS DE SEGOVIA Y REMEDIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA**

---

Por medio del análisis de los datos obtenidos en la valoración de los diferentes riesgos identificados y el uso de herramientas SIG (para este caso ArcGis y MapInfo - Discover), se graficaron los escenarios de riesgo (valores de severidad de las consecuencias SC) predominantes para los municipios de Segovia y Remedios, así como la actividad minera de la región.

### **15.1 Actividad Minera (Activas – Inactivas)**

Con la ayuda de este análisis gráfico, se diferencian las Unidades Productivas Mineras que actualmente están realizando sus labores, es decir si son activas o inactivas. Con este tipo de análisis se indicaron las zonas para ambos municipios en las cuáles hay una mayor actividad y por lo tanto debe de haber una mayor regularización de las labores mineras (verificar el adecuado comportamiento de la operación y que se cumplan con los requisitos legislativos, ambientales, técnicos, sociales y de seguridad en el trabajo que se requieren actualmente) teniendo en cuenta que la mayoría de las labores mineras que se visitaron se encuentran sin una situación jurídica determinada por lo tanto no tienen ningún tipo de regulación, lo que puede desencadenarse en problemas técnicos por labores mal desarrolladas, ambientales, sociales e incluso de seguridad lo cual podría ocasionar fatalidades. Igualmente es importante identificar la ubicación de las minas inactivas para que así la autoridad competente pueda verificar si se realizó o se tiene planteado un adecuado plan para el cierre de mina buscando minimizar el impacto que ha ocasionado la explotación en el medio ambiente y la comunidad aledaña, otorgando así beneficios para ambos.

### **15.1.1      *Actividad Minera en Segovia***

En la Figura 29 se observa la actividad Minera en el Municipio de Segovia cercana al casco urbano, mientras que en la Figura 30 se observa la actividad minera que se encuentra concentrada en las veredas Laureles, Fraguas y el Cenizo.

El hecho de que haya actividad minera en el casco urbano de Segovia, ha ocasionado muchos problemas en la infraestructura como en el caso particular del hospital y algunas viviendas cuyos casos son denunciados por los vecinos, lo anterior evidencia una necesidad por parte de la administración de realizar en el casco urbano este tipo de estudios a una escala más detallada. Este tipo de problemáticas deben de ser tenidas en cuenta a la hora de desarrollar un adecuado plan de ordenamiento territorial, para además de delimitar las zonas en las cuáles están permitidas las actividades mineras, resolver los problemas de vivienda que existen para algunos habitantes del municipio que deben ser reubicados.

Otro factor que es necesario evaluar en estos mapas, es la existencia de minería activa e inactiva a lo largo del Río Pocuné, para así poder evidenciar o evitar afectaciones en el medio ambiente y futuras problemáticas como las que se han presentado en el país a causa de una minería aluvial sin técnica y no amigable con el medio ambiente.

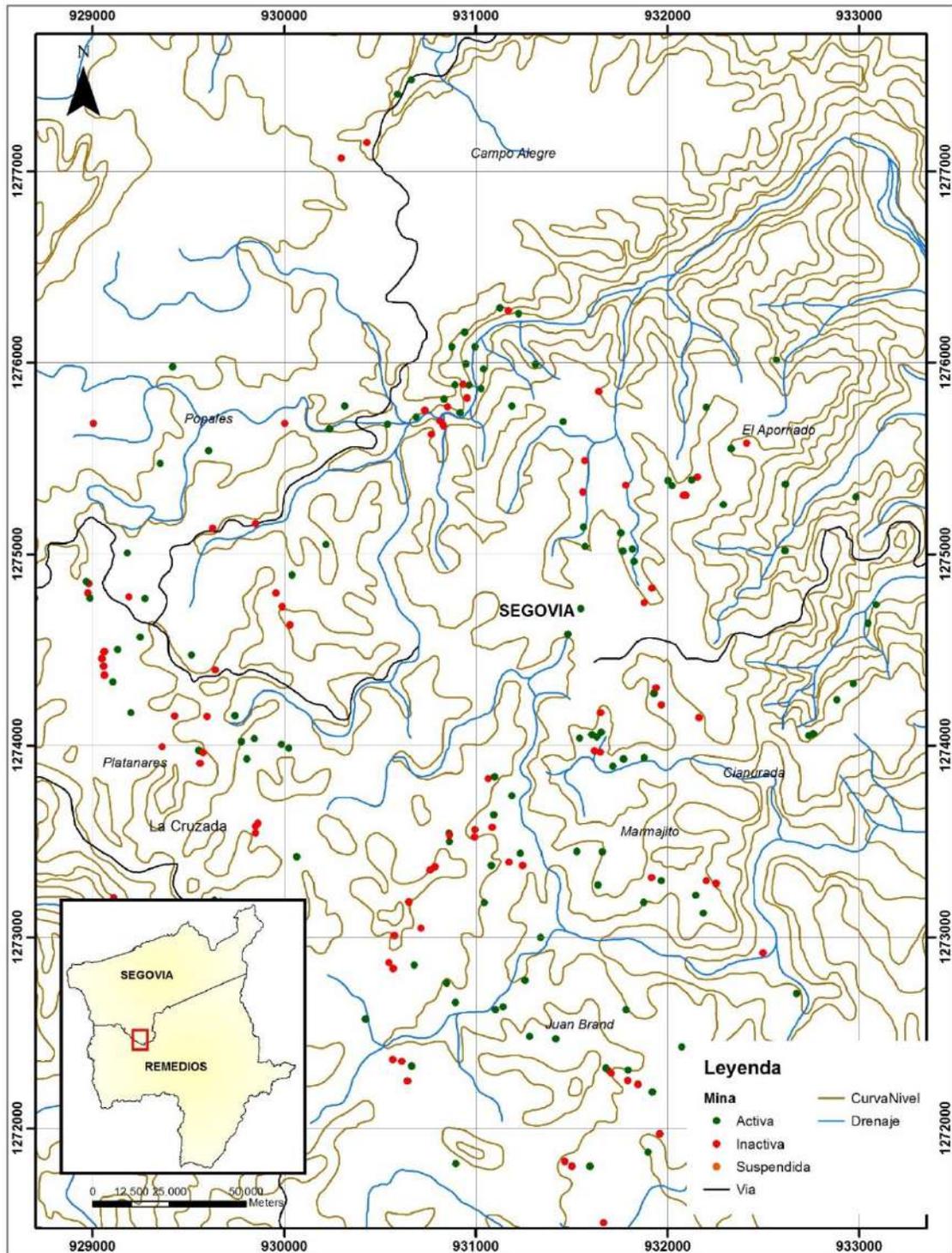


Figura 29. Actividad Minera en Segovia

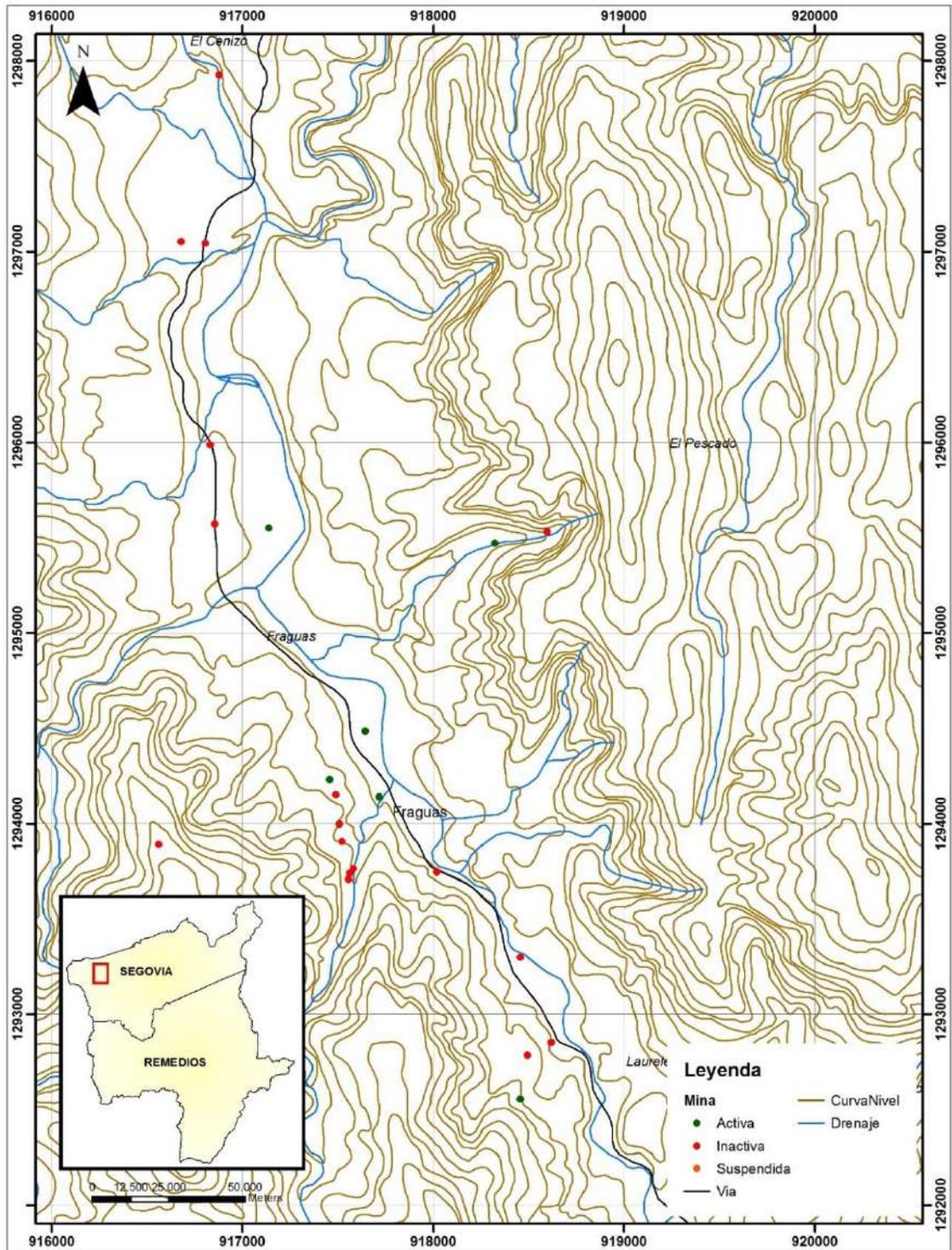


Figura 30. Actividad Minera en Segovia

### **15.1.2 Actividad Minera en Remedios**

En la Figura 31 se observa la actividad Minera en el Municipio de Remedios cercana al casco urbano, en la Figura 32 se observa la actividad minera que se encuentra concentrada en el corregimiento de la Cruzada (zona de alta actividad minera que une ambos municipios) y en la vereda Juan Brand, en la Figura 33 se ilustra la actividad minera cercana a Otú (en donde se localiza el aeropuerto de la región) y por último en la Figura 34 la actividad minera que se localiza en el corregimiento de Santa Isabel, las veredas Camelia Quintana y los lagos, dicha actividad se encuentra cercana a otro municipio con gran influencia de la actividad minera como lo es Vegachí, aquí se puede observar que la gran mayoría de unidades mineras se encuentran inactivas.

En el Municipio de Remedios también se encuentra afectado por minería en el casco urbano, particularmente en el corregimiento de la Cruzada que constituye un importante corredor socio económico entre ambos municipios, hay muchas afectaciones en viviendas por desarrollos de grandes labores mineras en el mismo, las afectaciones en algunos casos llevaron a una evacuación y a la necesidad de una solución de vivienda, constituyendo además de un riesgo para la población, una problemática que debe ser tomada en cuenta desde el planeamiento territorial que debe ir acompañado de herramientas SIG para visibilizar estas problemáticas a una escala regional.

El Río Ité, también presenta minería y por lo tanto en conjunto con los demás recursos hídricos en los cuáles se realiza algún tipo de explotación, debe de ser monitoreado para verificar el tipo de desarrollo que allí se realiza o realizaba, asegurando no perder más conexiones ecológicas y una mejor gestión del recurso hídrico. Allí nuevamente, se enfatiza en la necesidad de mirar espacialmente cada una de estas intervenciones para así realizar una mejor regulación y control sobre las mismas, o definitivamente prohibirlas.

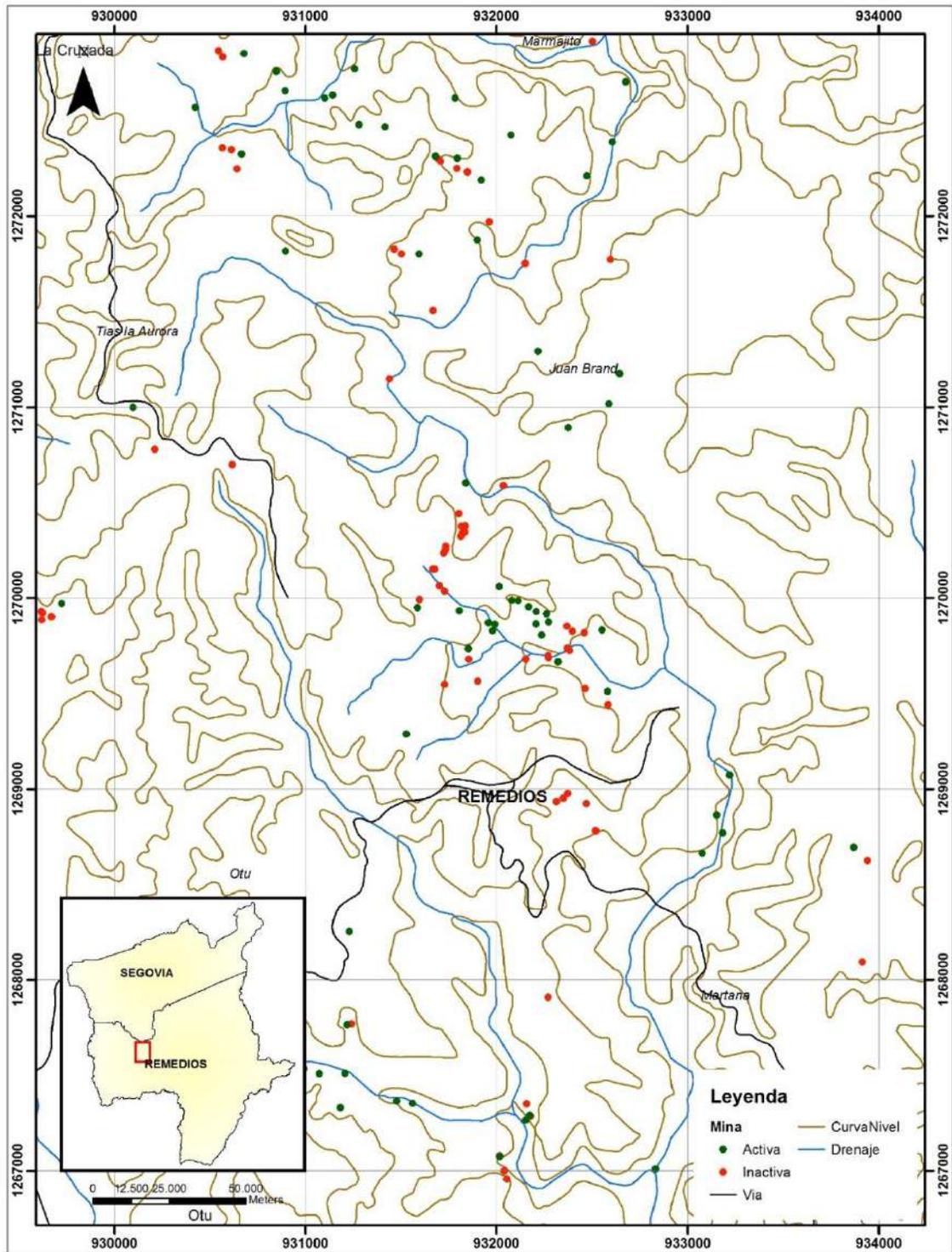


Figura 31. Actividad Minera en Remedios

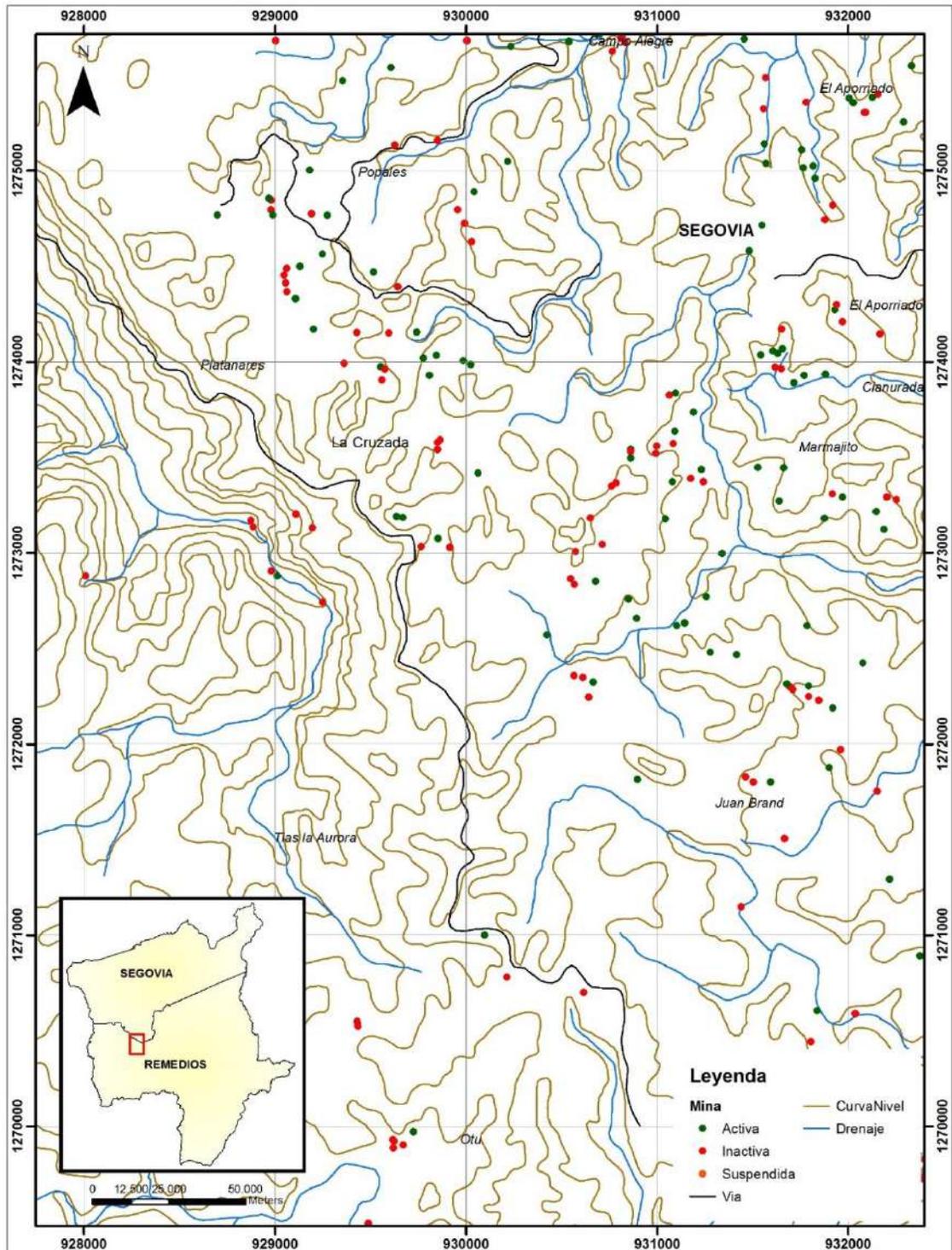


Figura 32. Actividad Minera en La Cruzada (Remedios)

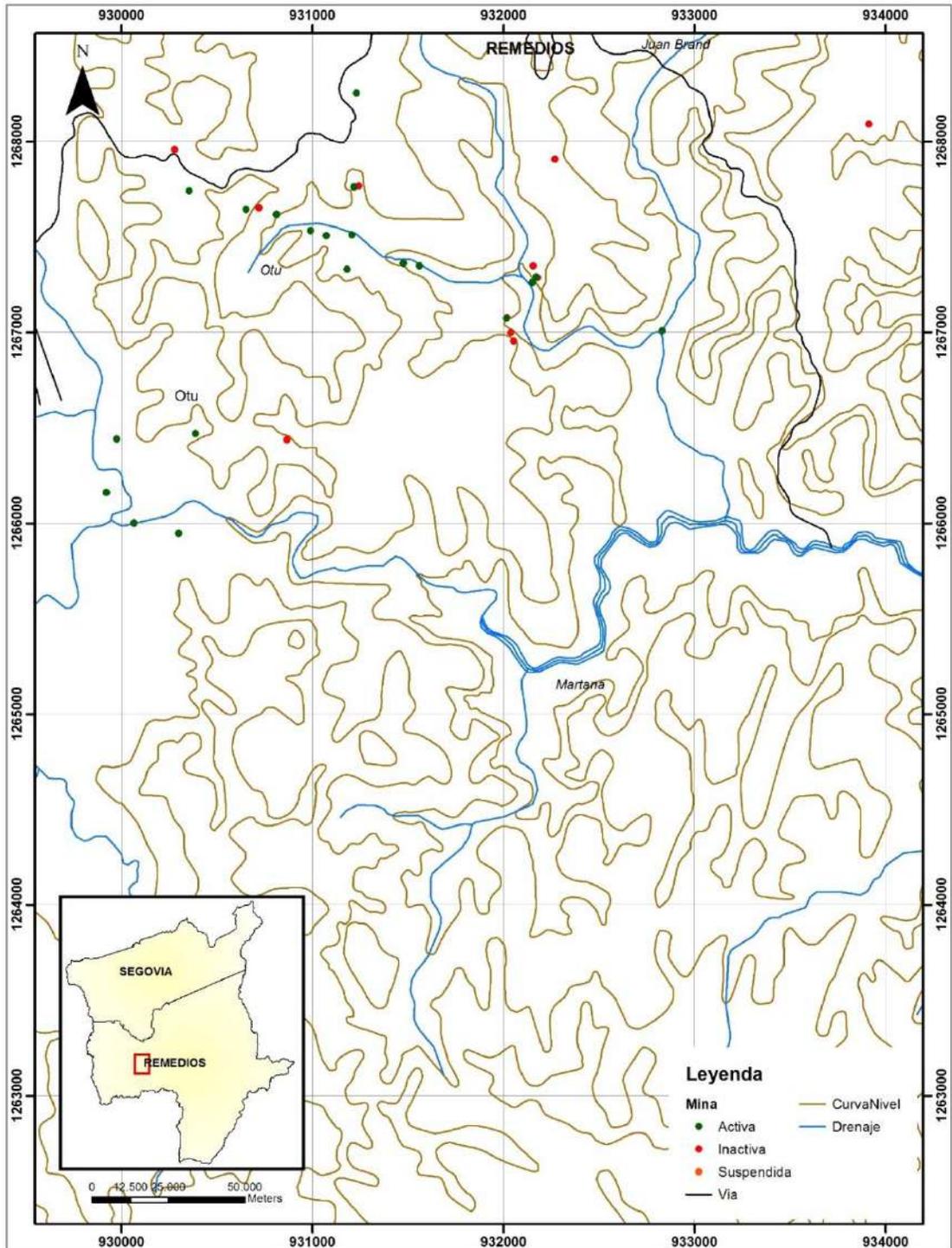


Figura 33. Actividad Minera Otú (Remedios)

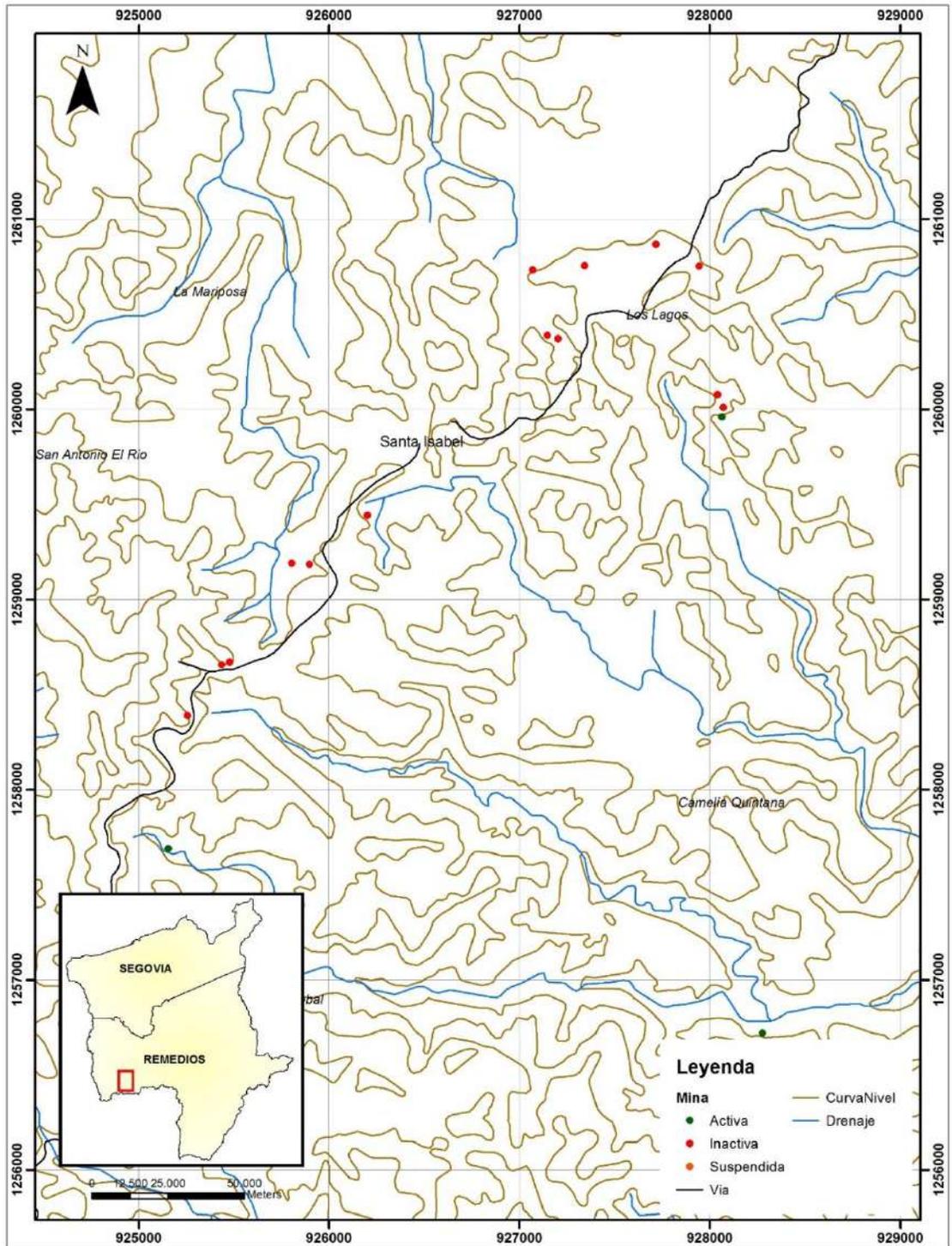


Figura 34. Actividad Minera Santa Isabel (Remedios)

## 15.2 Escenarios de Riesgo

A continuación, se ilustran los resultados obtenidos en la valoración de los riesgos asociados a minería (algunos al no tener una cantidad significativa de registros no fueron dibujados), los cuáles fueron graficados de dos formas:

1. Se creó una superficie utilizando el parámetro de severidad de las consecuencias (SC) haciendo uso del método geoestadístico kriging por medio del cual se interpolaron los datos, inicialmente fue necesario un análisis exploratorio de datos y con la creación de la superficie se representó la zona con mayor o menor influencia de los riesgos analizados. Según lo observado en la bibliografía, la herramienta Kriging es utilizada comúnmente en geología para explicar la variación en la superficie de algunos parámetros (teniendo en cuenta que no solo se hace referencia a movimientos en masa), pues se asume que existe una correlación espacial entre los puntos de la muestra y una influencia de la distancia correlacionada espacialmente. Sin embargo a la hora de realizar una mejor caracterización de cada escenario, con un mayor detalle de estudios en cuanto a condiciones geológicas, geomorfológicos, hidrológicas, estructurales, etc, se recomienda reevaluar el método.
2. Para los riesgos en los cuales no es posible realizar una superficie que los asocie pues son propios de cada unidad productiva minera y no tienen de momento relación alguna con las condiciones del terreno u otra operación minera, se graficaron los valores correspondientes al parámetro severidad de las consecuencias (SC) con la escala de haciendo uso de una escala de colores que ilustre niveles de 1 a 4 así: bajo, medio, alto y catastrófico teniendo en cuenta que el mayor riesgo se encuentra asociado al valor 4. Logrando así visualizar las zonas en las cuáles se encuentran estos valores catastróficos.

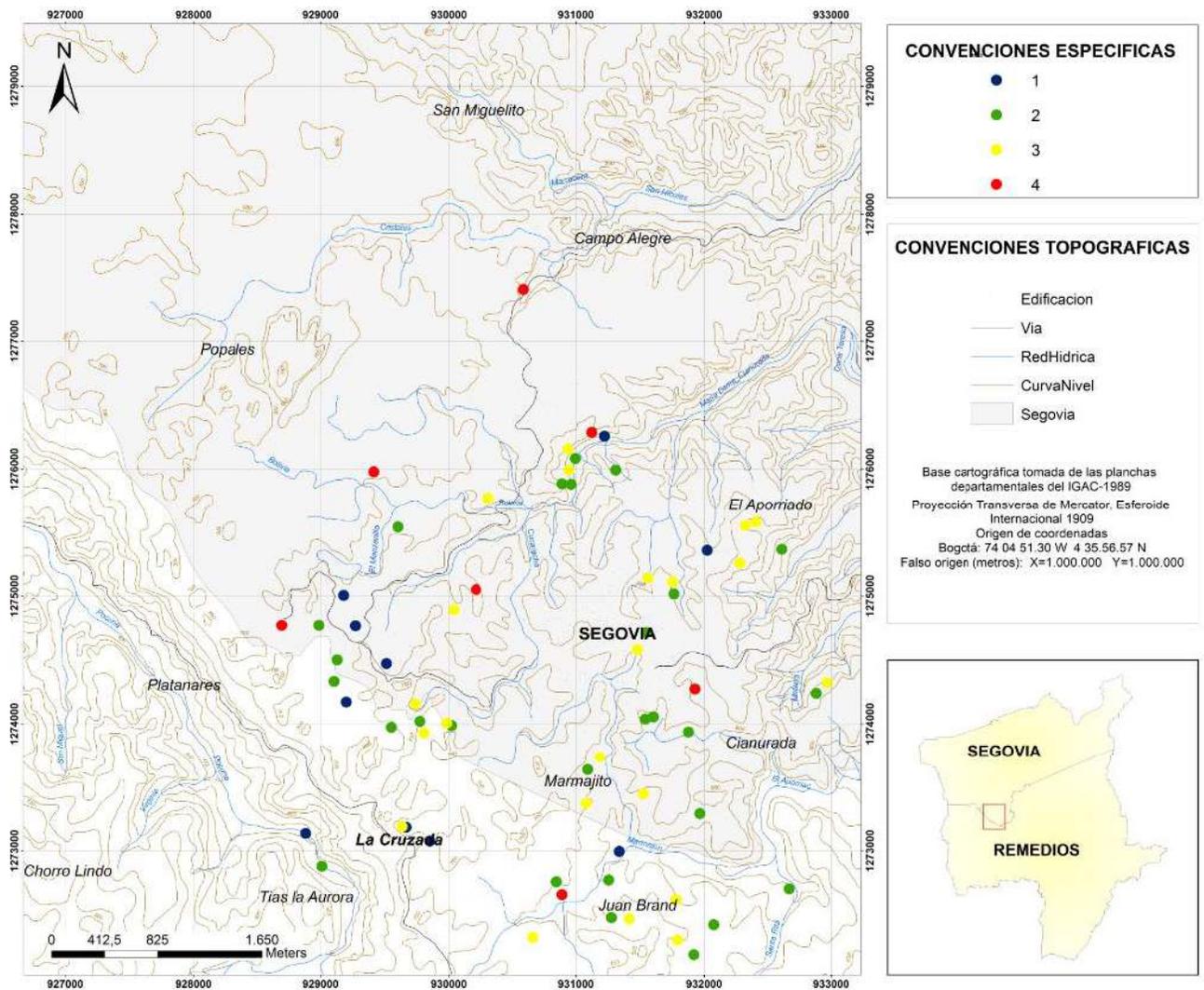
### **15.2.1 Escenarios de Riesgo por Seguridad**

A continuación, se muestran los riesgos por seguridad para ambos municipios que fueron más significativos durante el estudio realizado en la región:

#### *15.2.1.1 ERS3: Caída a desniveles*

Este escenario de seguridad se asocia comúnmente a las pendientes que se encuentran en los túneles de las minas que generalmente oscilan entre los 50 y 70 grados, ocasionando caídas a desnivel, lo anterior sumado a los accesos inadecuados por escaleras sin mantenimiento o muy rudimentarias, alta humedad y mala disposición de recursos y residuos al interior de la mina, hacen que sea de cuidado.

Para el Municipio de Segovia, como se puede observar en la Figura 35, es un escenario de riesgo común dentro de las unidades productivas visitadas, existen niveles 3 y 4 que requieren una mayor atención por parte de las personas que laboran en la mina y por parte de la autoridad competente que debe de hacer un adecuado control y verificar las condiciones en las cuáles se realizan los desplazamientos de personal y material en el interior de las labores mineras.



**Figura 35. ERS3 Municipio Segovia**

Para el Municipio de Remedios como se observa en la Figura 36, igualmente es un escenario de riesgo que es común dentro de las unidades productivas visitadas, existen niveles 3 y 4 que requieren atención por parte de las personas que laboran en la mina y la autoridad competente para evitar consecuencias en el personal que labore en la mina.

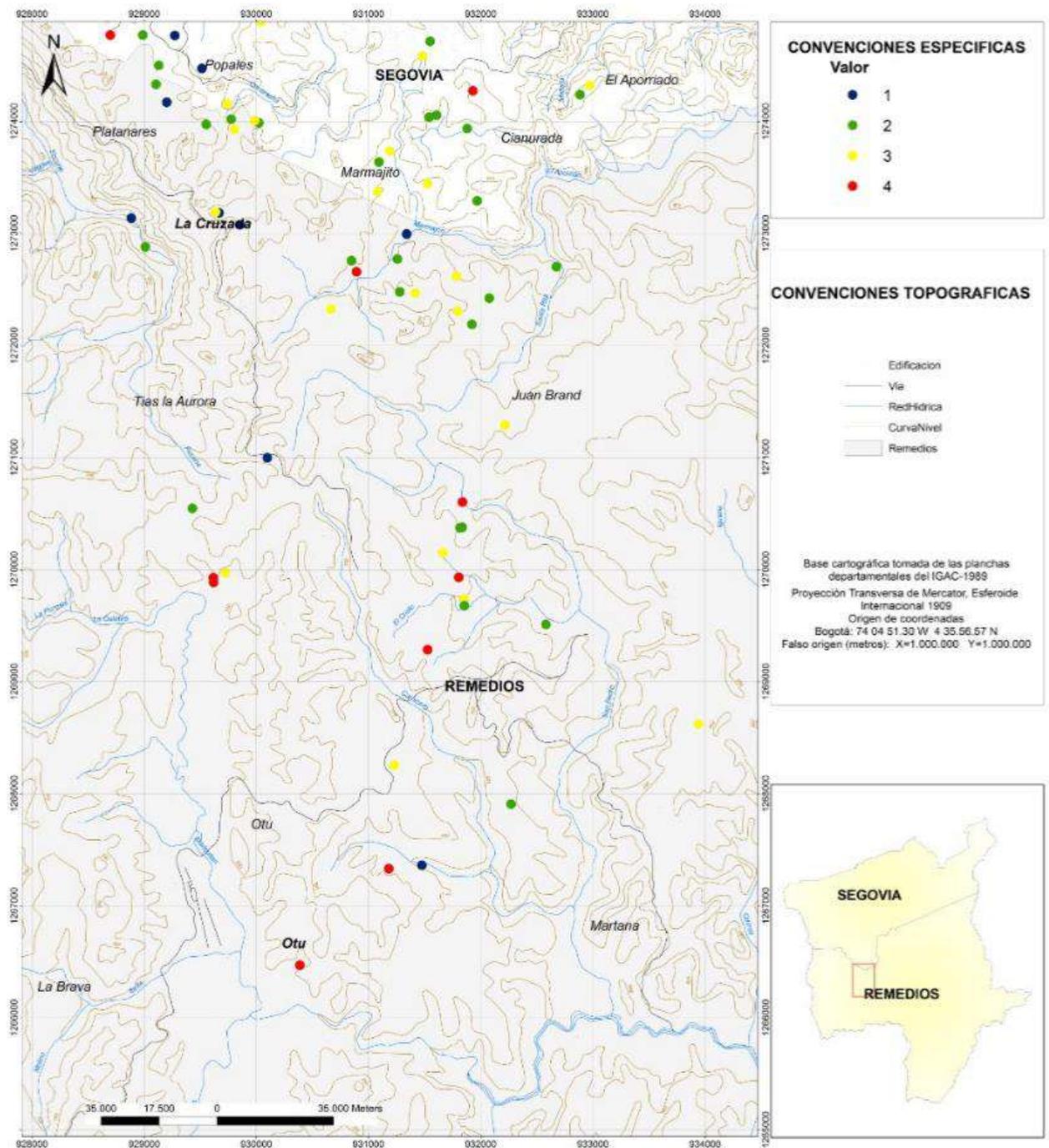
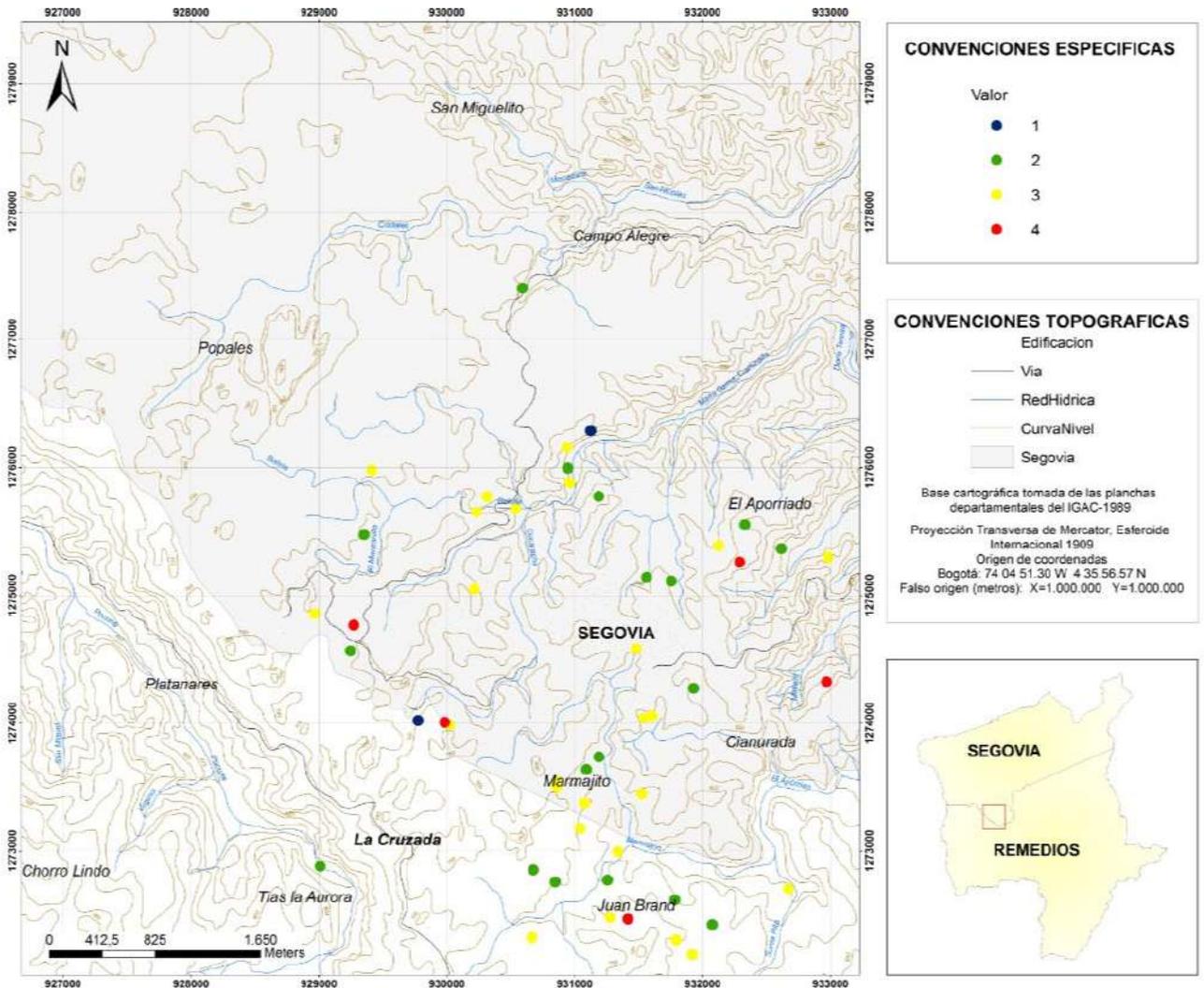


Figura 36. ERS3 Municipio de Remedios

#### 15.2.1.2 ERS4: Caída a nivel

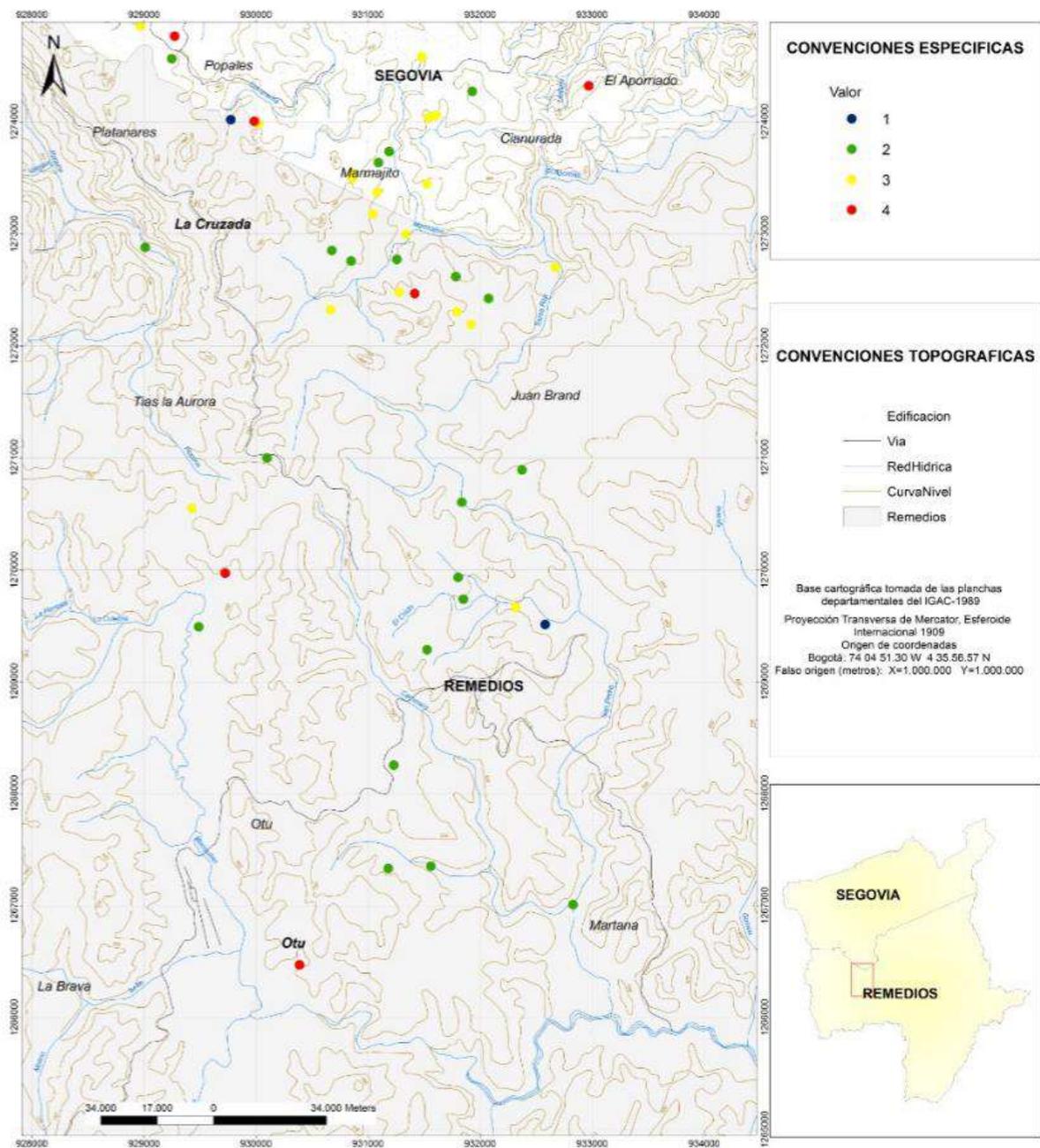
Este escenario de seguridad al igual que el escenario ERS3, se asocia comúnmente a las pendientes que se encuentran en los túneles de las minas que generalmente oscilan entre los 50 y 70 grados, ocasionando caídas a desnivel, se ve igualmente agravado por accesos inadecuados, alta humedad y mala disposición de recursos y residuos al interior de la mina, hacen que sea de cuidado, además de la mala ubicación de tubería, cableado y material.

Para el municipio de Segovia como se puede observar en la Figura 37, es un escenario común y aunque los valores máximos (4) no son tan comunes, presenta comúnmente valores 3 que implican que el riesgo es alto y debe prestarse atención.



**Figura 37.** ERS4 Municipio de Segovia

Para el municipio de Remedios como se puede observar en la Figura 38, aunque es un escenario común se presenta en menor intensidad que en el municipio de Segovia, los valores máximos (4) no son comunes, los valores 3 también son observados, aunque presenta comúnmente valores 2 que implican que debe prestarse atención a este tipo de riesgo buscando minimizarlo o eliminarlo.



**Figura 38.** ERS4 Municipio de Remedios

15.2.1.3 ERS6: Caída de rocas

Este escenario fue analizado para el Distrito Minero Segovia – Remedios (DMSR), teniendo en cuenta la ubicación geográfica de las minas y que pueden estar relacionados

no solamente con malas prácticas, sino también con las condiciones mismas del terreno al estar en lugares denominados como geológicamente inestables tales como zonas de falla, zonas con movimientos en masa, zonas afectadas por filtraciones de agua y hundimientos.

La caída de rocas, es uno de los riesgos que más comúnmente se presentan y más preocupan a la industria minera, se producen cuando el macizo rocoso colapsa o falla lo cual ocasiona que exista una inestabilidad y por acción de la gravedad un desprendimiento de roca, dicho colapso puede ser por causas naturales o por explosiones dentro de las labores. Lo anterior puede evitarse con un sistema de refuerzo adecuado que periódicamente se le haga un mantenimiento y buenas prácticas que permitan además de identificar si la caída de rocas se debe a condiciones geológicas, ambientales, técnicas (método de explotación), fallas estructurales en el sistema de refuerzo (diseño inadecuado, falta de mantenimiento, mala instalación), desarrollar técnicas que permitan minimizar el riesgo y así controlar y evitar el riesgo de accidentes del personal que labora en la mina.

En la Figura 39, se observa la distribución de este escenario de riesgo, siendo el valor 4 el máximo y representándose con color rojo, disminuyendo el riesgo con los colores verdes y azules. Es evidente que es un escenario que se presenta comúnmente en el distrito minero y necesita atención por parte de los trabajadores de las unidades mineras y la autoridad competente quién debe velar porque se cumplan con las condiciones mínimas de seguridad para el desarrollo de esta actividad.

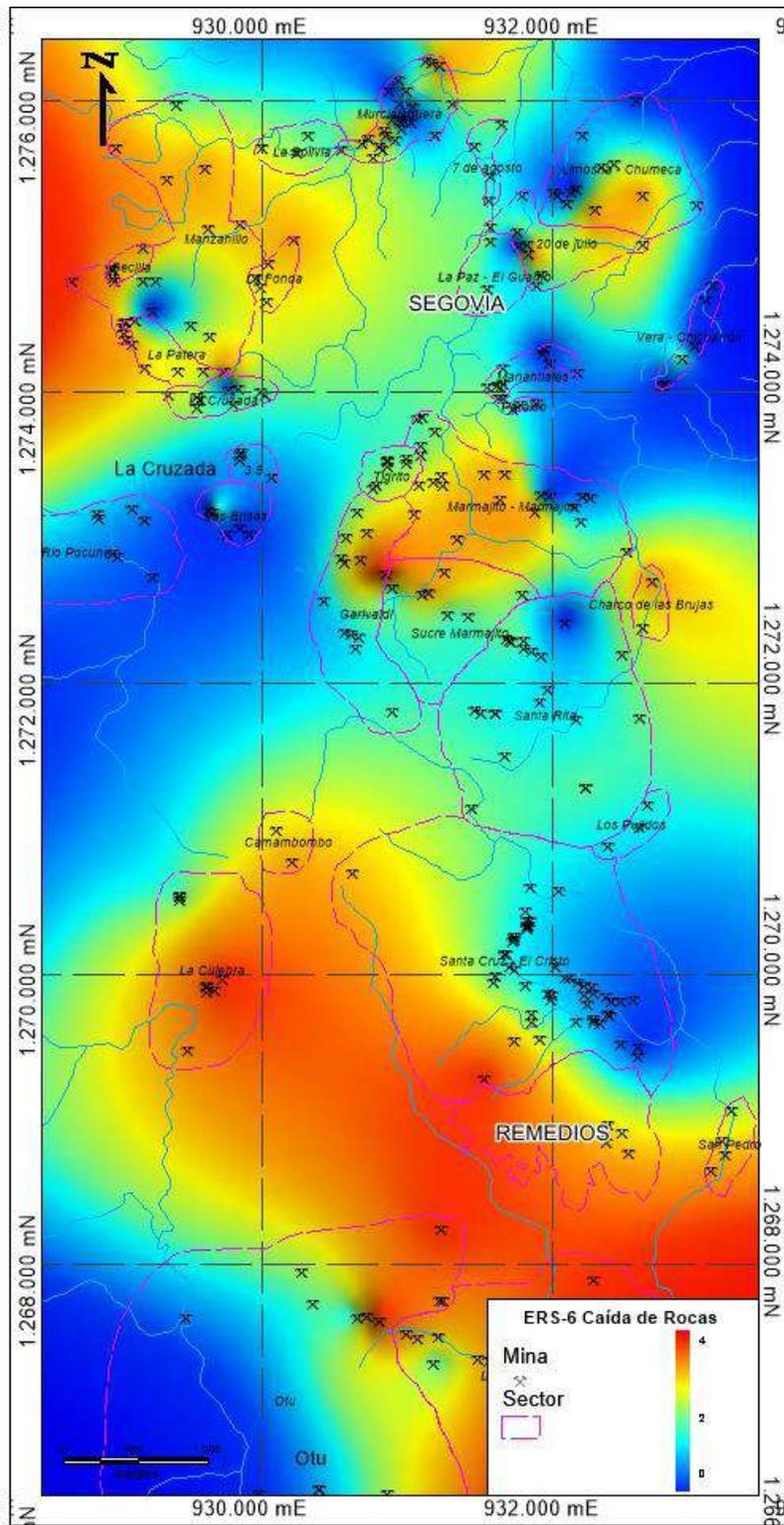


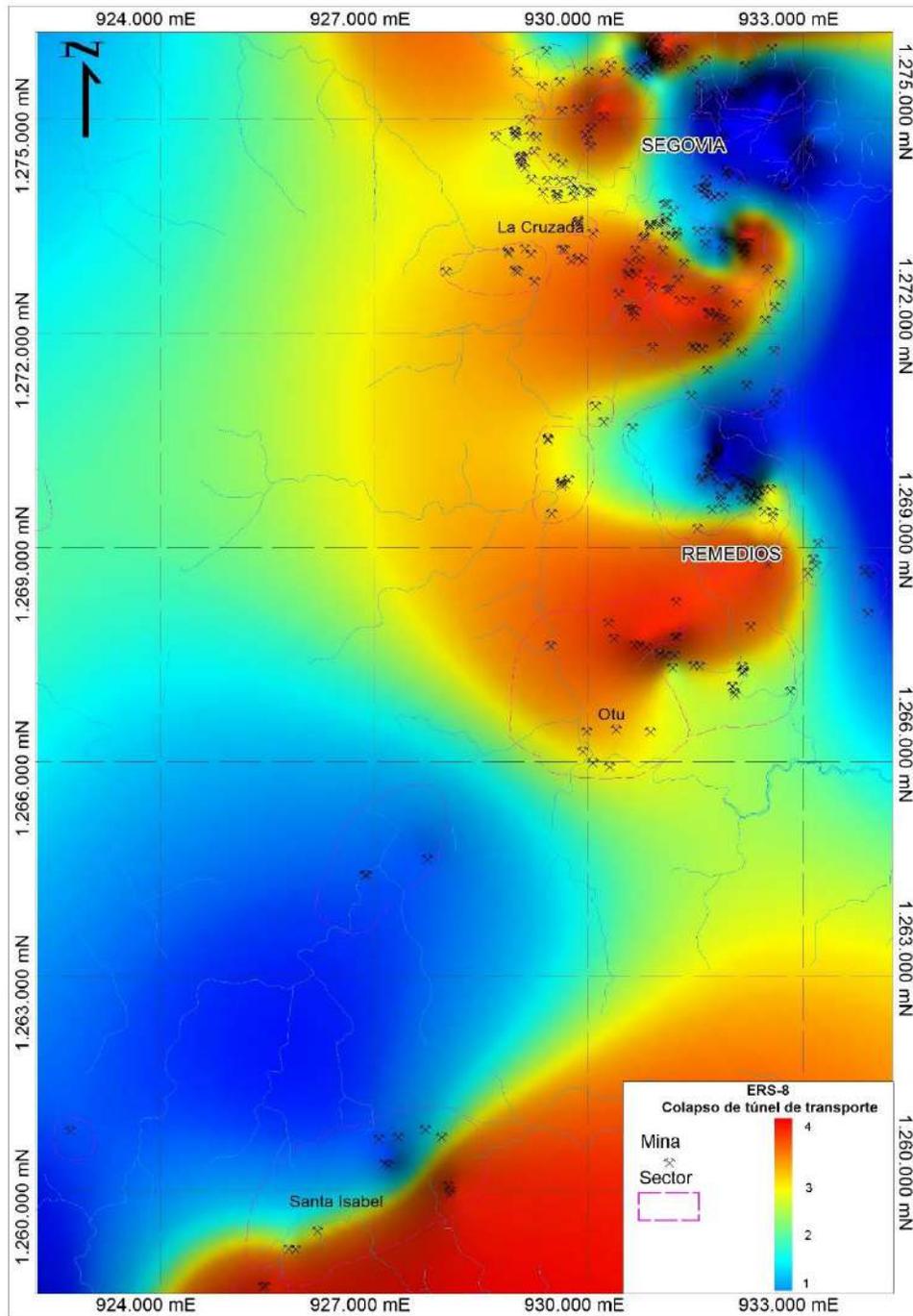
Figura 39. ERS6 Caída de rocas para el DMSR

#### 15.2.1.4 ERS8: Colapso de túnel de transporte

Este escenario fue analizado para el Distrito Minero Segovia – Remedios (DMSR), teniendo en cuenta la ubicación geográfica de las minas y a que puede estar relacionado además de malas prácticas con las condiciones mismas del terreno al estar como en el escenario anterior (ERS6) en lugares denominados como geológicamente inestables tales como zonas de falla, zonas con movimientos en masa y zonas afectadas por filtraciones de agua.

Históricamente son muchos los accidentes que han cobrado vidas que se encuentran relacionados con colapsos de túneles, las causas técnicas pueden ser múltiples y estar relacionadas a condiciones geológicas de la zona, condiciones geomecánicas del macizo rocoso, un mal refuerzo o falta de mantenimiento en el mismo y filtración de aguas, entre otras; pero también pueden estar condicionados a malas prácticas de la actividad minera al no tener estudios del terreno y desconocer el comportamiento del mismo, pues comúnmente para realizar los túneles se guían de su “intuición” y hacen un refuerzo inadecuado, no hacen mantenimiento al material del mismo o simplemente no lo realizan, escenario que es muy común en la minería informal.

En la Figura 40, se observa la distribución de este escenario de riesgo, siendo el valor 4 el máximo y representándose con color rojo, disminuyendo el riesgo con los colores verdes y azules. Es evidente que es un escenario que se presenta en el distrito minero y necesita atención por parte de los trabajadores de las unidades mineras y la autoridad competente quién debe velar porque se cumplan con las condiciones mínimas de seguridad y se desarrollen buenas prácticas que eviten que ocurran accidentes asociados a este tipo de escenarios que son quizás los más comunes.



**Figura 40.** ERS8 Colapso de túnel de transporte para el DMSR

#### 15.2.1.5 ERS15: Movimientos en masa

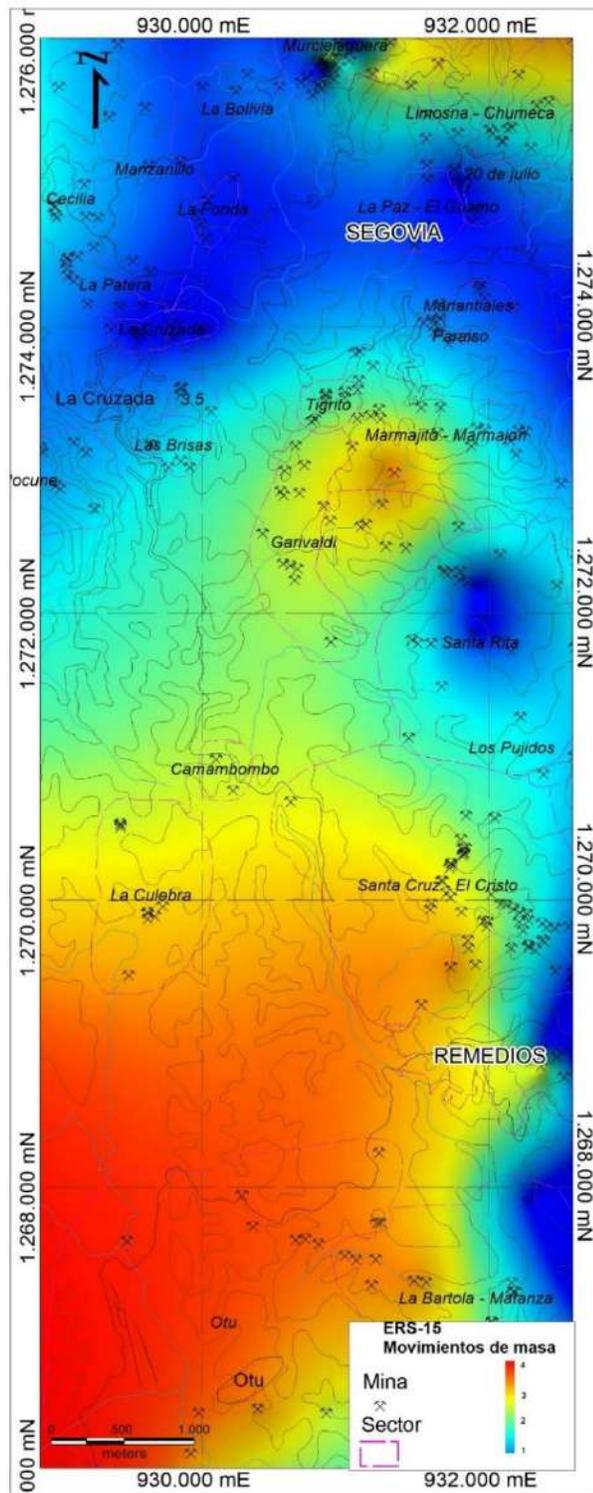
Este escenario fue analizado para el Distrito Minero Segovia – Remedios (DMSR), teniendo en cuenta la ubicación geográfica de las minas, teniendo en cuenta que está relacionado estrechamente con las condiciones del terreno y se ve afectado por malas prácticas en lugares que se consideran como geológicamente inestables tales como zonas de falla, zonas con movimientos en masa y zonas afectadas por filtraciones de agua.

Los movimientos en masa son desplazamientos de masas de suelo (de una cota superior a una inferior) que se dan en el terreno generalmente por el efecto mismo de la gravedad, debilidades en las rocas que componen el macizo rocoso y por el exceso de agua, toman varios nombres como deslizamientos, derrumbes, desprendimientos, desplomes, etc y responden a la resistencia del suelo ante los diferentes esfuerzos que es sometido.

En la

Figura 41, se observa la distribución de este escenario de riesgo, siendo el valor 4 el máximo y representándose con color rojo, disminuyendo el riesgo con los colores verdes y azules. Es un escenario que aunque se presenta a lo largo de todo el DMSR se concentra en mayor proporción en el Municipio de Remedios. Para evitar que los trabajadores se vean expuestos a este tipo de riesgos, se necesita que se conozcan las condiciones físicas y técnicas del terreno, de allí nace la necesidad de caracterizarlo y hacer uso de la información que existe en los mapas de amenaza del SGC, en los cuáles se ha hecho un esfuerzo por identificar los diferentes movimientos en masa que afectan el terreno en el territorio nacional, además de la necesaria atención por parte la autoridad competente quién debe velar porque se cumplan con las condiciones mínimas de seguridad y se desarrollen buenas prácticas que eviten que ocurran accidentes asociados a este tipo de escenarios. Igualmente se deben de tener en cuenta las zonas que sean

delimitadas en los POT de cada municipio como zonas no aptas para desarrollar este tipo de actividad.



**Figura 41.** ERS15 Movimientos en masa para el DMSR

#### 15.2.1.6 ERS20: Riesgos ergonómicos

Este tipo de riesgo se relaciona con situaciones que se dan durante la ejecución de las labores mineras que afectan la fisionomía humana, debido a un sobre esfuerzo que es ocasionado por posturas, movimientos y cargas que traen consigo además de fatiga, lesiones osteomusculares que podrían ser irreversibles.

La práctica más común en la que se evidencia este tipo de riesgo durante la realización de las labores mineras es el denominado “catanguero”, que es el método de transporte más utilizado y consiste en la carga de material (roca y estéril) en el hombro y espalda haciendo uso de un costal adaptado, con el que usualmente se excede la carga recomendada (50Kg) para un trabajador. Adicionalmente existe el agravante de la humedad en los túneles y las superficies lisas e inclinadas que podrían ocasionar caídas a nivel o desnivel, observándose así la relación entre los diferentes escenarios de riesgo y la importancia de atenderlos todos.

En la Figura 42 y en la Figura 43, se observa para ambos municipios como este escenario no es solamente uno de los más comunes, sino como se encuentra asociado a una mayor cantidad de valores 4, lo que implica que en su mayoría constituye el riesgo más alto para la población que practica la actividad minera. Dicho riesgo podría minimizarse o erradicarse con la implementación de mejores prácticas (cargando solamente pesos permitidos), el mejoramiento de los accesos y caminos dentro de los túneles (teniendo en cuenta humedad y condiciones del terreno) y la implementación de otros métodos de transporte (coches).

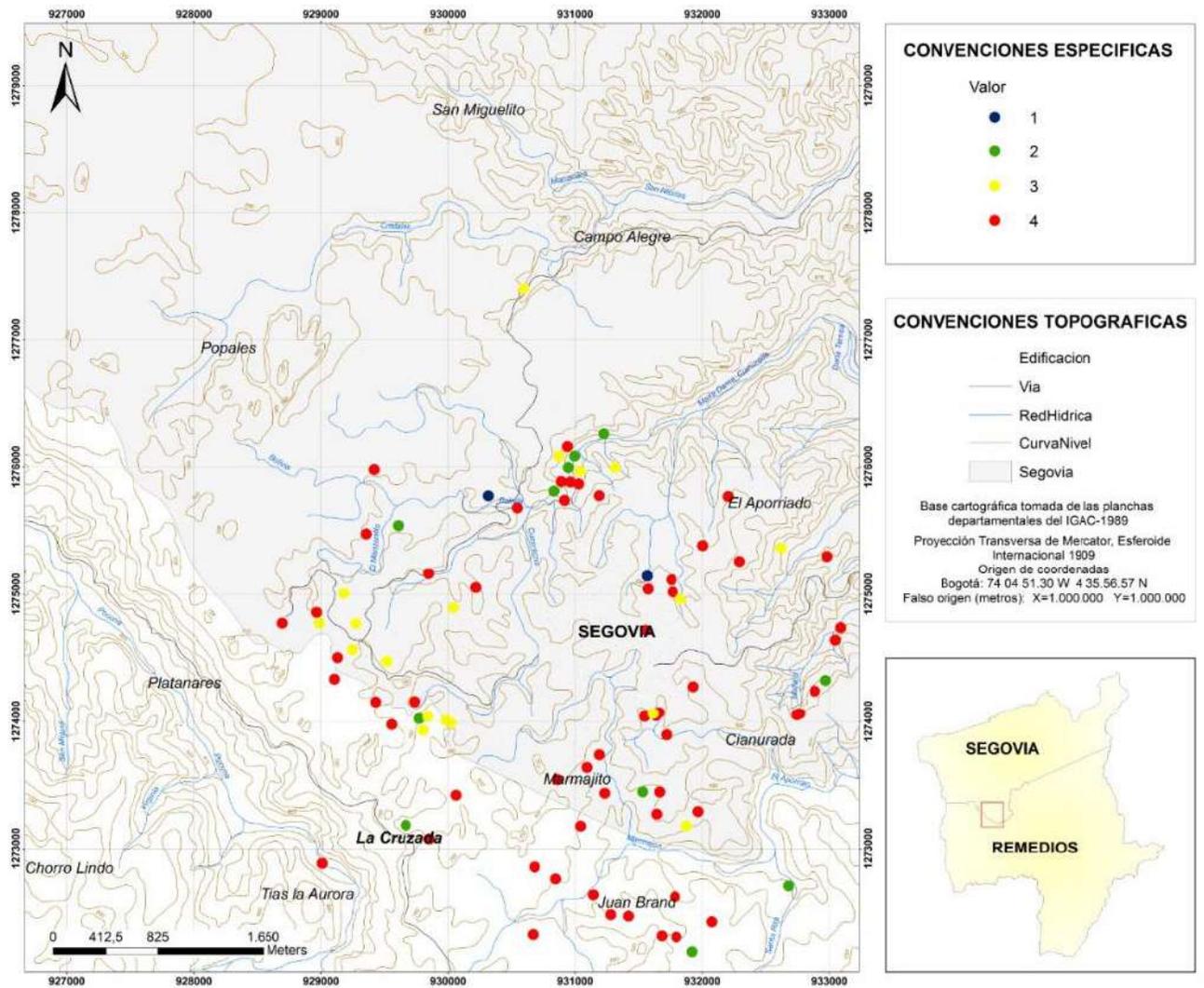


Figura 42. ERS20 Municipio de Segovia

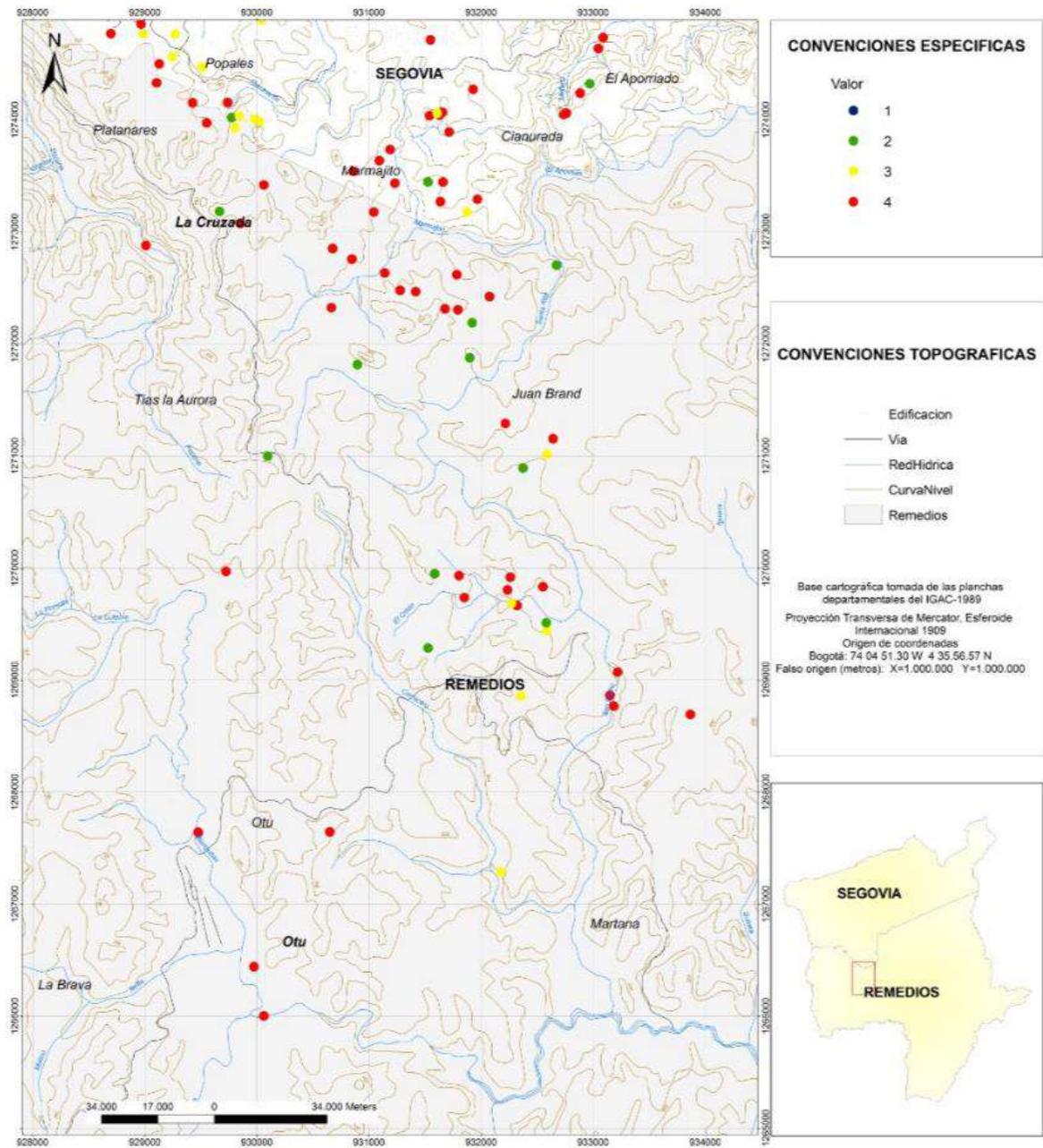


Figura 43. ERS20 Municipio de Remedios

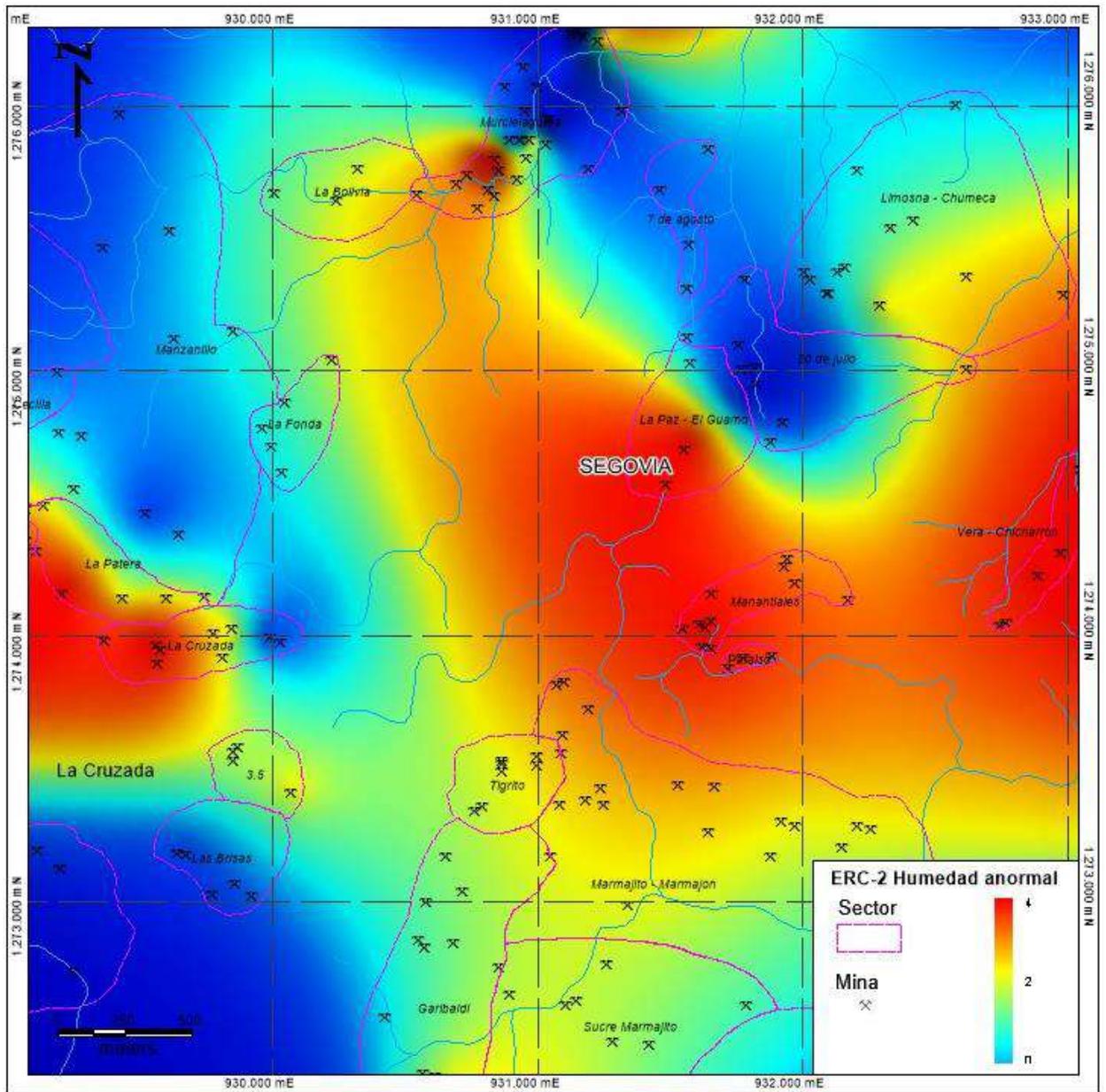
## **15.2.2 Escenarios de Riesgo por Contaminación**

A continuación, se muestran los riesgos por contaminación para ambos municipios que fueron más significativos durante el estudio realizado en la región:

### *15.2.2.1 ERC2: Humedad Anormal*

En la Figura 44, se observan los lugares que poseen humedad anormal la cual se ve muy afectada por los altos niveles freáticos y las fallas e ineficiencia de sistemas de drenaje que se presentan en algunas labores mineras. Los receptores de este tipo de riesgo son las personas, quiénes tienen que trabajar bajo estas altas condiciones de humedad, no solamente afectando su integridad, sino también otros factores como los sistemas de refuerzo de los túneles y la producción misma pues ocasionalmente se inundan las minas y hasta que no se solucione este inconveniente no es posible continuar desarrollando la actividad y la producción se ve gravemente afectada por este tipo de cierres.

En general es un escenario bastante común a lo largo del DMSR, que debe de ser atendido debido a la gravedad de las consecuencias que puede desencadenar y es por ello que quiénes desarrollan este tipo de actividad y las autoridades deben de prestar atención a estos riesgos con el fin de evitar fatalidades.



**Figura 44.** Humedad anormal DMSR

#### 15.2.2.2 ERC4: Inundación

En la Figura 45, se observan los lugares que poseen riesgo de inundación la cual al igual que el escenario ERC2 (humedad anormal) se ve afectada por los niveles freáticos y las fallas de los sistemas de drenaje que se presentan en algunas labores mineras. Los

receptores de este tipo de riesgo son las personas, quiénes se ven afectados por las aguas subterráneas y tienen que trabajar bajo estas condiciones, afectando su integridad y la producción misma pues ocasionalmente se inundan las minas y hasta que no se solucione este inconveniente no es posible continuar desarrollando la actividad y la producción se ve gravemente afectada por este tipo de cierres.

Es un escenario común a lo largo del DMSR estrechamente relacionado con las condiciones del terreno, que debe de ser tenido en cuenta, tomando acciones como el uso de bombas para poder eliminar el exceso de agua en los túneles, el mejoramiento de sistemas de drenajes y el conocimiento de las condiciones del terreno (teniendo un cuidado especial con los cuerpos de agua que se encuentren en la región).

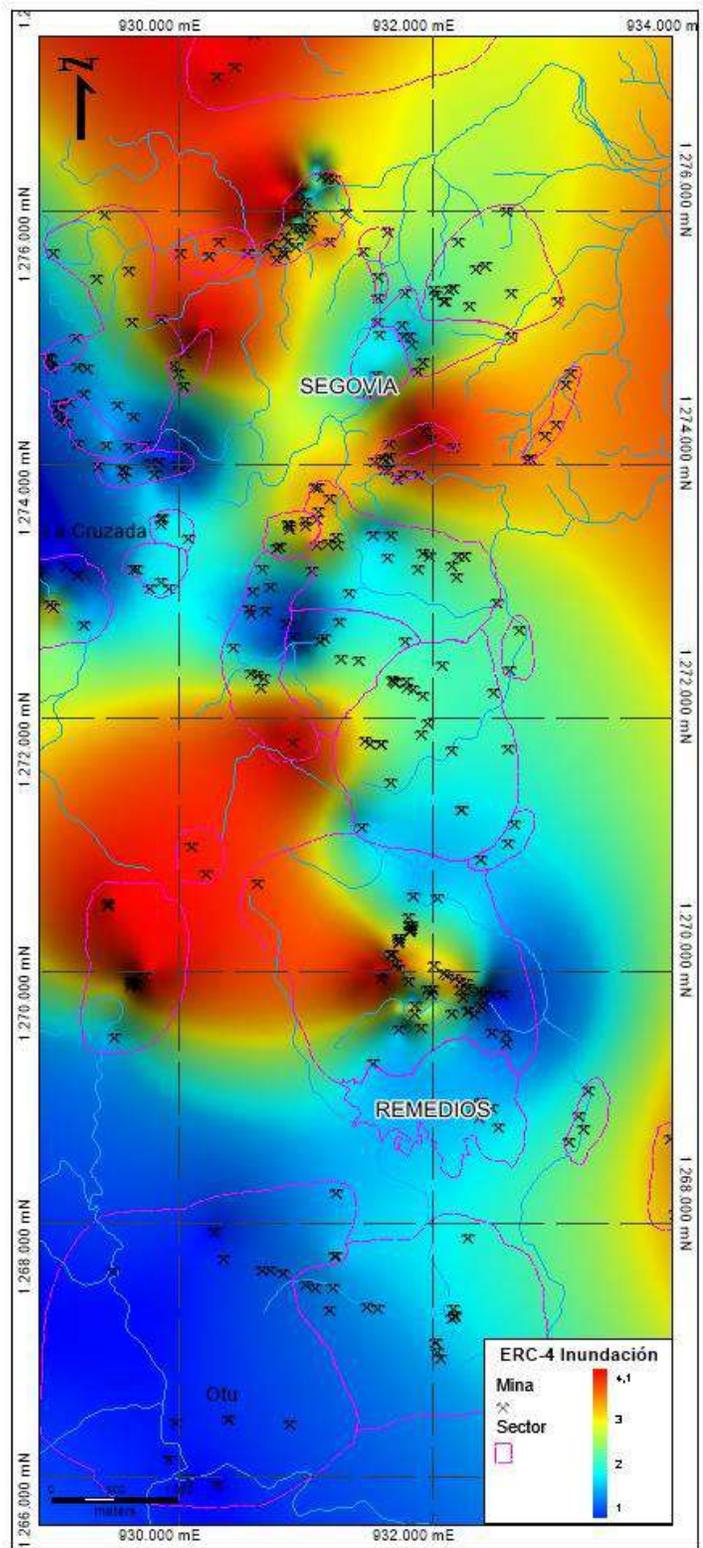


Figura 45. ERC4 Inundación DMSR

### 15.2.2.3 ERC12: Subsistencia

La subsidencia en general, es un riesgo natural en el terreno hace referencia a un hundimiento progresivo en el mismo y se manifiesta por medio de deformaciones verticales que pueden ser de milimétricas a métricas, pueden tardar minutos o años. En minería, se da por la construcción de las galerías para la extracción de minerales cuando el terreno intenta ocupar el vacío generado porque no se hace un adecuado refuerzo de los túneles o bien se construyen en lugares no adecuados.

En los municipios de Segovia y Remedios, no solamente se evidencia el riesgo de subsidencia por hundimientos (desplazamientos verticales en el terreno), sino también por agrietamiento en las viviendas aledañas a la actividad minera lo cual, preocupa a las autoridades que han desalojado algunas viviendas por tener precisamente este riesgo que podría disminuirse con buenas prácticas, haciendo un sostenimiento adecuado y absteniéndose de hacer minería sin control en zona urbana (existen casos que reportan minas en el patio de las viviendas, o escondidas dentro de la casa que son denunciadas por la comunidad).

En la Figura 46, se ilustra para el Distrito Minero Segovia – Remedios (DMSR) el riesgo de subsidencia, se presenta en una mayor medida para el municipio de Remedios, sin dejar de ser relevante para el municipio de Segovia, por lo que las autoridades competentes están llevando a cabo actividades como recolección de información para delimitar zonas de riesgo y evitar este tipo de riesgo.

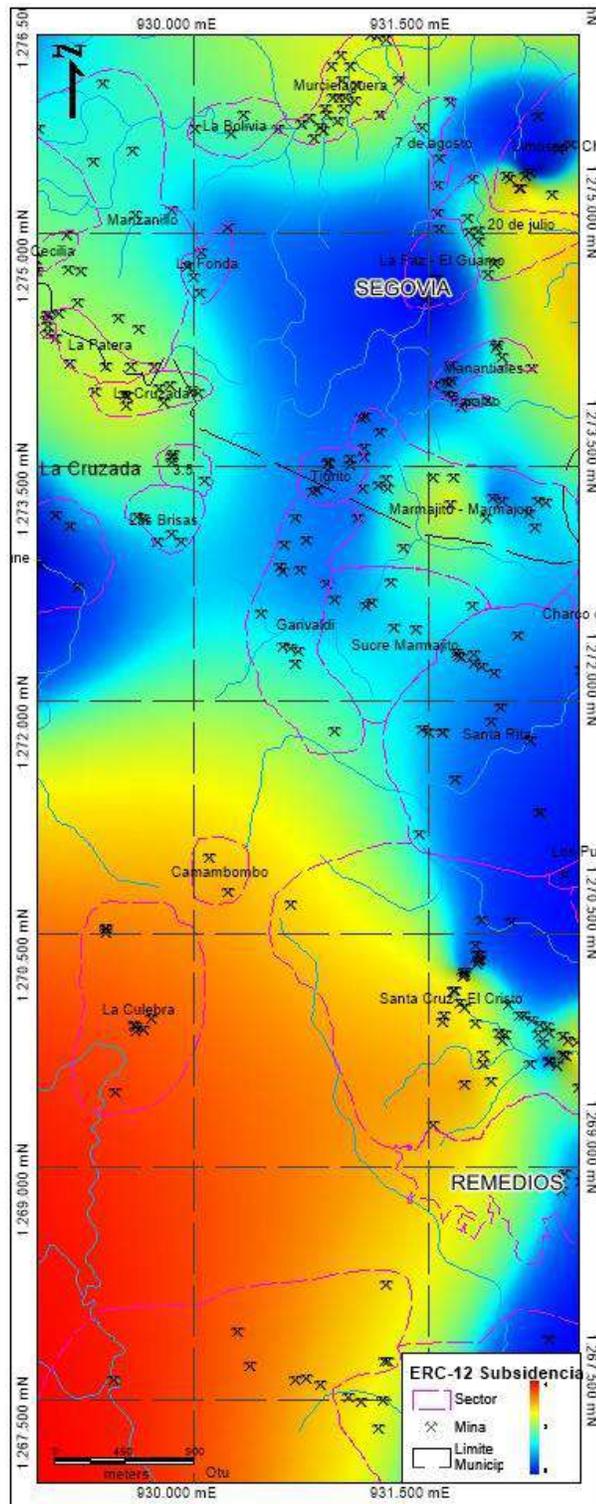


Figura 46. ERC4 Subsistencia DMSR

### **15.3 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad, se conoce como el grado en el que las personas pueden ser susceptibles a pérdidas, daños o inclusive la muerte por la exposición de los riesgos anteriormente expuestos. Es por ello que, para la elaboración de estas figuras, se tiene en cuenta además la ubicación de la población aledaña a la actividad minera con las cuáles se identificaron 4 áreas consideradas como vulnerables en la cual existe población que podría verse afectada por cada uno de los fenómenos.

#### **15.3.1 *Zona vulnerable por movimientos en masa***

En la Figura 47, se observa como la vulnerabilidad por movimientos en masa es mayor para el municipio de Remedios en comparación con el Municipio de Segovia, en dónde, aunque es necesario prestar atención, no constituye un riesgo latente para la población.

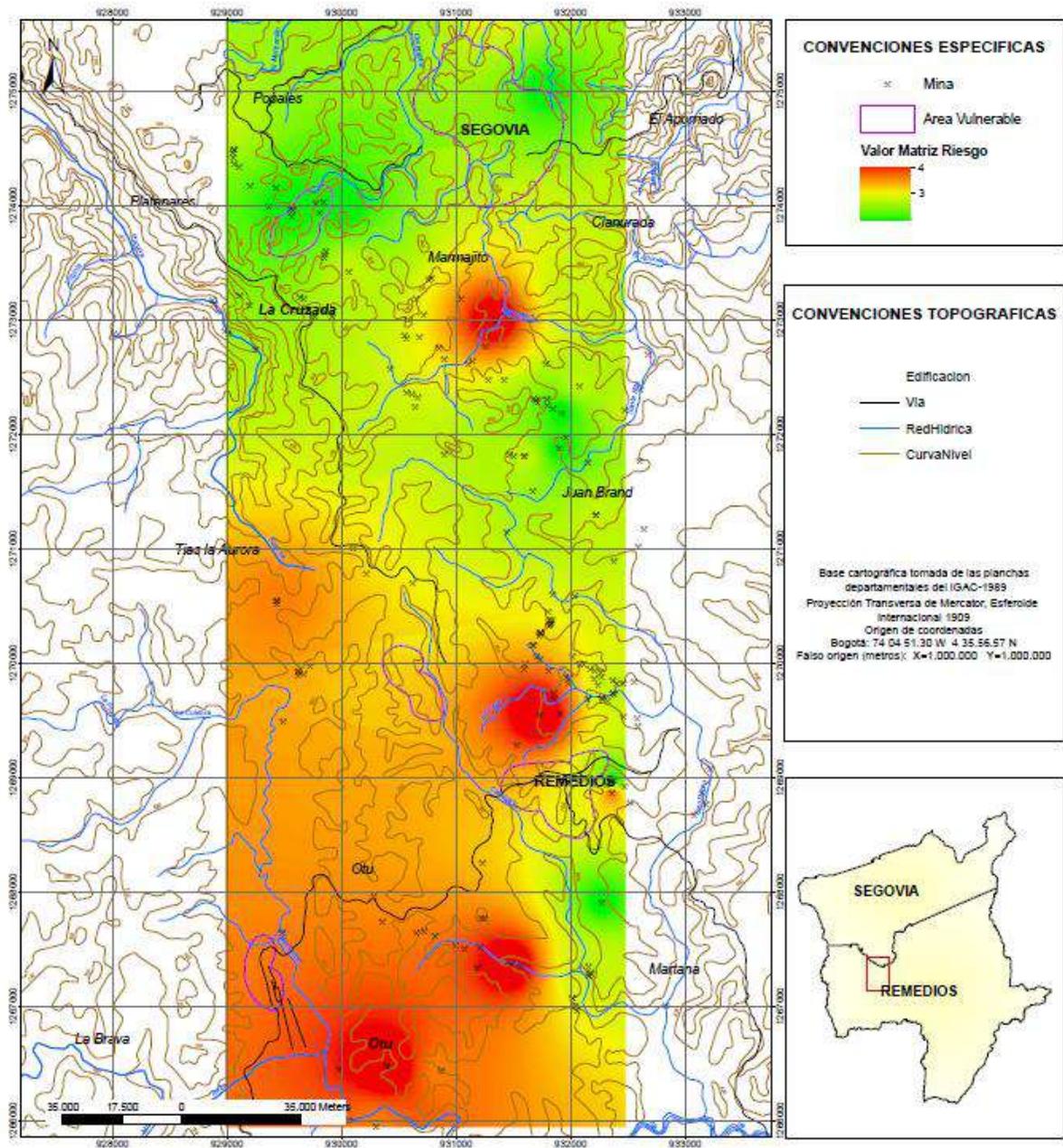


Figura 47. Vulnerabilidad por movimientos en masa

### 15.3.2 Zona vulnerable por subsidencia

En la Figura 48, se observa como la vulnerabilidad por subsidencia se encuentra en ambos municipios y constituye un riesgo para la población afectada, lo cual pudo ser

corroborado en campo con el estado de algunas viviendas y deformaciones en el terrero, principalmente en el casco urbano de ambos municipios y en el Corregimiento de la Cruzada.

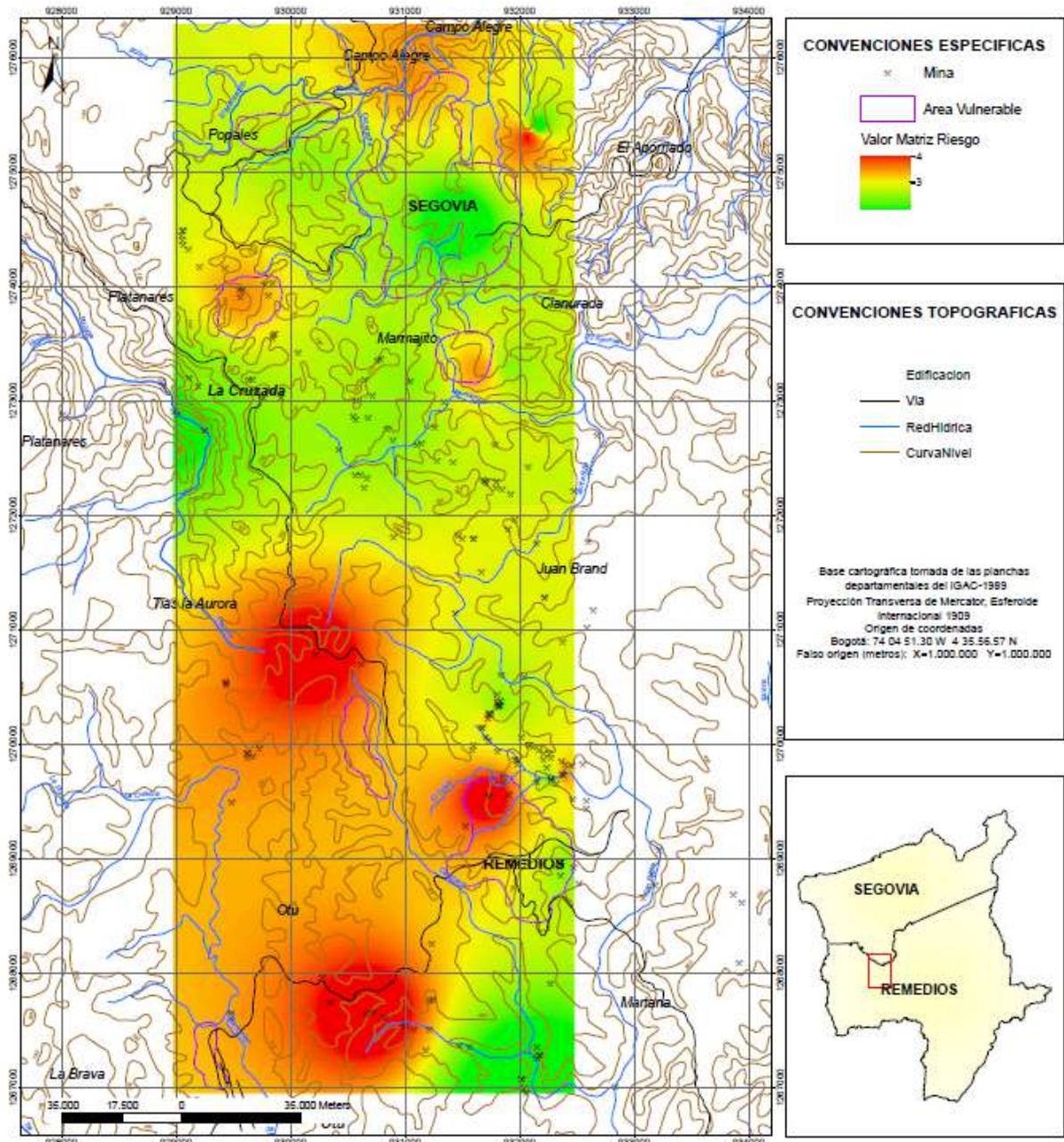


Figura 48. Vulnerabilidad por subsidencia

### **15.3.3 Zona vulnerable por inundaciones**

En la Figura 49, se observa como la vulnerabilidad por inundaciones constituye un riesgo latente para la población de ambos municipios, evidenciándose algunas zonas con el valor mayor. Las inundaciones en las minas, además de ocasionar hundimientos, podrían causar ahogamientos si además se encuentran abandonadas, no están señalizadas y no tienen un adecuado cierre de mina.

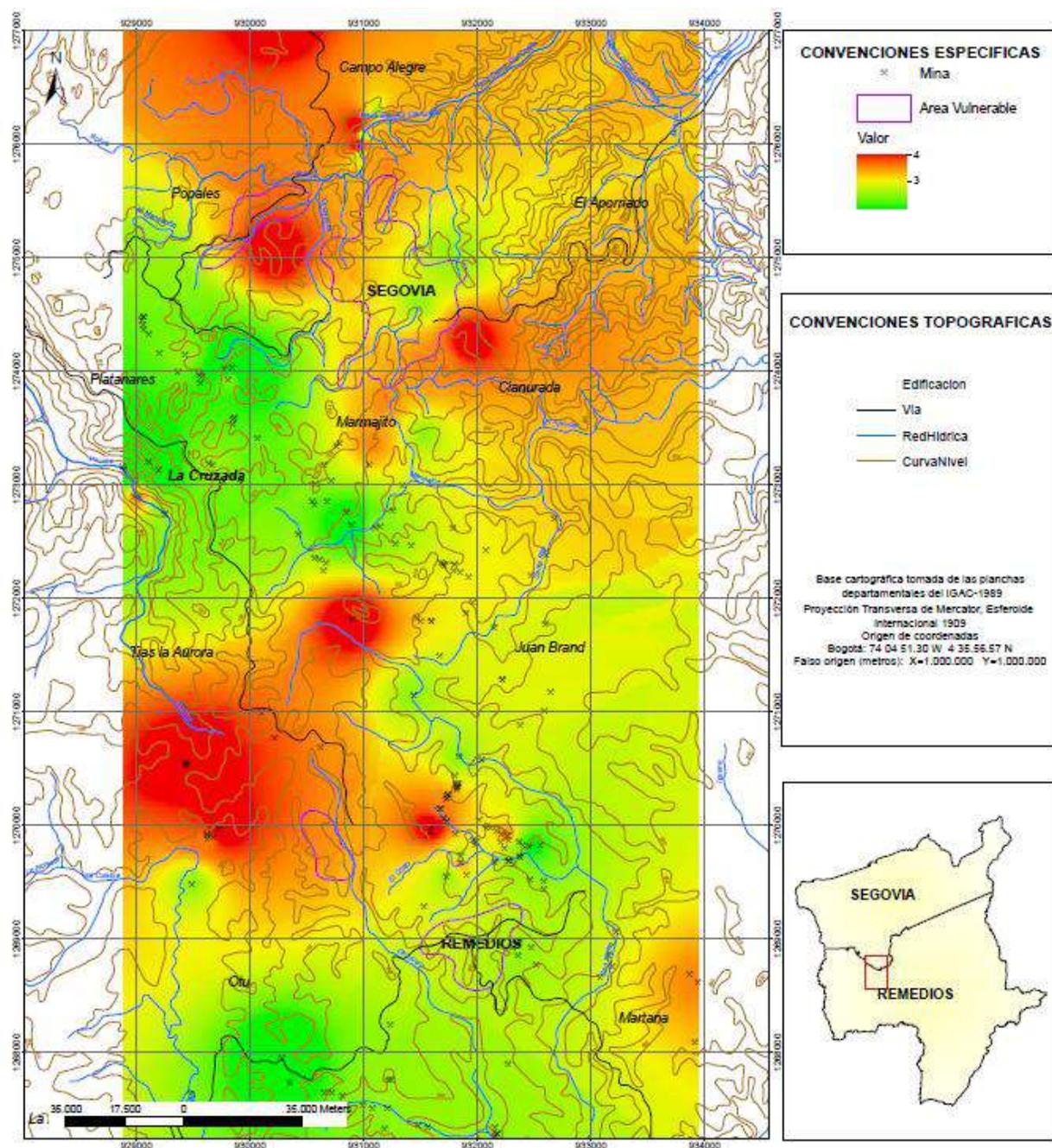


Figura 49. Vulnerabilidad por inundaciones

### 15.3.4 Zona vulnerable por caída de rocas

En la Figura 50, se observa como la vulnerabilidad por caída de rocas es mayor para el municipio de Remedios en comparación con el Municipio de Segovia, aunque en

ambos se encuentran valores significativos que implican medidas de control para las labores mineras ya sean subterráneas o de superficie.

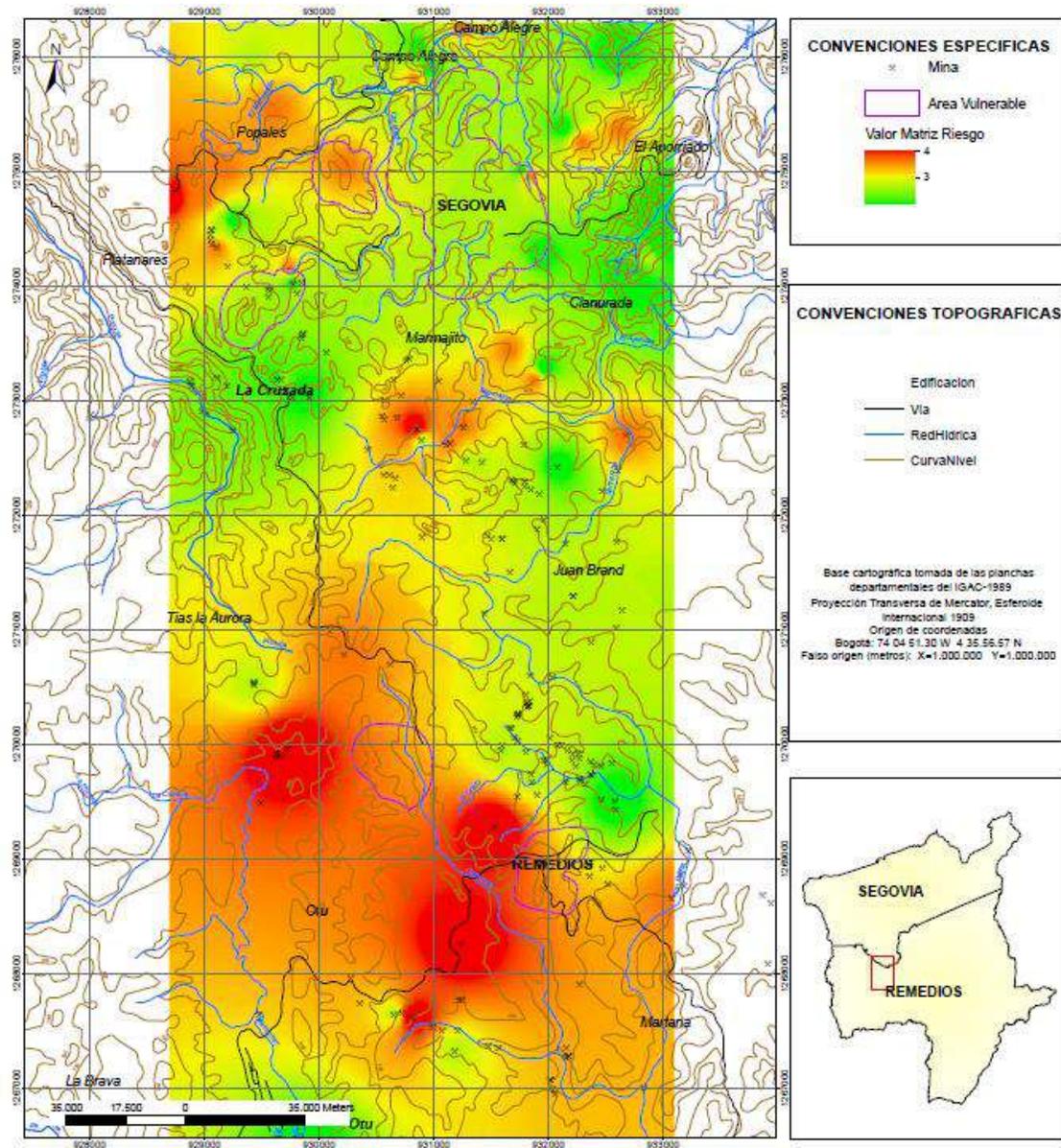


Figura 50. Vulnerabilidad por caída de rocas

#### 15.4 Definición de sectores que requieren atención inmediata

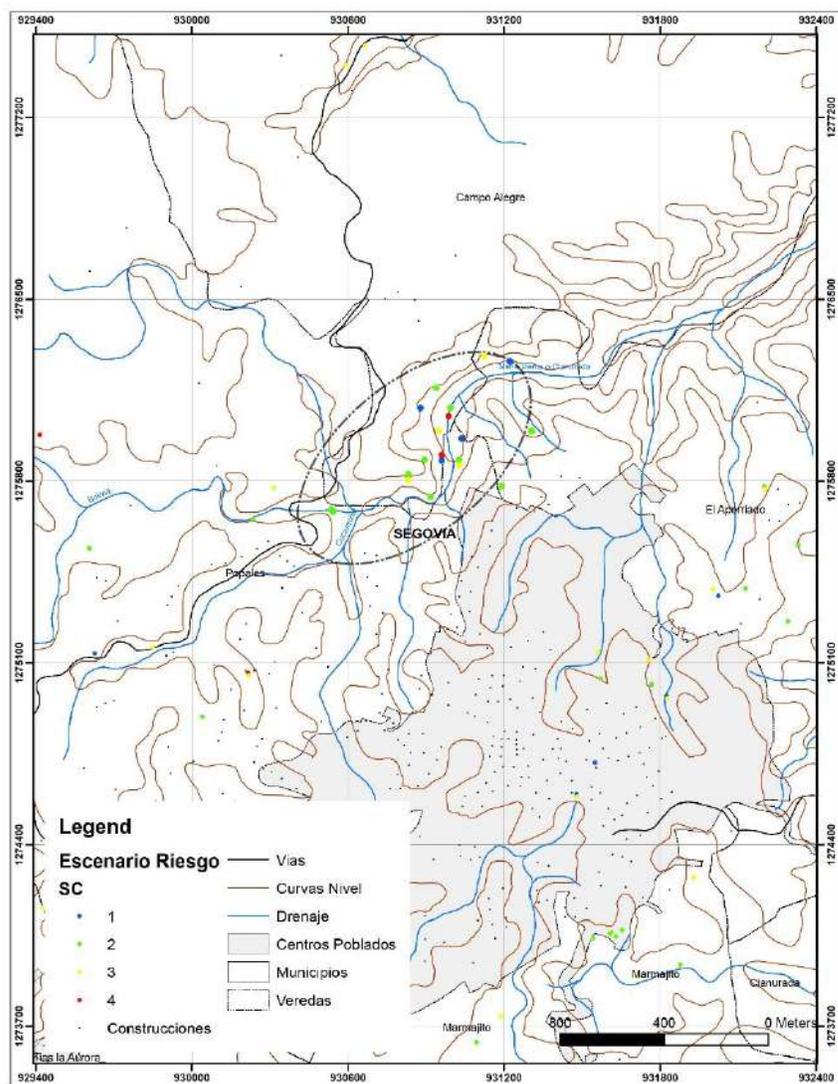
Luego de analizar los escenarios de riesgo por seguridad y contaminación más significativos individualmente, se hizo un análisis de todos los escenarios para seguridad y contaminación:

##### **15.4.1 Zonas para intervención - Escenarios de riesgo por seguridad**

Con el fin de identificar geográficamente zonas con actuación prioritaria (requiere intervención por parte de la autoridad competente pues se presenta una mayor cantidad de escenarios de riesgo por seguridad, dentro de los cuales se pueden encontrar fatalidades), se hizo una superposición de las capas de los riesgos más significativos para ambos municipios dentro del Distrito Minero Segovia Remedios, los escenarios seleccionados fueron: ERS4: Caída a nivel, ERS6: Caída de rocas, ERS15: Movimientos en masa, ERS20: Riesgos ergonómicos, ERS21: Superficies lisas e inclinadas, ERS8: Colapso de túnel de transporte. Para los escenarios enunciados anteriormente se obtuvieron las siguientes 5 zonas por seguridad:

##### *15.4.1.1 Quebrada Maria Dama – Cucaracha (Segovia)*

Como se observa en la Figura 51 hay una afectación a lo largo de las quebradas Maria Dama y La Cucaracha, afectando sus afluentes. Allí se evidencian valores para la severidad de las consecuencias (SC) catastróficos, lo cual implica que las condiciones de seguridad no son óptimas y que, en conjunto con las demás afectaciones, constituyen una zona que debe ser regulada por la autoridad competente para garantizar la seguridad de quienes laboran allí, además de regular la minería informal presente.

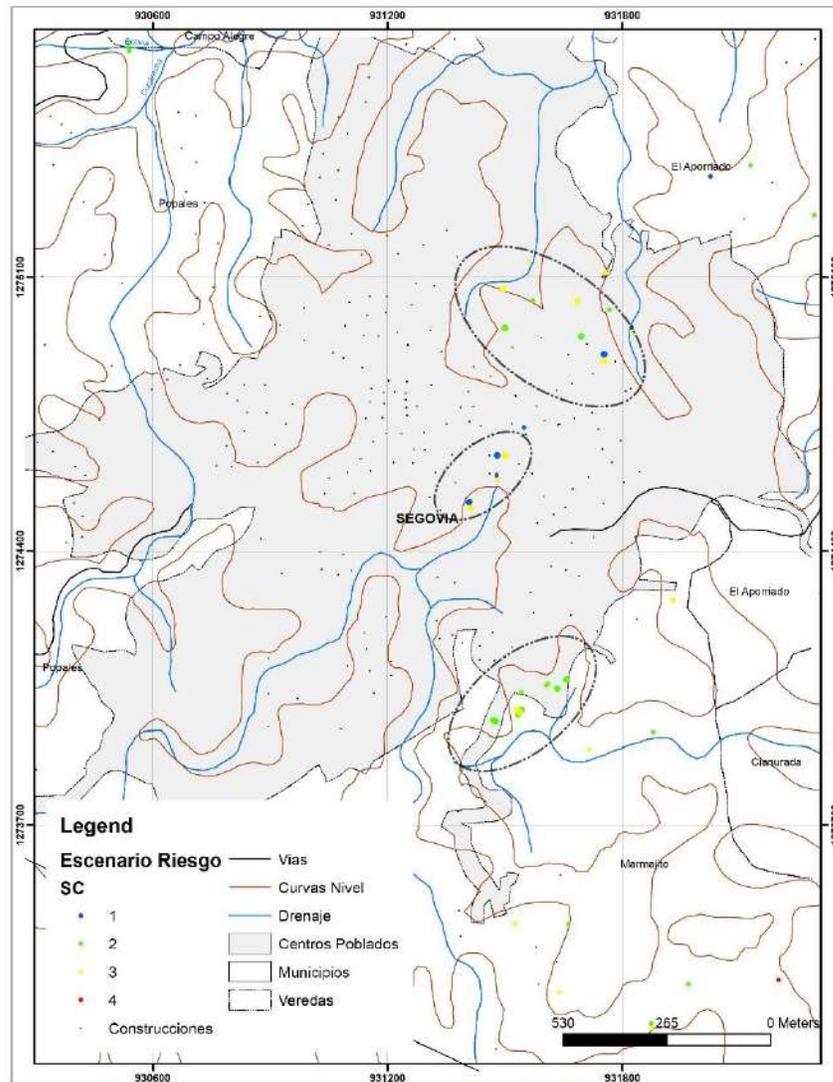


**Figura 51.** Zona 1 intervención por ERS

#### 15.4.1.2 Casco urbano Segovia

Se identificaron 3 zonas a lo largo del casco urbano de Segovia, en donde se encuentra prohibido realizar este tipo de actividad económica, no obstante, se encuentran minas en las partes traseras de las casas llegando el caso de tener socavones al interior de las viviendas particularmente en una cocina. Este tipo de gráficos (Figura 52), asociados con afectaciones en la infraestructura constituye una herramienta clave para la gestión de la

administración, facilitando la toma de decisiones de reubicación y cierre de minas. Más que garantizar la seguridad minera, prima la seguridad de la población en esta zona.



**Figura 52.** Zona 2 intervención por ERS

#### 15.4.1.3 Casco urbano Corregimiento La Cruzada (Remedios)

El corregimiento de La Cruzada, es un paso obligado entre los dos municipios y los conecta notablemente, surgió del auge minero que siempre ha habido en la zona y al

igual que los demás cascos urbanos presenta labores mineras. Las labores, se encuentran ubicadas en los lugares con mayores pendientes como se puede evidenciar en la topografía y se pudo notar en el recorrido de campo, la ocupación en este casco urbano surgió de la actividad minera en la zona. Con la ayuda del mapa (Figura 53) se pudo observar que se tienen diferentes afectaciones concentradas en una zona que requiere intervención, para tomar medidas de cierre de mina o reubicación de viviendas.

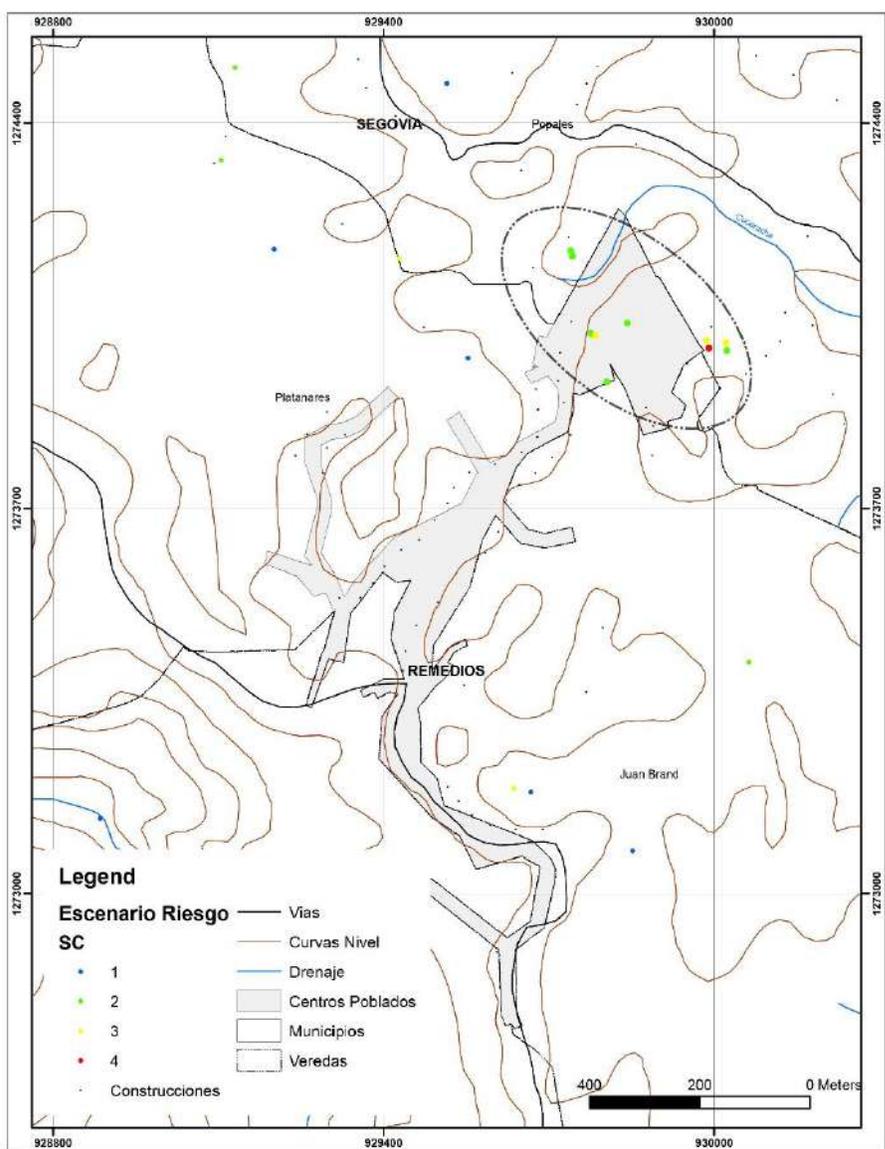
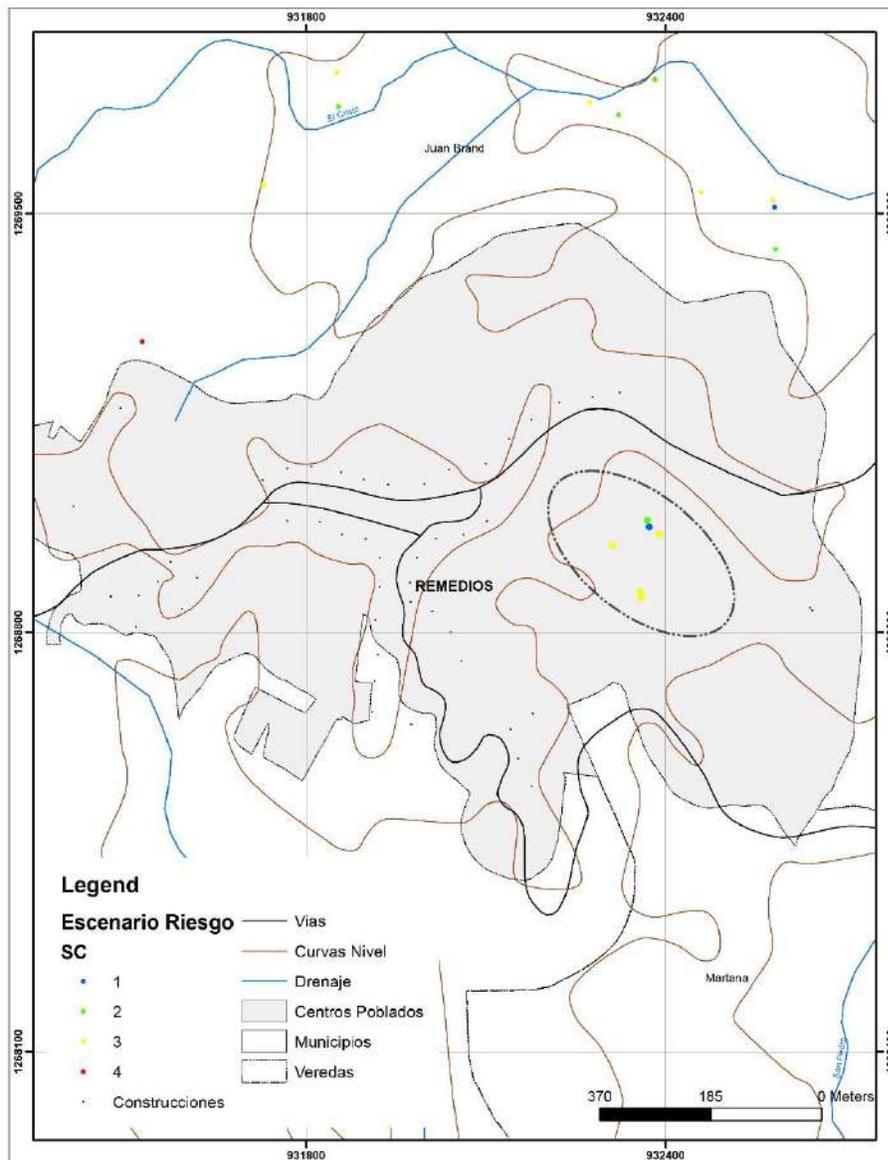


Figura 53. Zona 3 intervención por ERS

#### *15.4.1.4 Casco urbano Remedios*

Como se observa en la Figura 54 el casco urbano de Remedios, también presenta actividad minera, aunque en una menor cantidad, se concentran las labores mineras espacialmente en un solo punto que debe ser de interés y foco de intervención para la administración, determinando medidas de actuación y evaluando las afectaciones que se tienen.



**Figura 54.** Zona 4 intervención por ERS

#### 15.4.1.5 Otú

En la Figura 55 se observa la actividad minera que se encuentra en el sector de Otú, el mapa constituye allí una herramienta básica de localización al encontrarse el sitio retirado del municipio. Las afectaciones en materia de seguridad son considerables,

encontrándose valores máximos de severidad de las consecuencias (SC) que implican que se expone la vida de los trabajadores de una forma crítica o se ha producido algún tipo de fatalidad, por lo que es necesaria una intervención. Es necesario tener en cuenta para esta zona, que se encuentra próxima al aeropuerto de la región y que si no se toman medidas necesarias de regulación se puede producir una afectación a largo plazo.

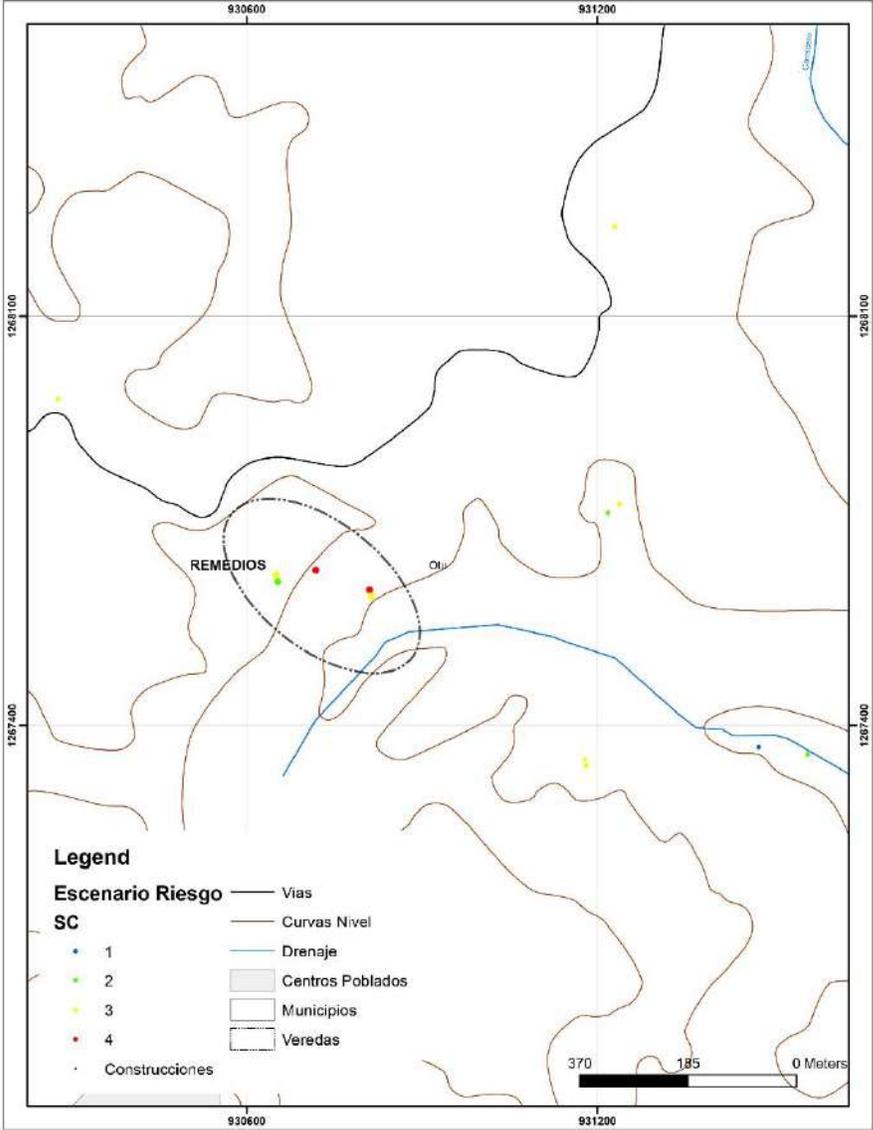


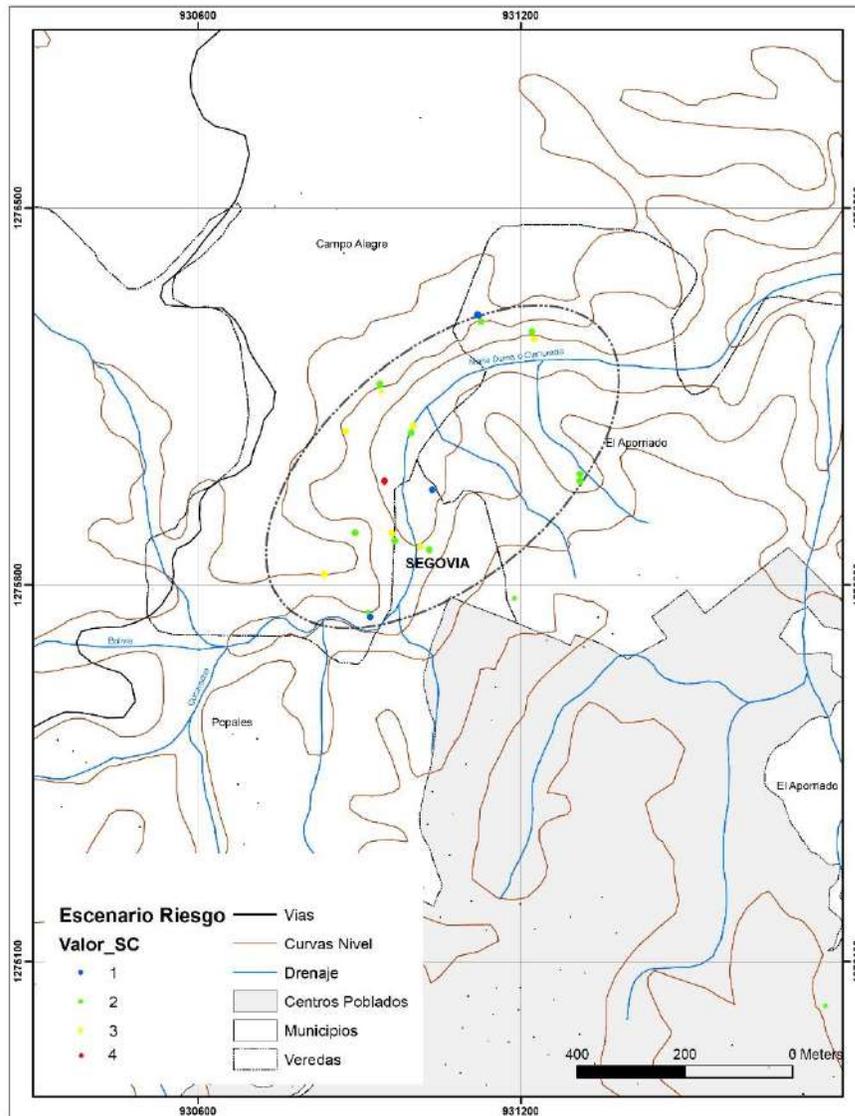
Figura 55. Zona 5 intervención por ERS

### **15.4.2 Zonas para intervención - Escenarios de riesgo por contaminación**

Con el fin de identificar geográficamente zonas con actuación prioritaria (requieren intervención por parte de la autoridad competente pues se presenta una mayor cantidad de escenarios de riesgo por contaminación, dentro de los cuales se pueden encontrar fatalidades y se pueden estar afectando el recurso hídrico de la región), se hizo una superposición de las capas de los riesgos más significativos para ambos municipios dentro del Distrito Minero Segovia Remedios, los escenarios seleccionados fueron: ERC1: Drenaje con presencia de contaminantes (aguas ácidas), ERC2: Humedad anormal, ERC4: Inundaciones, ERC12: Subsistencia. Para los escenarios enunciados anteriormente se obtuvieron las siguientes 6 zonas por riesgo de contaminación:

#### *15.4.2.1 Quebrada María Dama – Cucaracha (Segovia)*

En la Figura 56 se observa la distribución espacial de los escenarios de riesgo por contaminación en la zona de la Quebrada María Dama – La Cucaracha. Este sector, también fue determinado como prioritario por escenarios de riesgo por seguridad lo que lo posiciona como un lugar con las condiciones de seguridad y contaminación necesarias para poner en riesgo la seguridad minera y del recurso hídrico existente. La Quebrada María Dama, también recibe el nombre de La Cianurada el agua es completamente gris y su olor es muy característico, tiene un grado de contaminación tan alto que hasta ya no se encuentran allí especies animales. Es necesaria la actuación allí por parte de la autoridad, con esta ubicación espacial cuentan con las referencias para identificar si la actividad minera allí es o no legal, además de eso el tipo de escenario de seguridad y riesgo, y los puntos en los que se determinaron con el ERC1 (presencia de contaminantes), para realizar una recuperación del recurso hídrico.



**Figura 56.** Zona 1 intervención por ERC

#### 15.4.2.2 Casco urbano Segovia

En la Figura 57 se observa nuevamente el casco urbano de Segovia como zona para intervención, particularmente cuenta con valores altos de severidad de las consecuencias probablemente porque son puntos críticos de subsidencia, aquí está señalada la zona del hospital que posee una afectación tan grande que el hospital está para ser reubicado,

como una consecuencia de minería al interior del casco urbano. Aquí se ubican espacialmente puntos críticos para intervenir, tomar medidas de reubicación y cierre de minas aledañas.

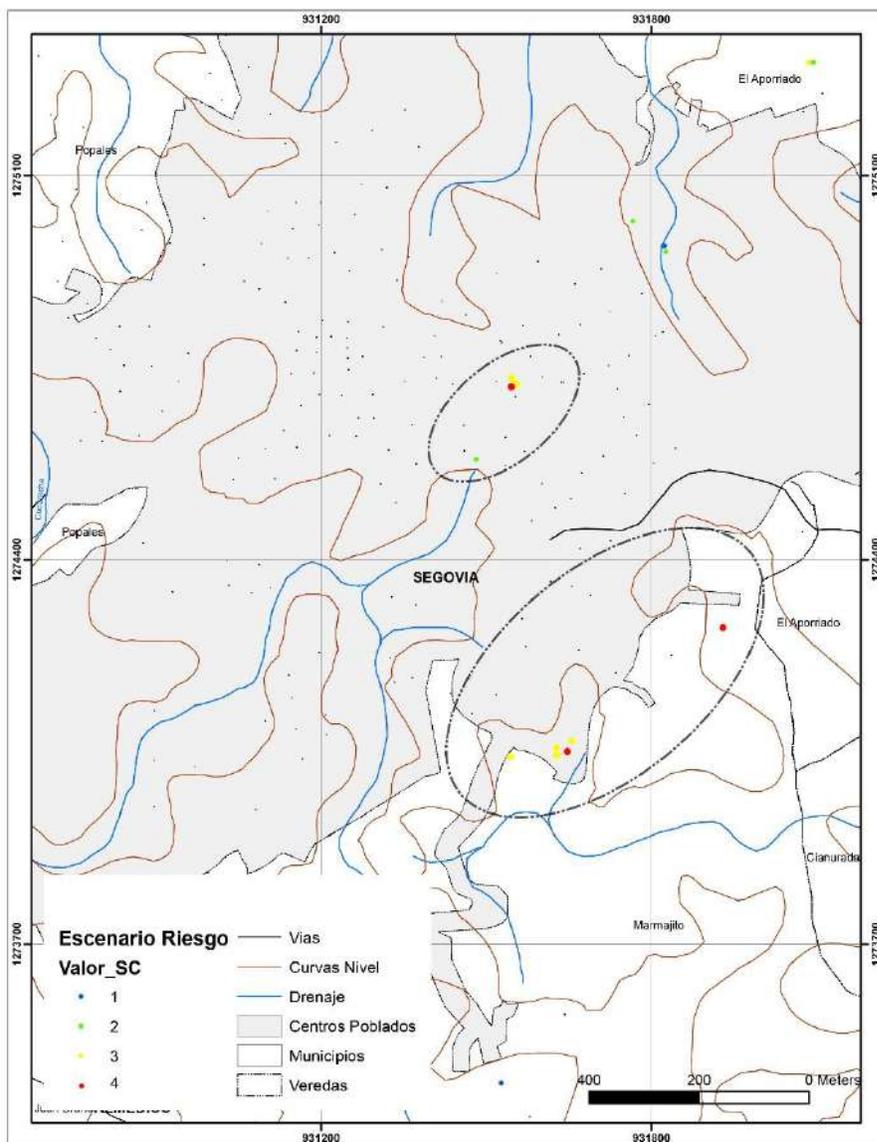


Figura 57. Zona 2 intervención por ERC

### 15.4.2.3 Casco urbano Corregimiento La Cruzada (Remedios)

En la Figura 58 se observa el casco urbano de la Cruzada identificado como zona para intervención, con valores de SC medios, altos y catastróficos. Las afectaciones son principalmente por el fenómeno de subsidencia y afectación en la infraestructura, con la figura se pueden identificar los puntos que necesitan regular la actividad minera (cerrar la mina o reubicar vivienda), pues no podrán coexistir ambos usos del suelo.

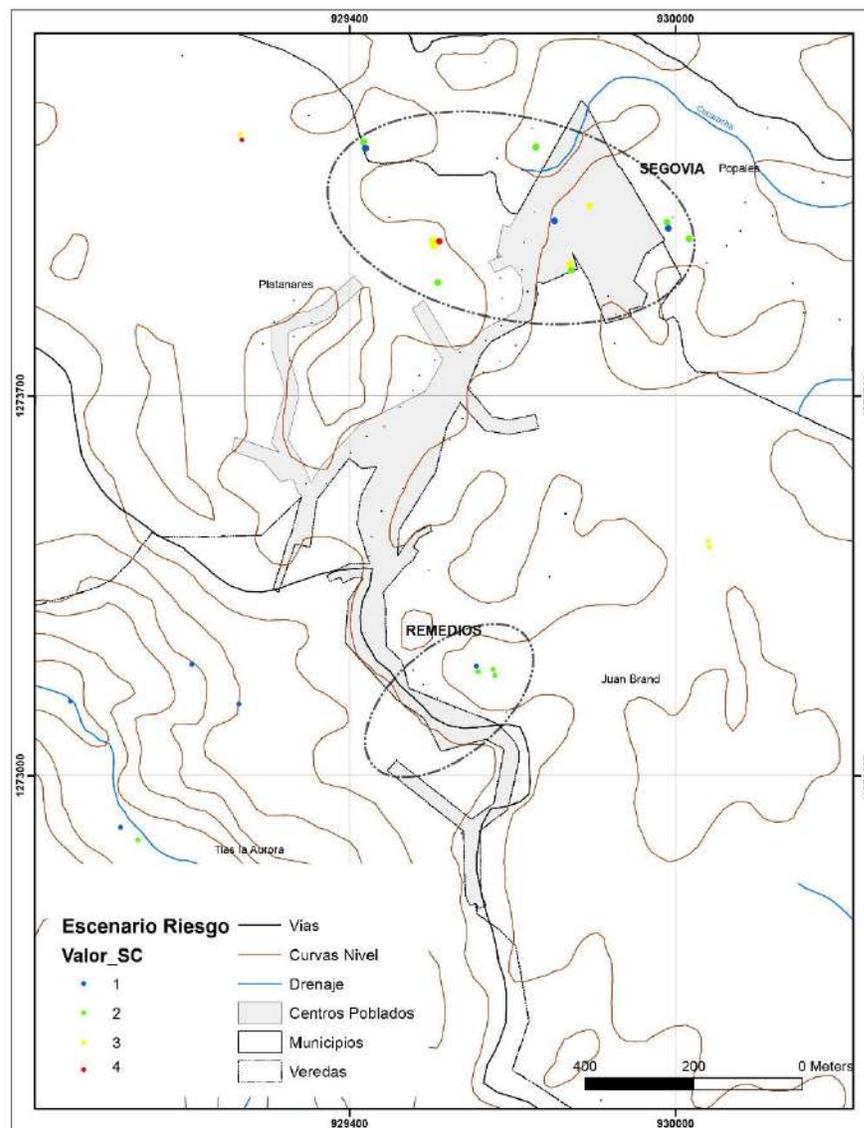
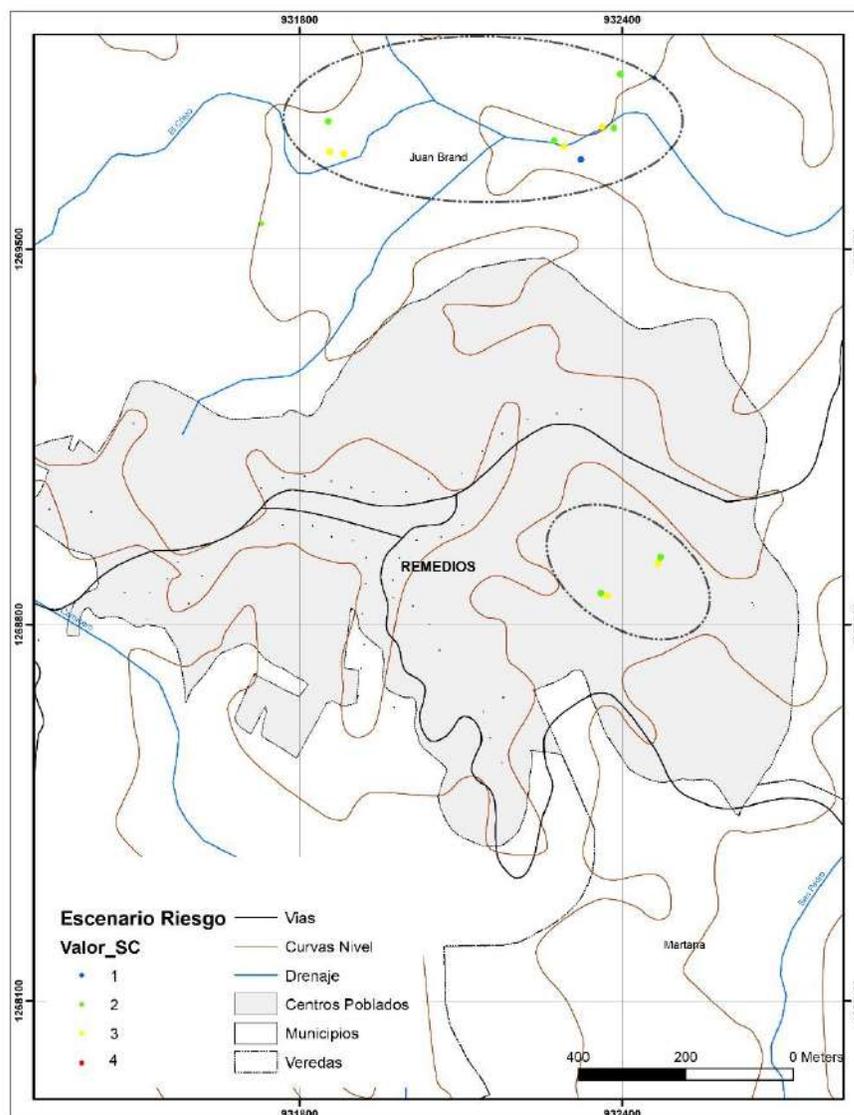


Figura 58. Zona 3 intervención por ERC

#### 15.4.2.4 Casco urbano Remedios

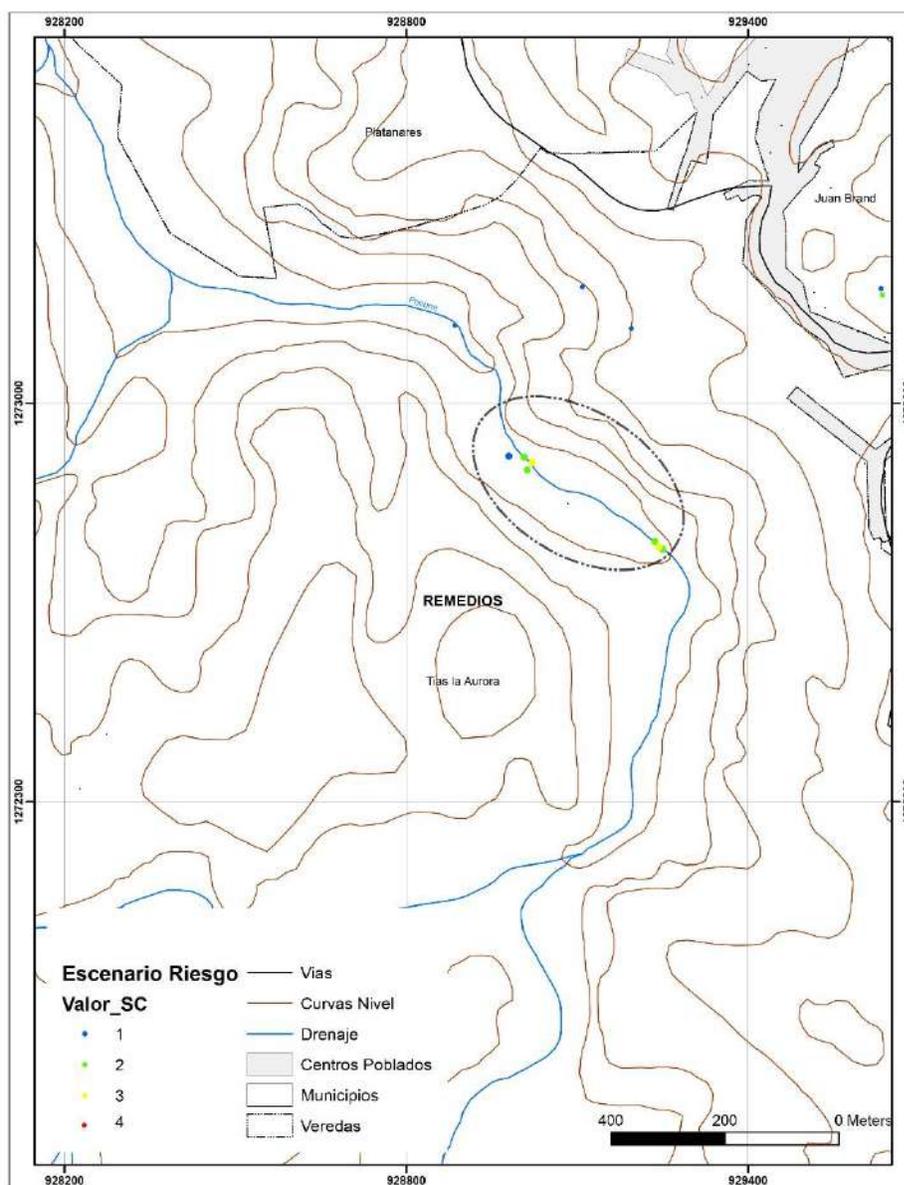
En la Figura 59 se observa afectación en dos zonas: aunque en menor medida una afectación en el casco urbano que requiere medidas de control y una caracterización de las viviendas allí presentes y una afectación en la quebrada El Cristo y sus afluentes, que deben ser visualizadas ante la autoridad competente para la regularización de la actividad minera que allí se presenta, las afectaciones son por drenajes ácidos (ERC1), por lo que se debe proteger el recurso hídrico.



**Figura 59.** Zona 4 intervención por ERC

*15.4.2.5 Río Pocuné*

A lo largo del Río Pocuné se han realizado actividades extractivas puntuales principalmente minería aluvial, especialmente se identificó esta zona como se observa en la Figura 60, donde hay una mayor afectación del Río y se necesita una intervención que proteja no solamente la seguridad minera de quienes laboran allí legalmente, sino además el recurso hídrico.



**Figura 60.** Zona 5 intervención por ERC

#### 15.4.2.6 Quebrada Marmajón

Como se observa en la Figura 61, donde hay una afectación en la quebrada por la actividad minera subterránea que se realiza en la zona, principalmente por drenajes

ácidos y por la presencia de entables (sitios de beneficio) sin regulación alguna, por lo que nuevamente se enfatiza en la necesidad de visualizar estos lugares ante la autoridad, que requieren una intervención rápida que proteja no solamente la seguridad minera de quienes laboran allí legalmente, sino además el recurso hídrico.

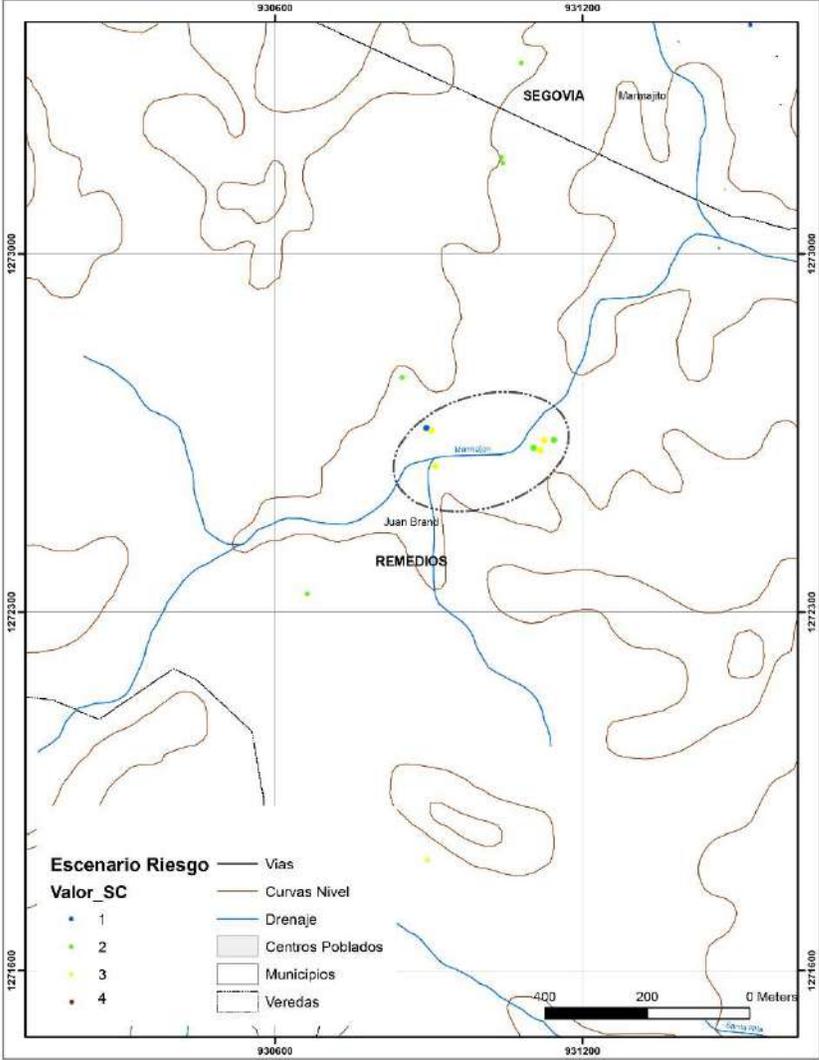


Figura 61. Zona 6 intervención por ERC

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En los dos municipios se visitaron un total 374 minas, de las cuales 161 se localizaron en el municipio de Segovia. De estas 144 son minas subterráneas y 17 minas en superficie o aluviales; mientras que en el municipio de Remedios se localizaron un total de 213 minas, de las cuales 186 son minas subterráneas y 27 en superficie.
2. Las actividades mineras del municipio de Segovia presentan escenarios de riesgos por seguridad como Daño electromecánico (ERS-11), Riesgos ergonómicos (ERS-20) y Superficies lisas e inclinadas (ERS-21) para las cuales las medidas de mitigación deben realizarse de inmediato; mientras que para el municipio de Remedios se presentan estos mismos escenarios de riesgos mencionados en Segovia además del Colapso del túnel de transporte (ERS-8), Estos escenarios presentan estos valores de priorización debido a la poca o nula tecnificación de las minas y malas prácticas, secciones de los túneles que no cumplen con las dimensiones mínimas establecidas, el principal medio de transporte del mineral es el catanguero, las minas tecnificadas no tienen programas de mantenimiento para la maquinaria, los túneles principales y secundarios presentan elevadas pendientes y el estado del macizo rocoso que es influenciado directamente por el sostenimiento de la mina e influencia de trabajos antiguos no localizados.
3. En los municipios de Segovia y Remedios se presenta el denominado apogeo que consiste en la apertura de nuevos socavones sin ningún tipo de tecnificación, ocasionalmente exploratorios y con presencia de escenarios de riesgos en altas proporciones. Posteriormente a la extracción del mineral son abandonados sin ningún tipo de cierre de mina.
4. Este tipo de estudios evidencian la necesidad de los sistemas de información geográfica, los cuales se constituyen como claves para la planificación del territorio, pues se logran integrar diferentes factores espacialmente como riesgo, vulnerabilidad, seguridad minera e infraestructura, con condiciones naturales del

terreno tales como amenaza, hidrología y topografía, para así poder restringir o regular los diferentes usos del suelo por diferentes actividades económicas en los municipios afectados.

5. Es necesario visibilizar las diferentes problemáticas que se presenten en el territorio a partir de herramientas SIG, para tener una visión a nivel regional de las diferentes intervenciones que se han realizado a lo largo de la historia, buscando así identificar zonas que necesitan intervención desde el punto de vista jurídico, ambiental y de seguridad minera.
6. El uso de herramientas SIG, constituye un apoyo fundamental en la delimitación e identificación de riesgos, con el fin de tomar acciones para erradicar o mitigar los mismos.
7. Para la elaboración de los mapas de riesgo y vulnerabilidad es necesario identificar al momento de realizar las interpolaciones correspondientes si este tipo de riesgo afecta directamente la totalidad del territorio o si bien, es del tipo ocupacional y no tiene influencia directa en el mismo.
8. Gracias a las herramientas SIG, se lograron identificar en los municipios de Segovia y Remedios zonas con mayor afectación en materia de seguridad minera que requieren una atención prioritaria por parte de la autoridad competente. Se recomienda que hagan uso de ellas para una regularización de la actividad minera y se tomen las medidas necesarias para proteger la seguridad de los trabajadores, la infraestructura existente y los recursos naturales.
9. El fenómeno más representativo en ambos municipios es el de Subsistencia (ERC-12). En Segovia se presenta subsidencia en 11 minas y de manera crítica en el casco urbano, precisamente en el sector del hospital. En el municipio de Remedios este fenómeno se presenta en 22 minas y de manera crítica en el sector de la Cruzada. Es necesario que la autoridad competente haga uso de las diferentes caracterizaciones realizadas en el presente estudio, realice nuevas tomas de datos a una escala más detallada priorizando por zonas para ambos municipios (identificadas en los mapas adjuntos), para poder actuar ante un fenómeno que

por condiciones de amenaza en el terreno y la vulnerabilidad a nivel físico y socioeconómico de los habitantes, constituye un riesgo latente para el municipio.

10. Una situación común y problema fundamental en el origen de grietas en viviendas y subsidencia en estos dos municipios es la apertura de socavones en las viviendas sin ningún tipo de tecnificación y muy cerca de la superficie del terreno (socavones en saprolito); situación que no fue evaluada por las condiciones de seguridad y propiedad privada que representan las viviendas.
11. Se recomienda recurrir a la memoria local (cronología, localización y relatos) sobre eventos que hayan sucedido en los municipios y hacer uso de esta información para superponerla con los datos que se poseen actualmente y complementar los mapas ya realizados, logrando así definir nuevas zonas de riesgo.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Municipal, Eliecer G.J (2012-2015). *Plan de desarrollo municipal, Municipio de Remedios*. Remedios Colombia.

Álvarez, M. (2007), *Geología de la Zona de Influencia de La Falla Otú en el Distrito Minero Segovia-Remedios*. Universidad Nacional, Medellín Colombia.

Álzate C.M (2006). *Generación de información básica en geología para incrementar el conocimiento y agregar valor al proyecto 15 minas, que sirva de plataforma para acceder a recursos económicos y de asistencia técnica especializada*. Antioquia Colombia, Gobernación de Antioquia

Cárdenas V. A (2009). *Características y aproximaciones a la génesis del sistema Vetiforme cogote en el distrito minero Segovia-Remedios*. Universidad Nacional, Medellín Colombia.

Cárdenas, A. (2009). *Características y Aproximación a la Génesis del Sistema Vetiforme Cogote en el Distrito Minero Segovia-Remedios*. Universidad Nacional, Medellín Colombia.

Compañía de Recursos Geológicos S.A. (2013). *Identificación, análisis y evaluación de riesgos asociados a la actividad minera del carbón en los municipios de Amagá, Angelópolis, Fredonia, Titiribí, y Venecia del departamento de Antioquia*. Medellín Colombia.

Defensoría del Pueblo. (2010) *La minería de hecho en Colombia*. Medellín Colombia

Echeverry, S. (2009). *Aspectos Estructurales y Relaciones de Algunos Sistemas Vetiformes del Distrito Minero Segovia-Remedios*. Universidad Nacional, Medellín Colombia.

GEMMA, (2009) *Implementación de mejores prácticas para el mejoramiento de la productividad de la minería aurífera del Nordeste Antioqueño*. Universidad Nacional, Medellín Colombia

Hincapie M.U (2006) *Diagnóstico para la implementación de sistemas de gestión ambiental en el distrito minero Segovia-Remedios*, Antioquia Colombia, Secretaria de productividad y competitividad.

López, N. (2009) *Aluviones Auríferos en Colombia, Geología e Historia de su Exploración y Producción*. Universidad Nacional, Medellín Colombia.

Mineros Nacionales (2006). *Análisis de Alternativas para la Degradación del Cianuro en Efluentes Líquidos y Sólidos del Municipio de Segovia, Antioquia y en la Planta de Beneficio de la Empresa Mineros Nacionales*.

Pacheco, J (2007). Modelo de subsidencia del Valle de Quétaro y predicción de agrietamientos superficiales.

Paz, J, González, M, Gómez, J, Velasco, J. Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Sánchez, R, Mayorga, R, Urrego, L, Vargas, G (2002). Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. Simposio latinoamericano de control de erosión.

Universidad de Antioquia (2010). *Problemática ambiental ocasionada por el mercurio proveniente de la minería aurífera en el Corregimiento de Providencia, Antioquia*. Medellín Colombia.

Vega, J (2013). Estimación del riesgo por deslizamientos de laderas generados por eventos sísmicos en la ciudad de Medellín utilizando herramientas de la Geomática.