



INFORME DE GESTION AÑO 2015

Bogotá, Enero de 2017



SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Oscar Eladio Paredes Zapata
DIRECTOR GENERAL

Iván Sarmiento Galvis
SECRETARIO GENERAL

Alberto Ochoa Yarza
DIRECTOR DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

Gloria Prieto Rincón
DIRECTORA DE RECURSOS MINERALES

Marta Calvache Velasco
DIRECTORA DE GEOAMENAZAS

Héctor Enciso Prieto
DIRECTOR DE LABORATORIOS

Fernando Mosos Patiño
DIRECTOR DE ASUNTOS NUCLEARES

Margarita Bravo Guerrero
DIRECTORA GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA

Tatiana Baquero Iguarán
JEFE OFICINA ASESORA JURÍDICA

Olga Patricia Rocha Sánchez
ASESORA COORDINADORA GRUPO DE PLANEACIÓN

María Esperanza Pérez Pérez
JEFE OFICINA CONTROL INTERNO

IMPRESIÓN
Digital
Bogotá, Colombia

CONTENIDO

DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS	5
CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA:	5
ESTRATIGRAFÍA.....	7
MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA (MGC)	9
ESTUDIOS GEOLÓGICOS ESPECIALES	13
INVESTIGACIONES EN TECTÓNICA.....	14
GEOLOGÍA DE VOLCANES	24
INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	26
EXPLORACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS.....	36
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO	44
DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES.....	51
INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE RECURSOS MINERALES METÁLICOS.....	51
INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE RECURSOS MINERALES ENERGÉTICOS	62
INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE RECURSOS MINERALES NO METÁLICOS E INDUSTRIALES.....	68
DIRECCIÓN DE GEOAMENAZAS	71
EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	71
EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA	87
EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA	103
IMPLEMENTACIÓN RED NACIONAL DE ESTACIONES PERMANENTES GEODÉSICAS SATELITALES GPS PARA ESTUDIOS E INVESTIGACIONES GEODINÁMICAS EN EL TERRITORIO NACIONAL.....	125
INVESTIGACIONES APLICADAS A AMENAZAS Y RIESGOS GEOLÓGICOS - SISMOS	143
INVESTIGACIONES APLICADAS A AMENAZAS Y RIESGOS GEOLÓGICOS - VOLCANES	146
DIRECCIÓN DE RECURSOS HIDROCARBURÍFEROS	148
AUMENTO DEL CONOCIMIENTO EN HIDROCARBUROS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES EN LA CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA	148
FORMULACIÓN DEL PROYECTO: TRAMPAS HIDROCARBURÍFERAS ASOCIADAS A VOLCANES DE LODO. .	153
FORMULACIÓN DEL PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PETROFÍSICA, ESTRATIGRAFÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA (SEDE GUATIGURÁ) (2017-2018)	154
DIRECCIÓN DE LABORATORIOS	155
ESTUDIOS Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADOS	155
ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO.....	156
PRODUCTIVIDAD EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS:	158
COOPERACIÓN INTERISNTITUCIONAL	159
GESTIÓN DE LA CALIDAD	159
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS	162
AVANCE EN IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA EMPRESARIAL.....	162
CONSULTA INFORMACION GEOCIENTIFICA BIBLIOTECA DEL SGC.....	165
CONSULTA INFORMACION GEOCIENTIFICA MUSEO DEL SGC	166
PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLOGICO	169
CATALOGOS DE PRODUCTOS OFICIALIZADOS	172
SERVICIO DE SUMINISTRO DE INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA DIGITAL	173
TRANSFERENCIA DEL BANCO DE INFORMACIÓN PETROLERA.....	175
DIRECCIÓN TÉCNICA DE ASUNTOS NUCLEARES	177
LICENCIAMIENTO Y CONTROL DE FUENTES RADIATIVAS	178
INVESTIGACIONES Y APLICACIONES RADIATIVAS	183
INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES Y GEOCRONOLÓGICAS.....	184
SECRETARIA GENERAL	188

GRUPO DE TALENTO HUMANO	188
CONTRATOS Y CONVENIOS.....	193
GRUPO DE PLANEACIÓN	196
UNIDAD DE RECUSOS FINANCIEROS.....	203
SERVICIOS ADMINISTRATIVOS.....	210
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES.....	217
CONTROL INTERNO DISCIPLINARIO	225
OFICINA ASESORA JURÍDICA.....	229
REPRESENTAR JUDICIAL Y EXTRAJUDICIALMENTE AL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO-SGC.....	229
APOYO EN CONTRATACIÓN ESTATAL – COMITÉ EVALUADOR SGC.....	231
ASESORIA Y APOYO JURÍDICO AL DIRECTOR GENERAL.....	231
CONCEPTOS JURÍDICOS	231
ACTUALIZACIÓN DEL REGISTRO DE LAS NORMAS Y LA JURISPRUDENCIA	232
POLÍTICAS DE DEFENSA JUDICIAL	232
COMITÉ DE CONCILIACIÓN	232
RECAUDO DE CARTERA (COBRO PERSUASIVO – COBRO COACTIVO)	233
COORDINACIÓN SECTORIAL	233

DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

La Dirección de Geociencias Básicas en el marco del proyecto de Ampliación del Conocimiento Geológico y del Potencial de Recursos del Subsuelo de la Nación, desarrolló actividades en el 2016 con los proyectos de Cartografía Geológica y Geomorfológica, Mapa Geológico de Colombia, Tectónica, Estudios Geológicos Especiales, Geotermia, Aguas Subterráneas y Geología de Volcanes en áreas seleccionadas por la Dirección de Geociencias Básicas en los departamentos de Antioquia-Córdoba (Proyecto Plancha 60-Canalete) a escala 1:100.000 y Atlántico-Bolívar (Proyecto Sinú-San Jacinto) a escala 1:50.000.

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA:

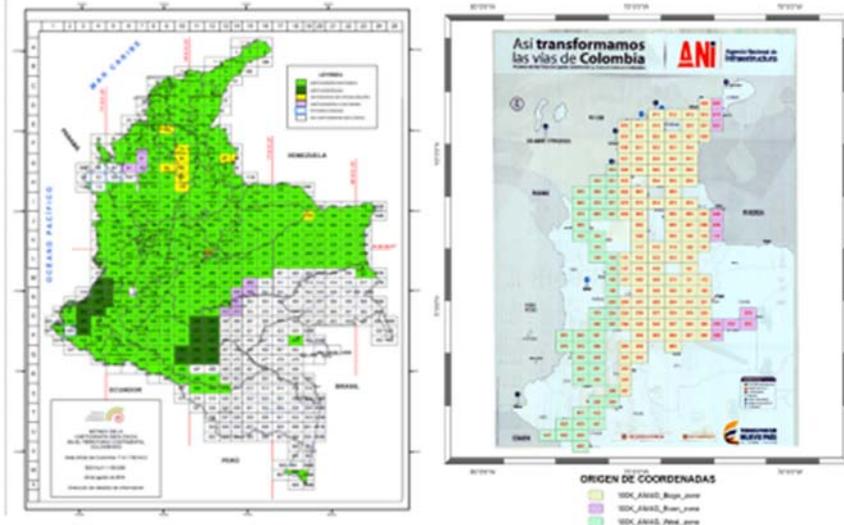
Cartografía geológica Escala 1:100.000 (Proyecto de ejecución externa). Como estrategia para el Plan Nacional de Desarrollo está la de incrementar la cartografía geológica en 18.096,7 Km², a través de una contratación por Ciencia y Tecnología y con presupuesto del Sistema General de Regalías; para cumplir con este objetivo se proyectó el levantamiento geológico en áreas de los departamentos de Antioquia-Córdoba-Meta-Guaviare, en áreas donde se presentan vacíos de información. El proceso fue interrumpido en el año 2016 debido a las autorizaciones de las “vigencias futuras en ejecución” por parte del Ministerio de Hacienda. A la fecha se cuenta con los documentos actualizados y necesarios para abrir el proceso, tales como Especificaciones Técnicas, Análisis del Sector, Análisis Estudio de Mercado y Matriz de Riesgos; tanto para la Cartografía Geológica como para la Interventoría. Se considera que a comienzos del mes de enero del año 2017 se reinicia el proceso.

Cartografía geológica Escala 1:100.000 (Proyecto de ejecución interno). Con el objeto de ajustar y armonizar la cartografía a escala 1:100.000, a comienzos del año 2016 y mediante un proceso interno del SGC, se realizó el diagnóstico de un área en el caribe colombiano que presentaba mapa fotogeológico pero con escaso control de campo, específicamente en la plancha 60-Canalete que ocupa un área de 2.400 Km². Una vez se realizó el diagnóstico y análisis e interpretación de la información recopilada, en el transcurso del año 2016 se realizaron comisiones de trabajo para levantar geología en campo. Al 31 de diciembre del año 2016, se avanzó en un 80,5% de este proyecto. Al 31 de diciembre de 2016 presenta un avance de la cartografía a escala 1:100.000 del 70,07%.

Cartografía geológica Escala 1:50.000 (Proyecto de ejecución interno). Desde el año 2015 mediante un proceso interno del SGC, se realizó el diagnóstico de un área de la cuenca Sinú - San Jacinto para el levantamiento geológico a escala 1:50.000, en un área aproximada de 2.312 Km². Durante el año 2016 se realizaron comisiones de trabajo para el levantamiento detallado de la geología en campo, una vez se realizó el análisis e interpretación de la información existente. Al 31 de diciembre, se avanzó en un 72,5% de esta fase.

Geología de Rescate (Proyecto de ejecución interno). El objetivo de esta actividad es la de adquirir información geológica, estratigráfica y estructural sobre los afloramientos en la ejecución de los proyectos viales y de infraestructura que se adelantan en el país, para que se constituya en un insumo para el mejoramiento del conocimiento geológico del territorio colombiano. Como se muestra en la siguiente gráfica las nuevas obras de infraestructura vial tienen una influencia en 174 planchas geológicas realizadas por el SGC.

Influencia geográfica de las concesiones en la cobertura geológica



El desarrollo de estas obras tienen influencia en 174 planchas geológicas a escala 1:100.000 de las 606 planchas topográficas que dividen al territorio nacional.

Las actividades desarrolladas durante el 2016 en el territorio colombiano son las siguientes:

En el departamento de Antioquia:

- Vía valle de Toledo – Puerto Valdivia construido por el proyecto Hidro-Ituango de EPM, se realizaron descripciones detalladas de las variaciones litológicas de las rocas metamórficas del Grupo Valdivia, alteraciones y mineralizaciones, reconocimiento de cuerpos de composición básica y ultra-básica, descripción de sus variaciones texturales y composicionales. Definición de contactos litológicos transicionales y fallados.

En los departamentos de Cundinamarca, Valle del Cauca y Caldas:

- Se delimitaron sobre los recorridos lugares que reunieran las características para levantamientos a detalles estratigráficos o estructurales y sus escalas de trabajo, descripción de afloramientos sobre el corredor ruta del sol sector 1, y se sitúa un corte vial para levantamiento de columna estratigráfica del Grupo Honda.
- El corredor vial Loboguerrero - Cisneros ofrece un tramo vial con el confinamiento entre basaltos de la “Formación Cisneros”, sitio a proponerse como sección representativa de la unidad. se identificaron zonas fuertemente cizalladas a un grado de protomilonitas y cataclitas que separan en bloques de diferente litología y deformación esta unidad.
- Se realizó el estudio litoestratigráfico de las capas que componen una terraza cuaternaria con fallas recientes y la medición de su cinemática. se interpreta una estructura en dirección NE inversa con componente dextral, acompañada por fallas antitéticas en su bloque colgante, flor positiva.

En los departamentos de Córdoba y Sucre:

Se realizaron levantamientos estratigráficos en detalle (a escala 1:200) de:

- 105 m de la Formación Cansona en la columna estratigráfica de la cantera San Carlos (Lorica) y 22,5 m en la cantera Loma Grande (Montería).
- 573 m de la Formación San Cayetano en las columnas estratigráficas de la carretera Montería – Planeta Rica.

- 1.225,5 m de la Formación Ciénaga de Oro en las columnas estratigráficas de la carretera Montería – Planeta Rica.
- Se describieron afloramientos de las Formaciones Cansona, San Cayetano y Ciénaga de Oro en alrededores de la carretera Montería – Planeta Rica.
- Se recolectaron muestras para sección delgada, *fission tracks*, minerales pesados, palinología, geoquímica (orgánica e inorgánica), microfósiles, foraminíferos.

Empalme de las planchas 224 Pereira y 243 Armenia. Las dos planchas cartografiadas a escala 1:100 000 presentaban diferencias enormes, sobre todo en los Cuaternarios. Existían estudios locales, con un modelo geomorfológico pero la descripción de las unidades era fraccionaria y había que hacer levantamientos sistemáticos. Con este proyecto, y algunos en otras regiones de Colombia, se dio inicio a la cartografía sistemática del territorio en escala 1:50.000.

De 2013 a 2015 se adelantó una cartografía sistemática y una caracterización de las unidades cuaternarias. Se inició el estudio petrográfico de ellas, así como el estudio de la geología estructural. Durante 2016 se avanzó en el estudio de las fallas, iniciado el año anterior, particularmente el de la falla principal del Subsistema Silvia-Pijao. Se definió la segmentación de la falla, aspecto muy importante para la amenaza sísmica regional, se verificaron las unidades del basamento de lado y lado de la falla: Complejos Arquía y Quebradagrande, y se hicieron hallazgos muy notables sobre la actividad reciente y subactual de la falla. En la región de Salento, y en el casco urbano de Calarcá (Q) se pudo observar que la falla corta depósitos holocenos (Salento) y cenizas volcánicas subactuales (Calarcá). Esos nuevos datos serán fundamentales en los cálculos de amenaza sísmica regional.

ESTRATIGRAFÍA

Este proyecto se está realizando conjuntamente con la participación de profesionales de la Dirección de Recursos Minerales.

Cumpliendo con los objetivos del Grupo Funcional de Estratigrafía se han las siguientes actividades:

Estudios acerca de la estratigrafía del Cretácico en el embalse del Río Sogamoso y alrededores.

Se terminaron los artículos y están en revisión técnica; además se adelanta la elaboración del mapa geológico de la región de Zapatoca que comprende las cabeceras municipales entre Betulia y Villanueva, incluyendo parte de las plancha 120IIIB, 120IVA, 120-IIID, 120-IVC, 135IB y 135IIA

- Acompañamiento en campo y en la oficina del personal que labora en las actividades de Geología de Rescate
- Acompañamiento en campo al personal que labora en las actividades de las fallas en la Sabana de Bogotá del Grupo de Neotectónica
- Acompañamiento en actividades de Patrimonio Geológico

Granitoides Cretácicos del Occidente Colombiano (Proyecto de ejecución interno). Durante el año 2016 como parte de la Actividad Granitoides Cretácicos del Occidente Colombiano, adelantada por el Grupo de Trabajo de Cartografía e Investigación Geológica y Geomorfológica de la Dirección de Geociencias Básicas, establecido en la Regional Cali, se adelantaron las siguientes actividades:

- Se continuó con los trabajos de cartografía geológica detallada e investigación petrogenética del Batolito de Buga. Al respecto se adelantaron las actividades de preparación y edición de 9 planchas geológico-geomorfológicas (escala 1:25.000) que incluyen todas las unidades de roca involucradas en el área de afloramiento de esta unidad, tanto del batolito y las rocas del basamento asociado a su emplazamiento, como de las unidades sedimentarias y depósitos de acumulación posterior. Con estas actividades se culmina la fase de cartografía geológica del proyecto quedando listas para su revisión las planchas: 261-II-C, 261-II-D, 261-IV-A, 261-IV-B, 261-IV-C, 261-IV-D, 280-II-A, 280-II-C y 280-IV-A., correspondientes a las estribaciones occidentales de la Cordillera Central, en el Departamento del Valle, en área de los municipios de Ginebra, Buga, San Pedro, Tuluá, y Bugalagrande.
- Asociado a la etapa de cartografía geológica, se adelantó la organización de la información colectada, en bases de datos georreferenciadas. En particular, se constituyeron archivos de digitalización de las libretas de campo, de muestras de roca, de secciones delgadas para análisis microscópicos, de secciones pulidas para análisis de composición mineralógica y localización de las muestras de separación de zircones para datación radiométrica.
- A partir de las descripciones petrográficas se seleccionaron las muestras que por sus características de asociación mineral, grado de alteración y de meteorización presentasen las condiciones óptimas para el análisis composicional de los minerales de las rocas y a partir de dichas muestras se solicitó la elaboración de secciones pulidas de roca para análisis en la micro-sonda electrónica de la Universidad Nacional. Obtenidas las secciones pulidas se realizaron, para 15 muestras, mapas detallados que permitieran la ubicación de los minerales seleccionados a analizar en micro-sonda, normalmente las 2 o 3 fases principales de cada paragénesis o asociación mineral propia de cada grupo de roca. Para cada mineral seleccionado se realizaron aproximadamente 10 análisis composicionales. La información obtenida debe ser organizada y tratada de tal forma que permita establecer condiciones de temperatura y presión de formación del batolito de Buga y de sus rocas encajantes.
- Se obtuvieron 9 datos de edad radiométrica para el Batolito de Buga por el método de datación U/Pb en circones y 3 para las anfibolitas del Macizo Ofiolítico de Ginebra por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en plagioclasa y anfíbol. En el primer caso se seleccionaron en forma manual, con lupa binocular, los circones incluidos en concentrados minerales obtenidos a través de separaciones gravimétricas y magnéticas de muestras pulverizadas. Los montajes con los circones se analizaron en los laboratorios del Centro de Geociencias de la Universidad Autónoma de México y en el Laboratorio de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas de la Dirección de Asuntos Nucleares del Servicio Geológico Colombiano. Por otra parte, se seleccionaron 4 muestras de anfibolitas y gabros del Macizo Ofiolítico de Ginebra que se enviaron a la Universidad de Oregón en USA, donde se logró obtener 3 edades nuevas para estas rocas.
- Se adelantó una fase piloto para el estudio de la anisotropía de susceptibilidad magnética y microestructuras de deformación en las rocas del área del proyecto, que comenzó por los gabros y anfibolitas del Macizo Ofiolítico de Ginebra. Se colectaron en el campo 148 cilindros de roca, con un taladro manual, en tres sectores del Macizo donde se adelantó una descripción detallada de las estructuras. Los procedimientos analíticos se realizaron en Medellín, en el Laboratorio de Paleomagnetismo de Universidad EAFIT y se redactó un informe con las conclusiones de esta actividad piloto con sugerencias acerca de cómo ampliar estos trabajos a las rocas del Batolito de Buga.

MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA (MGC)

A continuación se enumeran las actividades y resultados del Proyecto Mapa Geológico de Colombia en el 2016.

Productos

1. Mapa Geológico de Colombia a escala 1:2M, versión de divulgación. Este mapa se encuentra en su edición final en Corel Draw y se espera oficializarlo y enviarlo a la Imprenta Nacional a principios del mes de abril de 2017 (Figura 1).

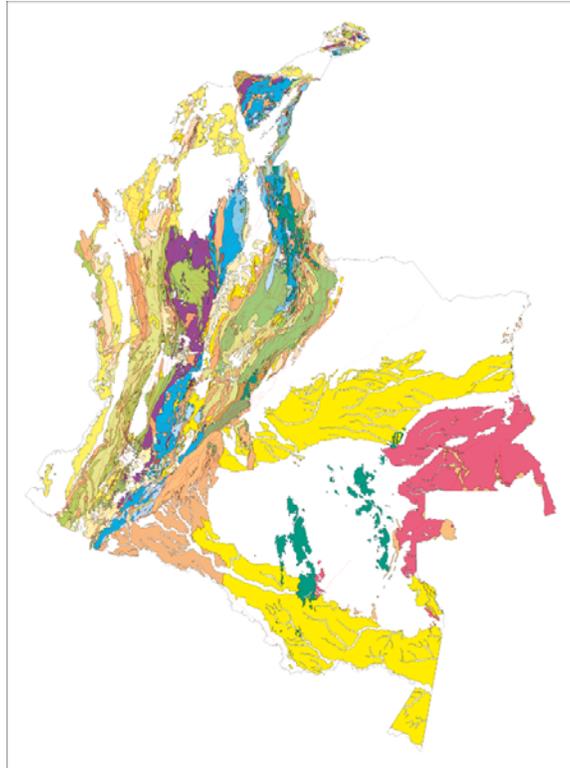


Figura 1. Avance del Mapa Geológico de Colombia a escala 1:2M

2. Mapa Geológico de Suramérica a escala 1:5M. Este es un proyecto de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) auspiciado por la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanas (ASGMI); y liderado por el Servicio Geológico de Colombia quien es el encargado de los Andes y la Patagonia y el Servicio Geológico de Brasil (CPRM) quien es el encargado de la Plataforma Suramericana.

Durante este año en el proyecto se realizaron las coberturas de cráteres de impacto, rocas de alta presión, edades de la corteza oceánica, se crearon los tramados de las unidades cronoestratigráficas, se realizó un *Data Frame* de placas tectónicas, se actualizó los mapas geológicos del Perú, Bolivia, Venezuela y Chile a escala 1:5M con las publicaciones científicas de 2016. Además se crearon las imágenes de relieve sombreado de las áreas emergidas y submarinas. Pese a que el Mapa Geológico de Suramérica es a escala 1:5M se realizó un trabajo de adaptación de las unidades cronoestratigráficas, fallas geológicas y pliegues a las imágenes

de relieve sombreado para garantizar una excelente georreferenciación. Se avanzó en un 80% en la edición del mapa (Figura 2).



Figura 2. Avance del Mapa Geológico de Suramérica a escala 1:5M.

La semana del 16 al 20 de mayo de 2016 se realizó un taller del CPRM en Río de Janeiro donde se definieron los códigos de las unidades cronoestratigráficas, se llegó a un acuerdo con el *style* del mapa, se definió que el mapa llevaría 4 recuadros que son: un mapa regional de tectónica de placas, legenda, simbología y formato; y para las unidades del Precámbrico se usaron colores diferentes a los de la Carta Cronoestratigráfica Internacional de acuerdo a la propuesta del CPRM.

Finalmente con la asesoría recibida en la “Evolución Tectónica de los Andes” por parte del profesor Victor A. RAMOS se procedió a una revisión general del Mapa Geológico de Suramérica para garantizar que las principales orogenias de los Andes se vieran representadas en el mapa.

Se espera terminar la edición final en el primer semestre de 2017 y que entre a evaluación por pares internacionales en el mes de mayo. El grupo que realiza este proyecto tiene como meta

su lanzamiento durante la Asamblea General de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) en el mes de febrero de 2018 y en Colombia el 17 de octubre de 2018 junto con la nueva edición del Mapa Geológico de Colombia.

3. Excursión de campo Historia Geológica de los Andes colombianos en los alrededores de Ibagué. Para esta se realizaron tres semanas de campo donde se seleccionaron 15 estaciones y se preparó una guía de campo (Figura 3) que se oficializará en 2017.

Esta excursión se realizó durante los días 2, 3 y 4 de julio de 2016, contó con la participación de 30 asistentes entre ellos periodistas y algunos de los *keynote speakers* y directores de los servicios geológicos asistentes a la Asamblea de la ASGMI (Figura 4). Tres de los lugares visitados se constituyeron en geositios, estos fueron: el Lomo de Falla Calicanto en el trazo de la Falla de Ibagué, los volcanes monogenéticos de Aparco y El Tabor y las ruinas de la antigua Armero, los cuales fueron evaluados a profundidad en el mes de noviembre.



Figura 3. Foto oficial de la “Excursión de campo Historia geológica de los Andes colombianos en los alrededores de Ibagué” en el Lomo de Falla Calicanto producido por la Falla de Ibagué.

Durante el 2016 se realizaron las siguientes presentaciones relacionadas con las actividades del proyecto:

1. El 15 de abril de 2016 se presentaron las charlas “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia” y “Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015” en la Universidad Surcolombiana de Neiva ante alrededor de unos 150 asistentes (Figura 5).



Figura 4. Presentación “Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia” ante los estudiantes y profesores de Ingeniería de Petróleo de la Universidad Surcolombiana de Neiva.

2. En el “Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica de los colombianos” en Bogotá se presentaron las charlas “Mapa Geológico de Suramérica 2016 a escala 1:5M” el 27 de junio de 2016”, “Proyecto mapa geológico de Colombia: Pasado, presente y futuro” el 28 de junio de 2016 y “Estándares cartográficos para mapas geológicos escalas 1:1M, 1:500K, 1:100K, 1:25K y 1:10K” el 30 de junio de 2016.

3. El 12 de agosto de 2016 y como **charla magistral** se presentó “Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015” en la XII Semana Técnica de Geología e Ingeniería Geológica en la ciudad de Medellín ante alrededor de 150 asistentes (Figura 6).

4. El 30 de agosto de 2016 se presentó la charla “*The 1:5 million Geological Map of South America (new edition)*” en el Simposio “*CGMW: International Geoscience Maps in the 21st Century*” en el marco del *35th International Geological Congress* en Cape Town (Suráfrica) ante alrededor de 100 connotados científicos internacionales.



Figura 5. Presentación “Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015” ante los asistentes a la XII Semana Técnica de Geología e Ingeniería Geológica.

5. El 23 de septiembre de 2016 en ExpoGeográfica 2016 en el Hotel Cosmos 100 de Bogotá de se presentó la charla “Mapa Geológico de Colombia 2015” ante un público aproximado de 50 asistentes.

Conmemoración de los 100 años del Servicio Geológico Colombiano

El personal del proyecto Mapa Geológico de Colombia fue el encargado de organizar las actividades principales de conmemoración de los 100 años del Servicio Geológico Colombiano.

Publicaciones

El artículo denominado “*Geological Map of Colombia 2015*” sometido a la revista Episodes (con un factor de impacto 3,2) sometido en diciembre de 2015 pasó el arbitraje por parte de pares internacionales y será publicado en la edición de marzo de 2017. Se resalta que los autores de este artículo son exclusivamente funcionarios del proyecto Mapa Geológico de Colombia del Servicio Geológico Colombiano.

ESTUDIOS GEOLÓGICOS ESPECIALES

El Grupo de Estudios Geológicos Especiales se coordina desde la Unidad Operativa Medellín, con el apoyo administrativo de la Sede Central en Bogotá. En el año 2016 desarrolló labores de cartografía geológica en la margen oriental de la Cordillera Occidental en el departamento de Antioquia a escala 1:50.000; labores de investigación en la Cordillera Central, Macizo de Santander, Serranía de Perijá y muestreo en La Sierra Nevada de Santa Marta, Tolima y Huila, dentro del proyecto Estudio del Magmatismo Jurásico de Colombia. Dio apoyo técnico a otros proyectos: Proyecto de geotermia en el Volcán San Diego, además, colaboró con el proyecto Geored y la revisión de la memoria de las planchas 136 y 87.

El proyecto realiza labores de apoyo a entidades educativas, con visitas guiadas al Museo geológico de la regional, conferencias y charlas en diferentes temas de la geología.

Magmatismo Jurásico Valle Superior del Magdalena y Cuenca de Putumayo. La memoria se terminó y está pendiente de la revisión técnica.

Se oficializaron los catálogos estratigráficos de los siguientes Unidades:

- Formación Saldaña
- Cuarzomonzonita de San Cayetano
- Granito de Bruselas

Están en proceso de revisión y oficialización un catálogo más:

- Cuarzomonzonita de Sombrerillo

Magmatismo Jurásico Macizo de Santander y Serranía de Perijá. Se realizaron ocho (8) catálogos de unidades Jurásicas de Santander los cuales se están revisando para oficialización:

- Catálogo Monzogranito de Rionegro
- Catálogo Granito de Pescadero
- Catálogo Cuarzomonzonita de La Corcova
- Catálogo Batolito de Mogotes
- Catálogo Monzogranito de Santa Bárbara

- Catalogo Riolita de San Joaquín
- Catalogo Riolitas Alto Los Cacaos
- Catalogo Riolitas El Uvo

Está en proceso de edición el informe Final del Magmatismo Jurásico del Macizo de Santander.

Magmatismo Jurásico Sierra Nevada de Santa Marta y Alta Guajira. Se terminó la fase de campo, realizando el muestreo de rocas, concentrados y esquirlas de rocas de los cuerpos ígneos plutónicos y volcánicos del jurásico y de unidades encajantes. Se enviaron las muestras para petrografía, geoquímica de rocas y en un 80% se montaron los circones para dataciones U/Pb. Queda pendiente una revisión de campo en el 2017 luego de que lleguen los resultados de laboratorio y las edades.

Magmatismo Jurásico Batolito de Ibagué. Se terminó el análisis petrográfico de más de 600 secciones delgadas, se continuó con el muestreo de campo quedando pendiente para terminarlo en el 2017, se obtuvieron los resultados de muestras colectadas en el 2015 de química de rocas y edades en los laboratorios de la UNAM en México y del SGC en Colombia.

Memoria y Mapa Plancha 147 Medellín Oriental. Se entregó la revisión técnica del Informe y la cartografía a escala 1:50.000 a principios de diciembre de 2016, para que sea oficializada la memoria y los mapas a escala 1:50.000 a mediados de diciembre.

Mapa Sector Occidental de la Plancha 130. Se terminó la cartografía geológica, se enviaron las muestras de roca y circones a los laboratorios del SGC, algunos resultados solo llegaron hasta finales de noviembre retrasando el Informe Final. Se estandarizo la geología del área de estudio y se espera entregar la memoria a la Dirección de Geociencias Básicas en el primer trimestre de 2017.

Artículos Científicos Publicados en 2016: El SGC promovió la publicación y divulgación de investigaciones en revistas especializadas que fueron adelantadas por los miembros del proyecto, las cuales divulgan las labores que adelantan el Servicio Geológico y la Dirección de Geología Básica. Se publicó: “Caracterización petrográfica y química de rocas de corteza oceánica del Complejo Quebradagrande y comparación con rocas de la unidad Diabasas de San José de Urama. Por: Gabriel Rodríguez y Lina María Cetina”.

Están en proceso de publicación

Caracterización petrográfica, geoquímica y geocronología de rocas granitoides Pérmicas al occidente de la Plata y Pacarní - Huila, Valle Superior del Magdalena-Colombia. Por: Gabriel Rodríguez G.; Gilberto Zapata; María Isabel Arango; José Gilberto Bermúdez.

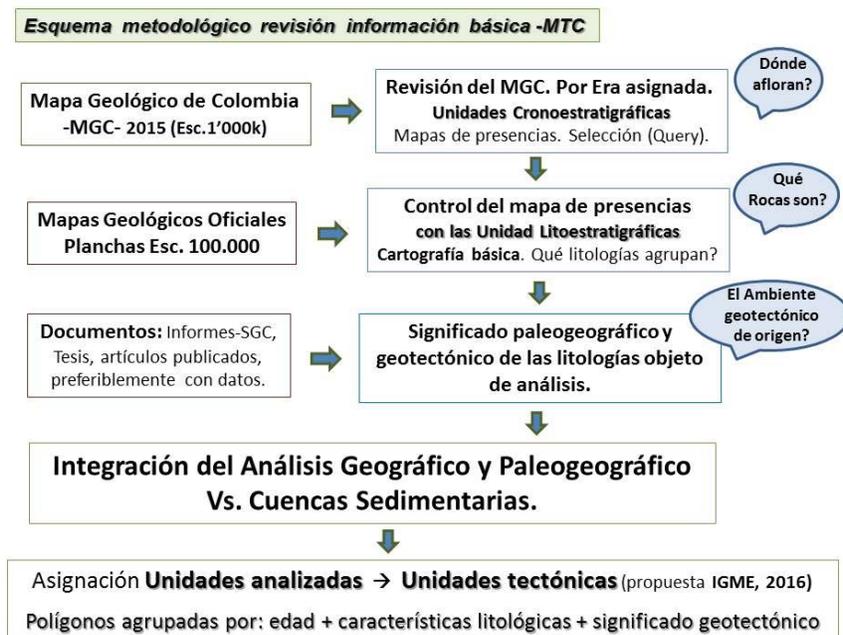
Petrografía, geoquímica y geocronología de rocas metamórficas aflorantes en San Francisco Putumayo y la vía Palermo-San Luis asociadas a los complejos La Cocha – Río Téllez y Aleluya. Por: Gilberto Zapata y Gabriel Rodríguez.

INVESTIGACIONES EN TECTÓNICA

Durante el 2016 el Grupo de Trabajo de Tectónica, contó con tres frentes de actividad o “líneas temáticas”, todos enmarcados en el objeto general del proyecto de “Ampliación del

Conocimiento Geológico y del Potencial de Recursos del Subsuelo de la Nación”, en la Dirección de Geociencias Básicas. En particular, aquellas que buscan organizar y acrecentar la información tectónica del país, para construir mapas tectónicos y sismotectónicos regionales y nacionales, para identificar la Línea Base de comportamiento sismo-tectónico natural, y para evaluar de la amenaza sísmica regional del territorio Colombiano.

Mapa Tectónico de Colombia. Primera Versión 2016. Esta línea temática está articulada al Convenio Específico No. 2 Tectónica del SGC-IGME. El esquema metodológico seguido para la revisión de la información geológica básica, que soporta la formulación de las unidades tectónicas a partir de la cual se confecciona el Mapa Tectónico de Colombia, involucra criterios cartográficos, petrográficos, paleogeográficos y geocronológicos, a partir de tres cuestiones elementales: ¿dónde afloran?, ¿qué tipo rocas son? y ¿Cuál es el ambiente geotectónico de origen que ponen de manifiesto?



Para abordar esta tarea se asignó un geólogo a cada uno de los cuatro principales segmentos geocronológicos (Eón, Eras), a saber, Proterozoico, Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. Esta etapa de análisis generó una serie de presentaciones (“*.ppt*”) en la que se esboza el problema de reconocer el registro geológico de los principales episodios tectónicos que han afectado la corteza terrestre en el territorio colombiano.

El asesor del IGME, Dr. Luis Roberto Rodríguez Fernández, formuló una primera versión de la leyenda del Mapa Tectónico de Colombia, en la cual se proponen alrededor de 30 Unidades Tectónicas. Luego a partir de esta propuesta y tomando como base la recopilación de la información existente, realizada por el equipo de trabajo del Proyecto de Mapa Tectónico de Colombia, se formuló una propuesta de “unidades cartográficas con significado tectónico” a diferenciar en el Mapa Tectónico de Colombia.

De acuerdo con el análisis y discusión realizados previamente de las diferentes unidades tectónicas y “terrenos” propuestos en Colombia por diferentes autores, se pueden considerar 3 grandes Unidades Tectónicas con entidad litosférica diferenciable: un *Basamento Amazónico*,

Sismotectónica del VMM. Modelo 3D y Mapa Sismotectónico del Valle Medio del Magdalena (VMM) sector norte. Esta línea temática responde al Convenio 14 SGC-ANH de 2016.

El mapa sismotectónico del sector norte del Valle Medio del Magdalena corresponde a uno de los productos pactados con la Agencia Nacional de Hidrocarburos mediante el Convenio 14 SGC-ANH (2016), ejecutado de manera conjunta entre el Grupo de la Red Sismológica Nacional de la Dirección de Geoamenazas y el Grupo de Tectónica de la Dirección de Geociencias Básicas, en desarrollo del cual se ha avanzado en el análisis de la información geocientífica compilada y estructurada del sector norte del VMM y La Loma (Cesar) en desarrollo de los convenios SGC-ANH ejecutados durante 2014 y 2015. Corresponde a un proyecto piloto que busca obtener la Línea Base natural del comportamiento sismotectónico de una región prospectiva para hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

El Grupo de Tectónica aporta la construcción del sistema de información geográfica del proyecto en ambiente ArcGIS, actualiza los mapas geológico y tectónico, y la construcción del modelo geométrico 3D (en el software MOVE®) de la estratigrafía y las estructuras más significativas del sector. Coordina la participación del Dr. J.M. Londoño en el análisis de la información sismológica, en particular la obtención de un modelo 1D de velocidades y la obtención de una fórmula de magnitud local, para el sector norte del VMM, así como la inversión de los mecanismos focales obtenidos mediante el método de los primeros arribos y el estudio de la distribución espacial de la relación de frecuencia/magnitud, o el parámetro “b”, para identificar el tensor de esfuerzos tectónicos que actúan en el Sector.

El mapa Sismotectónico versión 2016, está montado sobre la estructura informática del mapa sismotectónico 2015, actualizando la información tectónica y sismológica, a partir de una profundización de análisis de la información sísmica y sismológica disponible. Las estructuras del subsuelo que se han identificado y/o precisado en el modelo 3D, por ejemplo, la falla Cimitarra cuya geometría y cinemática era incierta en la versión anterior del mapa, ha sido controlada en las secciones que respaldan el modelo 3D. La falla Infantas trazada hasta un poco al norte del río Sogamoso, se ha podido seguir hacia el norte a partir de las evidencias en los perfiles sísmicos, por alrededor de 50 Km hacia el NE, como una falla inversa que se encuentra aparentemente cubierta o “fosilizada” por la discordancia del Sub-Eoceno.

La ubicación de los hipocentros se ha mejorado, a partir del nuevo modelo de velocidad obtenido, con esto se precisa la definición de los hipocentros, y así, la asociación de sismos y estructuras se hace más clara en algunos sectores; por ejemplo, al norte de Aguachica en el extremo NE del VMM, en el costado oriental al sur de San Alberto, en el centro de la cuenca para sismicidad cortical y en el costado occidental en todo el borde E y SE de la Serranía de San Lucas y en el corredor de fallas Simití-San Blas, de orientación SW-NE.

En el área de interés, sector norte del VMM, continua siendo evidente que existen dos grandes dominios sismotectónicos activos: uno cortical desde la superficie del terreno hasta 40 - 50 Km de profundidad y otro entre ésta profundidad y los 130 Km. Este último dominio se manifiesta como una concentración de hipocentros que definen una losa de unos 20 - 30 Km de espesor de rumbo general N-S, que presenta una inmersión de alrededor de 30° hacia el oriente.

Mapa Geológico. El mapa geológico del sector norte del VMM, comprende la integración de alrededor de 14 planchas geológicas (Planchas: 55, 65, 66, 75, 76, 85, 86, 96, 97, 108, 109, 118, 119, 120). Este mapa tiene algún control de campo en los sectores donde los empalmes de las planchas presentan problemas de coherencia.

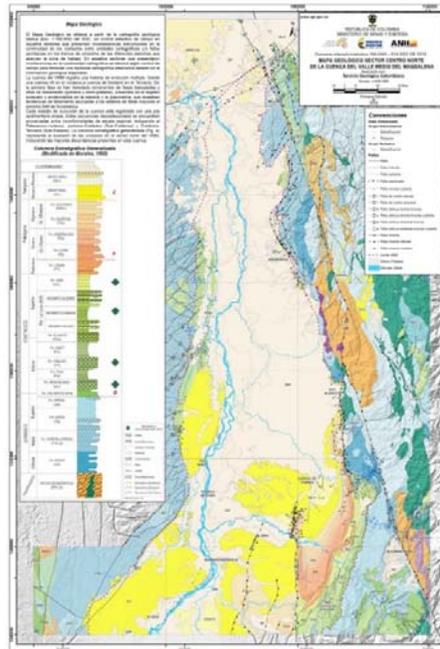


Figura 7. Mapa Geológico del Sector norte del Valle Medio del Magdalena.

El mapa sismotectónico. El mapa sismotectónico contiene información estructural, tectónica y sismológica, con la que se documentan los rasgos principales de la corteza terrestre en el VMM. Al vincular la geología y la geofísica, imagen del subsuelo, se pueden visualizar los escenarios de la actividad tectónica, que se manifiesta a través de la sismicidad registrada con la Red Sismológica Nacional de Colombia -RSNC y la Red Sismológica Regional-RSR. En la versión 2016 de este mapa, presenta una nueva definición de las unidades tectónicas, en la cual se definen siete (7) unidades que abarcan las rocas del sector norte del VMM incluidos los bordes que lo definen, lado oriental de la Serranía de San Lucas y el lado occidental de la cordillera Oriental.

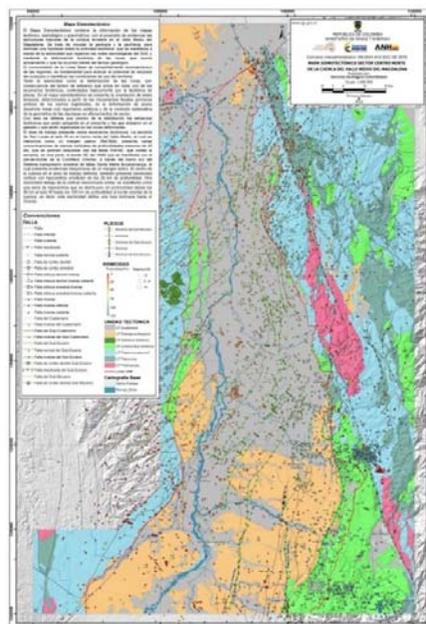


Figura 8. Mapa Sismotectónico del Sector norte del Valle Medio del Magdalena

Mapa y secciones sismológicas. Con los datos sismológicos adquiridos hasta la fecha, se ha podido obtener una mejor visión tanto de la distribución cortical de la sismicidad, como la delimitación de un plano de subducción en este sector del país (Figura). Se puede evidenciar que el “slab” de la placa Nazca se extiende de manera uniforme de norte a sur en la zona de estudio, aunque se aprecia una mayor concentración o definición del plano en la parte central del VMM. Otro aspecto interesante es que no se observa un plano de subducción de la placa Caribe en este sector, al menos en lo que a distribución de sismicidad se refiere.

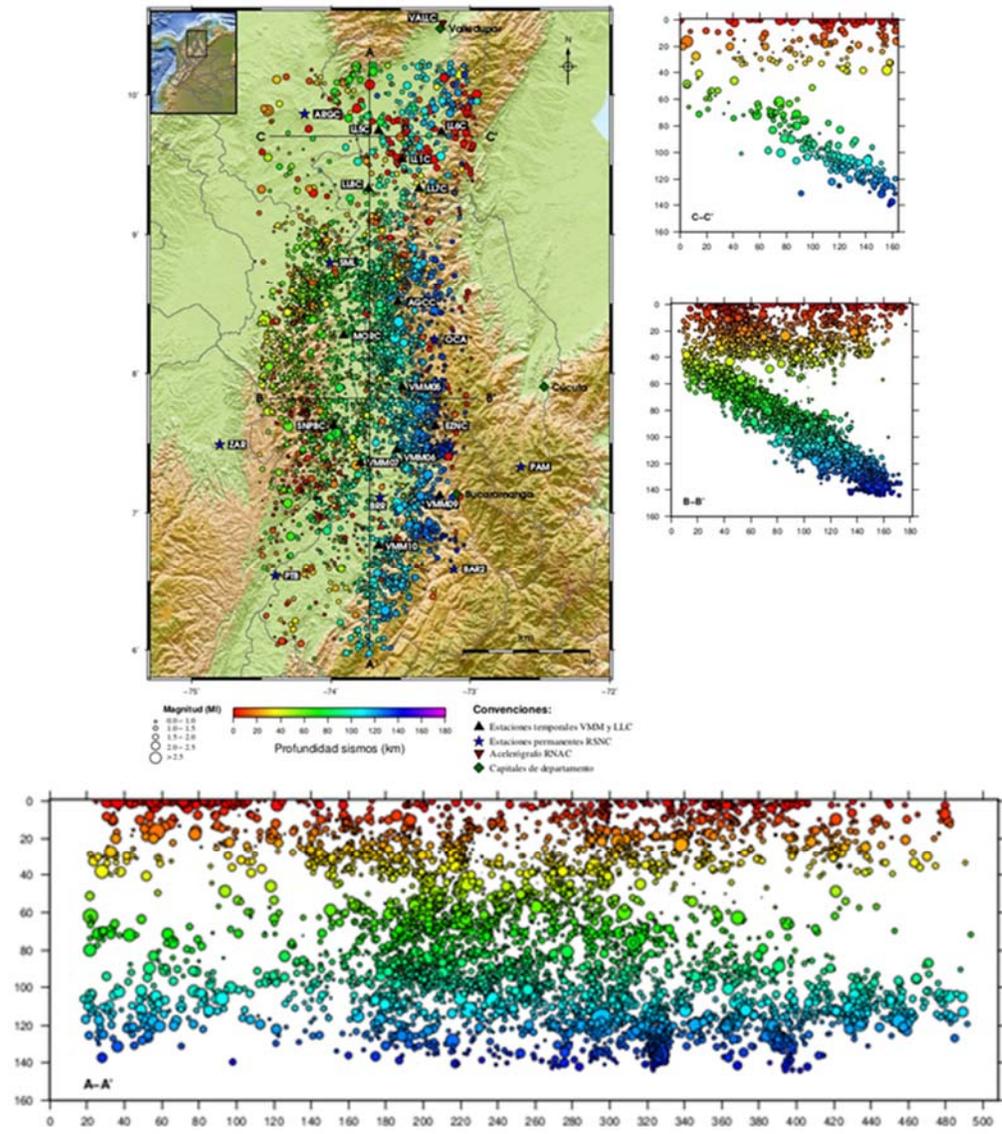


Figura 9. Mapa sismológico sector norte del Valle Medio del Magdalena y la Loma (Cesar) con secciones verticales este-oeste.

Mecanismos focales. Distribución espacial en planta y en secciones verticales E-O y N-S de los mecanismos focales obtenidos mediante el método de los primeros arribos, de sismos con magnitud $M_I > 3$ y con número de polaridades de onda P mayores a 9. Los colores de las esferas focales representan los tipos de falla (Azul= inversa, Rojo=normal, Verde=Rumbo). Las línea

horizontales AA', BB' y CC' corresponden a los perfiles EW, y las líneas DD' y EE' corresponden a los perfiles NS.

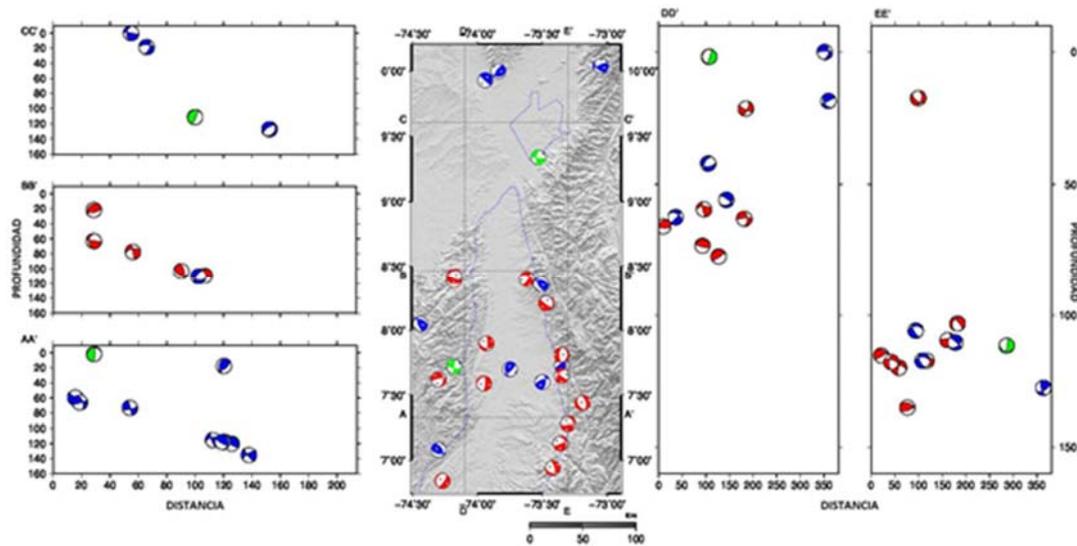


Figura 10. Los resultados de la inversión de los mecanismos focales permitieron determinar que la parte superficial de la cuenca está bajo la influencia tanto de un régimen compresivo como de rumbo. El régimen tectónico fue asignado mediante las relaciones de los ángulos de inclinación (plunge) de σ_1 y σ_3 de acuerdo con Zoback (1992). Para obtener un resultado más confiable y preciso del régimen de esfuerzos en el área se requiere que un número mayor de mecanismos focales sea utilizado en la inversión.

Estudio de la distribución espacial del parámetro “b”. La relación frecuencia-magnitud para los sismos localizados en el VMM arrojó como resultado importantes variaciones de este parámetro, evidenciando que esta zona se encuentra en un estado de acumulación de esfuerzos con valores bajos al W y E, y valores normales a altos en la parte central de la cuenca. Se evidencia posibles zonas o segmentos de acumulación de esfuerzos en el trazo de la Falla Bucaramanga, asociados con bloqueos o asperezas presentes en la misma. Igualmente, algunas estructuras como la Falla Curumaní, Arenas Blancas y Cimitarra presentan zonas de distensión o liberación de esfuerzos cerca de la superficie, mientras que a mayor profundidad debajo del trazo de estas fallas se presentan zonas de acumulación de esfuerzos.

Modelo 3D del sector norte del Valle Medio del Magdalena. La construcción del modelo geológico 3D se realizó usando el software Move®, el cual permite el reconocimiento de las estructuras a partir de la interpretación en los perfiles sísmicos de los principales horizontes geológicos, a saber: la discordancia de la base del Cretácico, la superficie de máxima inundación MFS, la Discordancia del Sub-Eoceno Medio, el Tope de la Fm Mugrosa y la Discordancia del Mioceno. Se construyeron ocho (8) perfiles regionales a partir de 39 secciones sísmicas y la proyección sobre estas de toda la información cercana disponible. Además se usaron 66 líneas sísmicas de control. En las secciones regionales además de los horizontes anteriormente mencionados, se han trazado los topes de la Fm Rosa Blanca, Fm Paja, Fm Tablazo, Fm Simití, Fm La Paz, Fm Esmeraldas, Fm Mugrosa y Fm Colorado, Y se integró la información de 30 pozos estratigráficos. En el mapa índice de Información de subsuelo del sector Centro-Norte del VMM, se muestra la información utilizada para la construcción del modelo. Las líneas color naranja corresponden a las líneas sísmicas y a las secciones regionales, las líneas en color gris tenue es la información sísmica disponible, los puntos verdes corresponden a los pozos estratigráficos disponibles.

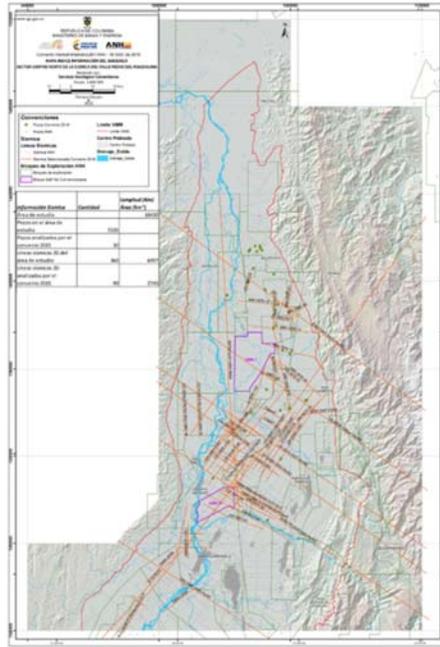


Figura 11. Mapa índice de Información de Subsuelo

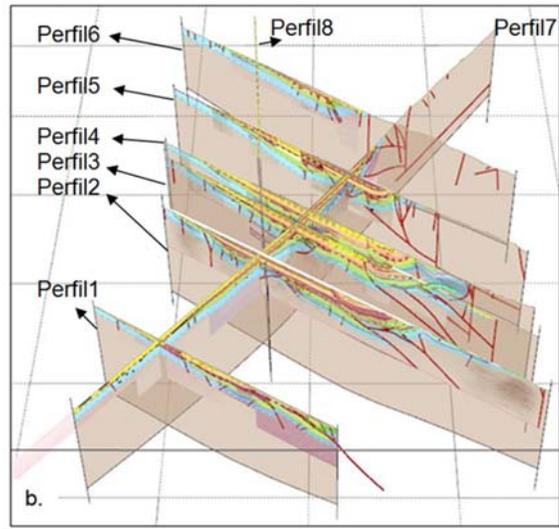


Figura 12. Perfiles (o secciones) regionales con base en las cuales se construyó el modelo geométrico 3D.

El modelo 3D del sector norte del VMM contiene las estructuras principales, pliegues y fallas destacados, y siete volúmenes que corresponden al espacio entre las superficies elaboradas, integrando la información de superficie contenida en el mapa geológico.

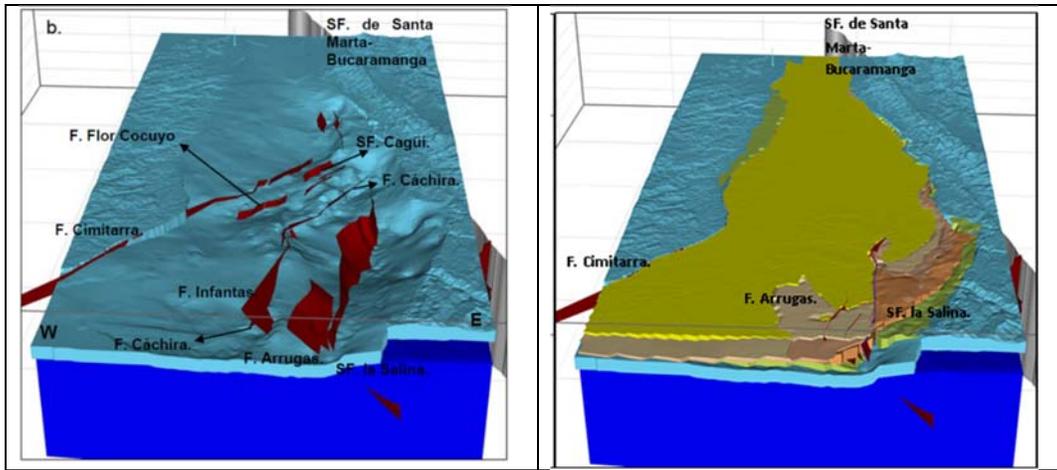


Figura 13. Bloque diagramas del Modelo 3D. b. Izq.

Izquierda. Las unidades de basamento Jurásico con color azul claro, el volumen generado para las unidades pre jurásico hasta la discontinuidad de Mohorovicic es representado en color azul cobalto. En la parte central se encuentra un paleoalto orientado N-S que se deflecta hacia una dirección NE-SW. Se han puesto las superficies de las fallas; la falla de Cáchira al oriente al paleoalto. Se destacan tres (3) los estilos de fallamiento. Norte Sur, F. Infantas, F. Arrugas y F. La Salina; NE-SW, F. Cimitarra, F. Flor Cocuyo y F. Cagui y NW-SE el Sistema de fallas de Bucaramanga. Cada división vertical equivale a 10 km y c/u de las horizontales equivale a 50 km.

Derecha. El modelo tectónico del sector norte del Valle Medio del Magdalena, este contiene 24 superficies de falla y 7 volúmenes. Las fallas se agrupan en fallas de fase 1 (pre Eocenas) y de fase 2 (fase andina), algunas fallas de fase 1 son reactivadas en fase 2, lo que se evidencia en plegamientos de la discordancia del Eoceno medio y las unidades suprayacentes. Las unidades del Mioceno, están representadas por el volumen de color amarillo verdoso. Se muestra al occidente el contacto con las unidades del Cretácico y del Jurásico. Al oriente estas unidades se encuentran afectadas por las fallas de la Salina, Arrugas e Infantas.

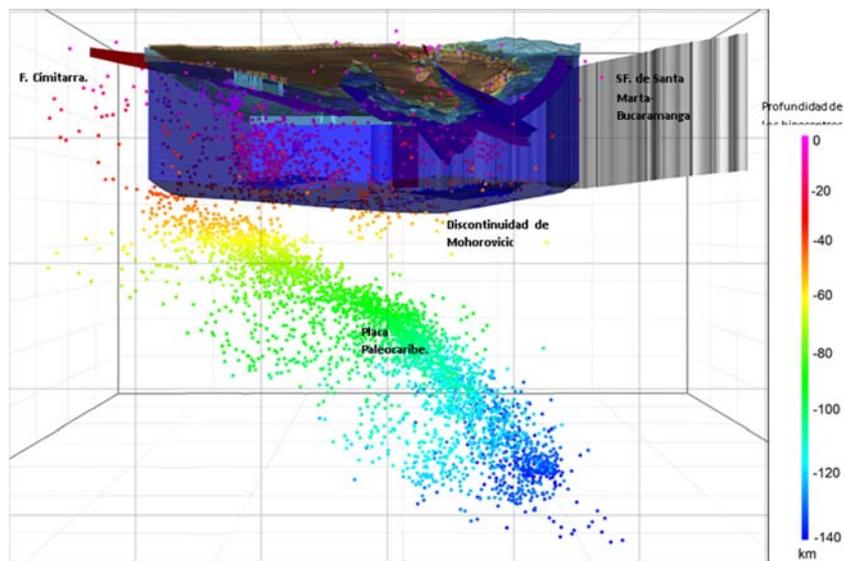


Figura 14. La figura muestra el modelo sismotectónico de la sección litosférica, incluyendo la corteza y parte superior del manto sin las fallas, los sismos se clasifican en dos grupos, sismos corticales y sismos profundos, el primer grupo está contenido casi en su totalidad por el bloque del modelo tectónico cortical, y los sismos profundos muestran una geometría tabular, con inclinación promedio de 30° hacia el oriente. Este último rasgo indicaría una placa tectónica en posición de subducción hacia el oriente. Queda vigente la determinación inequívoca de esta placa, pues con la información disponible en la actualidad no podemos concluir que se trate de un remanente de la placa de Nasca o del Caribe o paleo-Caribe.

Neotectónica de Fallas Cuaternarias Activas. Para contribuir a evaluar la amenaza sísmica regional de Colombia, y aportar al proyecto de evaluación integral del riesgo sísmico en Sur América (SARA) y al proyecto SATREPS, en particular al reconocimiento las principales fuentes sísmogénicas identificadas críticas para la amenaza sísmica sobre la ciudad de Bogotá D.C.

Objetivos propuestos. Este frente de actividades tiene como propósito levantar información sobre las fallas cuaternarias activas que están vinculadas con zonas identificadas como sísmogénicas con base en la sísmicidad histórica disponible. Para ejecutar durante el 2017 se ha cargado en la herramienta de planeación *Planview* cuatro bloques de actividades: 1) Falla Bogotá, 2) Fallas Río Negro Naranjal, 3) Falla Servitá y 4) Falla Aguachica-San Alberto.

Para el año 2017 en el contexto del proyecto SATREPS, se continúa con el levantamiento de la información neotectónica de fallas que han sido definidas por SATREPS como prioritarias para evaluar la amenaza sísmica sobre la ciudad de Bogotá. Estas son: la falla Bogotá, las fallas Río Negro - Naranjal y las fallas Servita-Guaicáramo.

De la falla Bogotá, en 2016 se ha iniciado, la búsqueda y evaluación de la información geológica y geofísica disponible, la identificación de algunas fotos aéreas y la solicitud de compra de fotos complementarias. Igualmente se ha iniciado la estructuración de un repositorio de la información relacionada, mapas, documentos, etc.

A Diciembre de 2016 se ha logrado ejecutar el 70% de la exploración de campo, en el corredor de fallas Río Negro-Naranjal.

Dificultades encontradas versus resueltas. Levantar información neotectónica exige una minuciosa exploración de campo, con profesionales bien capacitados. La oferta de estos no es grande. Se facilita la formación a nivel de Master de profesionales juniors, con los temas que el SGC ha identificados como prioritarios para investigar.

La cartografía morfotectónica del corredor de la falla Guachuca, en el departamento de Nariño. El informe correspondiente a esta actividad está en etapa de revisión temática. En el primer semestre estará en proceso de oficialización.

El levantamiento neotectónico de zonas sísmogénicas, corresponde al estudio del escarpe de la Falla Guachuca en el altiplano nariñense, contiguo a la zona de frontera con Ecuador para actualizar el conocimiento en torno a la actividad sísmogénica y armonizar con la información generada por especialistas ecuatorianos en torno a las evidencias neotectónicas en la región Andina Colombo-Ecuatoriana. En esta actividad ha efectuado el levantamiento estratigráfico del muestreo para geocronología, para lo cual se ha contado con expertos vulcanólogos del Observatorio Vulcanológico de Manizales, con esto se complementa el levantamiento de información primaria, en una probable fuente sísmogénica. El informe final revisado se programó entregar a finales del primer semestre 2016, sin embargo por circunstancias de tiempo disponible no se logró este propósito.

Como productos entregables esta la revisión bajo criterios SARA de la Tabla de Datos de Fallas Cuaternarias Activas de Colombia. La Revisión de esta tabla permitirá identificar los campos y temas deficitarios, para programar las investigaciones para a futuro complementar la información.

La Base de Datos de Fallas Cuaternarias Activas corresponde a la participación del SGC en la iniciativa GEM, dentro del Grupo 2, Proyecto SARA, haciendo una revisión y actualización bibliográfica de la información contenida en Tabla de Datos de Fallas Cuaternarias Activas de Colombia, para actualizar las evaluaciones de la Amenaza Sísmica regional. Esta actividad la ha liderado el Grupo Regional del SGC en Cali, y bajo la coordinación metodológica del líder GEM regional de esta temática el Prof. C. Costa de la universidad de San Luis, Argentina.

Otra actividad neotectónica en zona sismogénica, es el levantamiento geodésico de un sector de vertiente oriental al cauce del río Cauca. Bugalagrande en el Valle del Cauca. En donde se reduce significativamente la planicie aluvial actual. Este frente de trabajo es liderado desde la sede SGC en Cali. De esta actividad está pendiente concluir el levantamiento geodésico y el muestreo para geo-cronología.

GEOLOGÍA DE VOLCANES

En el desarrollo de las actividades se ha incorporado una innovación de implementación y adaptación de la nueva metodología, que está en proceso de evaluación a nivel internacional, y analizada en asambleas de la comisión correspondiente de la *IAVCEI*, inicialmente desarrollada por Lucchi (2013); para la cartografía y levantamiento estratigráfico en zonas volcánicas, con base en conceptos como litosomas y unidades limitadas por inconformidades.

Mapa geológico y levantamiento volcano-estratigráfico del Complejo Volcánico Paramillo de Santa Rosa (CVPS). El objetivo general es la identificación y caracterización (física, petrográfica, geoquímica y geocronológica) de los depósitos volcánicos y volcanoclásticos, primarios y secundarios, asociados a los diferentes centros de emisión que componen el CVPSR y establecer sus relaciones estratigráficas; y con ello proponer una historia eruptiva; lo cual es, a la vez, un insumo esencial para la posterior evaluación de la amenaza que representa este complejo volcánico. La cobertura fue principalmente en las áreas de los departamentos de Quindío, Risaralda y norte del Valle del Cauca que integra el denominado "Abanico del Quindío-Risaralda" Principalmente se realizó recopilación y revisión bibliográfica; fotointerpretación y análisis vulcanológico y geomorfológico-estructural; geo-referenciación de mapas escaneados y de imágenes de sensores remotos y elaboración de modelos digitales de elevación (*DEM*); trabajo de campo (3 campañas) para realizar la cartografía geológica y el levantamiento estratigráfico detallado de los depósitos volcanoclásticos en la zona distal correspondiente al "Abanico Quindío-Risaralda" en una área de 1180 km². Caracterización física, petrográfica, geoquímica, geocronológica (¹⁴C y ⁴⁰Ar/³⁹Ar) de muestras tomadas en campo; Correlación estratigráfica e interpretación de toda la información obtenida. Finalmente, integración de toda la información procesada durante las tres fases de desarrollo del proyecto (Fase I-20014, Fase II-2015 y Fase III-2016).

Este trabajo es el primero en definir, de manera integral y sistemática, la estratigrafía y la historia geológica y eruptiva del CVPSR; esta información será útil para entidades de investigación, y para futuras exploraciones de geotermia y evaluación de la amenaza volcánica, así como para los municipios asentados alrededor de este complejo volcánico.

Resultados: Tres (3) mapas geológicos del área de distribución de productos volcánicos y volcanoclásticos asociados al CVPSR: un (1) mapa en escala 1:25000, de la zona proximal; un (1) mapa en escala 1:50000, de las zonas proximal y media; y un (1) mapa en escala 1:100000 que

integra las tres zonas proximal, media y distal, un modelo de la evolución geológica del CVPSR, un modelo evolutivo del "Abanico Quindío-Risaralda".

Modelo evolutivo del Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ): mediante la integración de un nuevo análisis de litofacies, con nuevos datos de campo, de petrografía, de geoquímica y geocronología, y la redefinición de la estratigrafía existente, hecha con base en la nueva metodología para la cartografía vulcanológica desarrollada por Lucchi (2013), como primer ejercicio, piloto, de la implementación de dicha metodología. La cobertura municipios alrededor del CVDJ como La Cruz, Tablón de Gómez, San Pablo, y Belén, entre otros, en el departamento de Nariño.

Las actividades principales fueron revisión de la información bibliográfica disponible de la zona, incluyendo el informe y mapa realizados por Pulgarín *et al.* (2008); análisis morfo-estructural detallado, utilizando un nuevo DEM con 12,5 m de resolución y la nueva cartografía proporcionada por IGAC; trabajo de campo (3 campañas: 2 en 2015 y 1 en 2016); revisión de la estratigrafía levantada en 2007-2008 e integración de la misma con la nueva estratigrafía levantada en 2015-2016; definición de unidades litoestratigráficas (formaciones y miembros), de litosomas, de unidades eruptivas y unidades limitadas por inconformidades (ULI), e identificación y jerarquización de dichas inconformidades estratigráficas. Procesamiento, interpretación e integración (principalmente en 2016) de toda la información obtenida, tanto estratigráfica como petrográfica, geoquímica y geocronológica (^{14}C y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) lo que permitió establecer y ordenar la estratigrafía pre-holocénica y holocénica; elaboración y edición del mapa geológico del CVDJ y del informe geológico-estratigráfico integrado.

Se contó con una asesoría internacional del profesor Federico Lucchi, de la Universidad de Bolonia (Italia, *Università di Bologna*), quien es además el líder de la propuesta metodológica de cartografía volcánica en la *IAVCEI*; y la profesora Cristina de Ignacio San José de la Universidad Complutense de Madrid (España).

Este trabajo corresponde al primer proyecto piloto, en latitudes bajas, específicamente en Colombia, para la obtención de un mapa geológico, integral, de zona volcánica, que muestre las diferentes fuentes o centros de emisión, la distribución espacial y temporal de los respectivos productos volcánicos, y el espectro de asociaciones de litofacies, siguiendo las convenciones internacionales vigentes para geología de volcanes según la metodología de Luchi (2013); incluyendo además una primera aproximación a la evolución petrogenética (modelamiento petrogenético preliminar) de los magmas involucrados en el desarrollo del CVDJ.

Resultados: Un modelo evolutivo de la historia eruptiva del CVDJ, segunda edición (2016) del Mapa Geológico del Complejo Volcánico Doña Juana (CVDJ) a escala 1:50000.

Otros productos y actividades:

"Informe de avance sobre propuesta preliminar de estandarización de símbolos cartográficos para geología de volcanes", que servirá de base para el desarrollo del uno de los proyectos del GGV en el 2017, que consiste en "elaborar la guía metodológica de estándares para cartografía geológica en áreas volcánicas y para levantamiento estratigráfico de depósitos de origen volcánico".

INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las actividades programadas en el marco de la ejecución del Programa de Exploración de Aguas Subterráneas permitió avanzar en la líneas estratégicas correspondientes a la formulación de los modelos hidrogeológicos en los Departamentos de La Guajira, Casanare, Boyacá, Quindío, Risaralda, Sucre, Inírida y Guaviare, los cuales se representan mediante la generación de la Cartografía Hidrogeológica y temática relacionada, y el nuevo conocimiento geocientífico del potencial de las aguas subterráneas del subsuelo se validó mediante la perforación y construcción de pozos exploratorios de mediana a gran profundidad.

El análisis e integración de los datos hidrogeológicos capturados y analizados en las áreas objeto de exploración permitieron consolidar el proceso de oficialización de acuerdo a los estándares institucionales vigentes, para efectos de visibilizar y dar a conocer al país los productos de la exploración e investigación de aguas subterráneas en los departamentos mencionados anteriormente.

La culminación de las actividades de perforación y construcción de tres pozos en los Departamentos de la Guajira, Sucre y Casanare permitió validar y complementar los modelos hidrogeológicos formulados y la información del potencial hidrogeológico del subsuelo e integrarlo a los resultados de las 14 perforaciones exploratorias ejecutadas en años anteriores, las cuales captan sistemas acuíferos estratégicos los cuales son objeto de la demanda de agua por diferentes sectores socioeconómicos, al igual que la demanda de información técnica y científica por diferentes sectores institucionales que gestionan proyectos los cuales requieren datos e información hidrogeológica oportuna, confiable para la toma de decisiones en materia de la gestión integral del recurso hídrico.

Modelos y Cartografía Hidrogeológica de Sistemas Acuíferos.

La oferta de las aguas subterráneas en estos departamentos ha sido modificada por la variabilidad climática natural y fenómenos climatológicos globales que provocan en mayor o menor magnitud e intensidad la ocurrencia de la precipitaciones lo que condiciona la oferta de las aguas superficiales y subterráneas, generando escenarios de escasez o sobreoferta de agua como fuente de abastecimiento de las comunidades.

Los mapas Hidrogeológicos entregados representan el modelamiento del ciclo hidrológico para conocer la recarga potencial a los sistemas acuíferos evaluados, así como las características hidrogeológicas de las unidades geológicas que incluyen los pozos, aljibes y manantiales inventariados que los captan, el modelo geológico- geofísico y estructural del subsuelo para definir la ocurrencia del agua subterránea, así como las características hidráulicas e hidrogeoquímicas de los sistemas acuíferos estratégicos de interés socioeconómico y ambiental.

Departamento de La Guajira. La formulación del Modelo Hidrogeológico Conceptual para el Departamento de la Guajira le permite conocer al país el estado del conocimiento hidrogeológico actualizado a la fecha, en las zonas de mayor concentración de población, y de los sistemas acuíferos más intervenidos; involucrando la totalidad de sus municipios. La Figura muestra el esquema del mapa hidrogeológico del Departamento de la Guajira.

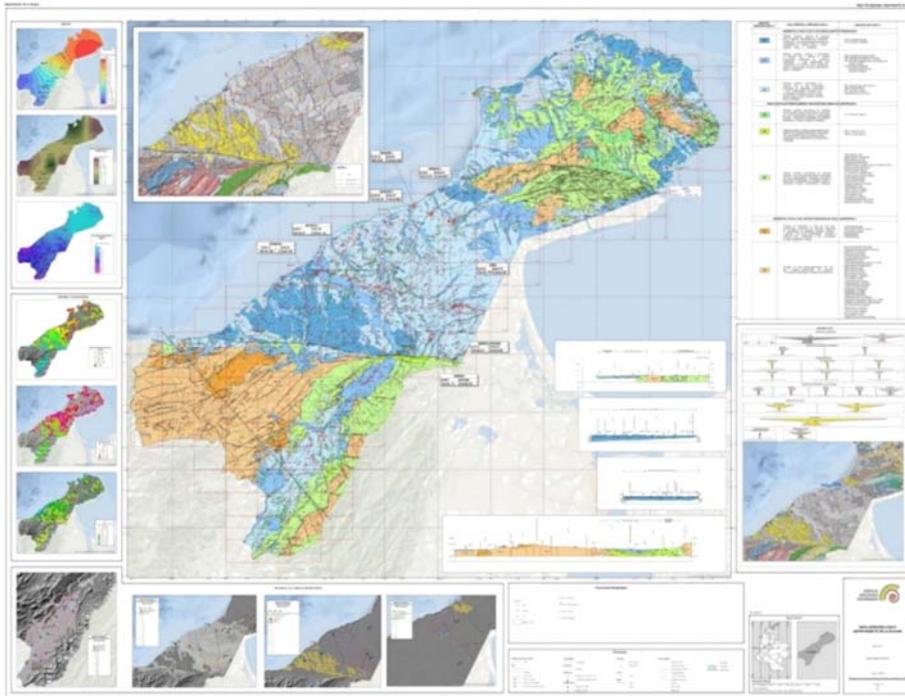


Figura 15. Mapa Hidrogeológico Departamento de La Guajira

En la tabla se presenta un consolidado de los costos que fueron necesarios en la realización de los pozos exploratorios. Así como los volúmenes de agua extraídos y estado de los mismos.

Municipio	Pozo	Oferta hídrica	lps Estado	Costo
Riohacha	SGC -La Luchita	60	Terminado	\$ 1.049.620.200
	SCG Riohacha 2		Terminado	\$ 1.029.000.000
Maicao	SGC - Carraipia	35	Terminado	\$ 1.112.100.517
	SGC- Hospital de Maicao	35	Terminado	\$ 1.112.100.517
Manaure	SGC - Manaure 1	60	Terminado	\$ 1.112.100.517
	SGC - Manaure 2	40	Terminado	\$ 548.800.000
	SGC - Manaure 3	42	Terminado	\$ 548.800.000
Uribia	SGC - Uribia 1	60	Terminado	\$ 1.112.100.517
			Total	\$ 7.624.622.268

Departamento del Casanare. Las actividades de exploración de aguas subterráneas conducentes a la formulación de los modelos hidrogeológicos de los sistemas acuíferos de interés en el Departamento de Casanare, continuaron en los municipios de Yopal, Aguazul, Maní, Nunchia y Pore, sobre un área de 4400.8 Km², involucra la información de las captaciones de agua en pozos, aljibes y manantiales, (Ver figura) el reconocimiento de características geológicas y estructurales de las unidades roca sedimentarias que forman acuíferos, acuitardos, acuíferos y acuífugos, la estimación preliminar de la recarga potencial a través de los sistemas acuíferos y el modelo geofísico del subsuelo para identificar la geometría (extensión y límites de las formaciones acuíferas). (Ver figura de los municipios trabajados).

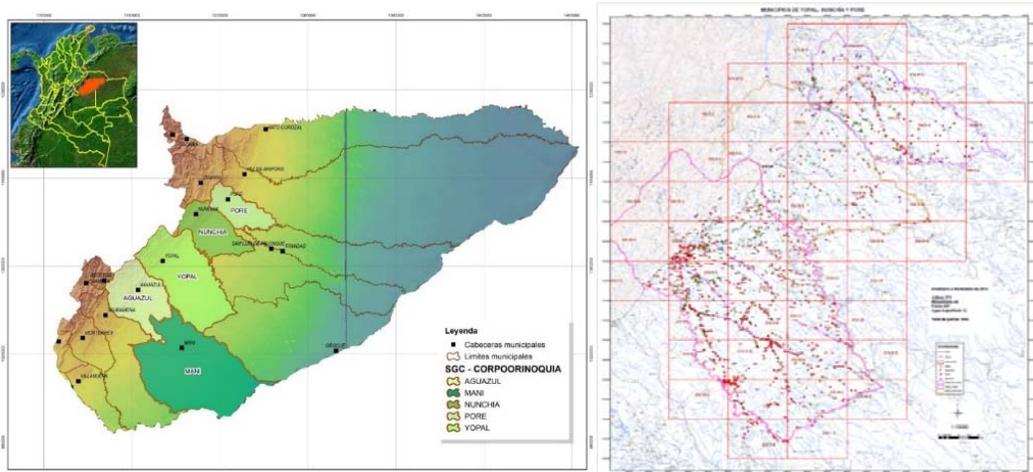


Figura 16. A la izquierda municipios del Casanare involucrados en la exploración hidrogeológica del 2016. A la derecha densidad de puntos de agua inventariados en los municipios de Yopal, Nunchia y Pore.

Las perforación y construcción de pozos de explotación por parte de la Gobernación del Casanare y la perforación y construcción del pozo SGC Yopal 1 permitió realizar una correlación de sus columnas litológicas y registros físicos de pozos, (Ver Figura) al igual que la interpretación hidráulica de las pruebas de bombeo de los pozos de larga duración para efectos de proponer un modelo geológico e hidrogeológico del subsuelo del municipio de Yopal.

Departamento de Boyacá. Los municipios que forman parte de la Zona Centro del Departamento de Boyacá son Paipa, Tuta, Sotaquirá, Combita, Duitama, Tibasosa, Firavitoba, Santa Rosa de Viterbo, Sogamoso y Nobsa, cabe aclarar que es la zona de más alta densidad de población en este departamento. (Ver figura)

La complejidad geológica de esta zona y la densidad de información recopilada permitió evaluar y analizar dos sistemas acuíferos importantes uno, el depósito Aluvial del Río Chicamocha, el más importante por encontrarse sobre el asentada las poblaciones de mayor interés, y la formación que se demostró está siendo captada y en la actualidad abastece una buena parte de la población de Duitama en épocas de sequía.

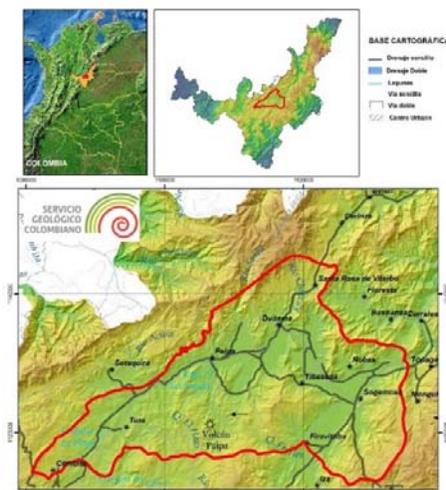


Figura 17. Mapa Zona Centro de Boyacá

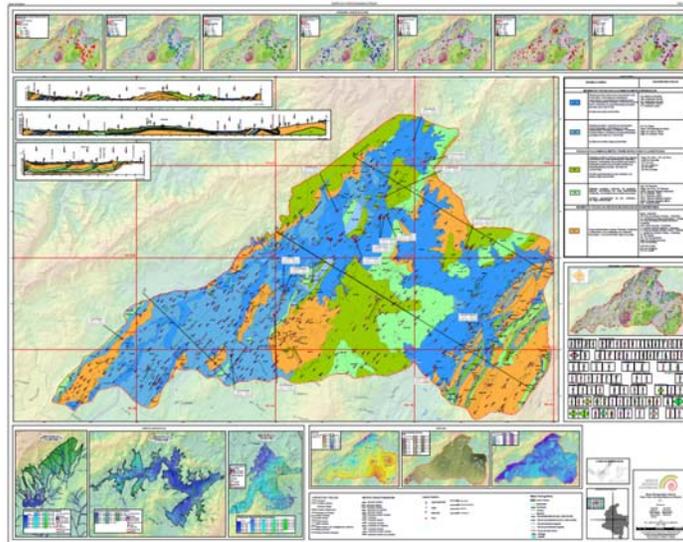


Figura 18. Mapa Hidrogeológico de la Zona Centro de Boyacá.

Esta zona cuenta con buenas captaciones de pozos que con su información y pruebas de bombeo permitieron establecer características hidráulicas de algunas unidades (Ver tabla)

Características hidráulicas de algunas unidades geológicas

Pozo	Q (l/seg)	NE (m)	ND (m)	Abat (m)	Ce (l/seg/m)	T (m ² /día)	b (m)	K (m/día)	S	Unidad Geológica Captada
El Mirto	77.14	8.33	50.64	42.31	1.82	241	25	9.64	4.61x10 ⁻²	Cuaternario Aluvial (Qal)
Colegio Rafael Reyes Duitama	8.85	5.2	16.96	11.76	0.75	60	36	1.67		Formación Une (Kv2)
La Esperanza	25.41	9.9	57.96	48.06	0.53	51	36	1.42		Formación Une (Kv2)
El Carmen	3.7	33.4	114	80.6	0.046	3.2	84	0.038		Formación Labor y Tierna (Kg1)
Cucubo	8.1	23.71	44.02	20.31	0.39	35	52	0.67		Formación Une (Kv2)
Entrelomas	4.53	3	48.4	45.4	0.094	3.8	60	0.063		Formación Labor y Tierna (Kg1)
Hacienda Margarita	8.9	0	21.21	21.21	0.42	54	45	1.2		Formación Labor y Tierna (Kg1)
Finca La Mana Núñez	1.51	2.52	23.8	21.28	0.07	1.1	20	0.055		Formación Labor y Tierna (Kg1)
SENA Duitama	7.57	13.31	32.4	19.1	0.4	23	54	0.43		Formación Une (Kv2)
Finca Villa Cecilia - Suarez	2.05	3.72	34.9	31.18	0.06	2.7	30	0.09		Formación Girón (Jg)
El Bosque	61.9	13.36	51.97	38.61	1.6	223	39	5.72		Cuaternario Aluvial (Qal)
UPTC Sogamoso	3.6	4.76	20	15.24	0.24	23	30	0.76		Cuaternario Aluvial (Qal)
Puerta Cucho Gratamira	3.49	1.25	5.53	4.28	0.82	55				Cuaternario Aluvial (Qal)
Silva Plazas	3.72	16.95	62.57	45.62	0.06	23				Cuaternario Aluvial (Qal) y Formación Labor y Tierna (Kg1)
ITA	2.69	7.65	43.32	35.67	0.07	4.3				Cuaternario Aluvial (Qal) y Formación Tilatá (Tst)
MODE	13.2	4.6	83.1	78.5	0.17	18				Formación Arenisca Tierna (Ksgt)
POZO SGC Firavitoba	15.21	0	28.94	28.94	0.55	35				Formación Picacho y Areniscas de Socha

Departamento del Quindío. La formulación del Modelo Hidrogeológico Conceptual del sur del eje cafetero, específicamente para el Departamento del Quindío le permite conocer al país el estado del conocimiento hidrogeológico actualizado a la fecha, en los municipios de Armenia, Buenavista, Calarcá, Circasia, Córdoba, Finlandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Pijao,

Quimbaya y Salento , cuyo oferta de agua ha sido modificada por la variabilidad climática y fenómenos climatológicos globales que provocan en mayor o menor magnitud e intensidad la ocurrencia de la precipitaciones lo que condiciona la oferta de las aguas superficiales y subterráneas como fuente de abastecimiento de las comunidades.(Ver Figura Mapa Hidrogeológico departamento del Quindío).

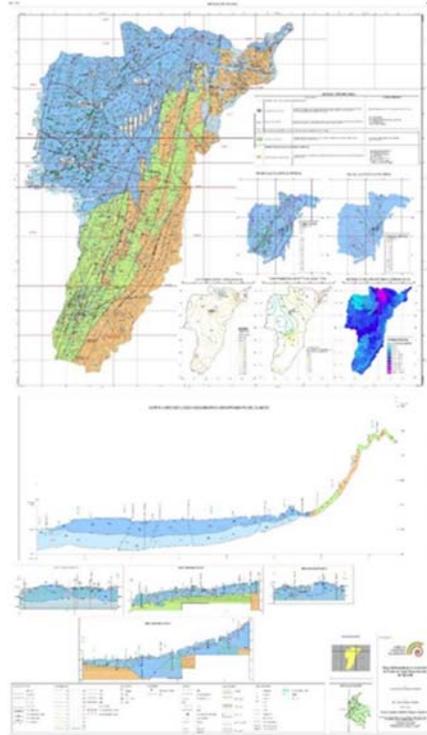


Figura 19. Mapa Hidrogeológico del sur del Eje Cafetero, Departamento del Quindío.

Eje Cafetero (Departamento de Quindío y Risaralda). La formulación del modelo hidrogeológico del Eje Cafetero, específicamente para el Sector del Abanico que se extiende en los Departamentos de Quindío, Risaralda y localmente en el Valle del Cauca, continuó consolidándose a partir de la evaluación integral del conocimiento obtenido a partir de la información hidrogeológica recopilada y los datos hidrogeológicos disponibles y capturados en los departamentos anteriores, tales como el modelamiento del ciclo hidrológico para conocer la recarga potencial a los sistemas acuíferos evaluados, así como las características hidrogeológicas de las unidades geológicas que incluyen los pozos , aljibes y manantiales inventariados, el modelo geológico- geofísico y estructural del subsuelo para definir la ocurrencia del agua subterránea, así como las características hidráulicas e hidrogeoquímicas de los sistemas acuíferos estratégicos de interés socioeconómico y ambiental.

La Cartografía Hidrogeológica del Eje Cafetero para los Departamentos de Quindío y Risaralda involucra la integración de información y datos hidrogeológicos para ambos departamentos, y su representación a través de la construcción de mapas geológicos y geofísicos, mapas de inventarios de puntos de agua, mapas de zonificación de la recarga potencial estimada a través de los suelos, mapas geofísicos a diferentes profundidades, mapas de isolíneas de conductividad y de concentración de iones en solución y mapas de redes de flujo para la primera capa acuífera a tabla de agua y para el acuífero multicapa de tipo confinado.

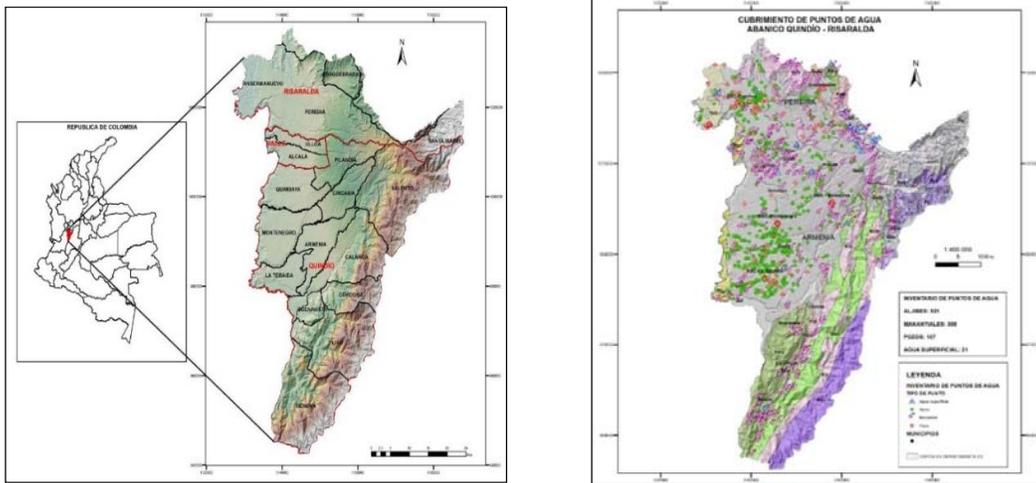


Figura 20. Mapa de Localización del Eje Cafetero (Departamento Quindío, Risaralda, parte del Valle) Izq. Mapa geológico y estructural del Eje Cafetero, Der.

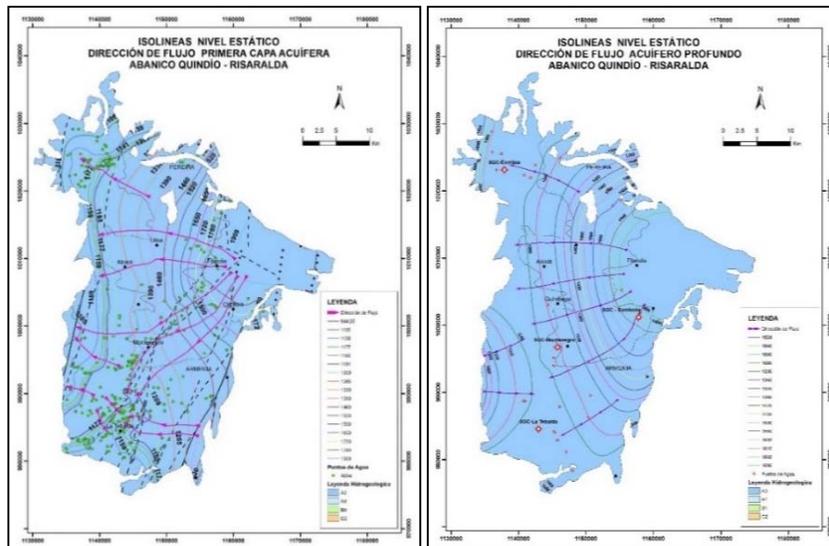


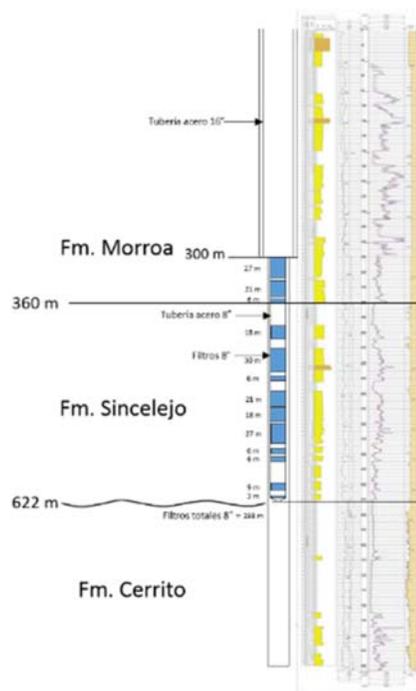
Figura 21. Modelo de flujo para la primera capa acuífera a tabla de agua (Izq) y para el acuífero profundo multicapa (Der)

Departamento de Sucre. Las actividades de exploración de aguas subterráneas conducentes a la formulación del modelo hidrogeológico de la parte inferior del Sistema Acuífero Formación Morroa, continuaron ejecutándose con la evaluación e integración de datos hidrogeológicos capturados en campo en los municipios de Morroa, Corozal y Sincelejo, e involucraron el mapeo y el reconocimiento geológico, geofísico y estructural de las capas inferiores D, E Y F de la Formación Morroa y su límite inferior con la Formación Sincelejo, y de unidades geológicas más inferiores en la secuencia como la Formación Cerrito, EL Carmen y Tolú Viejo, el análisis de los datos de inventarios de pozos y aljibes, disponibles y capturados, así como la estimación preliminar de la recarga potencial a través de las unidades aflorantes y el modelo geofísico del subsuelo para identificar la geometría (extensión y límites) de las formaciones acuíferas.

Se realizó un control geológico de las características litológicas y estructurales de la Formación Morroa, específicamente en la región donde aflora y se extiende, principalmente en los municipios de Morroa, Corozal y Sincelejo en donde se han podido levantar secciones que cortan

la parte inferior de esta unidad y las formaciones geológicas infrayacentes como la Formación Sincelejo.

La perforación y construcción del pozo SGC Morroa 1 permitió conocer que entre 0 y 360 metros ocurre una secuencia litológica de capas de areniscas cuarzosas, arcillolitas plásticas y conglomerados en menor proporción pertenecientes a la Formación Morroa; entre 360 metros y 622 metros de profundidad, se presentan capas de la Formación Sincelejo constituidas por areniscas cuarzosas con intercalaciones de arcillolitas, gris verdosas y un nivel conglomerático de 440 a 445 m, también se observaron niveles de areniscas ligeramente conglomeráticas ; y entre 622 metros y 840 metros de profundidad ocurren capas de la Formación Cerrito compuesta casi en su totalidad por arcillolitas grises rojizas con yeso y desde los 770 metros de profundidad hasta los 840m se observan algunos niveles arenáceos de acuerdo al registro físico del pozo ya que en los ripios de perforación se observaron arcillolitas grises



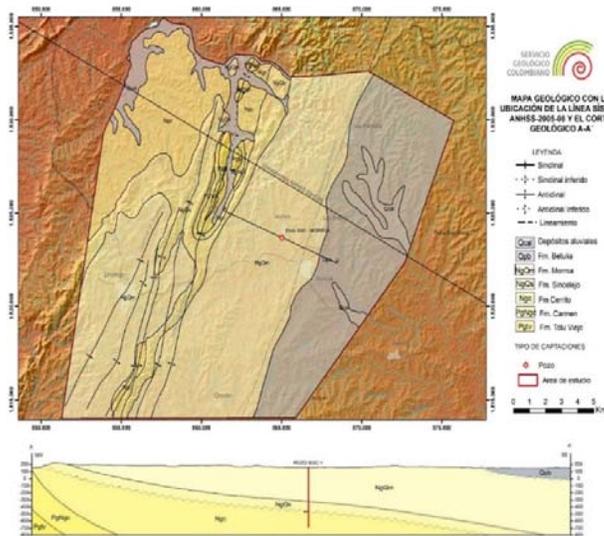
El diseño del pozo sgc Morroa es telescópico, incluye 300 metros de tubería ciega de 16"; desde los 300 metros hasta los 622 metros están ubicados 200 metros de filtros de ranura continua enfrente de capas de areniscas y conglomerados de las formaciones Morroa y Sincelejo, y en frente de arcillolitas se ubicó tubería ciega en 8 pulg.

Figura. Diseño del pozo SGC Morroa

El pozo es saltante con un caudal promedio de 1.5 L/s, su carácter surgente a que el nivel piezométrico de las capas de areniscas y conglomerados presentan una cabeza piezométrica que se encuentra por encima de la superficie del terreno, que sumado a la presión del gas metano ocasionan que el agua salga por boca del pozo, manifestando un burbujeo continuo de gas metano con concentraciones del 85%, que en espacios confinantes es de carácter explosivo.

Con la información de la cartografía geológica, datos estructurales de superficie y el pozo SGC – MORROA – 1, se realizó el corte geológico A-A', en el cual se observan las capas de las formaciones Morroa y Sincelejo buzando de 20 a 10° hacia el sur – este, hacia la base se encuentra discordante de tipo

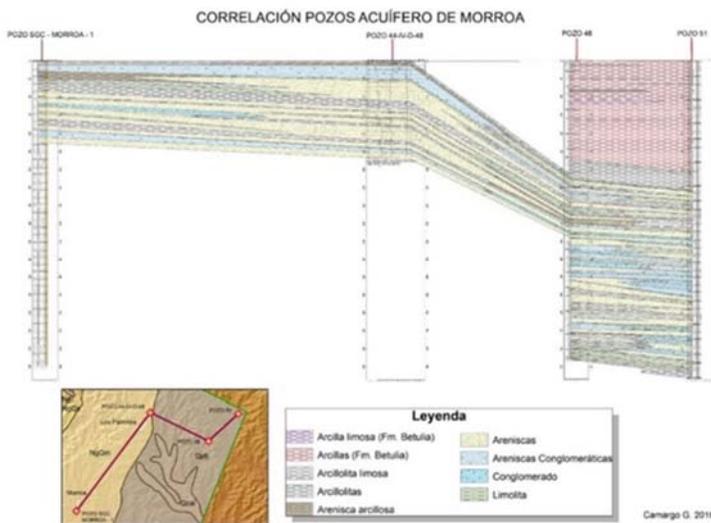
angular con la formación Cerrito y hacia el tope, al extremo oriental de la zona de estudio estos depósitos del Plioceno están cubiertos discordantemente por arcillas de la formación Betulia.



Mapa Geológico y Sección Geológica con el Pozo SGC Morroa 1

Con base en la información de las columnas y registros de pozos perforados y construidos en el área (Pozo SGC Morroa, pozo 44 IVD 48, pozo 48 y el pozo 51) se formula un modelo de capas en donde identifican y correlacionan capas de areniscas, areniscas conglomeráticas y conglomerados de la Formación Morroa, las cuales presentan una porosidad primaria o intergranular muy buena, las cuales constituyen las capas acuíferas inferiores de esta formación y las capas arcillosas y limosas son las capas confinantes de este acuífero, por lo que regionalmente se le puede considerar un acuífero multicapas de tipo confinado. Se puede observar la geometría de la cuenca en donde al

oriente en los pozos 48 y 51 la Formación Morroa se profundiza y es suprayacida por capas de arcillas y arcillas limosas de la Formación Betulia.

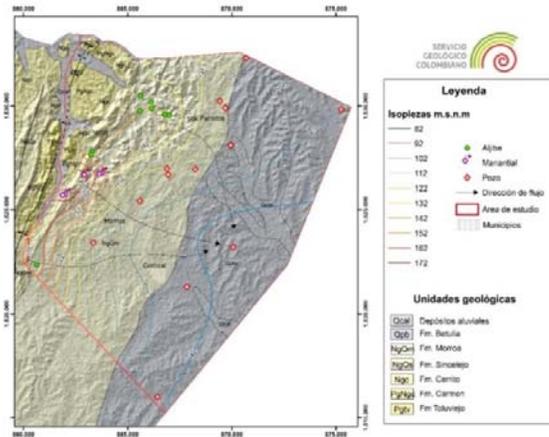


Correlación Pozos Acuíferos Morroa.

El inventario de puntos de agua realizado en el área de estudio se realizó en época de verano e incluye 60 puntos de agua, representados por 6 manantiales, 15 aljibes, 37 pozos y 2 puntos de agua superficial.

El modelo de flujo de los sistemas acuíferos regionales captados por los pozos indica que el agua fluye desde hacia el oriente desde la zona de recarga ubicado hacia el flanco oriental del anticlinal de Tumba Toro, en la Formación Sincelejo. La dirección de flujo del agua subterránea fluye hacia el oriente, en los municipios de Corozal y Los Palmitos, en donde se midieron niveles estáticos de 60 hasta 100 metros de profundidad como lo indican las isopiezas, aunque en la zona oriental del área de estudio se midieron niveles estáticos en pozos ubicados sobre la

Formación Betulia, se deduce que los filtros captan en profundidad capas acuíferas de la Formación Morroa, ya que en esta zona la Formación Betulia es netamente arcillosa.



La zona de mayor infiltración se presenta sobre el costado occidental del centro poblado del municipio de Corozal, encontrando que a nivel promedio anual se infiltran potencialmente entre 19 y 48.4 mm/año. Al norte, occidente y sur del casco urbano del municipio de Sincelejo, potencialmente ocurren recargas que van desde 13 hasta 35 mm/año.

Modelo de Flujo regional para el Sistema Acuífero Formación Morroa.

Perforaciones Exploratorias. En el 2016, el SGC culminó las actividades de perforación y construcción de 17 pozos

exploratorios profundos de aguas subterráneas en los departamentos de La Guajira, Sucre Casanare, Boyacá, Quindío y RISARALDA como aporte al conocimiento de la oferta hídrica del país y con el propósito de validar los modelos hidrogeológicos de sistemas acuíferos estratégicos para la Nación. Los pozos construidos por el SGC durante el año 2013-2016 son:

Inversión Total Pozos Exploratorios 2013-2016

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POZO	OFERTA HÍDRICA	COSTO
LA GUAJIRA	RIOHACHA	SGC -La Luchita	47,6	\$ 1.049.620.200
		SCG Riohacha 2	60	\$ 1.029.000.000
	MAICAO	SGC - Carraipia	25	\$ 1.112.100.517
		SGC- Hospital de Maicao	25	\$ 1.112.100.517
	MANAURE	SGC - Manaure 1	28	\$ 1.112.100.517
		SGC - Manaure 2	40	\$ 548.800.000
		SGC - Manaure 3	40	\$ 548.800.000
URIBIA	SGC - Uribia 1	67	\$ 1.112.100.517	
BOYACÁ	FIRAVITOBIA	SGC-. Firavitova	15,2	\$ 1.290.860.500
	COMBITA (F. EXPLORATORIA)	SGC - Combita		\$ 328.988.369
RISARALDA	PEREIRA	SGC - Cerritos	13,41	\$ 1.247.997.090
		SGC - Puerto Caldas	92	\$ 1.212.926.160
QUÍNDIO	CIRCASIA	SGC - Circasia	11,8	\$ 281.531.696
	MONTENEGRO	SGC - Montenegro	12	\$ 1.029.617.140
	LA TEBAIDA	SGC -La Tebaida	49,5	\$ 1.247.997.090
SUCRE	MORROA	SGC - Morroa1		\$ 2.332.400.000
CASANARE	YOPAL	SGC - Yopal 1	25	\$ 1.984.760.000
			TOTAL INVERSION 2013-2016	\$18.581.700.313

Se dio apoyo técnico científico en materia de aguas subterráneas a las siguientes entidades:

Presidencia de la Republica, Ministerio del interior, Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de la Agricultura, Ministerio de Vivienda, Viceministerio del Agua, Ministerio de Minas y Energía, Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, Gobernaciones Departamento de la Prosperidad Social, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre UNGRD, Departamento Prosperidad Social, Programa de Restitución de Tierras, IDEAM, CORPOGUAJIRA, CORPOBOYACÁ, C.R.Q, CARDER, CORPORINOQUIA, CARSUCRECORPOURABA, Compañía Cerrejón, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Riohacha (La Guajira), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Manaure (La Guajira), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Maicao (La Guajira), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Armenia (Quindío), Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira (Risaralda), Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal (Casanare), Alcaldía de Bolívar (Cauca), Alcaldía de Tinjacá (Boyacá), Alcaldía de Sutamarchan (Boyacá), Alcaldía de Santa Sofía (Boyacá), Alcaldía de Nobsa (Boyacá), Alcaldía de Duitama (Boyacá) Alcaldía de Saboyá, Alcaldía de Risaralda, Alcaldía de Salento.

Retos. La investigación y exploración de aguas subterráneas se orientan a realización de estudios e investigaciones que están encaminados a conocer su estado, la oferta y la demanda en cantidad y calidad, la dinámica espacio temporal, sus recursos y reservas para efectos de identificar las zonas favorables para la acumulación y explotación, así como la vulnerabilidad a la contaminación, lo que contribuye a la generación de conocimiento del potencial de las aguas subterráneas de Sistemas Acuíferos Estratégicos Regionales para la toma de decisiones relacionadas con el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos.

EXPLORACIÓN DE RECURSOS GEOTÉRMICOS

En el año 2016 y a partir de los retos planteados a finales del 2015, el grupo de Exploración de Recursos Geotérmicos de la Dirección de Geociencias Básicas, realizó avances en los estudios de exploración de las áreas geotérmicas de Paipa, Azufral y San Diego, principalmente, y actualizó el inventario y caracterización química de manantiales termales del departamento de Cundinamarca. Adicionalmente, este grupo llevó a cabo actividades de transferencia tecnológica a través de las cuales logró una mayor consolidación y fortalecimiento en su capacidad de interpretación e integración de información, así como ajustes y avances significativos en la metodología de aplicación de herramientas geocientíficas, para la exploración geotérmica.

Exploración del área geotérmica de Paipa. Los trabajos realizados en el área geotérmica de Paipa, durante la vigencia 2016, incluyeron la formulación de un modelo conceptual, la actualización de la cartografía de domos y su integración al modelo geológico 3D, avances en los estudios de estructura resistiva del subsuelo del área, línea meteórica isotópica local y emisiones de radón en aire del suelo.

El modelo conceptual fue actualizado, a partir de la integración de información obtenida hasta el 2015 (ilustración y descripción en Figura 22) y sobre éste se realizó la selección de posibles blancos de perforaciones de gradiente térmico.

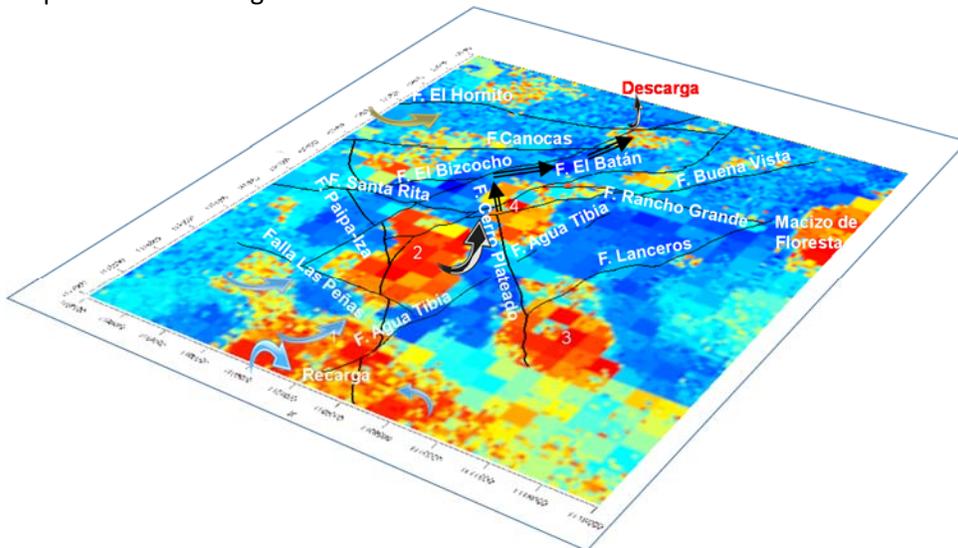


Figura 22. Modelo conceptual 2016 del área geotérmica de Paipa sobre un corte horizontal del modelo inverso de densidades a unos 2000 m.s.n.m. Las anomalías positivas de densidad (en rojo) localizadas en la zona media del área de estudio, serían intrusiones propuestas como fuente de calor. El área entre intrusiones, con anomalía negativa de densidad (en azul), sería la zona de flujo ascendente y almacenamiento del fluido geotérmico desde donde circularía el agua en

dirección norte hacia la zona de descarga. Las flechas azul claro al sur del área representan la circulación/infiltración profunda del agua de recarga a través de zonas extensivas. Al noroccidente se postula un circuito de circulación separado del anterior, de agua termal de menor temperatura.

La actualización de la cartografía de domos incluyó avances en la caracterización litogeoquímica y geocronológica. A partir de la cartografía de domos presentada en la Figura 23, se inició la actualización del modelo geológico geofísico 3D, en el que además se cambió del sistema de coordenadas (a MAGNA con origen Bogotá) y se hizo una nueva optimización de variables físicas (Figura 23).

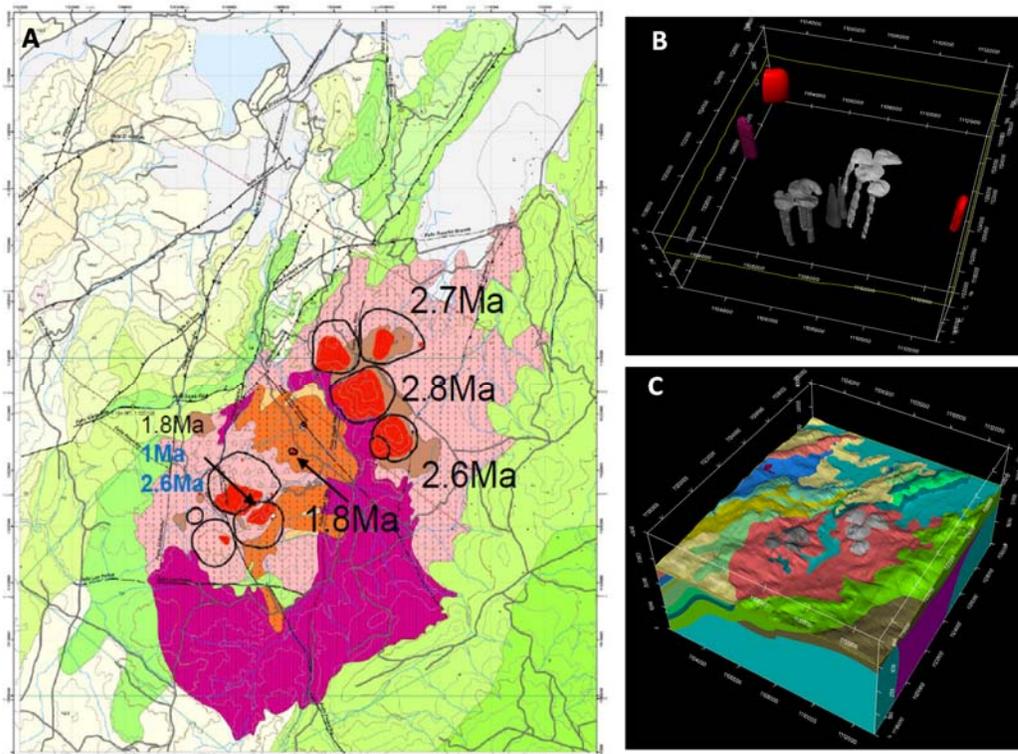


Figura 23. Cartografía de domos del área geotérmica de Paipa y su integración al modelo geológico – geofísico 3D. A. Polígonos de domos cartografiados sobre mapas geológico y de vulcanitas. La edad de las rocas duras (domos) se estableció entre 1 y 2.8 Ma (dataciones por Ar-Ar en letras negras; dataciones por huellas de fisión en circones en letras azules). B. Morfología de domos (gris) e intrusiones ígneas (rojo) modelados. C. Ajuste al modelo geológico 3D por integración de domos.

Dando continuidad al estudio de la estructura resistiva del subsuelo del área geotérmica de Paipa, a partir de información magnetotelúrica, se realizó adquisición de información complementaria en campo, revisión exhaustiva de la calidad de la información, nuevo procesamiento robusto, análisis de dimensionalidad y direccionalidad, utilizando metodologías del procesamiento no aplicadas en los avances anteriores y la inversión con nuevos criterios para obtención de modelos resistivos 2D como el presentado en la Figura 3.

En trabajo conjunto entre los grupos de Exploración de Recursos Geotérmicos, Exploración de Aguas Subterráneas y de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas (GIANG), se concluyeron muestreos y análisis isotópicos de agua de lluvia, realizados por un período de dos años, en la red instalada en la llamada Boyacá Zona Centro, para la construcción de la línea meteórica isotópica local. Esta línea será utilizada como referencia para identificación de posibles zonas de recarga de acuíferos de aguas subterráneas frías y calientes.

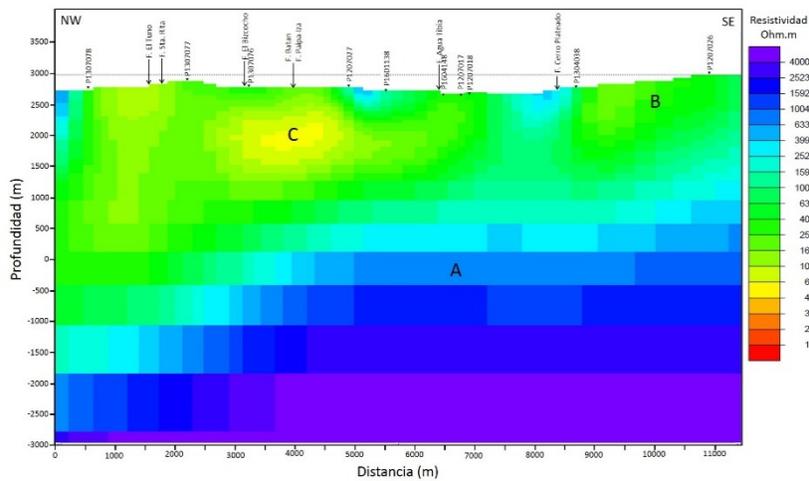


Figura 24. Perfil de inversión magnetotelúrica 2D del área geotérmica de Paipa. Se diferencian 3 zonas bien contrastadas. A: Altamente resistiva (>1000 $\Omega.m$) interpretada como el basamento metamórfico (Macizo de Floresta). B: Cobertera sedimentaria con resistividad intermedia (entre 10 y 100 $\Omega.m$) y C: anomalía conductiva (<25 $\Omega.m$) que podría estar asociada a niveles arcillosos o agua con sales disueltas (hidrotermales?).

Por último, se concluyó la primera fase del estudio de emisiones de radón-222 en aire del suelo, a partir de mediciones de emisiones alfa con equipos Rad7, en 70 estaciones cuya localización es presentada en la Figura 25. La distribución de las mediciones señala una mayor frecuencia en magnitudes del orden de 9400 Bq/m³. El valor máximo cercano a 75000 Bq/m³ registrado en la zona de El Durazno, podría estar asociado a la anomalía de uranio identificada en la zona, más que a corrientes de fluidos hidrotermales ascendentes. Otras anomalías de menor magnitud pero con mayor posibilidad de estar relacionadas con ascenso de fluidos se observan principalmente cerca de cruces de fallas.

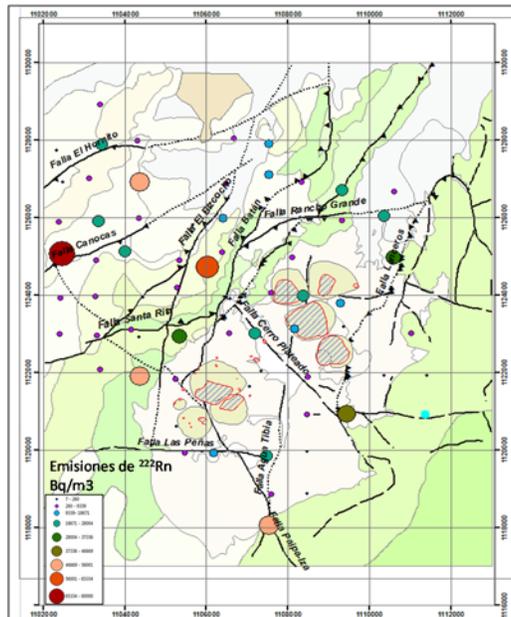


Figura 25. Emisiones de ^{222}Rn en aire del suelo sobre mapa geológico. Una anomalía del orden de 75000 Bq/m^3 es observada en la zona de la intrusión El Durazno, en donde estudios de uranio han identificado una de las mayores anomalías del Departamento de Boyacá.

Exploración del área geotérmica del Volcán Azufral. En el área geotérmica del Azufral, se elaboró el mapa de sondeos superficiales de temperatura y se hicieron avances en los estudios estructural, de emisiones de radón, procesamiento definitivo de información magnetotelúrica y evaluación del estado de la información para la elaboración del modelo geológico-geofísico 3D.

El mapa de sondeos superficiales de temperatura, presentado en la Figura 26, se basó en mediciones de temperatura en 353 estaciones, realizadas en campañas de campo de 2015 y 2016. El rasgo más notable es la anomalía positiva de temperatura localizada al norte del cruce entre la Falla Guachucal y el lineamiento identificado como Falla El Diviso – Túquerres sur.

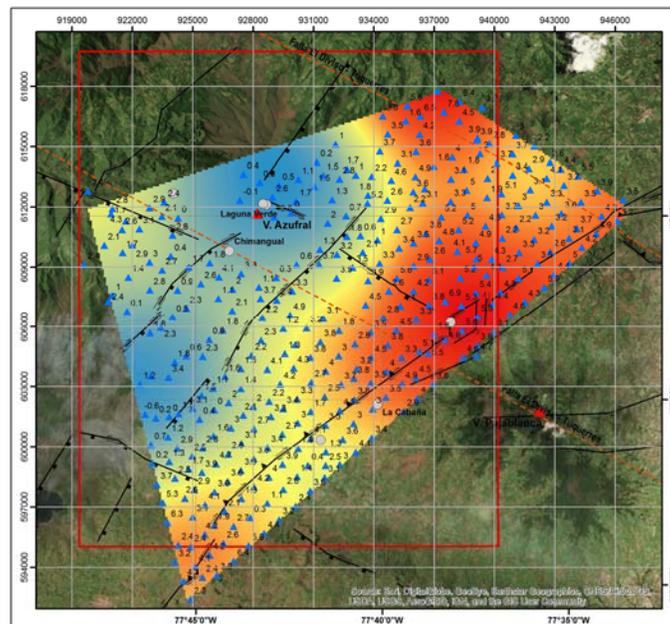


Figura 26. Mapa de distribución de temperatura superficial (150 cm) en el área geotérmica del volcán Azufral. Los valores registrados corresponden a temperatura medida menos temperatura media ambiental estimada. El rango de las mediciones está entre 6.6 y 19.2°C .

El avance en el estudio estructural del área se basó en la integración de mediciones complementarias y en un nuevo procesamiento de datos estructurales de alta confiabilidad (estrías de falla), para cinco (5) zonas diferenciadas denominadas unidades USBU como se muestra en el esquema de la Figura 6. Se identificaron tensores regionales y locales algunos de los cuales favorecen el desarrollo de estructuras extensionales y en algunos casos, de fallas inversas.

Se inició la evaluación de emisiones de radón-222 en aire del suelo. Los resultados muestran magnitudes similares a las medidas en la zona de Paipa; esto es máxima frecuencia de las mediciones, alrededor de 9300 Bq/m^3 , y valores máximos del orden de 75000 Bq/m^3 , en este caso, registrados entre las fallas Muellamués y Guachucal, al norte del lineamiento Diviso – Túquerres, como se ilustra en el mapa de la Figura 27.

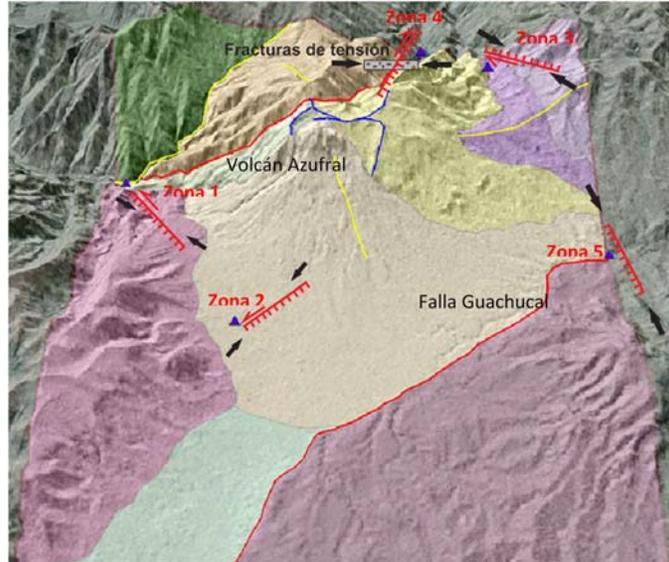


Figura 27. Esquema estructural del área geotérmica del Volcán Azufreal. Fallas (líneas rojas); lineamientos (líneas amarillas), escarpes (líneas azules) y unidades USBU (polígonos coloreados). El tensor regional inferido, es consistente con el reportado en trabajos anteriores, con dirección aproximada EW.

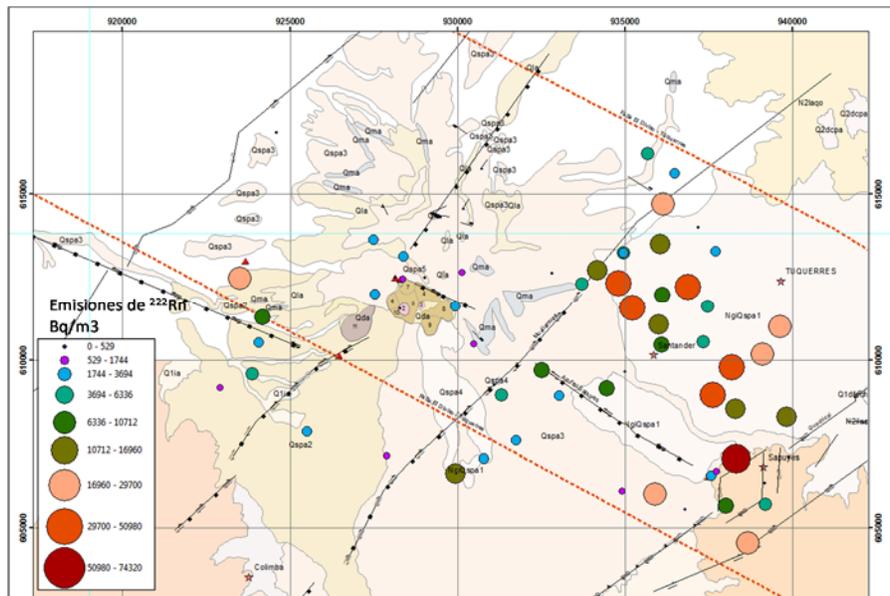


Figura 28. Emisiones de ^{222}Rn en aire del suelo en el área geotérmica del volcán Azufreal sobre mapa geológico.

Otras actividades realizadas en el área geotérmica del Azufreal incluyeron avances en el procesamiento definitivo y modelación de información magnetoteléfrica y el diagnóstico de información para evaluar la viabilidad de modelación geológica 3D a partir de la compilación e integración de información en un modelo preliminar.

Exploración del área geotérmica de San Diego. En el área geotérmica de San Diego, la cual abarca los volcanes de San Diego y El Escondido de Florencia, se complementó la información geológica, se inició la adquisición de información gravimétrica y magnetométrica, con participación de funcionarios del grupo de Investigación y monitoreo de la actividad volcánica en Colombia, de la

Dirección de Amenazas Geológicas y, en trabajo conjunto con el mencionado grupo de trabajo, se realizó la batimetría de la Laguna de San Diego.

Como contribución a la geocronología de la zona y a partir de muestras recolectadas en la vigencia anterior, se estableció la edad Ar-Ar del domo de San Diego en 89 ± 4.4 Ka y de uno de los domos de El Escondido, en 153.7 ± 38.2 Ka. En el volcán de El Escondido, no obstante, existe evidencia de actividad volcánica más reciente como indican una datación complementaria Ar-Ar realizada en un afloramiento al occidente del complejo de domos cuya edad fue medida en 55 ± 23.6 Ka y las dataciones realizadas anteriormente con el método ^{14}C a través de las que se estableció una edad de 33.55 ± 0.280 Ka.

Con base en la cartografía a escala 1:25.000 realizada en la primera fase de la exploración del área, se construyeron modelos geológicos directos 3D, de los polígonos regulares indicados en la Figura 8, como primera aproximación al modelo geológico de ésta área geotérmica.

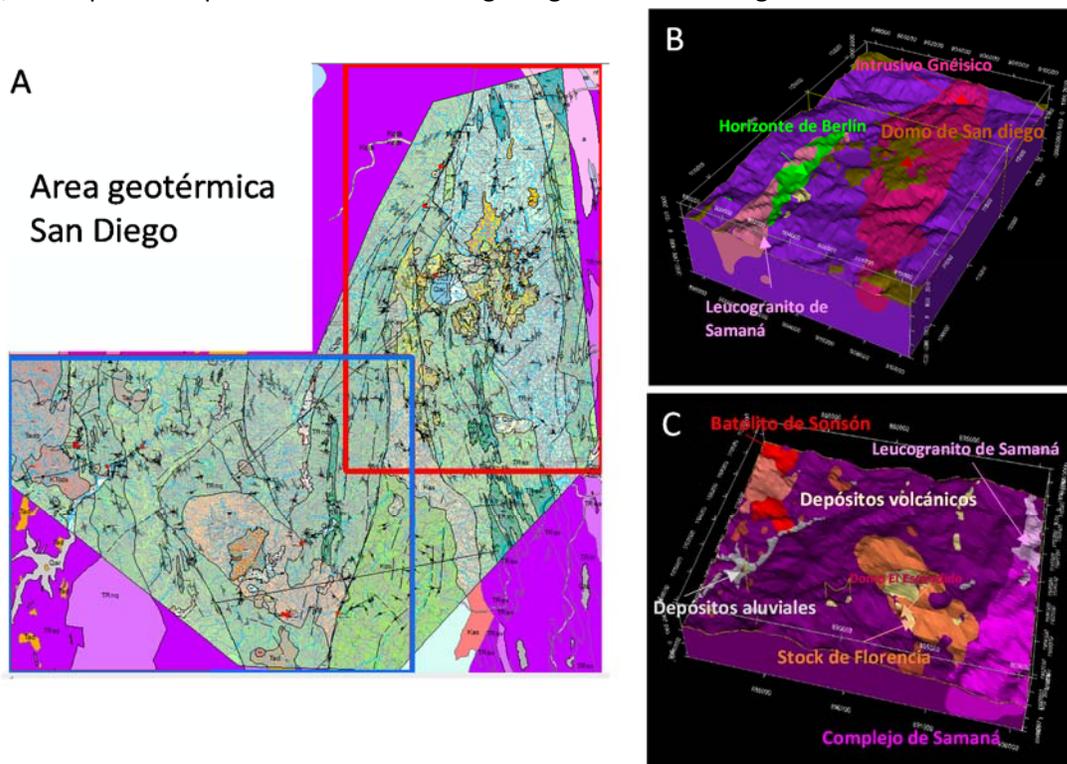


Figura 29. Modelos geológicos del área geotérmica de San Diego. (A) Polígonos seleccionados para modelación a partir del mapa geológico 1:25.000 complementado con mapa 1:100.000. Línea Roja: polígono sector de San Diego. Línea azul: polígono sector de Florencia. (B) Modelo geológico directo 3D del sector de San Diego. (C) Modelo geológico directo 3D del sector de El Escondido.

Por otra parte, se dio inicio al estudio geofísico de métodos potenciales, con el diseño de adquisición, para el que se consideraron criterios generales de distribución, calidad y accesibilidad, así como la extensión de los polígonos seleccionados para modelación señalados en la Figura 8 y, dos campañas de adquisición en uno de los dos polígonos (sector de San Diego), en la que se levantó información en 144 estaciones cuya localización es presentada en la Figura 9.

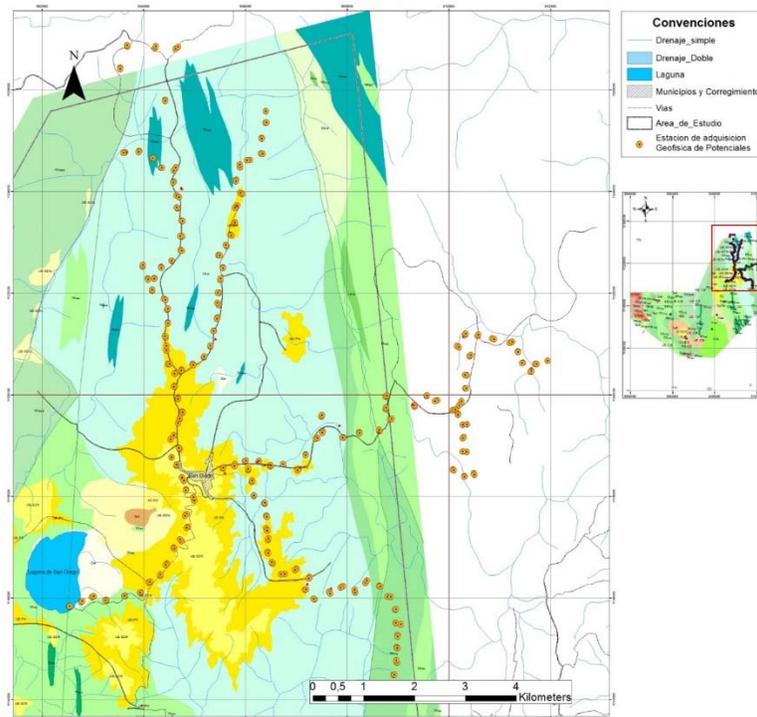


Figura 30. Adquisición de información gravimétrica y magnética en el área geotérmica de San Diego.

El estudio batimétrico de la Laguna de San Diego (Figura 31), basado en registros a lo largo de 37 transectas N-S y 64 E-W, con separación de 10 a 30 m y 8 transectas diagonales con espaciamento de 14 a 75 m, más un barrido perimetral, permitió establecer que el lecho de la misma, está inclinado hacia el occidente y que la profundidad oscila entre 32 y 50.7 m.

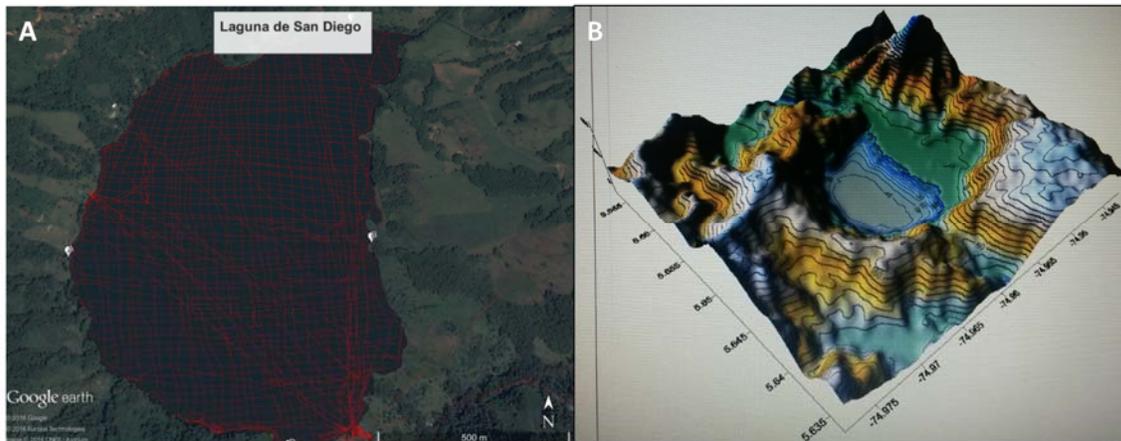


Figura 31. Batimetría de la Laguna de San Diego. (A) Transectas de adquisición en línea roja. (b) Modelo de profundidades y elevación en m con relación a la superficie de la Laguna.

Actualización del inventario y caracterización de manantiales termales. Durante el 2016 se llevó a cabo la actualización del inventario y análisis químico e isotópico de manantiales termales del departamento de Cundinamarca (42 manantiales), con lo que cual se inició la actualización de información de este tipo de manantiales, en el territorio nacional. Esta actualización aportará información que será divulgada gradualmente en el aplicativo institucional implementado para este propósito.

Actividades de transferencia tecnológica. Con la participación de expertos en diferentes líneas de investigación geotérmica y con el objetivo de discutir metodologías y resultados de estudios geocientíficos aplicados en el SGC a la exploración geotérmica de áreas específicas, se realizaron los eventos técnicos citados a continuación:

Panel científico para presentar y discutir el modelo conceptual del área geotérmica de Paipa, con la participación de los expertos Paolo Bona, Anna Colvin, Salvador Espíndola, William Thomas y Jonathan Hernández; (2) reunión técnica sobre geoquímica de fluidos magmáticos e hidrotermales, con revisión del caso Paipa y la participación del Dr. Salvatore Inguaggiato; (3) reunión sobre geología estructural en áreas geotérmicas y volcánicas, con revisión y trabajo de campo del área geotérmica del Volcán Azufra; (4) reunión sobre metodología de procesamiento y modelación magnetotelúrica con la participación del Dr. Alan Jones; (5) reunión para discusión de metodología de modelación magnetotelúrica 3D en el área geotérmica de Paipa, con el Dr. TaWat Rung y (6) reunión de discusión sobre términos de referencia para perforaciones de gradiente térmico con el experto Jonathan Hernández.

Los resultados más relevantes de estos eventos incluyen la validación de los sitios seleccionados por el grupo de trabajo a partir del modelo, como blancos para perforaciones de gradiente térmico en el área geotérmica de Paipa, así como el avance en los términos de referencia técnicos para dichas perforaciones; el acuerdo de motivar la firma de un convenio de cooperación con el Instituto de Vulcanología y Geofísica de Palermo para complementar la investigación de fluidos hidrotermales con el estudio de los gases descargados por manifestaciones superficiales de sistemas geotérmicos y volcánicos; la modificación a la metodología de medición de datos estructurales y su interpretación; el ajuste al protocolo de procesamiento de información magnetotelúrica para análisis dimensional y direccional, así como al flujo de procesamiento de la inversión y, la identificación de los requerimientos para la implementación y desarrollo de la capacidad local, para la modelación magnetotelúrica 3D.

Otras actividades. A partir de la revisión y nuevo procesamiento de información magnética y gravimétrica y de la integración de dicha información con cartografía geológica reciente, se elaboró un modelo geológico preliminar de un sector del área geotérmica del Nevado del Ruiz.

Por otra parte, el grupo de trabajo llevó a cabo actividades de difusión de resultados y apropiación del conocimiento en los siguientes eventos: Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos, en Bogotá; XII Semana técnica de geología e ingeniería geológica, en Medellín; Reunión técnica del capítulo estudiantil Consejo de Recursos Geotérmicos (GRC por su sigla en inglés) de la Universidad de Los Andes, en Bogotá; Reunión para propuesta de investigación de manantiales termales de Bochalema, con estudiantes y profesores de la Universidad de Pamplona, en Villa del Rosario; Primera reunión nacional de geotermia – RENAG, en Bogotá y I Jornada de las Geociencias Aplicadas a la Ingeniería, en Sogamoso.

Finalmente, se elaboraron borradores de artículos para difusión de los resultados de las investigaciones del grupo sobre la geología del área geotérmica de San Diego, el modelo conceptual de Paipa y el estudio magnetotelúrico 2D del área de Paipa.

RETOS. Teniendo en cuenta el alcance de los trabajos de exploración y los objetivos del Plan Estratégico Institucional, se plantean los siguientes retos para la vigencia 2017:

- Realizar tres perforaciones de gradiente térmico con recuperación de núcleos y registros físicos, en el área geotérmica de Paipa, como método inicial de valoración y ajuste del modelo conceptual.
- Optimizar la metodología de los estudios magnetotelúricos con la integración de mediciones electromagnéticas por el método TEM para estimar y corregir la distorsión galvánica, ajuste de procedimientos de procesamiento e inversión 2D y adquisición de hardware y software para iniciar la implementación de la modelación 3D.
- Avanzar en los estudios magnetotelúricos de las áreas en exploración: Paipa, Azufral y Nevado del Ruiz.
- Optimizar la metodología de estudios de geología estructural en áreas geotérmicas, con el caso del Volcán Azufral.
- Dar continuidad al estudio de emisiones de radón en áreas geotérmicas (Paipa y Azufral)
- Suscribir un acuerdo de cooperación para iniciar la investigación de gases hidrotermales y magmáticos en manantiales termales y fumarolas de sistemas geotérmicos y volcánicos.
- Continuar la adquisición de información para el estudio gravimétrico y magnético del área geotérmica de San Diego.
- Actualizar el inventario y caracterización de manantiales de los departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

“Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos”. Este evento realizado con los estándares más altos a nivel mundial se llevó a cabo del 27 de junio al 1 de julio de 2016 en el Centro Empresarial y Recreativo El Cubo de Bogotá. El Simposio contó con la participación total de 1300 asistentes (Figura 32); un promedio de 700 asistentes diarios; 13 *keynote speakers*; 5 discursos; 63 conferencias; asistentes de 20 países; abarcó 28 temáticas geológicas; presencia de 220 organizaciones privadas y gubernamentales; 5 asociaciones geológicas de Colombia; presencia de 25 universidades de Colombia, México, Brasil, Francia, Canadá, Alemania y Estados Unidos de América; 325 estudiantes; 18 servicios geológicos — Estados Unidos de América, México, Costa Rica, República Dominicana, Cuba, Guatemala, Honduras, Ecuador, Perú, Brasil, Chile, Argentina, Colombia, Reino Unido, Alemania, Holanda, España y Cataluña—; periodistas de Todelar, El Tiempo, El Espectador, Semana, Caracol, RCN, Mundo Minero, Petróleo & Gas, Colprensa, El Nuevo Día, Radio Santa Fe, Ecoguia, La República, conCIENCIA, Credencial, Cromos, Arcadia and Crónica del Quintil; además de la asistencia como *keynote speakers* del Prof. Roland Oberhänsli Presidente de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), Dr. Philippe Rossi Presidente de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW), Prof. Stan Finney Presidente de la Comisión Estratigráfica Internacional y la Dra. Adriana Ocampo Uria *Science Program Manager* de la NASA.



Figura 32. Asistentes al “Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos” el lunes 30 de junio de 2016. Ese día asistieron al evento 1150 personas.

La inauguración del Simposio fue presidida por Germán Arce Zapata Ministro de Minas y Energía de Colombia, Yaneth Giha Tovar Directora General del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), Dr. Vicente Gabaldón López Secretario de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI), Dr. Luca Demicheli Secretario General de *EuroGeoSurveys*, Raúl Cruz Ríos Presidente de la Junta Directiva de la ASGMI y Oscar Paredes Zapata Director General del Servicio Geológico Colombiano (Figura 8).



Figura 33. Mesa de honor del “Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos” el lunes 30 de junio de 2016. De izquierda a derecha por el Dr. Vicente GABALDÓN LÓPEZ Secretario de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI), Dr. Luca Demicheli Secretario General de *EuroGeoSurveys*, Germán Arce Zapata Ministro de Minas y Energía de Colombia, Oscar Paredes Zapata Director General del Servicio Geológico Colombiano, Yaneth Giha Tovar Directora General del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) y Raúl CRUZ RÍOS Presidente de la Junta Directiva de la ASGMI.

A lo largo de la semana, el SGC recibió 3 distinciones conmemorativas por parte de la Sociedad Colombiana de Geología y el Consejo Profesional de Geología; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), y de la Universidad del Quindío.

El video que resume las actividades del Simposio se puede ver en:

<https://www.youtube.com/watch?v=TcJzweuMZGY&t>

Se resalta que en el Simposio el Grupo Mapa Geológico de Colombia de la Dirección de Geociencias Básicas fue el encargado de la logística, realización del video del Simposio, diseño de la imagen, manejo de redes sociales, correspondencia con los invitados internacionales, realización de las memorias del simposio, diseño de los recordatorios, realización de todas las piezas de arte (afiches, escarapelas, certificados, etc.) y presentación del Simposio.

Las memorias del Simposio se pueden descargar de:

<https://www.sgc.gov.co/descargas/Memorias-Simposio-100-anos-SGC.aspx>

Se espera a finales de enero tener todas las presentaciones en YouTube en la cuenta del Servicio Geológico Colombiano e implementadas en el nuevo portal Web del Servicio Geológico Colombiano. Estas fueron editadas para una mejor comprensión por el Grupo Mapa Geológico de Colombia. Dos de ellas ya fueron cargadas y se pueden visualizar en:

- Prof. Stan FINNEY
Chair of the International Commission on Stratigraphy
Estados Unidos de América
Conferencia: *The 'Anthropocene' epoch: Is it relevant for national geological surveys?*
<https://www.youtube.com/watch?v=qkh2L5203GE&t>
- Dra. Adriana OCAMPO URÍA
Science Program Manager de la National Aeronautics and Space Administration (NASA)
Conferencia: *Nuevos Horizontes: Exploración a los límites del Sistema Solar*
<https://www.youtube.com/watch?v=X60UtQs7InY&t>

XXII Asamblea General Ordinaria de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI). Efectuada simultáneamente con el Simposio, se llevó a cabo de manera independiente del 28 y 30 de junio y el 1 de julio de 2016 (Figura 9). Esta asamblea tuvo una sesión abierta dentro del Simposio denominada “Cooperación internacional en Ciencias de la Tierra en ordenamiento territorial en beneficio de la comunidad”. De esta reunión el Grupo Mapa Geológico de Colombia realizó la logística, diseño de piezas de arte y manejo la correspondencia con los invitados internacionales.

Libro “El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016: Cien años al servicio de Colombia” del Dr. Armando ESPINOSA BAQUERO. Se realizó la toma y edición de fotografías; revisión de estilos, diseño y diagramación del libro.

“Excursión de campo Historia geológica de los Andes en los alrededores de Ibagué”. Durante los días 2, 3 y 4 de julio de 2016 preparada para los invitados internacionales. En ella se mostraron con base en diferentes afloramientos en el Valle Superior del Magdalena y la cordillera Central la evolución geológica de esta parte del territorio colombiano desde hace 1200 millones de años hasta el presente (Figura 10). Es de resaltar el gran impacto que causó en los participantes el Lomo de Falla Calicanto en el trazo de la Falla de Ibagué y las ruinas de Armero destruida por un lahar del Volcán Nevado del Ruiz el 13 de noviembre de 1985. Esta excursión contó con la ayuda de la geóloga María Luisa Monsalve del proyecto Geología de volcanes de la Dirección de Geociencias Básicas.

Exposición fotográfica “Vida y obra del Dr. José ROYO Y GÓMEZ en el Servicio Geológico Nacional”.



Figura 34. Foto oficial de la XXII Asamblea General Ordinaria de la ASGMI llevada a cabo en Bogotá del 28 de junio al 1 de julio de 2016. Se observa en primer plano, de izquierda a derecha al Ing. Ángel David Márquez Medina Director de Minerales Energéticos del Servicio Geológico Mexicano (SGM), Dr. Joan Palau Ramírez, subdirector general de Geología y Geofísica del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC), Abog. Rodrigo Álvarez Seguel Director del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Dra. Marta Lucía Calvache Velasco Directora Técnica de la Dirección de Geoamenazas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), Lic.^a Diana Ponce De León responsable de las relaciones con Iberoamérica del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Abog.^a Ericka Molina subdirectora del Instituto Hondureño de Geología y Minas (INHGEOMIN), Ing.^a Susana G. Vilca Achata Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero Metalúrgico de Perú (INGEMMET), MSc. Ileana Boschini López Directora General de la Dirección General de Geología y Minas de Costa Rica, Ing.^a Carolina Maldonado Díaz Subdirectora General de la Dirección General de Minería de Guatemala, Dra. Xiomara Cazañas Diaz Directora de Prospección Geológica del Instituto de Geología y Paleontología de Cuba, Dr. Giancarlo León Collazos consejero Embajada de Perú en Colombia; Ing. Francisco SORIA Director de geología del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM) del Ecuador y Dr. Victor Heilweil Acting

Latin America Program specialist del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). En segundo plano de izquierda a derecha, Enrique Ortega Gironés asesor del Banco Mundial, Ing. Santiago José Muñoz Tapia Director del Servicio Geológico Nacional de República Dominicana asistente a la Asamblea de la ASGMI, Lic. Pedro Florencio Alcántara exsecretario ejecutivo del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Dr. Martín Lorieta Giucci encargado de negocios de la Embajada de Uruguay, Dr. Eduardo Zappettini Director del IGRM del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Dr. Agamenón Dantas exdirector del *Servicio Geológico de Brasil (CPRM)*, Dr. Jorge Civis Llovera Director del IGME, Oscar Paredes Zapata Director General del SGC, Ing. Raúl Cruz Ríos Director General del SGM, Dr. Julio Ríos Gómez Director del SEGEMAR, Dr. Tom Murray *Director of the United States Geological Survey's Volcano Science Center*, Dr. Vicente Gabaldón Secretario de la ASGMI e Ing. Fernando Erazo jefe del Catastro Minero del INHGEOMIN.



Figura 35. Explicación de los flujos piroclásticos del Volcán Cerro Machín en la carretera Ibagué–Armenia durante la “Excursión de campo Historia geológica de los Andes en los alrededores de Ibagué”.

Video “100 años del Servicio Geológico Colombiano”. El video puede ser visto en la cuenta del Servicio Geológico Colombiano en YouTube en: <https://www.youtube.com/watch?v=7-kjeN60tMw&t>

Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016 en español de América. Se resalta que esta tabla es la oficial para América y que esta edición lleva el logo del Servicio Geológico Colombiano. Se puede descargar de: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2016-04SpanishAmerDraft.pdf>

Finalmente se resalta que las actividades principales de conmemoración que se realizaron como parte de la Apropiación social del conocimiento científico posicionaron como nunca al Servicio Geológico Colombiano y dieron a conocer a la comunidad científica y a los colombianos el que hacer de esta institución centenaria. Como una medida del impacto de las actividades de conmemoración de los 100 años del SGC a continuación se enumeran los artículos que han sido publicados en El Tiempo, El Espectador y otros medios relacionados con las actividades e invitados del “Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos”.

- “El primer álbum de los suelos de Colombia”
El Espectador, 27 de junio de 2016
URL: <http://www.elespectador.com/noticias/ciencia/el-primer-album-de-los-suelos-de-colombia-articulo-638760>
- “El Servicio Geológico Colombiano celebra 100 años de existencia”
El Tiempo, 28 de junio de 2016
URL: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/cumpleanos-numero-100-del-servicio-geologico-colombiano/16631508>
- “Los cien años de la geología colombiana”
Diario La República, 2 de julio de 2016
URL: http://www.larepublica.co/los-cien-a%C3%B1os-de-la-geolog%C3%ADa-colombiana_395811
- “La geología colombiana cumple 100 años”
Revista Semana, 2 de julio de 2016
URL: <http://www.semana.com/nacion/galeria/servicio-geologico-colombiano-cumple-100-anos/480406>
- “La expedición de los mejores geólogos del mundo en Colombia”
El Espectador, 6 de julio de 2016
URL: <http://www.elespectador.com/noticias/ciencia/expedicion-de-los-mejores-geologos-del-mundo-colombia-articulo-641808>
- Mirar desde el minuto 2:28. El recomendado de Código Caracol, el libro del Dr. Armando ESPINOSA “El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016: Cien años al servicio de Colombia”
Noticias Caracol, 12 de julio de 2016
URL: <http://noticias.caracol.com/codigo-caracol/cecilia-alvarez-celebro-sus-60-anos-estrenandose-como-youtuber>
- “¿De verdad vivimos en la 'era del hombre'?”
El Tiempo, 18 de julio de 2016
URL: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/antropoceno-discusion-sobre-su-existencia/16647587>
- Cabeza en la luna y pies sobre la tierra: Adriana Ocampo es ‘la dura’ de la NASA
Los Informantes de Caracol TV, 24 de julio de 2016
URL: <http://losinformantes.noticiasacaracol.com/reviva-el-cap%C3%ADtulo-128-de-los-informantes-1979-capitulo?historia=1976>
- "Lo que debe saber sobre los fenómenos geológicos en Colombia"
El Tiempo, 25 de julio de 2016
URL: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/geologia-fenomenos-geologicos-en-colombia/16653992>
- “Suzette Kimball, la estadounidense que puso sus ojos sobre la geología de América Latina”
El Espectador, 1 de agosto de 2016

URL: <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/suzette-kimball-estadounidense-puso-sus-ojos-sobre-geol-articulo-646655#>

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES

La Dirección de Recursos Minerales (DRM) produce conocimiento geocientífico mediante estudios e investigaciones geológicas, geoquímicas y geofísicas como base para evaluar el potencial de recursos minerales metálicos, energéticos y no metálicos e industriales en el territorio colombiano. La información producida en ésta Dirección aporta conocimiento geocientífico del territorio y puede ser utilizada para proyectar usos del suelo y aprovechamiento de recursos del subsuelo, planear actividades productivas y evaluar en qué condiciones se promueve el desarrollo del país.

La Dirección de Recursos Minerales desarrolla sus actividades con tres grupos de investigación: Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos, Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos, e Investigación y Exploración de Recursos Minerales no Metálicos e Industriales.

A continuación se presentan los avances logrados en el año 2016 en los proyectos que adelanta cada grupo de la DRM.

INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE RECURSOS MINERALES METÁLICOS

Identificación y evaluación de áreas con potencial para recursos minerales

Para identificar áreas con potencial mineral en zonas de interés del Estado, durante el año 2016, se continuó con las actividades de reconocimiento geológico, de exploración geoquímica, de caracterización metalogenética y de levantamiento geofísico aerotransportado.

Como parte de la exploración geoquímica, se cubrieron en el 2016 varias zonas del nororiente, centro y occidente del país, en donde se colectaron 4053 muestras de sedimentos (finos de corriente y lecho seco), rocas, suelos y concentrados de batea con una densidad de muestreo entre 1 muestra/1 km² a 1 muestra / 5 km². El muestreo se ejecutó con personal del SGC, en convenio con la Universidad Nacional y mediante contratación por ciencia y tecnología.

Los análisis geoquímicos para las muestras colectadas se adelantaron hasta para 60 elementos químicos, en los laboratorios del Servicio Geológico Colombiano, siguiendo estándares de calidad, así como protocolos y técnicas analíticas estandarizadas internacionalmente. Algunos análisis especializados se realizaron en laboratorios externos siguiendo los protocolos de calidad analítica requeridos para este tipo de trabajo.

Como etapa final en la evaluación del potencial mineral de las áreas, se seleccionaron 6 zonas (4 en la zona Andina y 2 en el Oriente de Colombia) con alto potencial para alojar mineralizaciones en las cuales se adelantó caracterización de su potencial metalogenético, en Convenio Especial de Cooperación con la Universidad Nacional de Colombia (Figuras 35 y 36). **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Para la caracterización metalogenética se realizó zonificación de alteración hidrotermal, y se efectuaron análisis petrográficos, metalográficos, de microsonda electrónica, microtermometría,

espectroscopia Raman, isotopía, catodoluminiscencia, espectroscopia infrarroja, susceptibilidad magnética y análisis químicos y geocronológicos, en laboratorios especializados en éste tipo de análisis.

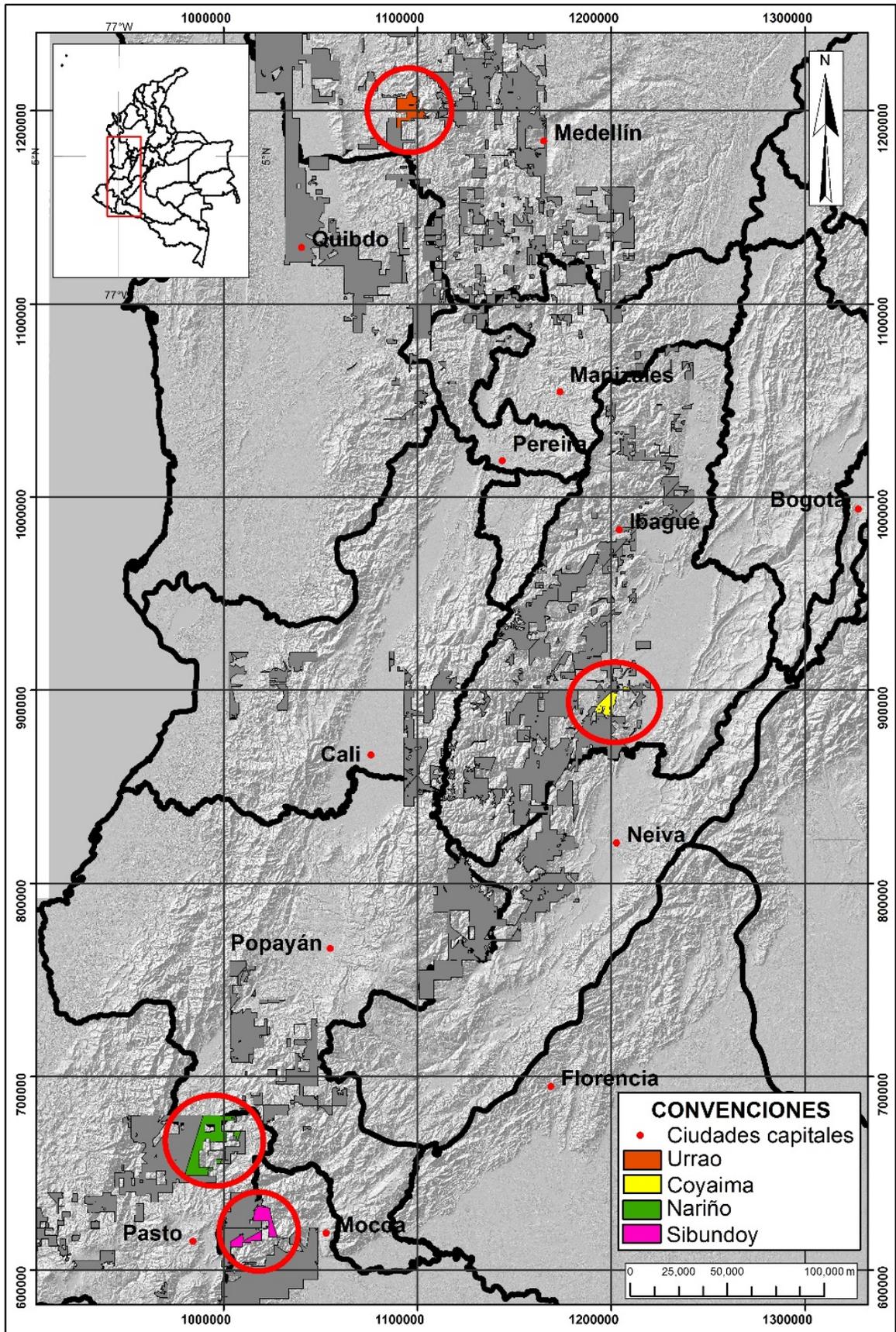


Figura 35. Zonas caracterizadas metalogénicamente en la zona Andina (año 2016).

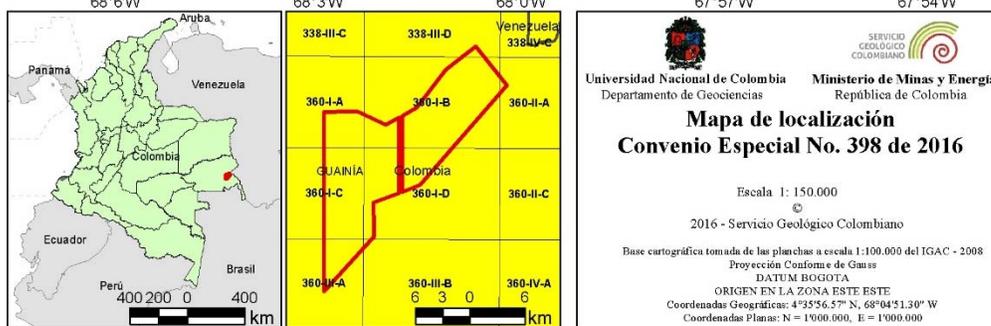
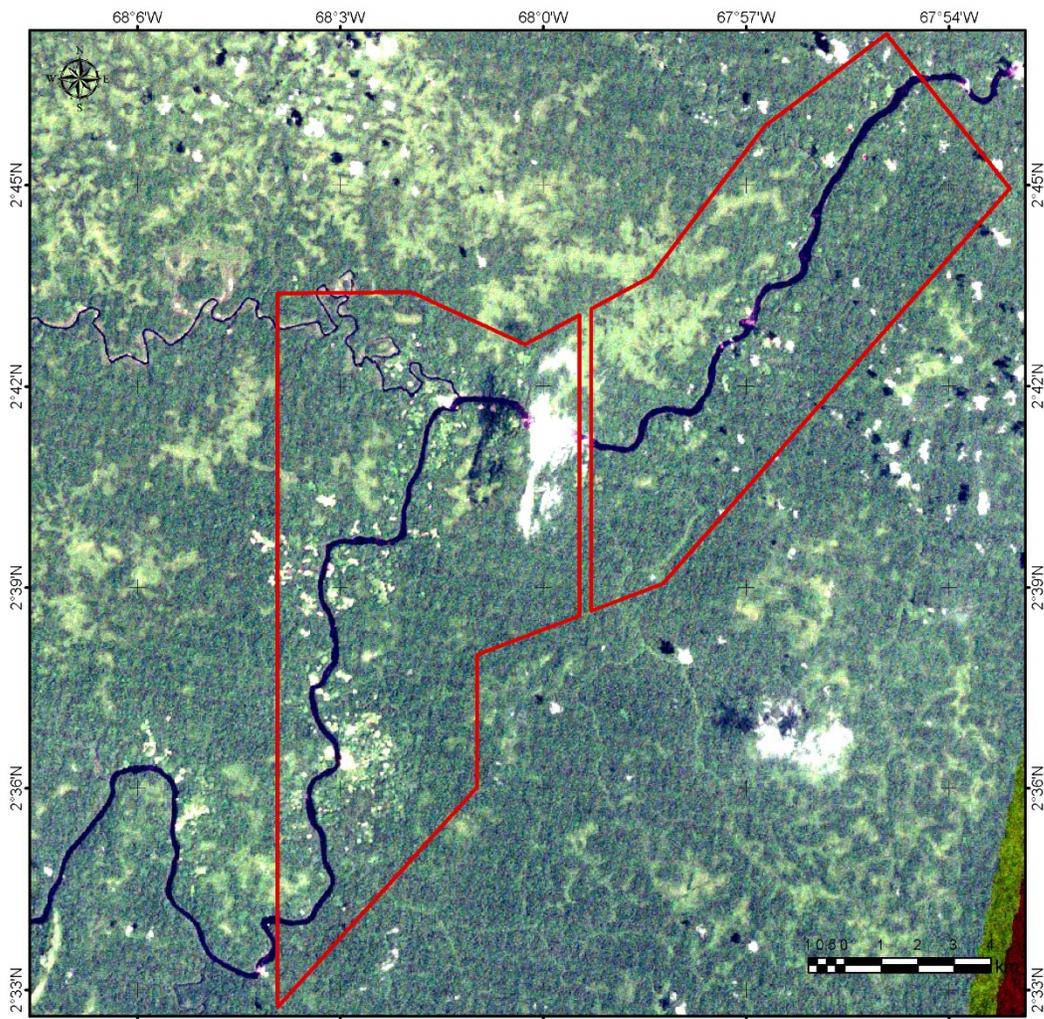


Figura 36. Zonas caracterizadas metalogénicamente en el Oriente de Colombia (año 2016).

La información geoquímica y metalogénica adquirida en las áreas estudiadas se organizó y almacenó en las Geodatabase de la DRM.

La información se procesó con la asesoría de expertos internacionales, utilizando software especializado (SPSS 22, ArcGIS 10.1 y Geosoft 8.1, logas, entre otros), siguiendo estándares

internacionales, y se obtuvieron mapas de anomalías, de concentración puntual y de zonas de alteración.

Con base en la información geológica, geoquímica, metalogenética y geofísica adquirida en las áreas estudiadas y con la asesoría de expertos nacionales e internacionales, se identificaron y priorizaron 18 nuevas áreas con potencial para recursos minerales (13 de alto y 5 de medio potencial), y se elaboraron informes técnicos sobre el potencial mineral de cada área evaluada.

Exploración geofísica orientada a recursos minerales y Mapa de Anomalías Geofísicas de Colombia

La Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano, con asesoría de expertos en geofísica del Banco Mundial, definió especificaciones técnicas y delimitó áreas de interés para adquirir información geofísica aerotransportada orientada a acrecentar el conocimiento geológico del territorio Colombiano y a conocer el potencial de recursos del subsuelo en áreas localizadas en los Andes y Oriente Colombiano. El área de interés se dividió en 11 bloques: Antioquia W (Occidental), Antioquia E (Oriental), Bolívar, Urabá, Cesar-Perijá, Santanderes, Andes Norte, Andes Centro, Vichada, Guainía y Amazonas Norte, para los cuales se contrató en Convenio con FONADE, la adquisición de información geofísica (magnetométrica y gamaespectrométrica) aerotransportada, con compañías especializadas. La ejecución de los contratos que se inició en el segundo semestre del año 2013, se extendió durante los años 2014 y 2015 y continuó en el año 2016.

A finales del 2014 se contrató la adquisición de otros 226.000 km lineales (aprox. 130.000 km²) de información geofísica aerotransportada de magnetometría y gamaespectrometría distribuida en 6 bloques en la Amazonía, Orinoquía y región Pacífica de Colombia.

El avance de los contratos de adquisición de información geofísica aerotransportada en los 17 bloques contratados, llegó a un total de 809.230 kilómetros al finalizar el 2016, (Figura 37).

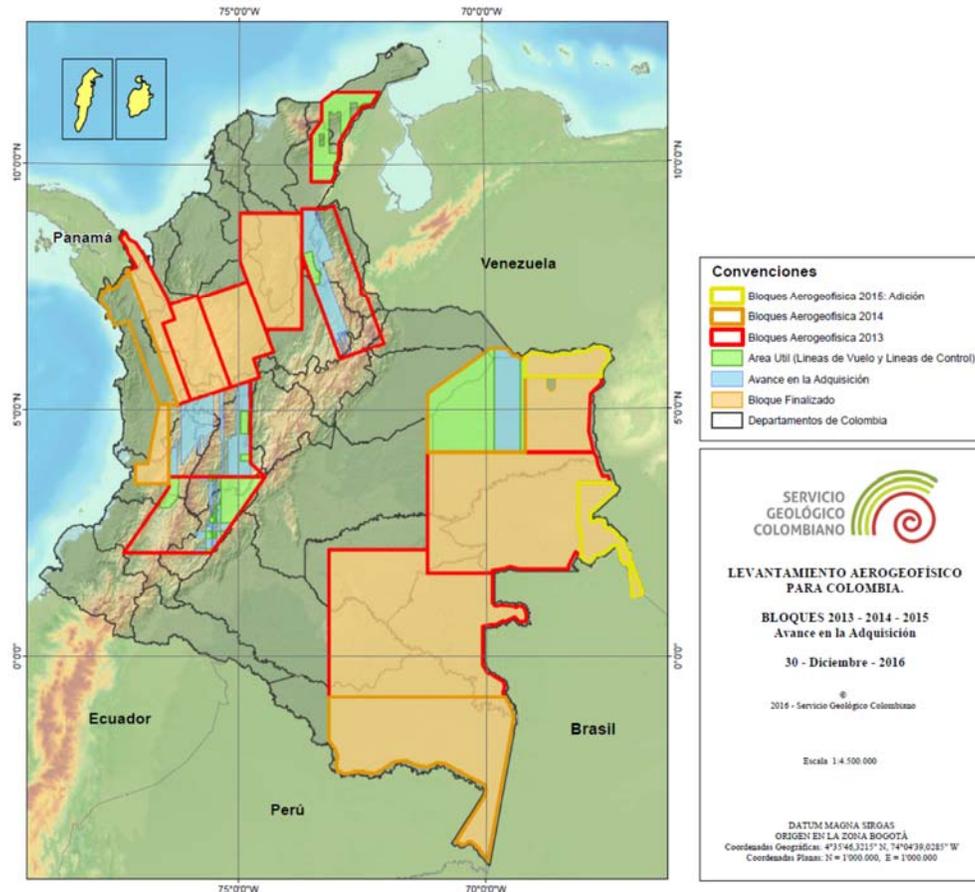


Figura 37. Avance en el levantamiento geofísico aerotransportado al 31/12/2016.

Los contratos de levantamiento aerogeofísico han presentado durante su ejecución pausas ocasionadas fundamentalmente por aspectos operacionales de trámites de aeronavegación, condiciones topográficas y climáticas y condiciones de orden público, que han sido explicadas y reseñadas en varios informes.

A partir de la información adquirida y con la asesoría de expertos internacionales en geofísica (Convenio con la Universidad Nacional de Colombia), se procesó la información de los bloques completados y se generó el *Mapa de Anomalías Geofísicas de Colombia para Recursos Minerales V.2016 (Escala 1:1'500.000)*, el cual representa un área aproximada de 428.000 kilómetros cuadrados del territorio continental Colombiano en mapas de: Anomalía Magnética de Campo Total, Mapa de Señal Analítica de la Anomalía Magnética de Campo Total y Mapa de distribución Ternaria de la concentración de los elementos Uranio, Torio y Potasio (Figuras 34 y 35).

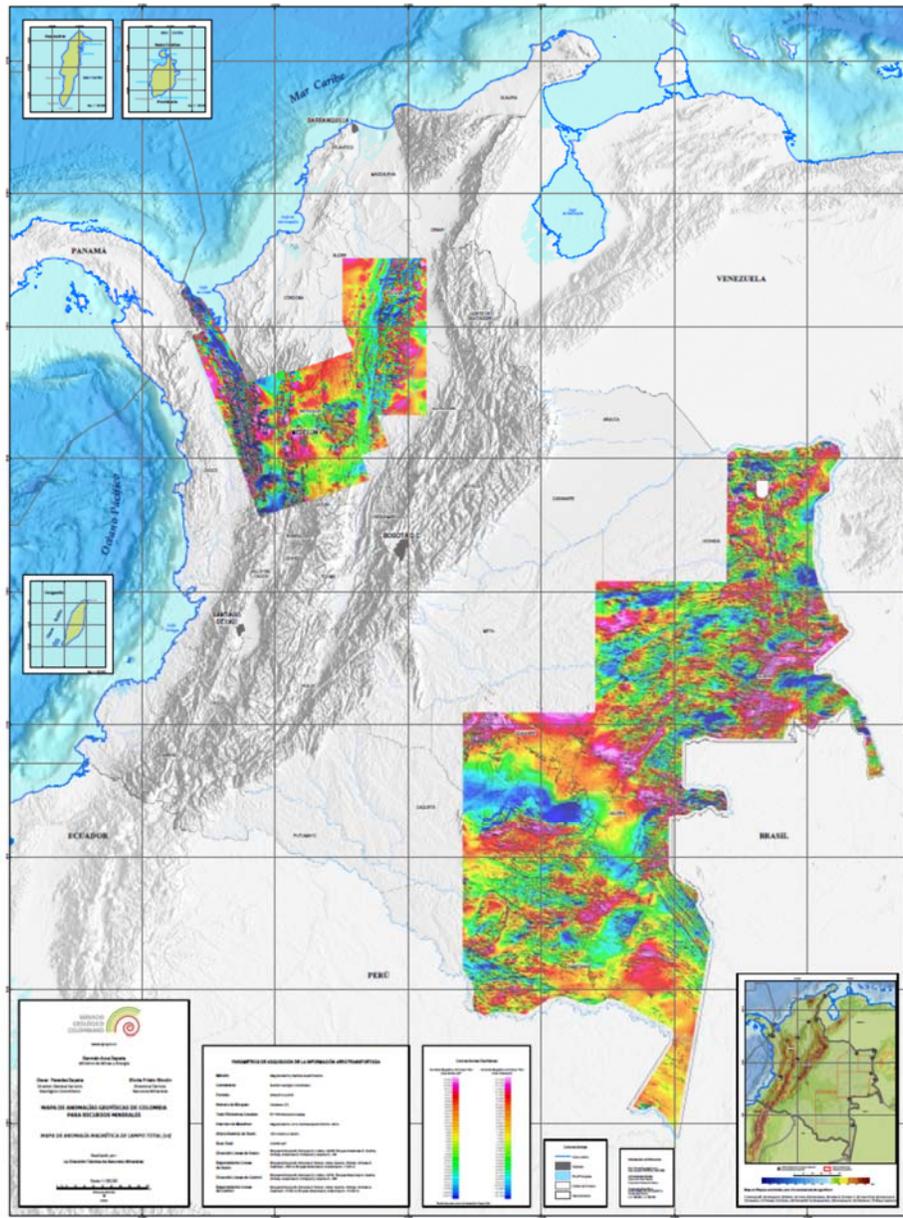


Figura 34. Mapa de anomalías geofísicas de Colombia para recursos minerales V.2016: Anomalía de campo magnético total.

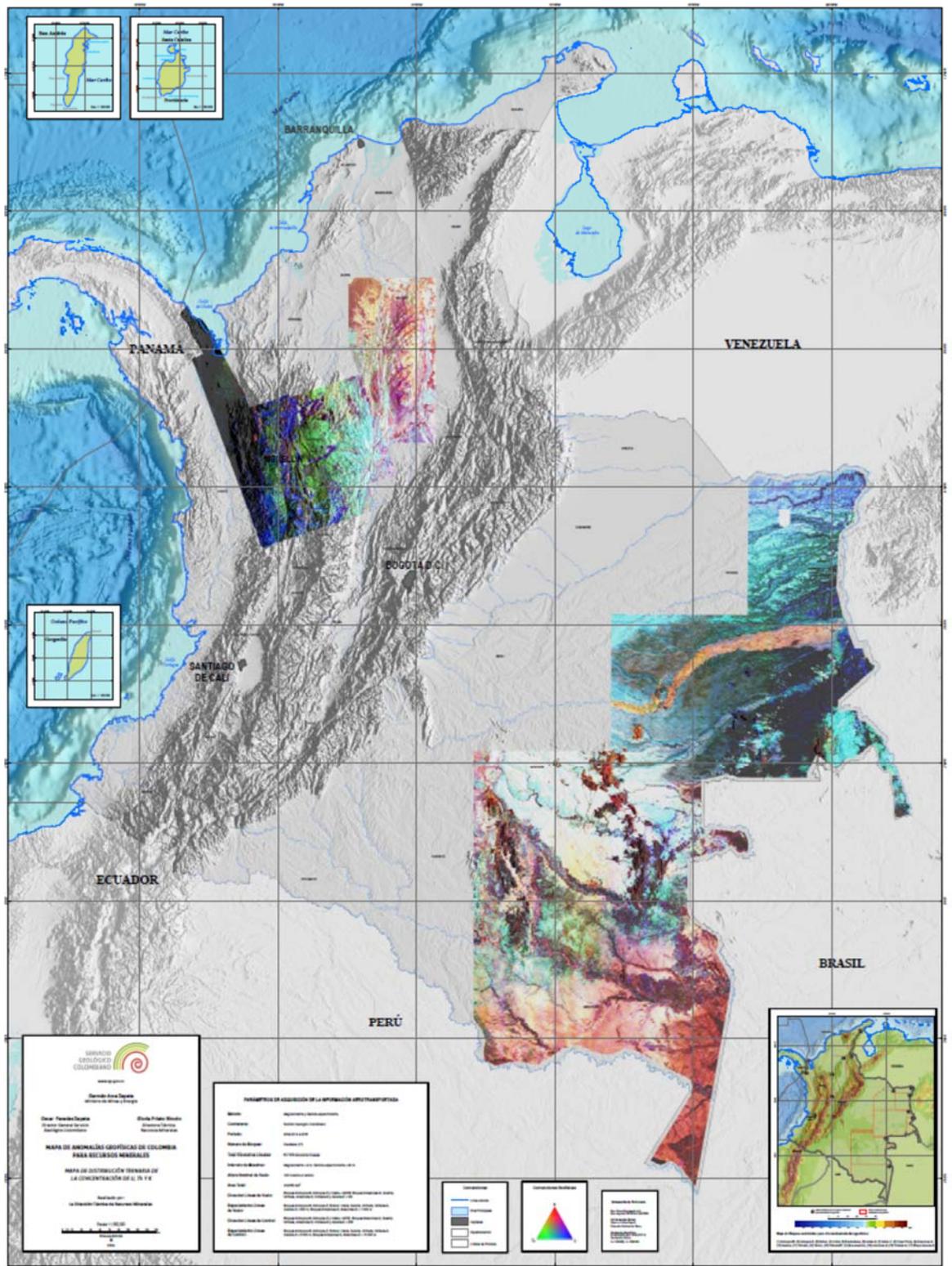


Figura 35. Mapa de anomalías geofísicas de Colombia para recursos minerales V.2016: Distribución ternaria de la concentración de los elementos Uranio, Torio y Potasio.

A partir de esta información base, se avanzó en la identificación, catalogación, modelamiento e interpretación de anomalías geofísicas de interés, y se realizaron campañas de campo que permitieron avanzar en el entendimiento y delimitación de dichas anomalías, y se contribuyó en la evaluación del potencial para recursos minerales en áreas de interés del SGC.

Geodatabase para Recursos Minerales

Como parte del proyecto de actualización de la arquitectura empresarial del SGC y para facilitar la organización, sistematización, consulta y uso de la información geológica, geoquímica, geofísica, y metalogenética producida por la DRM, se finalizó la Geodatabase cuyo diseño e implementación se inició en el año 2015.

La Geodatabase incorporó las tres temáticas de investigación de la Dirección de Recursos Minerales: Metálicos, No metálicos e Industriales y Energéticos y fue integrada al Motor de Integración de Información Geocientífica del SGC (MIIG).

Se avanzó en la compilación, validación, sistematización y almacenamiento en la Geodatabase, de la información geológica, geoquímica, geofísica, metalogénica, geoquímica, y de depósitos minerales, disponible en el país y en la DRM.

Mapa Metalogénico de Colombia

Durante el año 2016, se finalizó la nueva versión (2016) del Mapa Metalogénico de Colombia (MMC) en convenio especial de cooperación entre el SGC y la Universidad de British Columbia de Canadá (UBC - MDRU).

Para la versión 2016 del Mapa Metalogénico de Colombia se tomó como base el Mapa Geológico de Colombia versión 2015, se reclasificaron y unificaron unidades geológicas, fallas, y pliegues, y se incluyeron datos geocronológicos. La nueva versión del MMC incluye 445 depósitos, 5 provincias metalogénicas, 14 subprovincias metalogénicas, y 108 distritos mineros, de los cuales 29 son de naturaleza aluvial (Figura 36).

Mapa Geoquímico de Colombia

Como parte de la ejecución del convenio especial de cooperación SGC y UBC – MDRU y teniendo en cuenta la información geoquímica recolectada por el SGC histórica y reciente, se procesó y se elaboraron, mapas geoquímicos de concentración, de distribución espacial, y de anomalías.

Como producto final se produjeron mapas de nuevas anomalías geoquímicas de Colombia y mapas de distribución de elementos que conforman el Atlas Geoquímico de Colombia versión 2016 (Figura 37).

Para avanzar en el conocimiento geoquímico del país, se gestionó un Convenio Especial de Cooperación con el Instituto de Geofísica y Geoquímica de China (IGGE), perteneciente al Servicio Geológico de China.

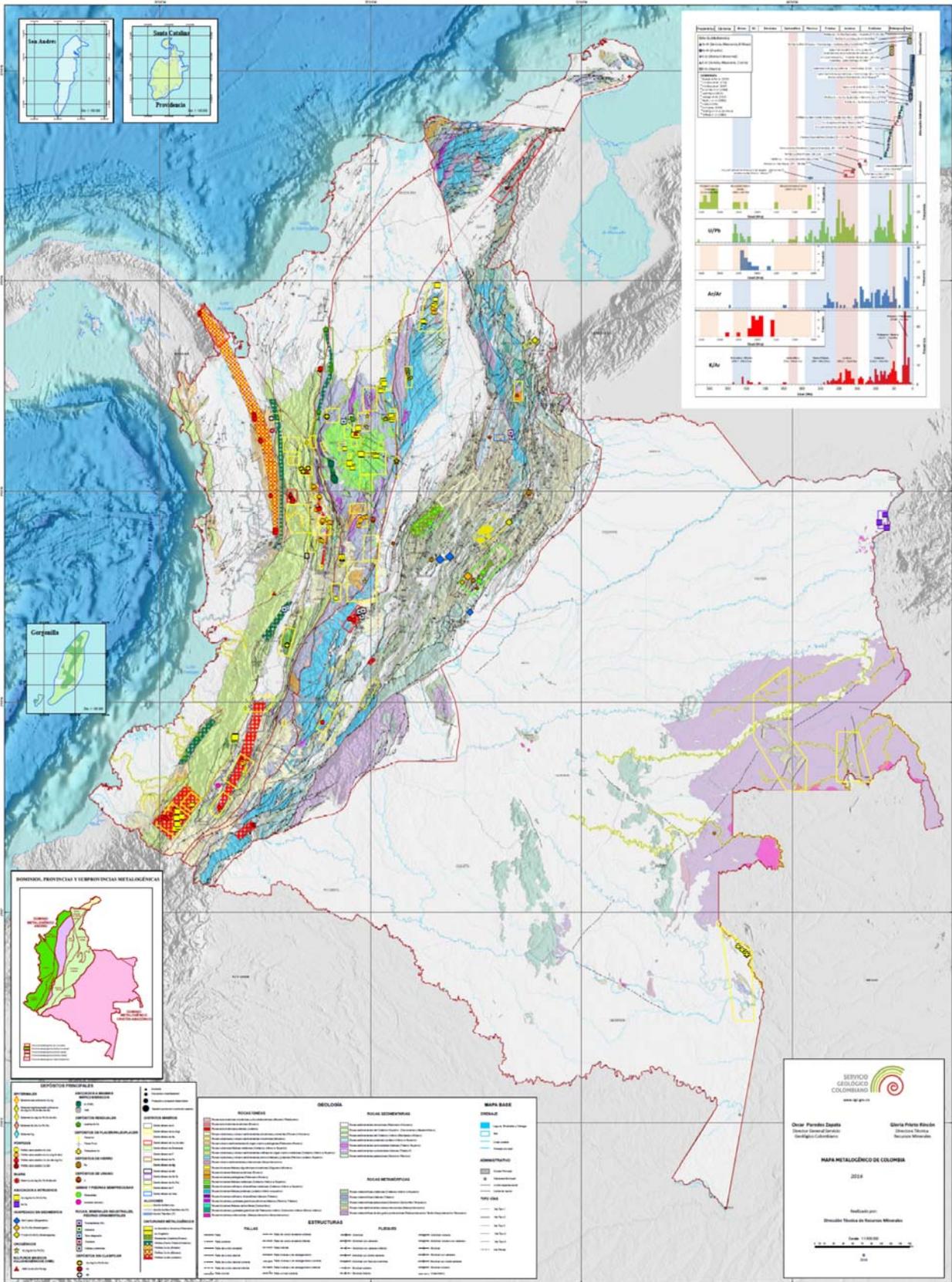
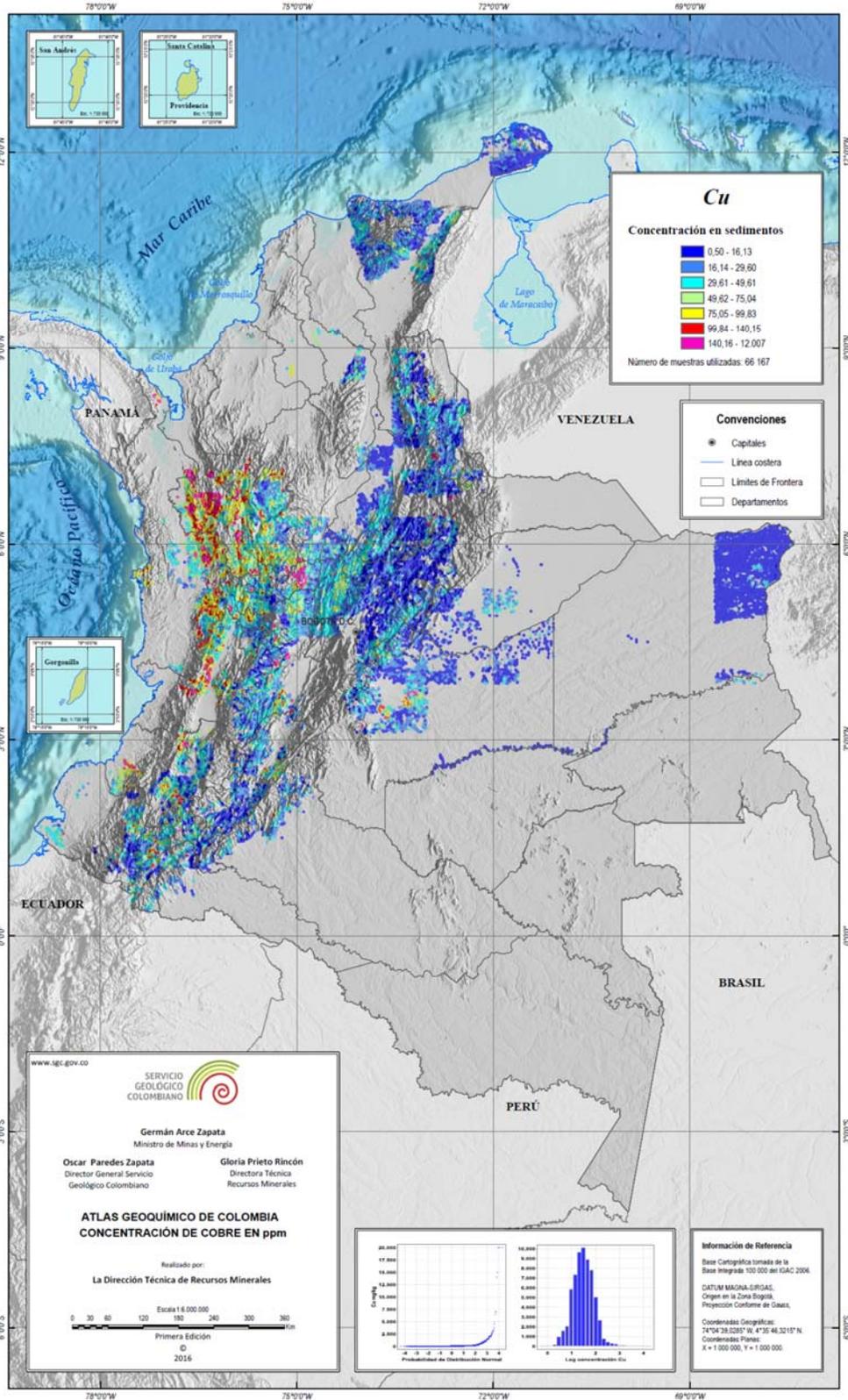


Figura 36. Mapa Metalogénico de Colombia V. 2016



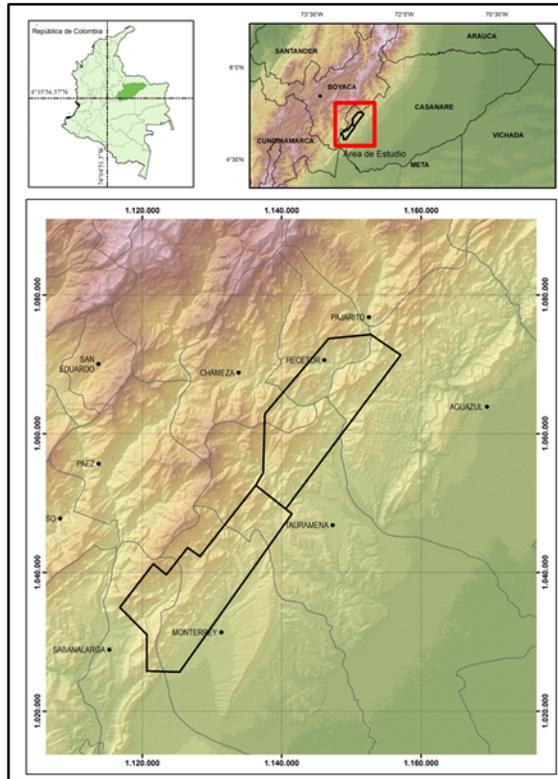


Figura 39. Localización del área de trabajo exploración de Carbones 2016.

Se trabajó la cartografía geológica escala 1:25.000, se levantaron columnas estratigráficas, se realizó muestreo de carbones para análisis físico químicos, se elaboraron mapas de contornos estructurales y se efectuó cálculo de recursos carboníferos.

Del estudio geológico realizado se identificaron carbones de edades que van del Cretácico Superior hasta el Paleógeno Superior: Las rocas cretácicas que contienen las capas de carbón corresponden a la Formación Chipaque, y las rocas del Paleoceno – Oligoceno están representadas por las formaciones Arcillas de Limbo y San Fernando.

En la Formación Chipaque se identificaron hasta cinco mantos de carbón con espesores que oscilan entre 0.40 hasta 1.95 m y en la Formación Arcillas de Limbo hasta tres mantos de carbón con espesores que oscilan entre 0.40 a 1.30 m. Se tomaron 37 muestras de carbón en las dos formaciones, a las cuales se le realizaron análisis fisicoquímicos. De acuerdo con los resultados y teniendo en cuenta la clasificación ASTM por rango del carbón, se encontraron carbones Bituminosos Alto Volátil A con propiedades aglomerantes (carbones metalúrgicos) en la Formación Chipaque, y en la Formación Arcillolitas del Limbo se encontraron carbones Sub-Bituminosos hasta Bituminosos Alto volátiles B y C (carbones térmicos).

El potencial de recursos evaluados fue de 97 millones de toneladas de carbón, teniendo en cuenta la sumatoria de en las categorías de recursos medidos, indicados e inferidos.

Exploración de gas metano asociado al carbón (GMAC), área Landázuri - Cimitarra, departamento de Santander

En el año 2016, se continuó con la investigación sobre la generación y almacenamiento de gas metano en mantos de carbón, realizando la exploración en 200 km² en un área localizada en los municipios de Landázuri, Vélez y Cimitarra, en el departamento de Santander (Figura 10).

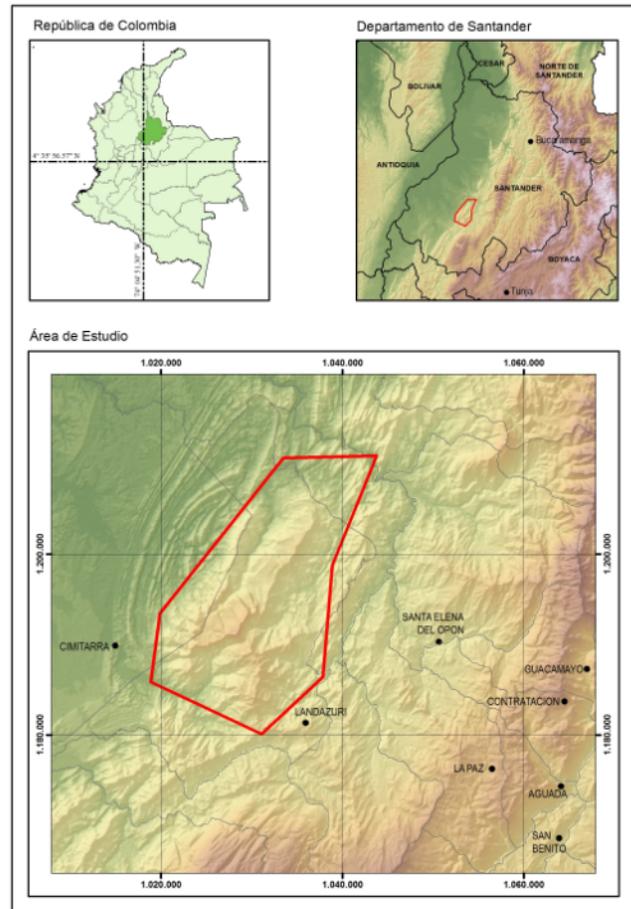


Figura 40. Localización del área de trabajo exploración de GMAC 2016

Se realizó la cartografía geológica del sector objeto de exploración en escala 1:25.000. La estructura principal es el Sinclinal de Armas, estructura geológica asimétrica de tipo regional que presenta mayor inclinación en el flanco occidental, con variaciones en el buzamiento entre 30° y 45° al sureste, donde se encuentra truncado por la Falla del Minero. Hacia el flanco Oriental, los buzamientos varían entre 18° a 30° al noroeste, donde también se identifican replegamientos.

Con el objeto de muestrear los mantos de carbón en profundidad y realizar la medición del contenido de gas metano, se realizaron, hacia el eje del Sinclinal de Armas, dos perforaciones verticales (Landázuri 1 y Landázuri 2) de 600 m de profundidad cada una, con recuperación de núcleos (Figuras 41 y 42).

En los dos pozos se corrieron registros de Temperatura, Gamma Ray, Resistividad, Densidad, Sónico. El estudio se complementó con Técnicas de Termocronología para conocer la historia del enterramiento de la cuenca y con análisis de cromatografía de gases, para determinar el porcentaje de metano en cada muestra de interés.

Se identificaron 20 mantos de carbón con espesores entre 0.40 m y 3 m y se tomaron 34 muestras de carbón (20 en el pozo Landázuri 1 y 14 en el pozo Landázuri 2) para medir contenidos de gas metano utilizando el método directo en canister (Figura 43). A las muestras obtenidas se les realizó análisis fisicoquímicos, obteniéndose carbones tipo Bituminosos Alto a Bajo Volátil. Las mediciones de contenidos de gas metano en las muestras de perforación arrojaron valores de hasta 250 pies³/ton.



Figura 41. Pozo Landázuri 1 (Izq) y pozo Landázuri 2 (Der) en las veredas Corinto y Río Blanco del municipio de Landázuri - Santander



Figura 42. Disposición de núcleos de perforación en cajas para su transporte y entrega en la Litoteca del SGC en Bogotá (CAN)



Figura 43. Disposición en el laboratorio, de los canister que contienen las muestras de carbón obtenidas en las perforaciones, para mediciones de contenidos de GMAC.

Exploración de uranio, torio y potasio a partir de mediciones gamaespectrométricas en el sector Simacota – Lebrija y California, departamento de Santander

El estudio se realizó en un área de 1800 km², planchas IGAC 135, 120 y 109 escala 1:100.00, que abarca parte del departamento de Santander en los municipios de Simacota, Hato, Palmar, Galán, El Carmen de Chucurí, Zapatoca, Betulia, Girón y Lebrija (Figura 14).

Adicionalmente se trabajo un área de 150 km², en la plancha 110 en el municipio de California Santander.

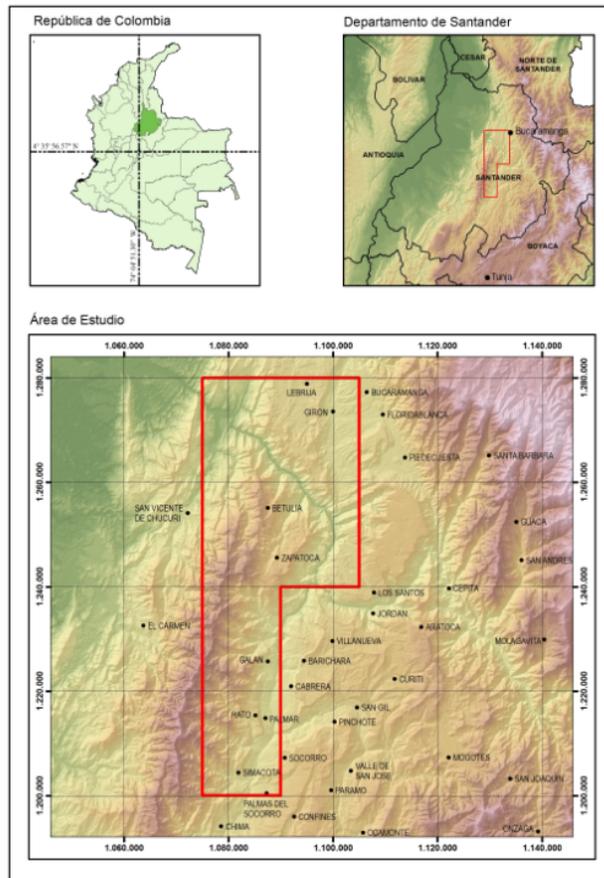


Figura 44. Localización del área de trabajo exploración de Uranio 2016

Se adelantó la cartografía geológica para exploración de anomalías de uranio, torio y potasio a escala 1:100.000 y se efectuaron mediciones gamaespectrométricas de uranio torio, y potasio en 2900 puntos de muestreo. Se realizó análisis Geo-estadístico de la información gamaespectrométrica tomada en campo con equipos gamaespectrométricos RS 230 (Figura 45) y se elaboraron mapas de anomalías de U, Th y K.

Se realizó un análisis del ambiente geológico con potencial para mineralizaciones de uranio (rocas permeables jurásicas con posible protolito ígneo ácido bajo discordancia con rocas sello – reductoras- cretácicas), con lo que se determinó la proveniencia de los clastos de la Formación Girón (rocas pre-jurásicas). Se adelantaron labores en la plancha 110-I-C con el fin de corroborar la relación entre las fuentes de aporte y los frentes de recepción, mediante análisis de las firmas químicas e isotópicas de la mineralización de la zona Simacota-Lebrija y mineralización de la zona California.

Las unidades litoestratigráficas cartografiadas están presentes en la parte media de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM), en el intervalo Jurásico-Cretácico y presentan facies siliciclasticas de arenitas en la Formación Girón de edad Jurasica. Se estudiaron las facies siliciclasticas más finas de lodolitas y lutitas comprendidas en las Formaciones Los Santos, Cumbre, Rosablanca, Paja, Tablazo, simití, La Luna, Umir, Lisama, La Paz, y Esmeraldas.

Se ubicaron anomalías importantes de U, Th y K en Simacota, Galán, Las Aguilas, Guyana y La Azufrada, y en la zona de California.



Figura 45. Equipo RS 230 utilizado para mediciones gamaespectrométricas de anomalías de U, Th y K

INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE RECURSOS MINERALES NO METÁLICOS E INDUSTRIALES

Se continuó la exploración detallada para roca fosfórica en el departamento del Huila (municipios de La Plata, Paicol, Tesalia, Yaguará, Palermo, El Agrado, El Pital, Íquira, Nátaga, Neiva, El Hobo, Aipe) y una pequeña parte del departamento del Cauca (corregimiento de Itaibe, municipio de Páez), en zonas comprendidas en las planchas IGAC 302, 323, 345, 344 y 366 a escala 1:100.000, (Figura 46), en áreas de interés minero para fósforo. En esta zona se exploraron detalladamente 300 km² donde se realizó cartografía geológica detallada a escala 1:25.000 enfocada a la exploración de roca fosfórica, levantamiento de 120 m de columnas estratigráficas, toma de 155 muestras para análisis geoquímicos y de 190 muestras para análisis petrográficos.

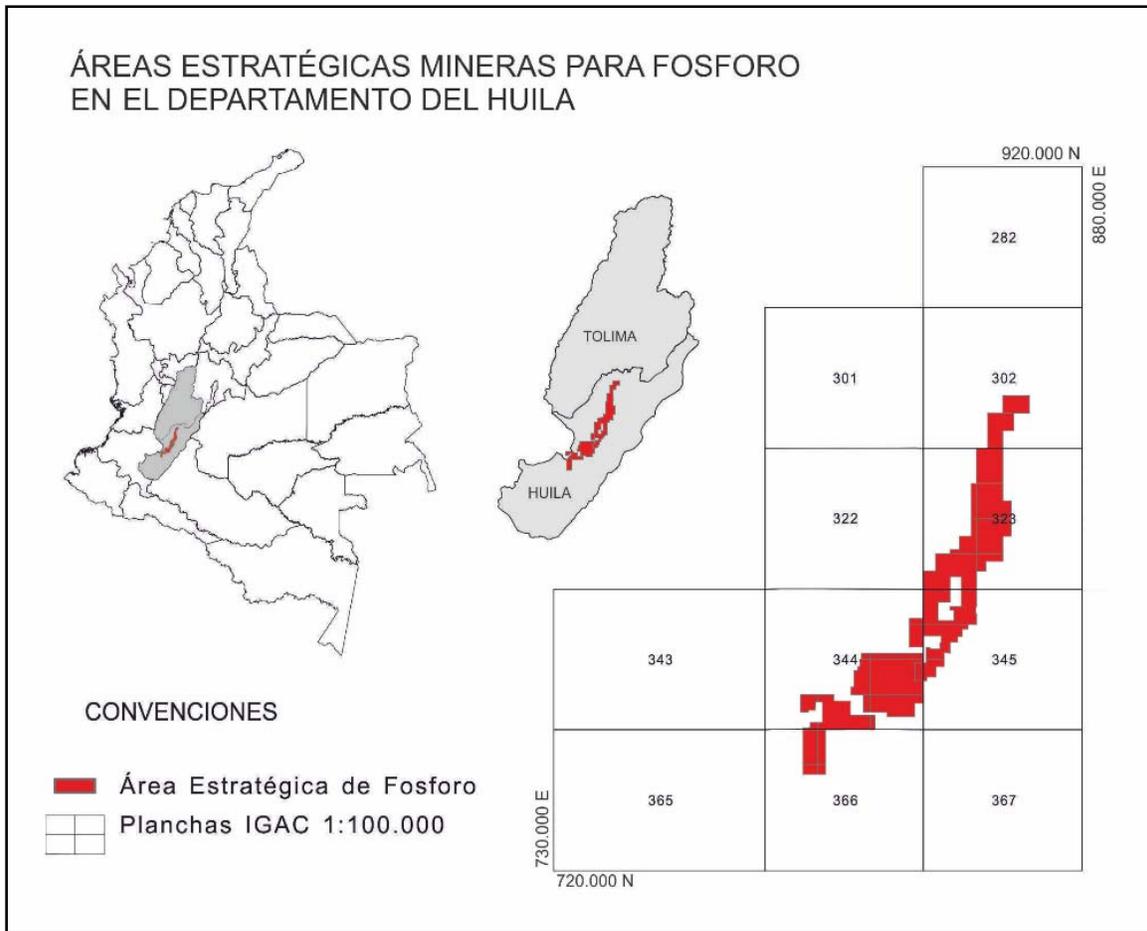


Figura 46. Áreas de interés minero para Fósforo (P) en el departamento de Huila.

Se continuó con la exploración detallada en la zona de interés minero para magnesio en el departamento del Huila (municipio de Santa María, plancha 323 IGAC a escala 1:100.000), Figura 47.

Además de cartografía geológica detallada enfocada a la exploración de Mg, se realizó una poligonal de 10 km con muestreo geoquímico y petrográfico para caracterización mineralógica por microsonda electrónica en las rocas metamórficas hospedantes del Mg.

Se realizó muestreo para dataciones radiométricas por el método Ar/Ar y U/Pb, con el propósito de definir cuando se produjo el evento geológico que dio origen a los minerales de magnesio y de comprender la petrogénesis, los procesos metamórficos y el ambiente geodinámico mediante el cual se dio lugar a la acumulación de minerales de magnesio en el área estudiada.

ÁREAS ESTRATÉGICAS MINERAS PARA MAGNESIO
EN COLOMBIA

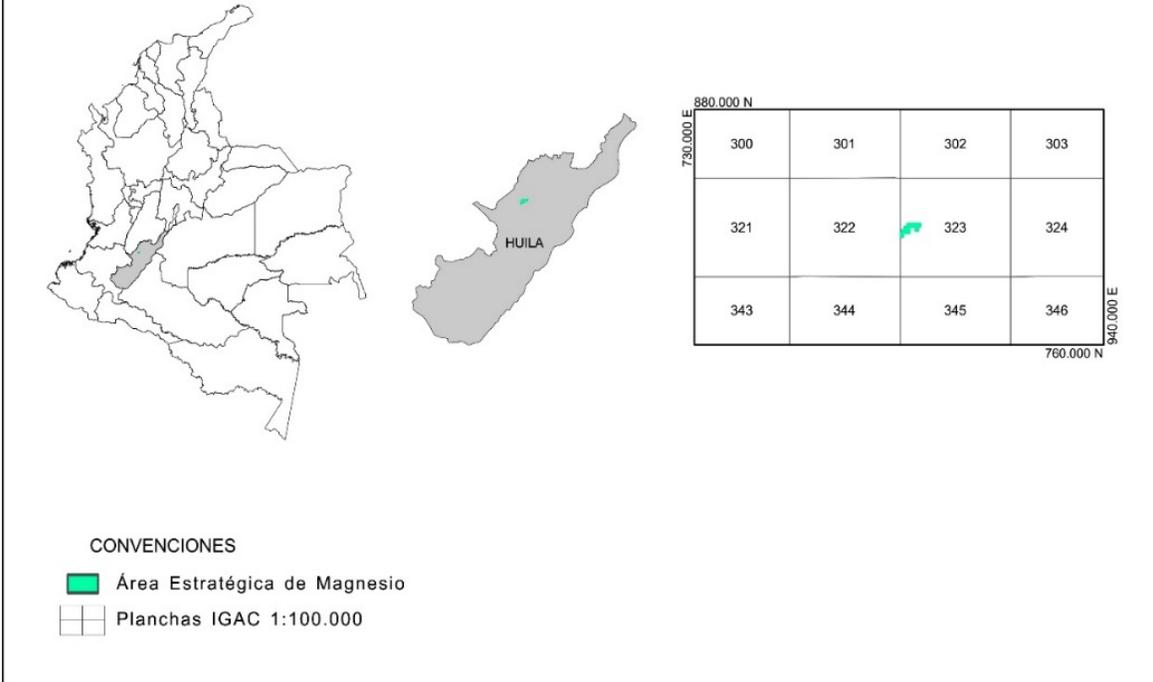


Figura 47. Área de interés minero para magnesio (Mg) en el departamento del Huila.

DIRECCIÓN DE GEOAMENAZAS

La Dirección Técnica estuvo a cargo de tres proyectos de inversión, el primero de ellos denominado “Inventario y Monitoreo de Geoamenazas”, el cual se traduce en tres actividades inscritas en el Plan Operativo 2016, relacionados a la investigación, evaluación de amenazas originados por fenómenos geológicos como son sismos, volcanes y movimientos en masa y el monitoreo de la actividad sísmica y volcánica, este último involucra la mayor parte del quehacer de la Red sismológica Nacional de Colombia – RSNC, la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia – RNAC, las Subredes y los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos de Manizales, Popayán y Pasto. El segundo proyecto de inversión se llama “Implementación de la Red Nacional de Estaciones Permanentes Geodésicas Satelitales GPS para estudios e investigaciones geodinámicas en el territorio nacional” con las actividades de Ampliación y renovación de la infraestructura geodésica, operación, procesamiento, análisis e interpretación de datos. El tercer proyecto es el de “Ampliación del conocimiento; relacionado con estudios de amenaza sísmica y amenaza volcánica.

EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

MAPA NACIONAL DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA Escala 1:100.000 En el año 2016 se completaron las planchas correspondientes a la costa caribe, de tal manera que se recibieron las planchas de geomorfología, susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa con sus respectivas memorias de los bloques 19 y 20, completando de esta manera 276 planchas en cada una de las temáticas de susceptibilidad y amenaza para un cubrimiento total de 519.994 Km² (Figuras 48 y 49) y 254 planchas de geomorfología aplicada a los movimientos en masa para un cubrimiento total de 468.824 Km² (Figura 50)

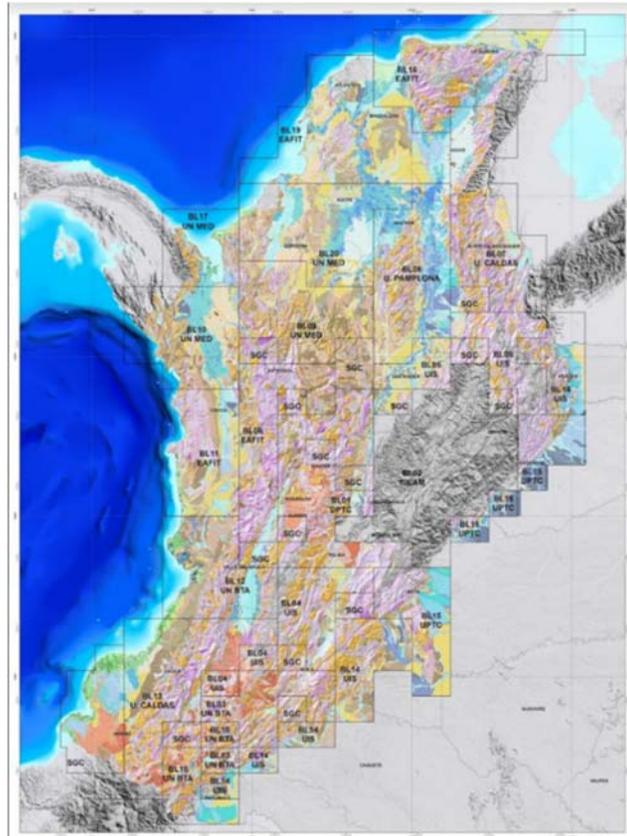


Figura 48. Distribución de las 254 planchas de Unidades Geomorfológicas Escala 1:100.000

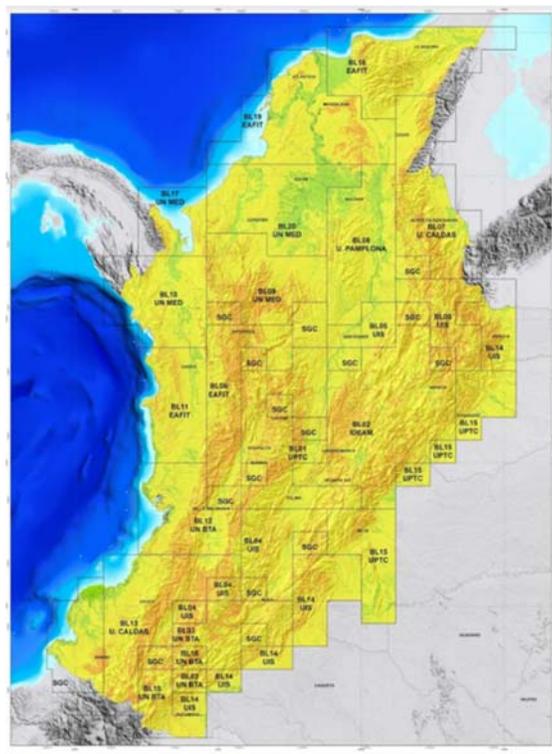


Figura 49. Distribución de las 276 planchas de Susceptibilidad a los Movimientos en Masa Escala 1:100.000

Como resultados se tiene la entrega en el mes de agosto de los productos temáticos y de zonificación correspondientes a la zona rural (Figura 51). Se entregaron los mapas de Unidades Geológicas Superficiales, Subunidades Geomorfológicas, Cobertura de la Tierra, Uso del Suelo, Inventario de Movimientos en Masa y Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:10.000 (Figuras 52 a 55).



Figura 51. Reunión ampliada del Comité Técnico Administrativo del Convenio en la que se entregaron los productos de la zona rural.

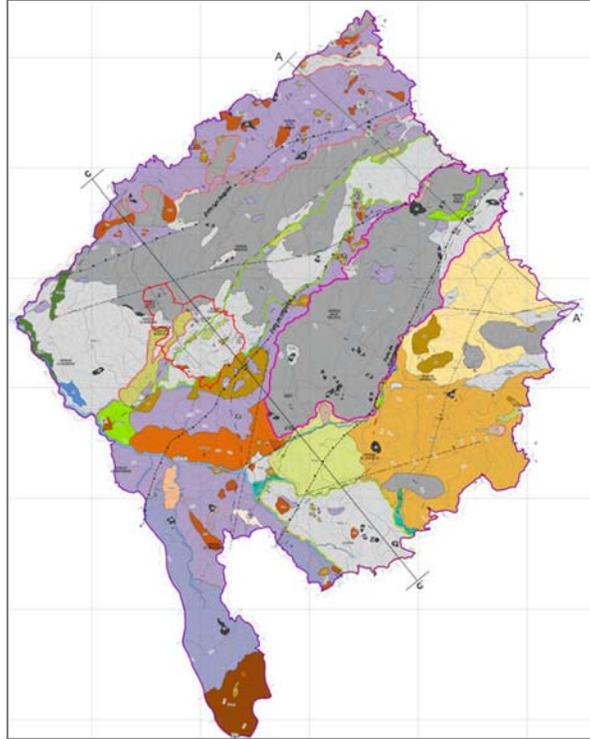


Figura 52. Mapa de UGS correspondiente al área rural de Villarrica estudiada a escala 1:10.000

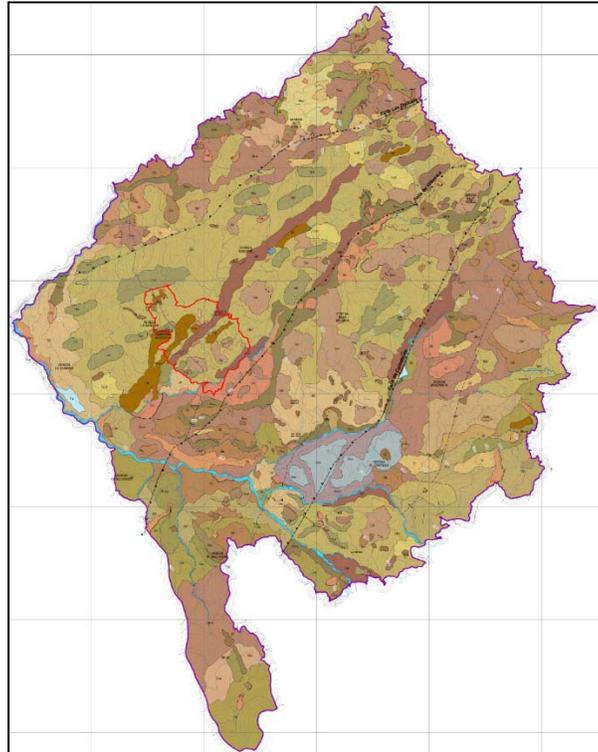


Figura 53. Mapa de Elementos Geomorfológicos correspondiente al área rural de Villarrica estudiada a escala 1:10.000

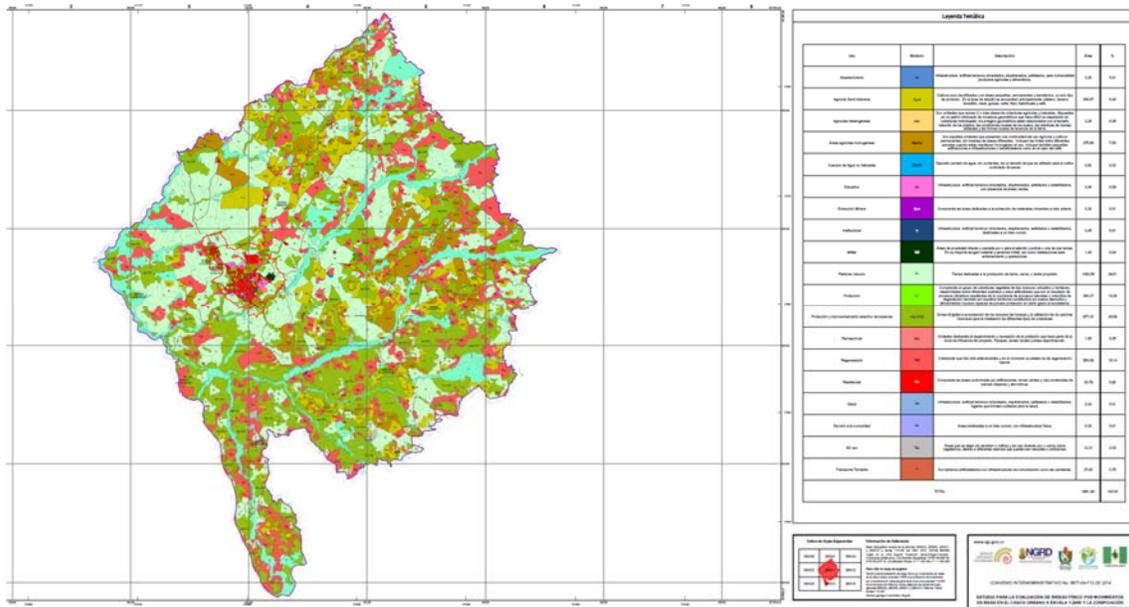


Figura 54. Mapa de Uso del Suelo correspondiente al área rural de Villarrica estudiada a escala 1:10.000

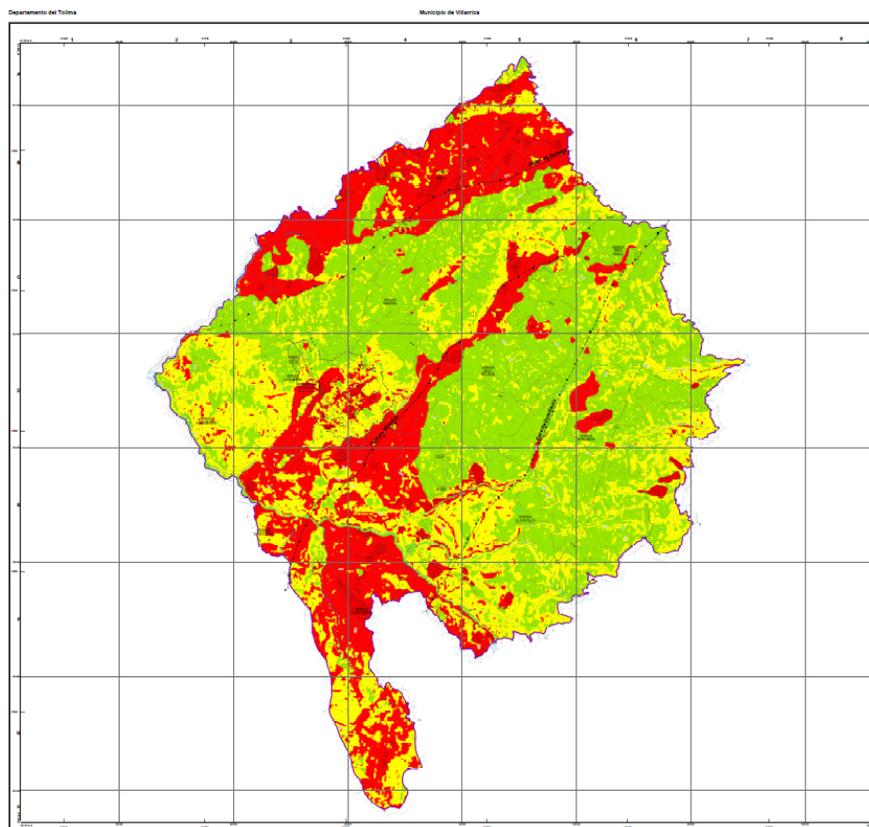


Figura 55. Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa correspondiente al área rural de Villarrica estudiada a escala 1:10.000

Igualmente para el área urbana se generaron los mapas de Unidades Geológicas Superficiales y con base en los resultados de los ensayos de laboratorio se está construyendo el mapa de Geología para

Ingeniería; de Elementos Geomorfológicos, Cobertura de la Tierra y Uso del Suelo a escala 1:2.000 (Figuras 56 a 58).

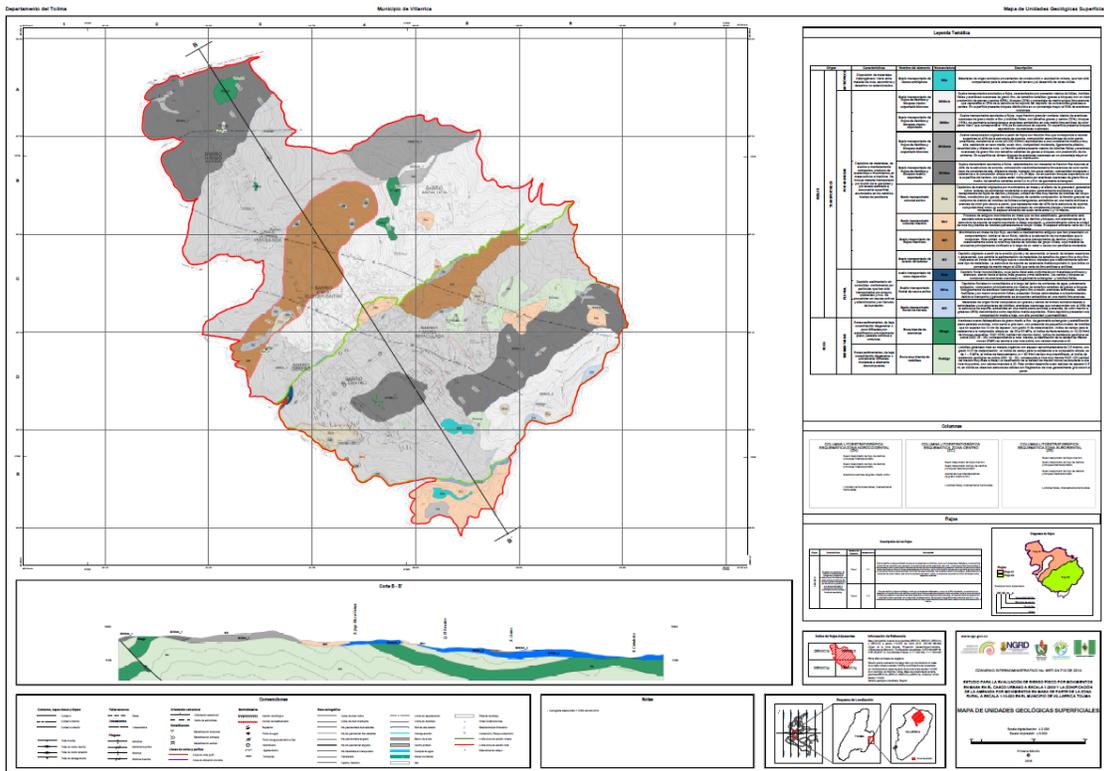


Figura 56. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales del área urbana de Villarrica a escala 1:2.000

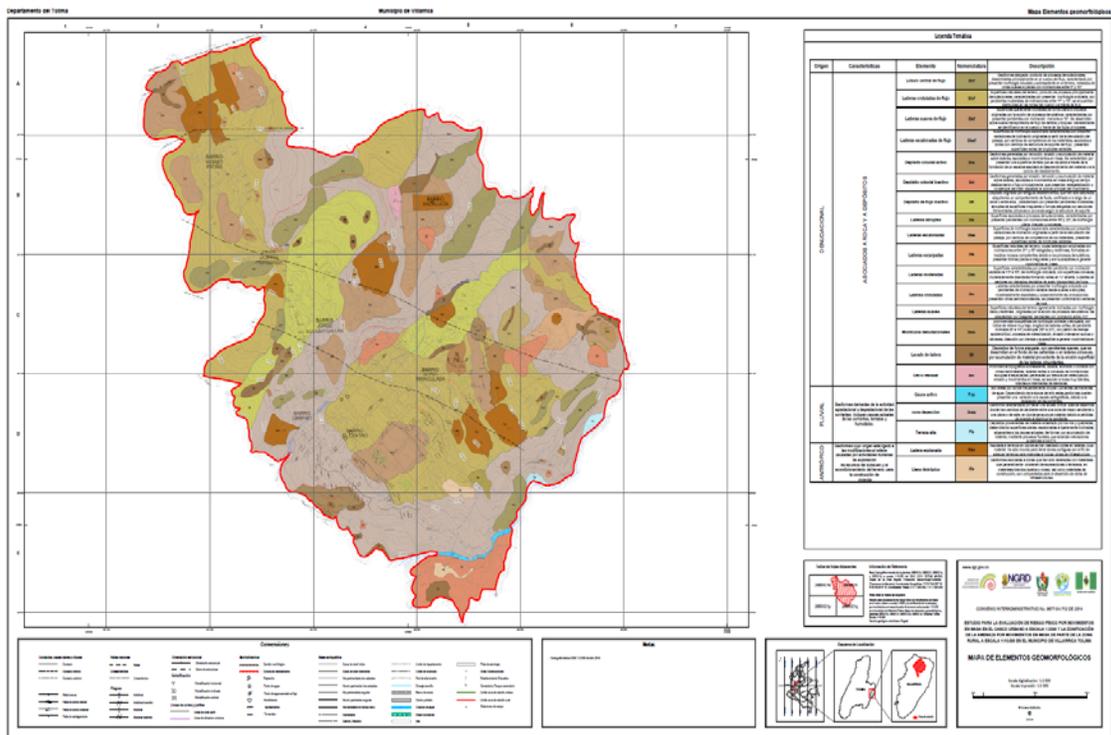


Figura 57. Mapa de Elementos Geomorfológicos del área urbana de Villarrica a escala 1:2.000

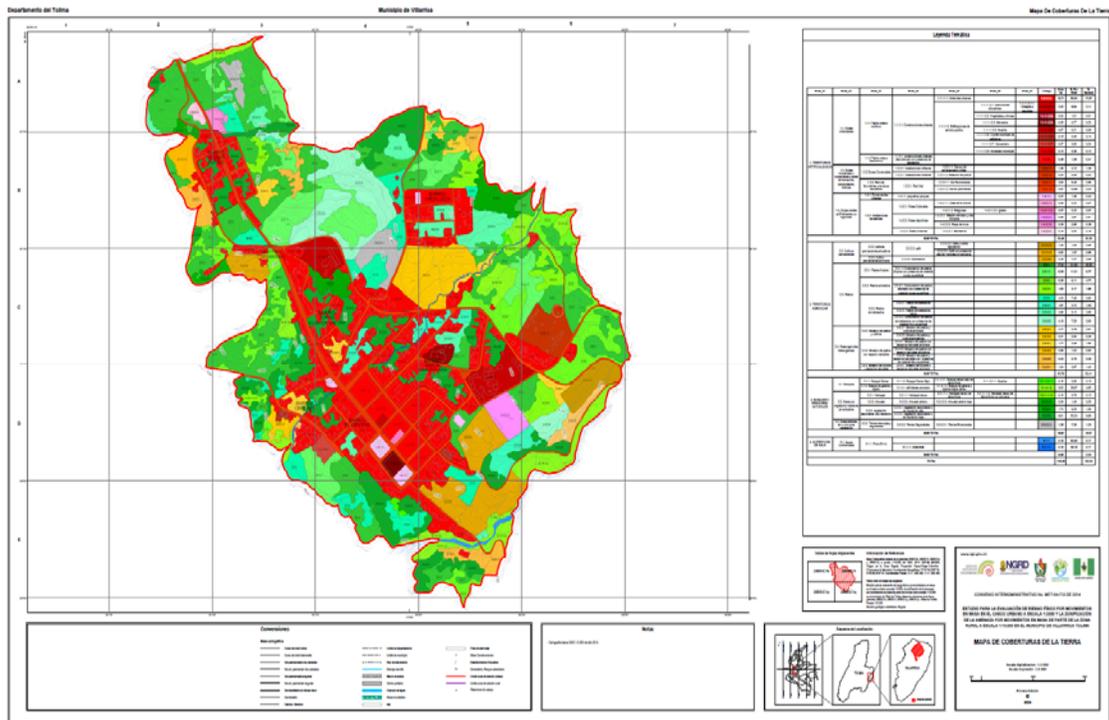


Figura 57. Mapa de Coberturas de la Tierra del área urbana de Villarrica a escala 1:2.000

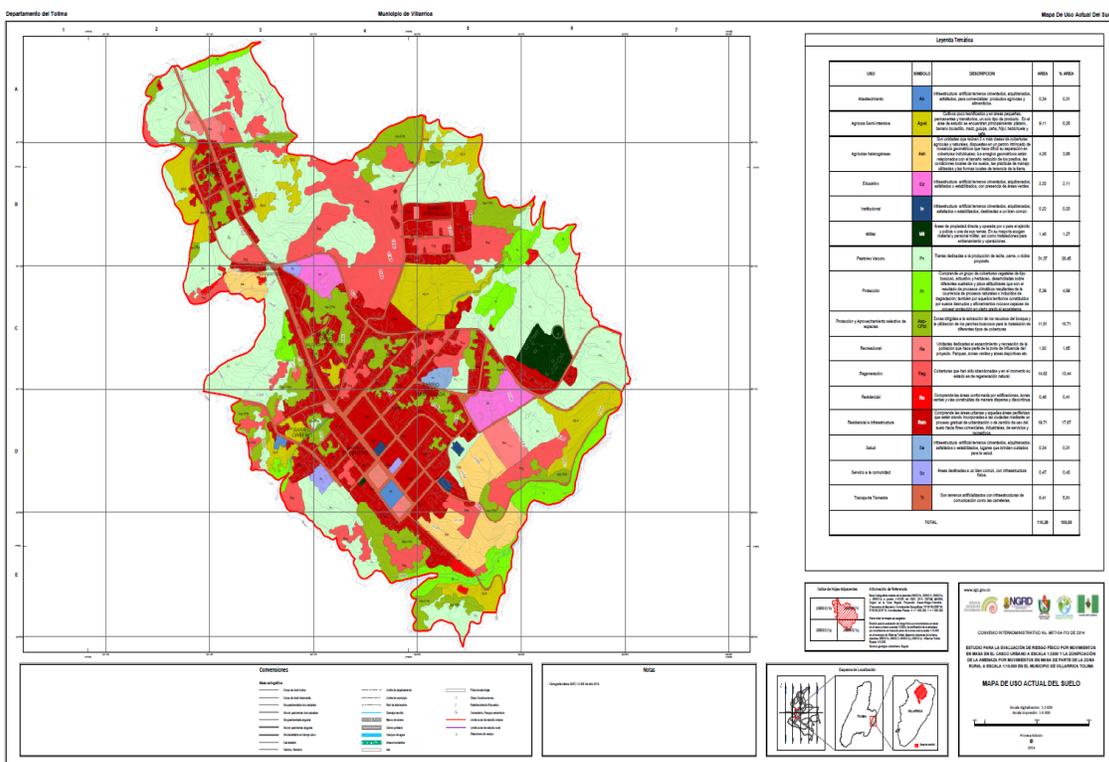


Figura 58. Mapa de Uso Actual del Suelo del área urbana de Villarrica a escala 1:2.000

Por otra parte se ejecutaron los trabajos de exploración directa e indirecta del subusuelo y se están elaborando los ensayos de laboratorio. Igualmente se avanzó en la evaluación de los detonantes agua y sismo, de tal manera que a partir de trabajos de campo y laboratorio se caracterizaron las diferentes fuentes de agua en el casco urbano y se calculó de esta manera las variaciones en el nivel freático.

Finalmente se avanzó en la evaluación de vulnerabilidad física, realizando los trabajos de campo de llenado de formatos para cada una de las viviendas del casco urbano, con base en los cuales fue posible iniciar el proceso de evaluación de daños. En la Figura 59 se muestra el avance en la toma de datos en campo y en la Figura 59 se presentan algunas imágenes del tipo de construcción encontrada en el municipio.



Figura 59 Avance en la toma de datos en campo para evaluación de vulnerabilidad física de viviendas. Verde: viviendas levantadas. Amarillo: viviendas en las que no se pudo ingresar. Blanco: viviendas faltantes.



Figura 14. Ejemplo del tipo de construcción que se encuentra en el municipio de Villarrica.

Asistencia técnica y atención de emergencias. Durante el año 2016 se recibieron y tramitaron solicitudes de información y apoyo técnico de diferentes entidades del Orden Nacional, Regional, Local, además de la Rama Judicial y ciudadanos en general, para atender dichas solicitudes se generaron un total de más de 50 respuestas, entre oficios, envío de información y propuestas técnicas para la ejecución de estudios. En otras palabras se puede decir que por lo menos una vez cada semana se atendió algún requerimiento de las instituciones o la ciudadanía interesada en el tema de los movimientos en masa.

En relación con las visitas de emergencia, se destaca el apoyo dado al municipio de Tablón de Gómez, en Nariño, en relación con la problemática de inestabilidad que afecta al casco urbano del resguardo indígena Ingá de Aponte, en donde se realizó visita técnica, se generó informe y se apoyó a las autoridades locales y departamentales para gestionar ante la UNGRD el apoyo para el proceso de reubicación de las familias cuyas viviendas fueron destruidas por el movimiento en masa que fue clasificado como un deslizamiento rotacional que afecta materiales de origen volcánico.

Se realizó el acompañamiento a las autoridades departamentales y locales del municipio de Toledo, Norte de Santander, en la identificación del proceso de inestabilidad que afecta la vereda La Camacha y al oleoducto Caño Limón-Coveñas de ECOPETROL.

El grupo de trabajo también apoyó el trabajo de campo para conocer la intensidad y daños generados por los sismos de Mutatá, Antioquia en el mes de septiembre (Figura 15) y Colombia, Huila en el mes de noviembre (Figura 60). En los dos casos se realizó recorrido de campo de los municipios cercanos al epicentro, dado que en el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa se mostraban sectores con niveles de amenaza alto y muy alto, siendo alta la probabilidad de ocurrencia de procesos de inestabilidad. Igualmente se generaron los respectivos informes que fueron enviados a las autoridades locales y departamentales para los fines pertinentes.



Figura 60. Movimientos en masa en laderas de alta pendiente en la parte alta de la quebrada Palo Huevo, generados por el sismo de Mutatá.

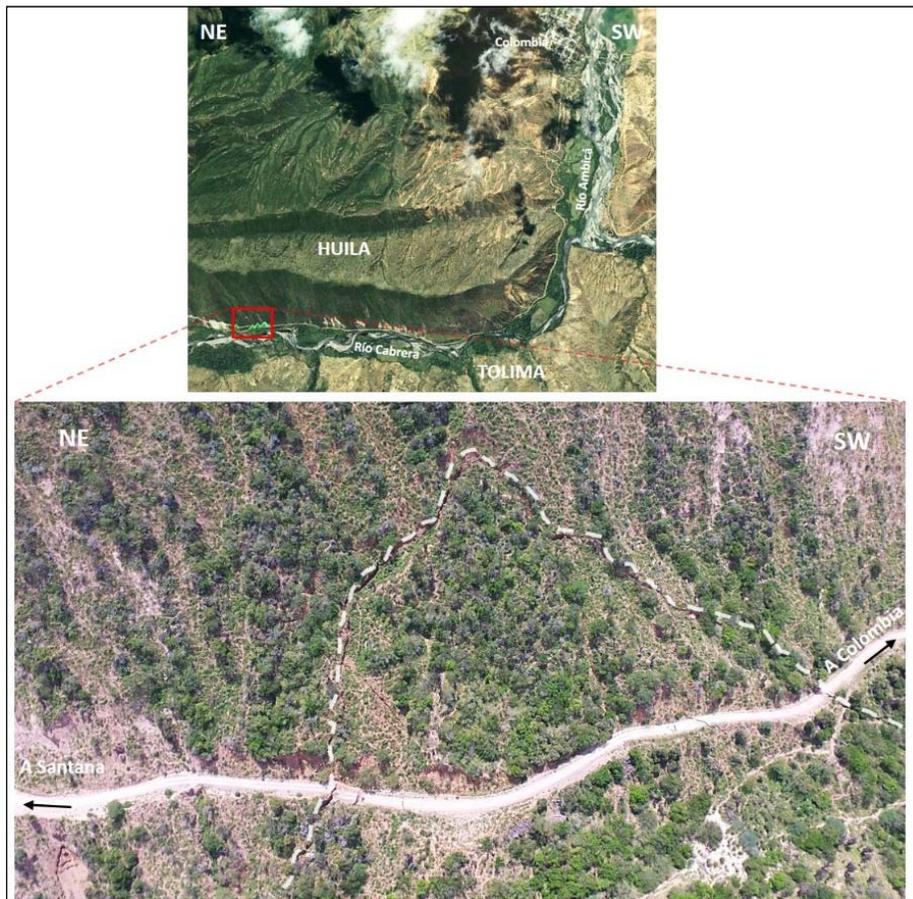


Figura 61. Agrietamientos en el terreno a causa del sismo de Colombia, Huila.

Apropiación social del conocimiento. En el año 2016, el frente de trabajo de la Apropiación Social del Conocimiento se desarrolló con el fin de dar a conocer los productos del orden nacional generados en el año 2015 y la comprensión y aplicación en la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial de los productos del orden local.

Es así como se generó un plan de trabajo de apropiación de los productos Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:100.000, Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa escala detallada y Sistema de Información de Movimientos en Masa SIMMA. La ejecución de dicho plan de trabajo se realizaron un total de 37 talleres (Figura 62), con la participación de 32 entidades del orden nacional, regional y local y un total cercano a las 900 personas que conocieron nuestros productos y servicios y en algunas ocasiones conocieron por primera vez en sus 100 años de existencia del SGC y sus productos geocientíficos. En algunos de estos talleres se realizó trabajo de campo para capturar información de inventario de movimientos en masa y se hizo trabajo práctico de captura de información en el SIMMA. En todos los talleres se realizaron actividades de comprensión de los diferentes mapas del proyecto mapa nacional, utilizando las planchas correspondientes a la zona geográfica en que se realizaba el taller.



Figura 62.. Talleres participativos de los productos Mapa Nacional, Guía metodológica y SIMMA

En relación con productos del orden regional, se realizaron talleres de apropiación social de los productos generados en el año 2015 en el área de influencia de CARDIQUE y se dieron a conocer los mapas de Unidades Geológicas Superficiales y de Subunidades Geomorfológicas (Figura 63), en donde se contó con la participación de cerca de 80 personas en dos talleres programados por CARDIQUE con los municipios de su jurisdicción.



Figura 63. Talleres participativos para apropiación de los productos del proyecto CARDIQUE

En el caso del municipio de Popayán, dando cumplimiento a lo establecido en la reunión de entrega de los productos del convenio 040/2013 en Diciembre de 2015, durante el año 2016 se realizaron talleres de comprensión y apropiación con servidores públicos de la Alcaldía de Popayán y entidades externas que fueron identificadas como claves en el proceso de apropiación (Figura 64). Se realizaron un total de 24 reuniones (Figura 20) en las que se tuvo como resultado el plan de acción para reducir los niveles de inestabilidad de la zona urbana, el cual está siendo trabajada con doble enfoque: el Plan Municipal de Gestión del Riesgo y la actualización del POT.



Figura 64. Plan de trabajo propuesta para el proceso de apropiación social de los mapas de amenaza por movimientos en masa escala 1:5.000 y 1:25.000 del municipio de Popayán.



Figura 65. Reuniones participativas con la Alcaldía de Popayán.

Teniendo en cuenta que el SGC hace parte del Comité de seguimiento a la sentencia de la Acción Popular fallada en contra de la administración municipal de Cáqueza, se trabajó con los integrantes del comité, presentándoles el trabajo de apropiación que se había realizado con la administración anterior, en donde se definió el plan de acción, el cual sirvió de base para los informes que se presentaron al Tribunal. Se continuó acompañando el proceso y se definieron acciones a realizar por actores específicos, de tal manera que en el corto y mediano plazo se puedan presentar resultados al Tribunal.

Acceso público de la información contenida en el sistema de información de movimientos en masa – SIMMA. Durante el año 2016 se realizó el ingreso de información relacionada con proyectos de zonificación de amenaza por movimientos en masa realizados en años anteriores, de tal forma que puedan ser consultados por el público en general. Se ingresaron un total de 34 proyectos que contaban con cartografía digital en los temas de geología, geomorfología, cobertura de la tierra y amenaza por movimientos en masa a diferentes escalas.

Se hizo depuración de la información y se continúa con la revisión de los datos no migrados de la herramienta anterior, realizando ajustes a la información de tal manera que pueda ser validada y visible por los usuarios externos.

El SIMMA cuenta actualmente con más de 27.600 registros entre datos de catálogo e inventario de movimientos en masa, además de todos los productos de zonificación del orden nacional a escala 1:1'500.000, 1:500.000 y 1:100.000 y los 34 proyectos cargados a diferentes escalas de trabajo.

Guía metodológica para estudios de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000. Como resultado del trabajo de generación de la Guía Metodológica para la elaboración de mapas de amenaza por movimientos en masa, escala 1:25.000, se obtuvo una primera versión del documento base conceptualmente robusto, en el cual se definen el método de zonificación y todas las temáticas que deben incluirse, las cuales se han desarrollado parcialmente. Se tienen definidos los contenidos

de los siete capítulos que componen la guía, faltando a la fecha la armonización del documento como un todo.

Dentro del proceso constructivo, se realizaron dos talleres participativos, el primero contó con la participación de cerca de 180 personas (Figura 2) , de las cuales 120 diligenciaron las fichas del taller y dejaron sus aportes por escrito. El segundo taller contó con la participación de cerca de 120 personas y 60 ficha diligenciadas (Figura 22).



Figura 66. Primer taller participativo de co-producción de la guía metodológica para estudios de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000



Figura 67. Segundo taller participativo de co-producción de la guía metodológica para estudios de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000

Evaluación de riesgo por movimientos en masa en la infraestructura vial. Como resultado de la gestión interinstitucional del primer semestre de 2016, se firmó el Convenio 9677-PPAL001-452-2016 entre la UNGRD-INVIAS-SGC, con el objeto de “...aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para realizar los estudios para la gestión del riesgo en zonas de influencia de los corredores viales POPAYÁN – PATICO – RÍO MAZAMORRAS, RUTA 20 Y CANO – MOJARRAS, RUTA 25, Departamento de Cauca y Nariño (Análisis de Vulnerabilidad)”, cuya acta de inicio se firmó el 29 de Agosto y se contaba con tres meses para realizar actividades administrativas tendientes a conformar el grupo de trabajo, contar con una sede para el proyecto y con los insumos necesarios para la ejecución de los trabajos de oficina, al igual que las contrataciones necesarias para suministrar transporte y logística para la ejecución de las actividades de campo.

En el marco de dicho convenio se realizaron actividades que permitieron definir el marco conceptual a nivel de amenaza para los dos corredores viales, al igual que la recolección, clasificación, análisis y almacenamiento de la información secundaria, al igual que el reconocimiento de los dos corredores viales de parte del personal del SGC y de INVIAS que participan en el proyecto. Con base en toda esta información se definieron los denominados corredores geotécnicos y de detalle (Figuras 68 a70)

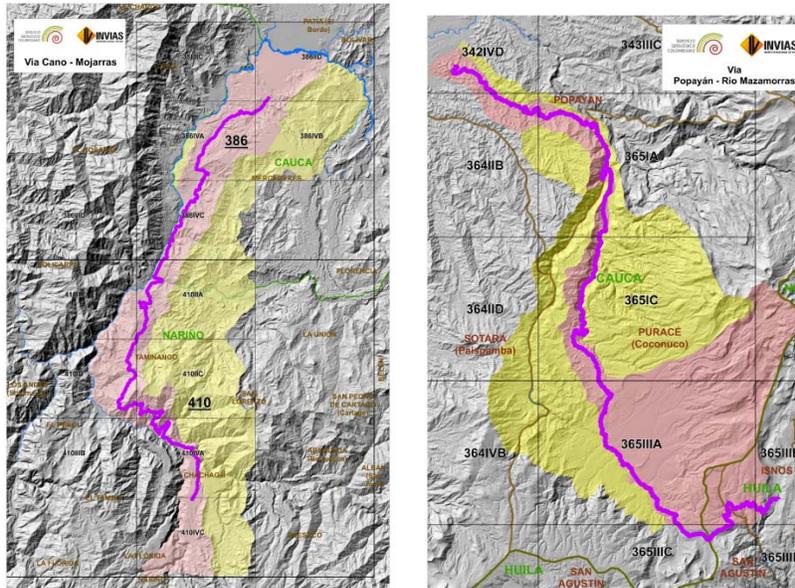


Figura 68. Corredores geotécnicos definidos para los corredores viales

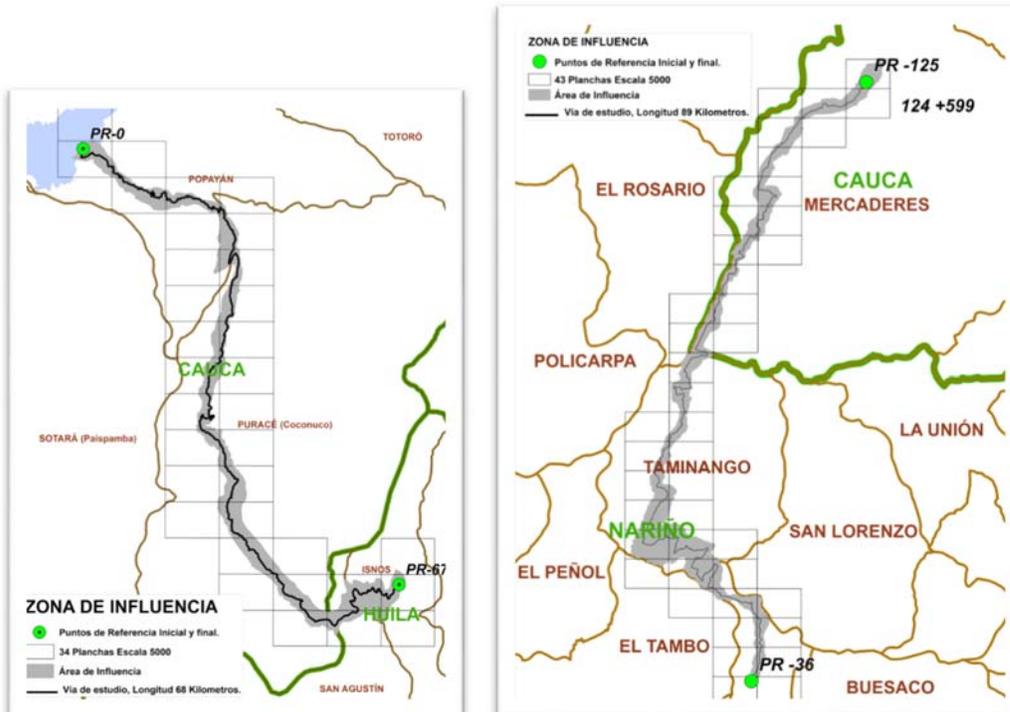


Figura 69. Corredores detallados definidos para los corredores viales y cobertura de planchas 1:5.000

Zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del municipio de cajamarca a escalas 1:25.000 y 1:2.000. Con el fin de apoyar al municipio de Cajamarca en su proceso de Ordenación del Territorio, el segundo semestre de 2016 el Ministerio de Minas solicitó al SGC la generación de conocimiento útil para tal fin, de tal manera que a la luz del Decreto 1077/2015, se definió la ejecución del estudio de Amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 de la zona rural y la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en

masa escala 1:2.000 de la zona urbana del municipio de Cajamarca, proyecto que inició labores en el mes de octubre.

Para el SGC, este proyecto se tomó como piloto para aplicar la guía metodológica para estudios de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000, por lo tanto su ejecución permitirá el ajuste del documento base de la guía metodológica antes de ser publicada.

Durante los tres meses que se tuvo de ejecución de este proyecto se realizó el Plan de recolección de información y la recolección de información para las diferentes temáticas. Por otra parte se conformó el grupo de trabajo de geólogos que aplicarían la guía metodológica, quienes realizaron el reconocimiento del área de estudio, generaron el documento que contiene el marco geológico regional (Figura 70) y se realizó la fotointerpretación de procesos de inestabilidad en el área de estudio. Finalmente se generaron los términos de referencia para contratar el MDE y la cartografía base escala 1:2.000 del casco urbano de Cajamarca y el centro poblado de Anaime, la cual se realizará a comienzos del próximo año.

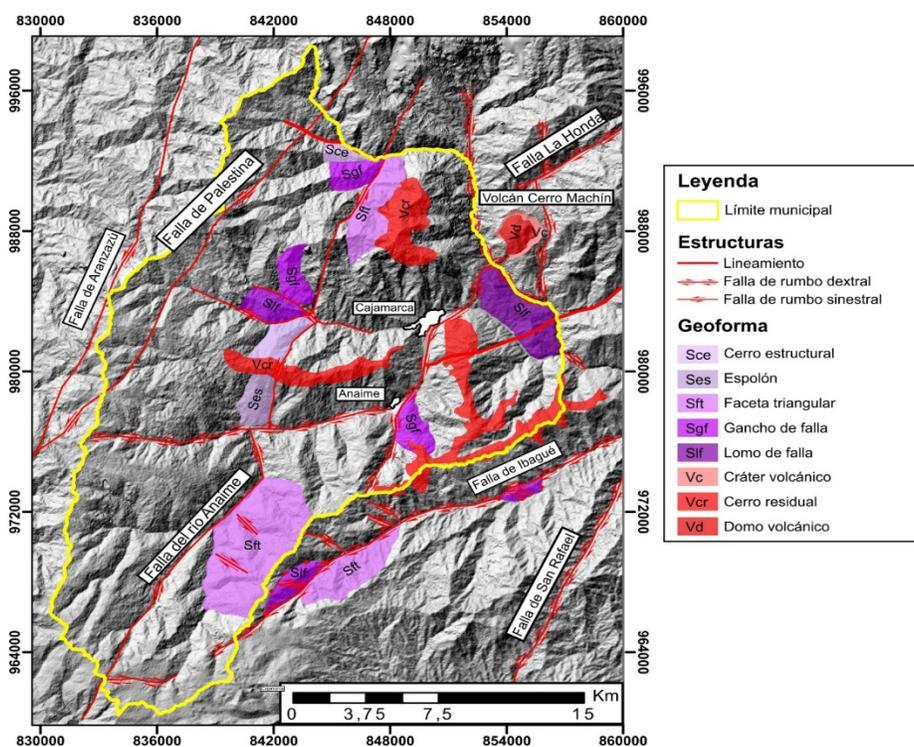


Figura 70. Marco geológico regional del municipio de Cajamarca.

EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA

Durante el 2016, el proyecto de evaluación y monitoreo de la actividad sísmica del país desarrolló actividades relacionadas con los siguientes temas:

- Redes de monitoreo de la actividad sísmica:
 - a) Funcionamiento, ampliación y actualización de las redes sismológicas y acelerográficas
 - b) Investigaciones científicas, estandarización de procesos y calidad de datos

- Redes de monitoreo de la actividad sísmica antropogénica:
 - a) Investigaciones científicas, estandarización de procesos y calidad de datos

Redes de monitoreo de la actividad sísmica: Funcionamiento, ampliación y actualización de las redes sismológicas y acelerográficas (RSNC – RNAC). A diciembre de 2016 contamos con un total 170 estaciones de monitoreo permanentes, 116 estaciones con sensor de aceleración (RNAC) y 54 con sensor de velocidad (RSNC), 101 de ellas tienen transmisión en tiempo real a la sede central en Bogotá, ver figuras 71 y 72.

Durante el 2016 se instalaron diez (10) estaciones permanentes de monitoreo, cinco (5) nuevas con sensores de aceleración, dos (2) estaciones con sensores de velocidad y tres (3) estaciones con sensor de velocidad de movimiento fuerte (TSM-1)¹. Las estaciones con sensores de velocidad tienen transmisión satelital en tiempo real: Apartado - Antioquia (02/12/2016), Jamundí - Valle del Cauca (17/12/2016), Villavicencio – Meta (20/09/2016), Popayán – Cauca (21/09/2016), Punta Ardita – Chocó (13/09/2016) y para las estaciones con sensor de aceleración tenemos dos (2) con transmisión satelital: Apartado Antioquia (02/12/2016) y Jamundí - Valle del Cauca (17/12/2016), una (1) con transmisión por internet: Medellín - Antioquia (14/12/2016), dos (2) por descarga de datos: Ibagué - Tolima (11/07/2016) y Buga – Valle del Cauca (12/Nov/2016) que había sido retirada (21/04/2015) por problemas de electricidad.

Por problemas de vandalismo y legales, las estaciones de Montería - Córdoba y San Martín de Loba - Bolívar fueron desinstaladas.

Tres estaciones pasaron de descarga de datos a transmisión vía satelital: Dabeiba Antioquia (18/05/2016), Ariguaní- Magdalena (27/11/2016) y San Jacinto - Bolívar (15/12/2016). La estación San Martín de Loba - Bolívar la cual fue retirada el 3/06/2016 y reubicada el 29/10/2016 por problemas de vandalismo. Por problemas de inestabilidad de suelo generado por obras aledañas se retiró temporalmente la estación de Ocaña – Norte de Santander (27/10/2016)

El promedio de funcionamiento de la Red de estaciones satelitales durante el último semestre fue del 82,5%, las estaciones con mejor desempeño fueron Betulia, La Cruz, Cumbal, Los Cordobas, Puerto Gaitán, San Jacinto, Tame y Uribia, con porcentajes superiores al 99% (Figuras 73 y 74). Durante este periodo de tiempo, la RSNC localizó 14.749 sismos (Figura 77)

Respecto al procesamiento de la información sismológica, la figura 77 muestra, muestra cómo la cobertura actual de las redes de monitoreo en tiempo real (RSNC – RNAC), expresada como el gap o vacío azimutal, factor de gran importancia en la calidad de localización de eventos sísmicos, en la cual se observa un buen cubrimiento en toda la zona andina, el borde llanero y cerca de la costa pacífica. La figura 78 muestra las distancias a las estaciones, otro factor de importancia en la calidad de localización de sismos, con valores por debajo de 100 kilómetros en la mayor parte de las zonas

¹ Estas estaciones fueron donadas e instaladas a través de un Proyecto de Cooperación internacional entre Colombia y la Agencia de Cooperación Japonesa, proyecto SATREPS para la Aplicación de las tecnologías más avanzadas para el fortalecimiento de la investigación y respuesta ante eventos de la actividad sísmica, volcánica y Tsunami, y el mejoramiento de la gestión del riesgo en Colombia.

sísmicas del país. Como resultado de lo anterior, la figura 9 muestra que en el año 1993, la Red Sismológica registró alrededor de 3.000 sismos, en el año 2008 alrededor de 6.000 sismos, y en el año 2016 14.749 sismos, la figura 80 muestra como han mejorado los residuos (diferencias entre tiempos reales y teóricos en la localización de eventos).



Figura 71 Localización de las estaciones con sensor de velocidad de la RSNC a diciembre de 2016.

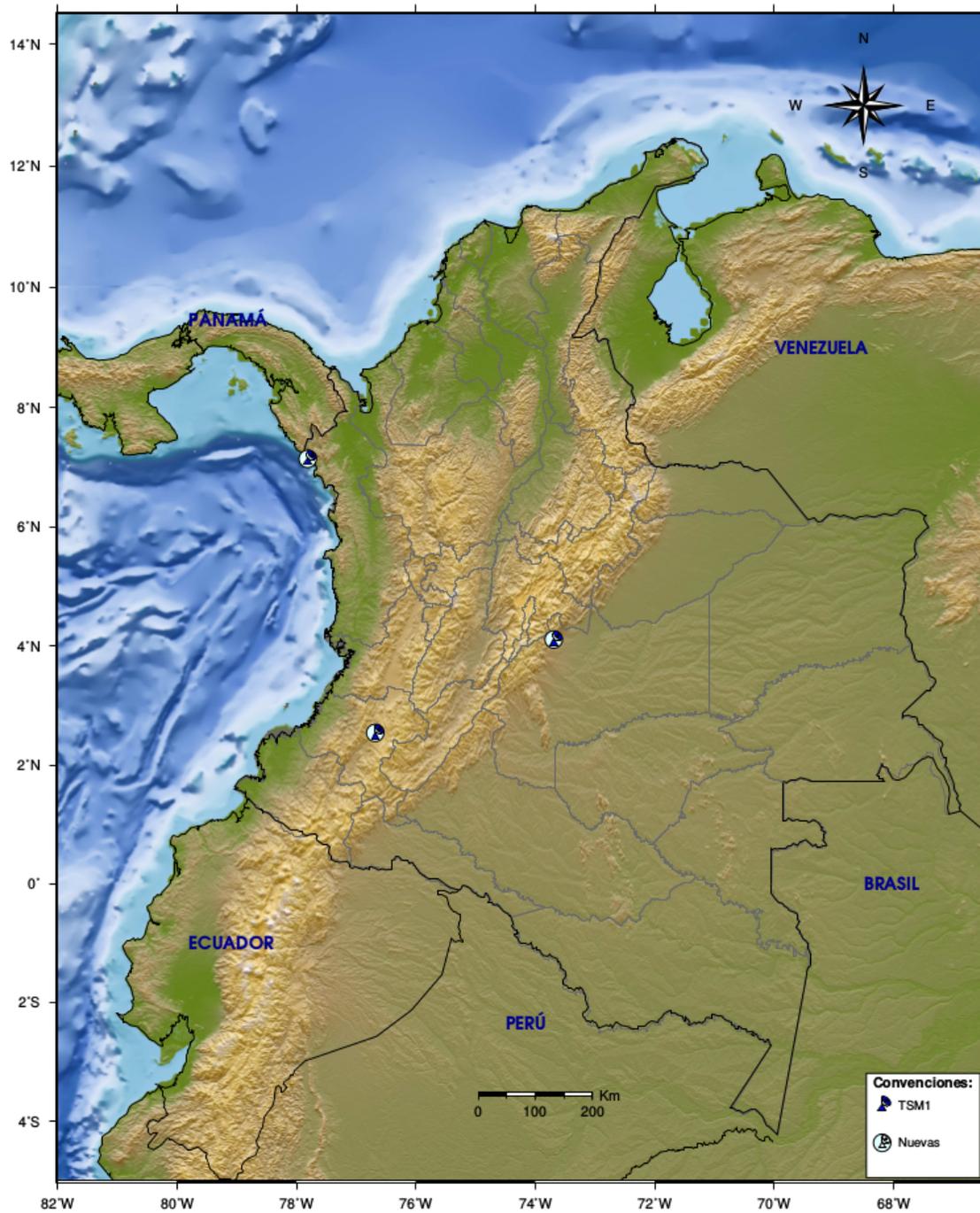


Figura 72. Localización de las estaciones con sensor de velocidad de movimiento fuente de la RSNC a diciembre de 2016.

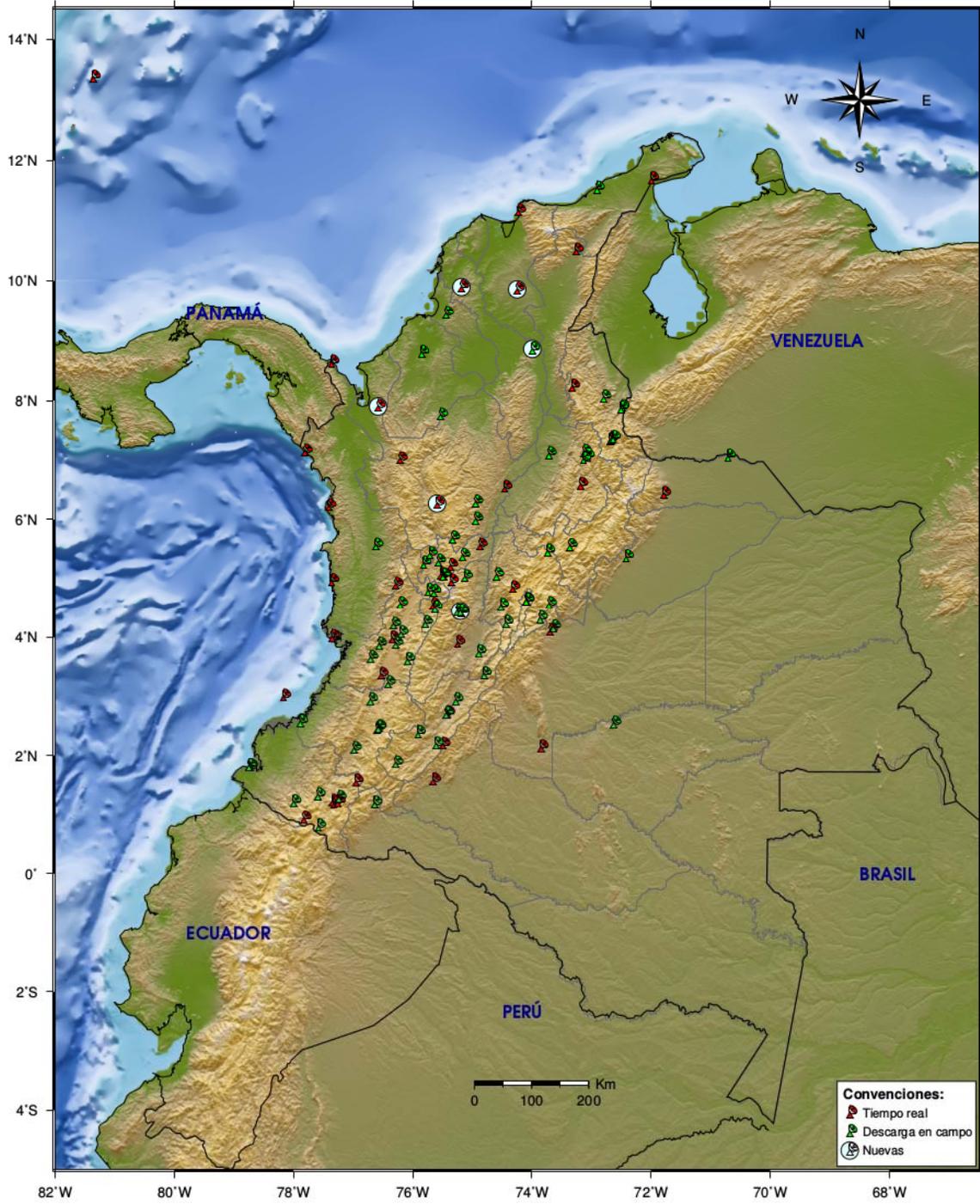


Figura 73. Distribución de las 116 estaciones de acelerógrafos permanentes de la RNAC.



Figura 74. a) Estaciones de Apartadó – Antioquia, sensores de velocidad y aceleración, b) Estaciones de Jamundí - Valle del Cauca, sensores de velocidad y aceleración, b) Estaciones de Popayán, Punta Ardita y Villavicencio, sensores de velocidad de movimiento fuerte (de izquierda a derecha)

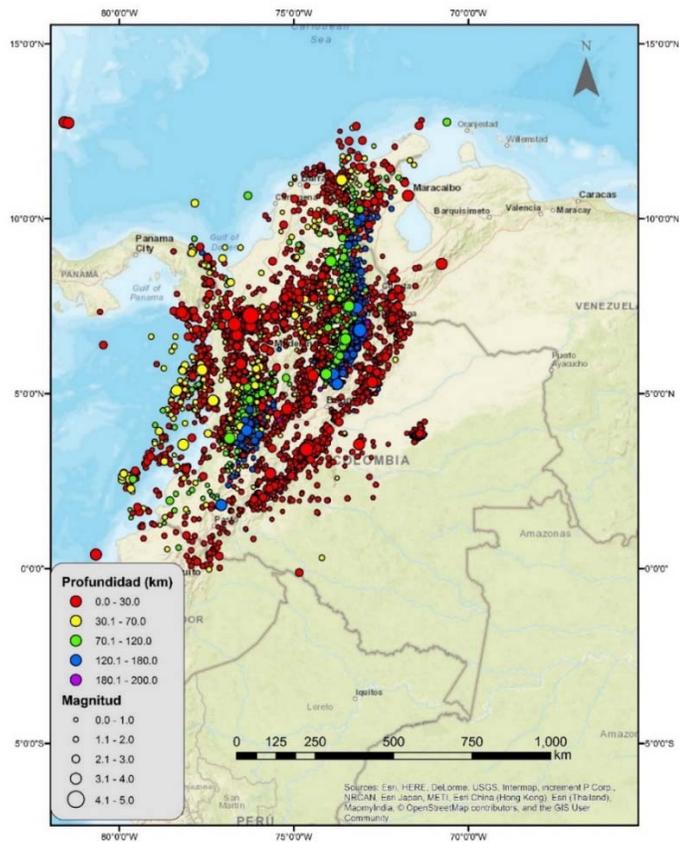


Figura 75. Localización epicentral de los eventos registrados por la Red Sismológica Nacional de Colombia durante el año 2016

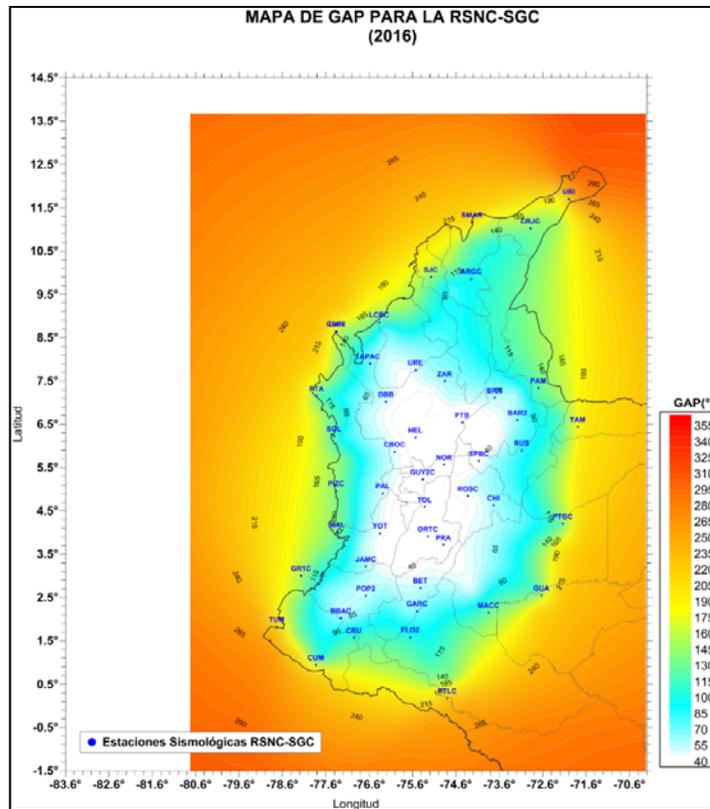


Figura 76 Gap o vacío azimutal en el cubrimiento de la Red de estaciones satelitales, año 2016

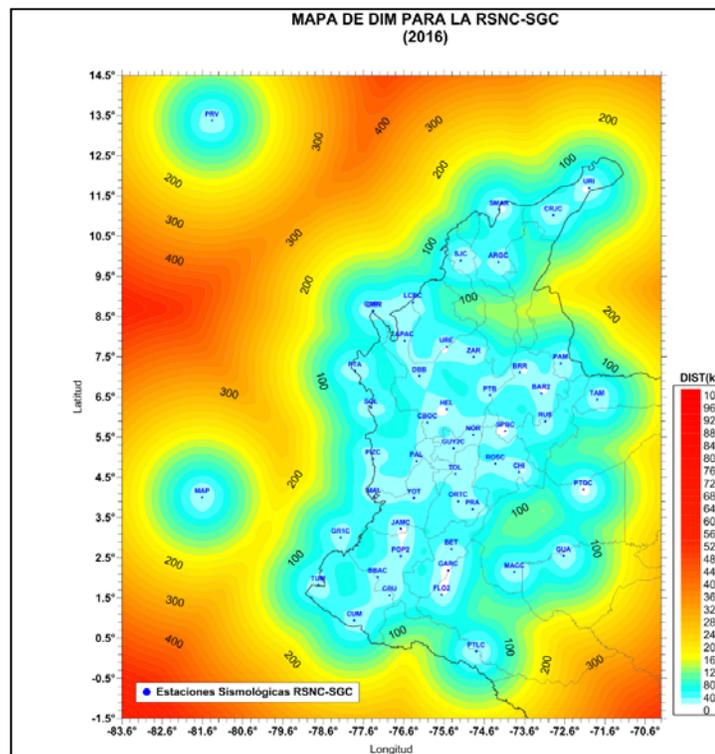


Figura 77. Distancias entre estaciones de monitoreo, año 2016

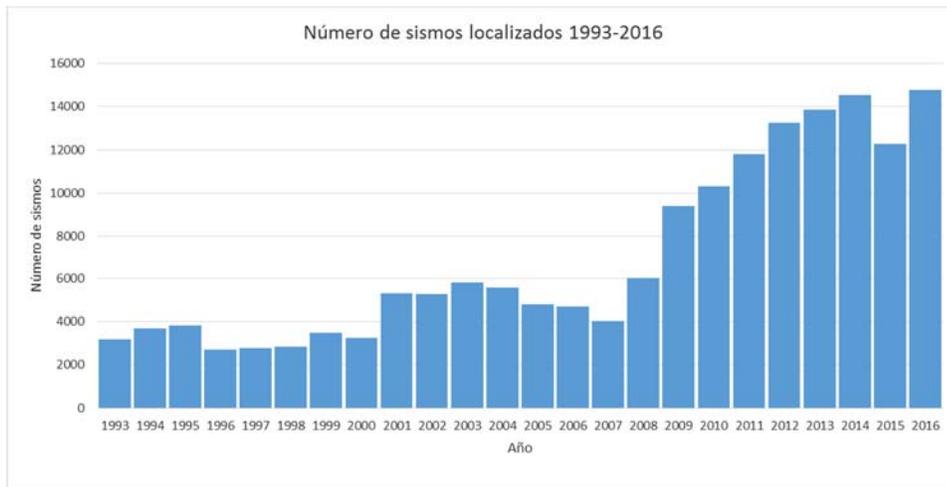


Figura 78. Número anual de sismos registrados por la Red Sismológica Nacional desde el año 1993

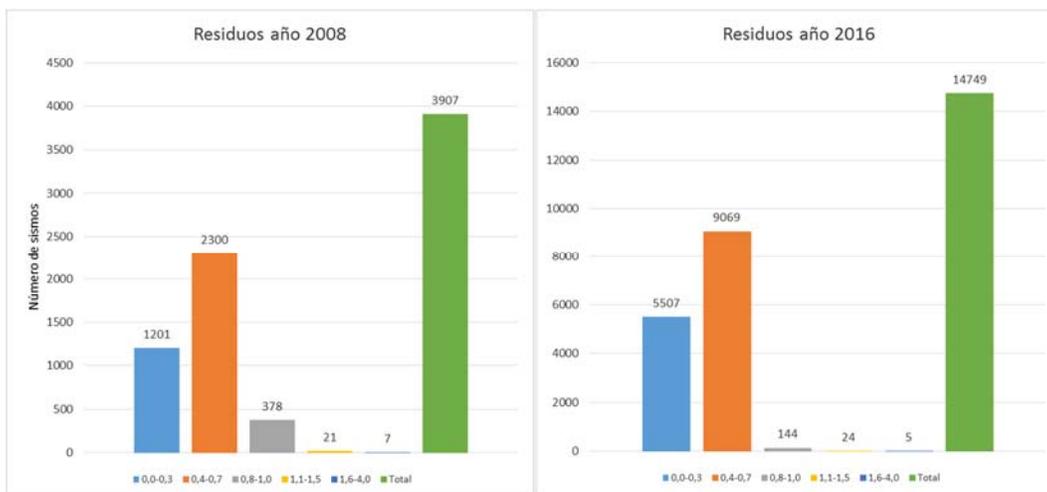


Figura 79. Residuos (diferencias de entre tiempos teóricos y tiempos medidos), en el proceso de localización de eventos sísmicos. A la izquierda, valores para el año 2008; a la derecha, valores para 2015 año en el cual el 99% de los valores están por debajo de 0.7

Visitas de mantenimiento de estaciones permanentes. Se realizaron 340 visitas a las estaciones durante 2016, estas fueron para instalación, retiro, mantenimiento y/o recolección de datos.

Búsqueda de sitios para la instalación de nuevas estaciones satelitales. Se realiza la búsqueda de sitio para una estación permanente en San Martín de Loba, Sur de Bolívar y la reubicación de la estación de Ocaña, Norte de Santander.

Redes de monitoreo de la actividad sísmica: Investigaciones científicas, estandarización de procesos y calidad de datos. Como parte de la estandarización de procesos y calidad de datos, durante el 2016 se crearon/actualizaron y cargaron en Isolución 12 documentos, todos ellos relacionados las redes de monitoreo de la actividad sísmica.

Durante el año se realizaron dos boletines semestrales de sismicidad correspondientes al II semestre de 2015 y I semestre de 2016. El boletín del II semestre de 2016 está en proceso de elaboración. Todos estos boletines se encuentran publicados en la página web del Servicio Geológico Colombiano.

A la fecha, se ha procesado el 100% de la información del Boletín de Movimiento Fuerte de 2015. En el año 2015 se registraron 117 sismos, de los cuales se tienen 111 localizados por la RSNC con magnitud local (MI) y magnitud de momento (Mw) mayor o igual que 4.0 y 6 eventos internacionales localizados por el NEIC.

Como investigaciones científicas se trabajó en:

1) Modelación de los procesos de fuente sísmica en el país:

a. Se calcularon los mecanismos focales usando la polaridad de los primeros arribos de las ondas P, en la figura 81 se recopilan los resultados. Actualmente se reportan en la página web de la red sismológica como parte del proceso de rutina de los analistas.

b. Se caracterizaron las fuentes sísmicas de 21 sismos ocurridos a lo largo del territorio colombiano, siguiendo la metodología basada en la inversión de formas de onda usando datos a nivel local y regional, en especial usando los datos de las estaciones sismológicas de banda ancha y las estaciones de movimiento fuerte del Servicio Geológico Colombiano. Se usó el software libre de inversión ISOLA desarrollado por Zahradnik, J. y Sokos E. Se ajustaron las localizaciones de los centroides, se calcularon las componentes del tensor momento sísmico y el momento escalar y se obtuvieron los planos de falla del mecanismo focal.

Los parámetros fueron obtenidos mediante la inversión de las formas de onda registradas a distancias entre 100 y 400 km, y modeladas en el rango de frecuencias entre 0.03 – 0.09 Hz, usando diferentes modelos de corteza 1D. En la figura 15 se muestran los mecanismos focales obtenidos con esta metodología. Se realizaron 20 informes que recopilan los resultados de los sismos modelados y se reportaron al público en la página web de la red sismológica.

c. Se actualizaron los archivos de respuesta de las estaciones de la RSNC e internacionales que son adquiridas en la red, con el fin de mejorar los parámetros de cálculo del centroide de sismos grandes, con esta información se calcularon los sismos del 16 de abril de 2016 en Pedernales, Ecuador, con Mw 7.8, el 20 de abril de 2016 en Punta Galera, Ecuador, con Mw 6.1, el 18 de mayo de 2016 en Rosa Zarate, Ecuador, con Mw 6.7, el 18 de mayo de 2016 en Rosa Zarate, Ecuador, con Mw 6.8, el 11 de julio en Rosa Zarate, Ecuador, con Mw 6.3, el 13 de septiembre de 2016 en Mutatá, Antioquia, con Mw 6.1, el 30 de octubre de 2016 en Colombia, Huila, con Mw 5.4, el 30 de octubre de 2016 en Colombia, Huila, con Mw 5.0 y el 28 de diciembre de 2016 en Bolivar, Cauca, con Mw 4.7 (Figura 83).

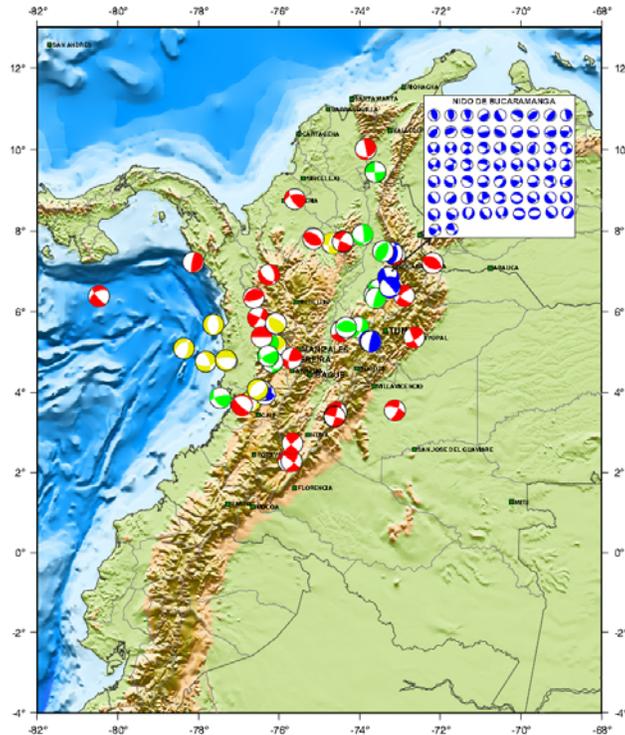


Figura 80. Mecanismos focales con polaridades de la onda P calculados durante el 2016



Figura 81. Tensor momento sísmico calculados durante el 2016

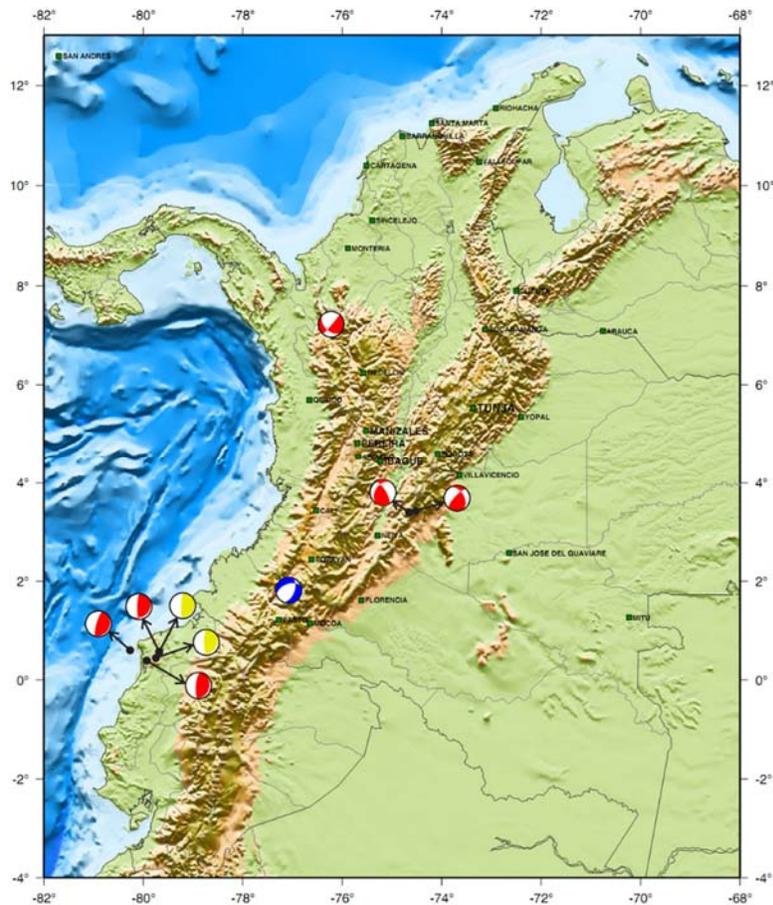


Figura 82. Mecanismos focales de los sismos localizados en el año 2016.

2) Informe análisis del sismo de la Frontera con Colombia-Venezuela del 5 de Febrero de 2015 y su secuencia de réplicas.

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) registró y localizó un evento sísmológico el día 04 de Febrero de 2015 a las 11:21 p.m. Hora local (2015-02-05 04:21:50 Hora U.T.) en las coordenadas 8.36°N y 72.13°W, de magnitud Mw 5.4 y profundidad de 4km. Este evento sísmico fue caracterizado como sismo destacado debido a su magnitud, carácter superficial y los reportes de sentido recibos de las poblaciones cercanas. A partir de la información de réplicas que se habían registrado, se procedió a realizar la instalación de una subred de estaciones portátiles, tanto de acelerógrafos como sísmológicas y la toma de encuestas en la zona para el mapa de intensidades.

En el presente informe se describe cada uno de los productos obtenidos a partir del sismo y la información relacionada con la subred instalada en las cercanías del epicentro. Se destaca la prontitud con que fue reportado el sismo y la eficacia en la instalación de la red portátil.

El mecanismo focal calculado corresponde a un movimiento de deslizamiento oblicuo, principalmente inverso con una pequeña componente de rumbo; con dos posibles planos de falla, el primer plano con rumbo 45° NE buzando 68.2° SE y el segundo plano con rumbo 170° SE buzando 34.8° SW., según la solución obtenida por el método de la fase W calculado por el SGC. Según la geología de la zona, este mecanismo indicaría que el sismo se puede asociar a la zona de fallas del

piedemonte norte de los Andes de Marida, aunque las réplicas registradas denotan una clara orientación preferencial Norte-Sur.

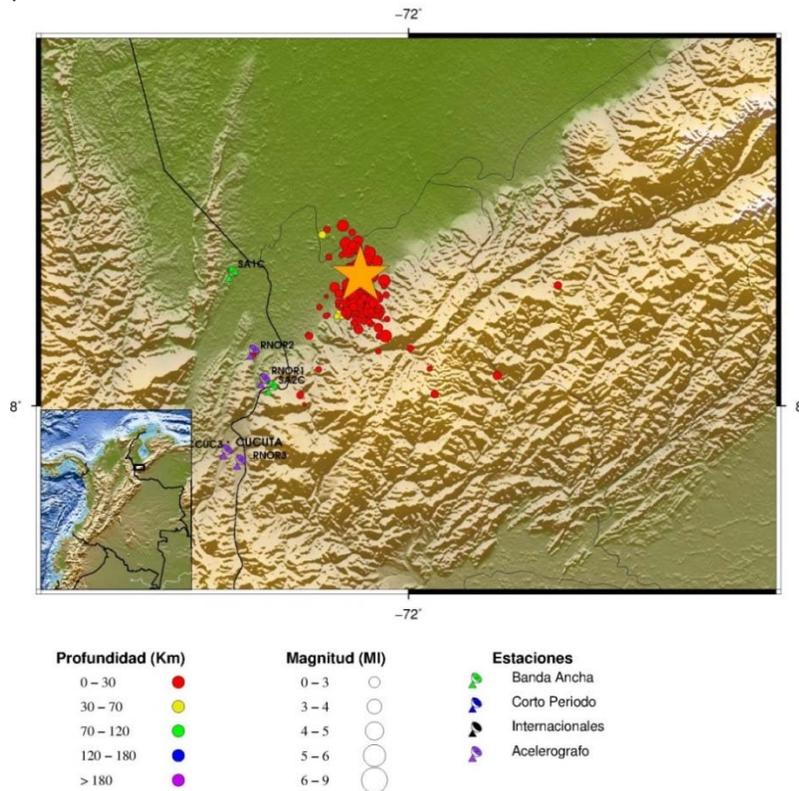


Figura 83: Mapa de sismicidad procesada utilizando las estaciones portátiles instaladas por el SGC Febrero a Junio de 2015. La estrella corresponde al sismo principal del 04 de Febrero a las 11:21 pm Hora Local, Magnitud 5.4 Mw y profundidad 4 km. En verde las estaciones portátiles de banda ancha y en morado las de aceleración.

- 3) Informes de Sismos Importantes, Aspectos sismológicos y movimiento fuerte:
 - a. El Sismo de Pedernales, Ecuador del 16 de Abril de 201
 - b. El sismo de Mutatá, Antioquia del 13 de Septiembre de 2016
- 4) Proyecto SATREPS², resultados preliminares
 - a. Análisis de eventos con el sistema SWIFT: Se hizo el análisis de varios eventos con magnitud superior a 4.5 calculando el mecanismo focal y el tensor de momento a partir de la inversión de formas de onda, esto para actualizar la base de datos del sistema SWIFT .
 - b.

² Estas estaciones fueron donadas e instaladas a través de un Proyecto de Cooperación internacional entre Colombia y la Agencia de Cooperación Japonesa, proyecto SATREPS para la Aplicación de las tecnologías más avanzadas para el fortalecimiento de la investigación y respuesta ante eventos de la actividad sísmica, volcánica y Tsunami, y el mejoramiento de la gestión del riesgo en Colombia.

20120930–20160807

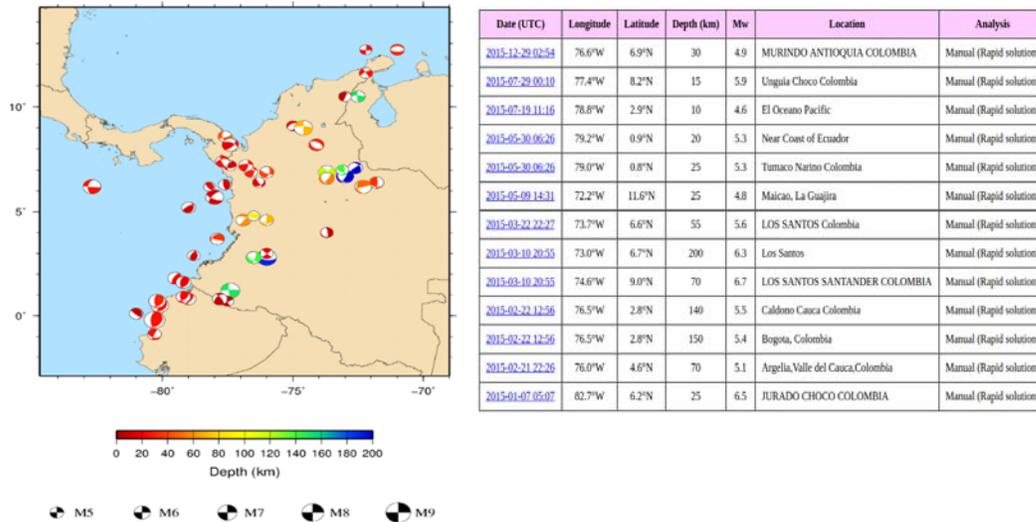


Figura 84: Mapa de mecanismos focales calculados. Derecha, Listado de algunos eventos analizados.

c. Sismo de Quetame de 2008: Modelación de la fuente sísmica, se hizo la inversión del tensor momento sísmico del evento principal con datos regionales del Servicio Geológico Colombiano usando el programa SWIFT (Nakano et al. 2008). Se obtuvo una magnitud Mw 5.9 y un rumbo de 16° para uno de los planos principales (Pedraza et al 2016).

Se finalizó la relocalización de 615 réplicas del sismo de Quetame de 2008 registradas por una red portátil instalada pocos días después del evento principal. Se repicaron las fases y se usó Seisan para calcular la localización de los hipocentros. Se relocalizaron los hipocentros usando datos de correlación cruzada y el método de Doble Diferencias hypoDD de Waldhauser and Ellsworth (2000) para la localización de sismos de alta-resolución.

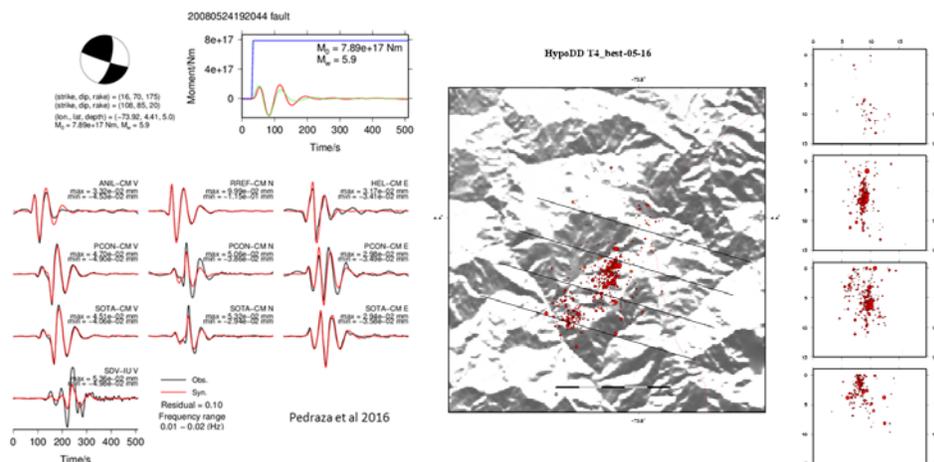


Figura 85: Izquierda. Resultado de la inversión del tensor momento sísmico del sismo de Quetame del 2008. Derecha. Relocalización de réplicas sismo de Quetame del 2008 usando correlación cruzada y hypoDD.

d. Red sísmológica portátil del Sureste de Bogotá D.C.: Se instaló una red sísmológica portátil al sureste de Bogotá con el propósito de monitorear la actividad microsísmica en las regiones de las fallas de Rionegro y Bogotá. Se instalaron 8 estaciones dotadas cada una de un sismómetro de banda ancha, un digitalizador de 24 bits con capacidad de almacenar datos en unidades extraíbles, una antena de GPS y sistema de alimentación de energía solar.



Figura 86: Izquierda. Mapa de ubicación de las estaciones de la red portátil del SE de Bogotá, Derecha. Instalación de equipos en campo.

e. Mediciones de microtremores para el cálculo de H/V: Se llevó a cabo la medición de microtremores en 375 sitios en la cuenca de Bogotá distribuidos en red cada 2 km. Para el cálculo de los periodos predominantes del suelo usando la técnica H/V.

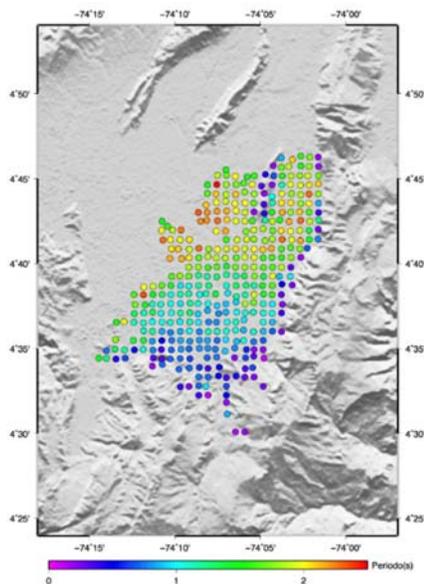


Figura 87: Periodo predominante del suelo calculado en 375 sitios en la cuenca de Bogotá, usando la Técnica HoV.

Redes de monitoreo de la actividad sísmica antropogénica: Investigaciones científicas. A diciembre de 2016 contamos con un total 19 estaciones sísmológicas, que hacen parte de 3 redes

regionales: Valle Medio de Magdalena, la Loma (Cesar) y Puerto Gaitán (Meta); ver tabla 2 y figura 22. Estas redes tienen como objetivo mejorar las localizaciones y realizar estudios de detalle en algunas de las zonas donde existen actividades relacionadas con exploración y/o producción de hidrocarburos en yacimientos convencionales y no convencionales. Las estaciones de Valle Medio de Magdalena y La Loma – Cesar hacen parte de un convenio que se tuvo durante el presente año con la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH.

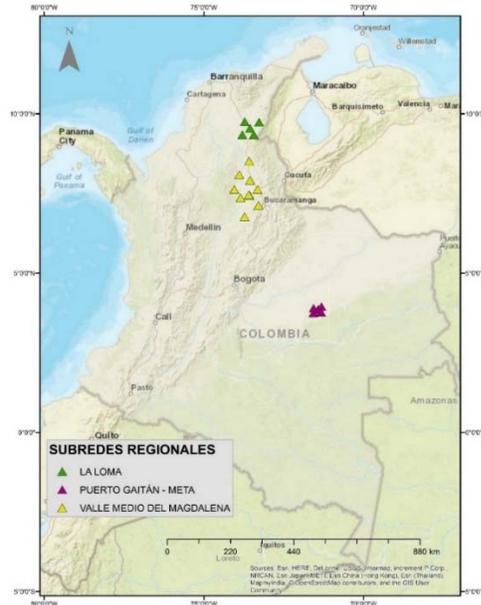


Figura 88. Localización de las estaciones regionales de la RSNC a diciembre de 2015.

Adicionalmente, se continuó con los ajuste del Proyecto de la Resolución **“Por la cual se determinan las especificaciones del monitoreo de sismicidad cerca de los pozos de exploración y/o producción de yacimientos no convencionales”** publicado en Diciembre de 2015.

Como investigaciones científicas se trabajó en:

- 1) Análisis de la sismicidad en Puerto Gaitán, Meta: Análisis de la presión de fractura teórica ocasionada por los pozos de inyección en relación con la actividad sísmica registrada en Puerto Gaitán (Colombia). Se realizó un mapeo temporal de cuando se produjo o no una fractura en un pozo (Figuras 23 y 24). En el caso del campo Rubiales se nota que varios de los pozos fracturan simultáneamente (ver elipses en la Figura 19) coincidiendo con periodos en donde hubo picos de sismicidad.

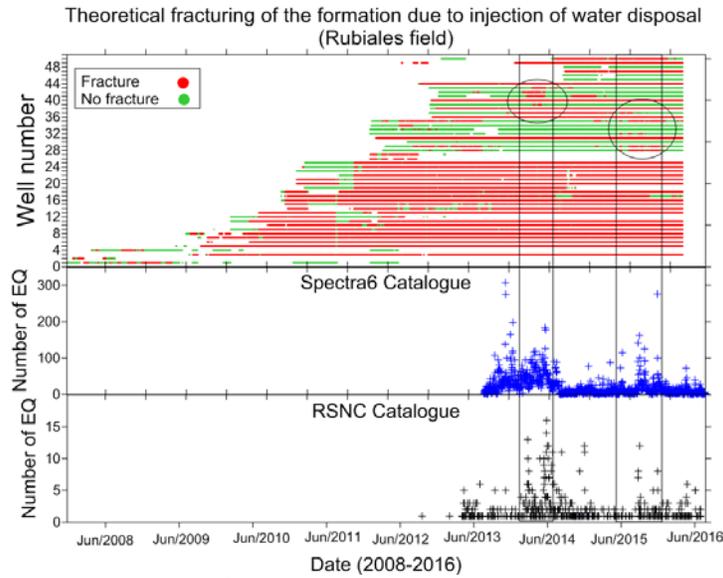


Figura 89. Evolución temporal del fracturamiento teórico por cada pozo del campo Rubiales. La etiqueta del número de los pozos corresponde al nombre del pozo.

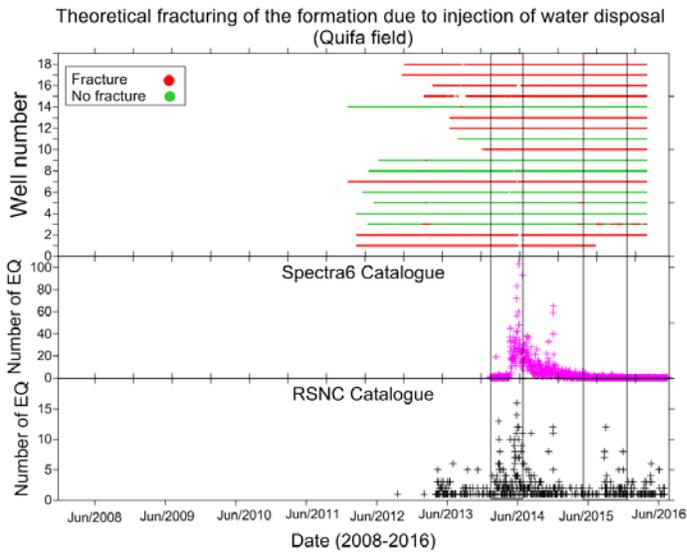


Figura 90. Evolución temporal del fracturamiento teórico por cada pozo del campo Quifa. La etiqueta del número de los pozos corresponde al nombre del pozo.

Se realizó una re-localización de los datos sísmicos dados por la empresa Spectra6 a los cuales se determinaron los arribos de las ondas P y S para luego ser reprocesados con el nuevo modelo de velocidades obtenidas para la zona. Se nota que existen 4 nidos sísmicos diferenciados tanto por su ubicación en planta como en profundidad. Los nidos 1, 3 y 4 tienen una alineación clara, mientras que el nido 2 es más dispersa. Estos nidos se ubicarían en las formaciones carbonera (capa donde se inyectan los fluidos), el paleozoico y el basamento que son las capas geológicas debajo de la formación Carbonera.

Mediante la inversión del tensor de momento sísmico, se analizó un total de 11 eventos sísmicos con magnitud mayor a 4 ocurridos en el área de los campos Rubiales y Quifa en el período comprendido entre marzo de 2014 y agosto de 2015.

2) Informe que contiene los logros y productos que en desarrollo del Convenio Interadministrativo 194 de la ANH y 14 del SGC, suscrito en julio de 2016 han obtenido en cumplimiento del objetivo formulado. Se ha construido una base de datos en la cual se ha reunido la información pertinente para estudiar el comportamiento sísmológico natural en los sectores norte del Valle Medio del Magdalena y La Loma (Cesar). Se logra la construcción de una serie de mapas en los cuales se pone la información de cada una de las temáticas pertinentes a partir de las cuales se construyen los mapas tectónicos y sismotectónico para mejorar la línea base sísmológica natural así como la generación de un modelo geométrico 3D de la estratigrafía y las estructuras más significativas para formular la evolución Tectónico-Estructural en el sector del Valle Medio del Magdalena. Se mantiene una red sísmológica regional (instalada en los convenios celebrados entre la ANH y en SGC durante el 2014 y 2015) y se mejora el protocolo para ejercer las competencias previstas en la resolución 90341 del 2014.

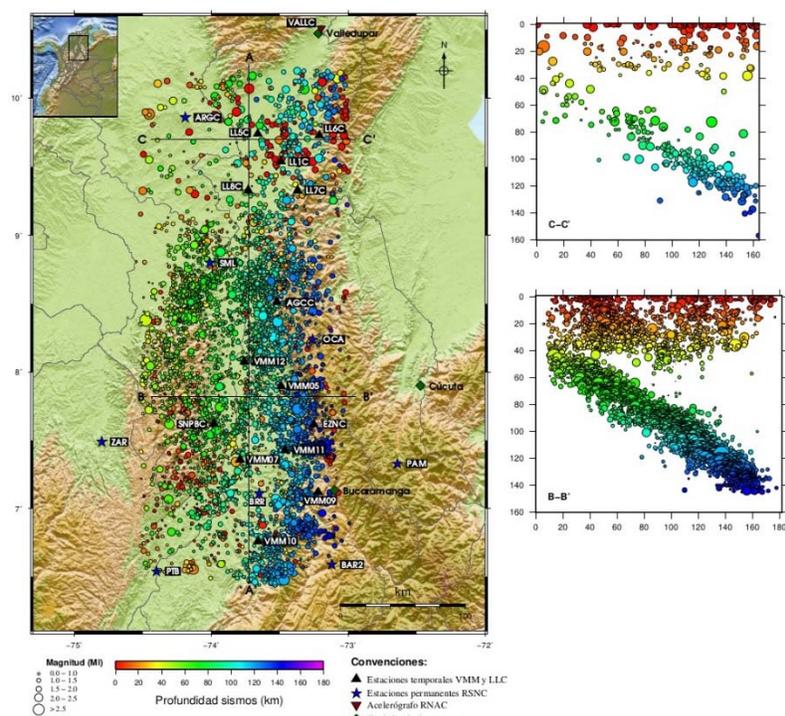


Figura 91. Localización hipocentral de los sismos locales del VMM y LLC entre febrero 2014 y septiembre de 2016. La línea AA' en el mapa representa el perfil NS y las líneas BB' y CC' representan los perfiles EW.

EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Durante el periodo comprendido entre Enero a Diciembre de 2016 se instalaron 25 nuevas estaciones para el monitoreo de los volcanes activos colombianos, teniéndose a la fecha 307 estaciones permanentes usadas para el monitoreo volcánico y 287 estaciones no permanentes usadas para muestreos y campañas de monitoreo volcánico, para un total de 594 estaciones. Adicionalmente se cuenta actualmente con 56 sistemas de repetición las cuales permiten la transmisión de toda la información en tiempo real. Con estas estaciones el Servicio Geológico Colombiano monitorea e investiga en la actualidad 21 volcanes activos con el fin de determinar su actual estado.

Se mejoraron y actualizaron las redes de monitoreo volcánico, ampliando tanto su cobertura como su tecnología. Se realizó finalmente el cambio de tecnología analógica a digital de toda la red de monitoreo volcánico de los OVS del SGC.

Se elaboraron 516 informes y boletines de actividad volcánica; de ellos 35 corresponden a boletines extraordinarios de actividad volcánica debido al aumento de algunos de los volcanes de los diferentes segmentos volcánicos que tiene Colombia. Se destaca la importante actividad que ha mantenido el Volcán Nevado del Ruiz durante los últimos años, la cual hasta ha sido correctamente diagnosticada gracias a las redes de vigilancia volcánica, contribuyendo a una correcta gestión de riesgo volcánico en el país. Dicha actividad al igual que de otras estructuras volcánicas continua en evolución.

Se avanzó y realizaron 69 informes de investigaciones científicas relacionadas con la actividad y evaluación de la amenaza volcánica. Por otra parte, se participó en diferentes eventos académicos y científicos tanto nacionales como internacionales, dentro de los cuales se destacan la reunión para la interpretación y modelación geoquímica de fluidos hidrotermales y magmáticos, sede central SGC-Bogotá, Curso de sistema comando de incidentes SGC-Manizales, Curso avanzado de procesamiento de datos GNSS y taller InSAR SGC-Pasto y Universidad de Bristol, Reunión de latinoamericana de Sismólogos en volcanes (LAVAS IV) Pto Vallarta México, Discusión sobre freatomagmatismo y vulcanismo monogenético SGC-Bogotá, Cities on Volcanoes 9 en la ciudad de Pto Varas-Chile y el tercer Workshop on Volcano Observatories Best Practises.

Así mismo, se realizaron labores de Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico - ASCG, destacándose eventos como los Observatorios abiertos e itinerantes, los cuales son desarrollados por los tres Observatorio Vulcanológicos del Servicio Geológico Colombiano, abarcando un número importante de personas interesadas en el estado y actividad de los diferentes segmentos volcánico del país.

Instalación, Operación y Mantenimiento de redes de monitoreo volcánico. Durante el año 2016 se llevaron a cabo trabajos importantes en la red de monitoreo del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (OVSM), entre ellos la instalación de **11** estaciones nuevas de monitoreo.

En el Volcán Nevado del Ruiz se realizaron las instalaciones de: inclinómetro digital Azufrado 2, el inclinómetro digital Lisa 2, el sensor acústico Recio 3, dos sensores acústicos en el sector de Inderena, dos sensores acústicos en la estación multiparamétrica Olleta 2, un sensor acústico en Rubí, y un ScanDoas en el cerro El Camión para el seguimiento de las concentraciones del SO₂ del Volcán Nevado del Ruiz.

Adicionalmente se instaló un sistema de comunicación de voz en La Olleta como apoyo a las actividades de campo que se realizan en este sector y con el objetivo de mejorar la comunicación con los grupos que se encuentren en comisiones de campo. En el Volcán Paramillo del Quindío se instaló su primera estación sismológica de banda ancha. En el Volcán Nevado de Santa Isabel y Paramillo de Santa Rosa se instalaron sistemas GNSS para el monitoreo de la deformación volcánica y los cambios tectónicos en la zona de influencia volcánica. Las instalaciones de los 5 sensores acústicos instalados en el Volcán Nevado del Ruiz en el área de geofísica se hicieron dentro del marco del proyecto SATREPS.

También se llevó a cabo la actualización instrumental de las estaciones de monitoreo del Volcán Nevado del Ruiz: BIS, Recio, Recio 3, Billar, Tolda Fría y Río Claro. En el Volcán Cerro Bravo las estaciones: La Siberia y Cerro Bravo. En el Volcán Cerro Machín las estaciones: Silencio, Santa Marta, San Lorenzo y Cima. Y en el Volcán de San Diego a la estación portátil San Diego 3.

En el proceso de estandarización del sistema de suministro eléctrico fotovoltaico se resalta la instalación de 6 paneles solares adicionales en la estación multiparamétrica de Recio 3 en el Volcán Nevado del Ruiz con lo cual se pretende obtener una autonomía de aproximadamente 1 mes para los casos en los que asociada a la caída de ceniza volcánica el sistema de alimentación solar sea interrumpido.

En la realización del mantenimiento preventivo, correctivo e instalación de estaciones sismológicas se continuo con las adecuaciones de algunos de los sitios de los sismómetros, instalando tubos de PVC de 36" de diámetro por un metro y medio de largo, para disminuir el nivel de ruido y el aislamiento térmico del equipo, mejorando de esta manera en la calidad de los datos adquiridos en campo de las estaciones Rubí y Bis en el Volcán Nevado del Ruiz y las estaciones Santa Marta y Silencio en el Volcán Cerro Machín.

En la realización del mantenimiento preventivo, correctivo e instalación de estaciones sismológicas se continuo con las adecuaciones de los sitios de las estaciones de vigilancia volcánica, dicha estrategia se encuentra enmarcada dentro del proyecto SATREPS, entre el gobierno de Japón y Colombia, así como en la necesidad de mejorar la calidad de los datos adquiridos por las estaciones de monitoreo volcánico.

También se ha rediseñado la topología de las diferentes redes telemétricas de los OVS con el objetivo de mejorar la latencia el cual es un retardo producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes de datos dentro de la red de las estaciones vulcanológicas.

Finalmente en el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales se llevó a cabo la instalación de un sistema de suministro de energía redundante para todos los equipos de recepción de telemetrías que consta de 30 paneles solares, un sistema rectificador, 3 banco de baterías y equipos complementarios. Con este sistema se busca eliminar la dependencia del suministro de energía comercial y mantener el funcionamiento de la sala de monitoreo volcánico.

En lo concerniente a ampliación de la red de monitoreo del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán (OVSPPO) logró la meta de instalación de acuerdo a las directrices y orden de priorización de la zona de trabajo; con aspectos importantes como el reforzamiento en la adquisición de datos en áreas como magnetometría, geoquímica y deformación, principalmente en los volcanes Puracé y Sotará. La obtención de las metas sufrió un retraso por restricciones de acceso a las zonas de trabajo, aunque para el mes de septiembre se logró el objetivo. Se resalta la instalación una cámara web en el Nevado del Huila, con línea de vista al cráter activo y el cañón del río Páez desde la cara norte del edificio volcánico; por otro lado, se continuó con la ampliación de la red de monitoreo en el volcán Sotará con materializaciones en la parte más alta de los cuerpos dómicos somitales de esta estructura volcánica, Por último, se logró establecer estaciones importantes para el seguimiento de la actividad del volcán Puracé en el área de Geoquímica y Geofísica (ScanDOAS Vinagre – Infrasonido Mina) así como puntos clave (Sismómetro y GNSS Chagartón) en la extensión del monitoreo para la Cadena Volcánica de Los Coconucos.

Durante el 2016 el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP) amplió sus redes de monitoreo a través de la instalación de 8 nuevas estaciones, 2 GNSS en Galeras, 2 GNSS en Azufral y 1 GNSS en el volcán Doña Juana. Un sensor de Radón con telemetría en Galeras y una estación de electromagnetismo con telemetría en el volcán Azufral. Por otra parte se realizó el mejoramiento de la instalación de 2 estaciones sísmicas en el volcán Galeras, un GNSS en Galeras y otro en Azufral, así como la instalación de un nuevo sistema de repetición de estaciones de monitoreo volcánico.

A lo largo del año 2016, se implementaron herramientas de monitorización de redes de datos y documentación que facilitan la gestión de la red de campo, así como también reducen la incertidumbre al atender un incidente sobre la misma. Para los volcanes del sur de Nariño (Chiles, Cerro Negro, Cumbal y Azufral), se migró de una red de datos conmutada a una red ruteada permitiendo soportar esquemas de alta disponibilidad.

Se mejoró la capacidad de transmisión de datos en los radio-enlaces desde el SGC-OVSP hacia 4 sistema de repetidoras. En la repetidora de Paja Blanca, se implementó un esquema redundante de comunicaciones que aumenta la disponibilidad y el rendimiento de la red de datos.

Como parte del mejoramiento continuo se planteó y continuo con la estandarización de la adquisición de los diferentes bases de datos en los observatorios vulcanológicos y sismológicos del SGC. Incluyendo la red de baja tasa de muestreo a partir del sistema GEODATA

También se ha participado en el diseño y contenido del nuevo portal web y del sistema escalable, para que la información derivada del monitoreo volcánico sea correctamente integrada. Este proyecto está liderado por la coordinación de tecnologías de información del Servicio Geológico Colombiano (Sede Central) en conjunto con la Universidad de los Andes.

Por otra parte, en los OVS del Servicio Geológico Colombiano se continuó trabajando en el desarrollo de sistemas hardware para la digitalización y adquisición de datos de estaciones de bajo muestreo, como Termocuplas, inclinometría electrónica, magnetometría, radón entre otros. En cuanto a las telecomunicaciones, en el OVS se continuó con la actualización de varios de los enlaces de radio, obteniendo mayores anchos de banda y mayores disponibilidades de canal.

Entre Enero y Diciembre de 2016 se instalaron 25 nuevas estaciones de monitoreo volcánico de diferentes tipos. La Figura 1 muestra el número de las nuevas estaciones instaladas por mes y la Tabla 1, las nuevas estaciones por tipo y por OVS. Adicionalmente se instaló un sistema de repetición enfocada a la transmisión de la información de las diferentes estaciones de monitoreo volcánico.

Se continuo con la operación de una estación portátil de monitoreo en el volcán el Escondido y San Diego, con el fin de conocer su estado de actividad actual desde la parte sismológica. Adicionalmente se complementa con muestreos periódicos de tipo geoquímico, así mismo se realizaron de manera conjunta con el grupo de geotermia campañas de tipo geofísica y batimétrica.

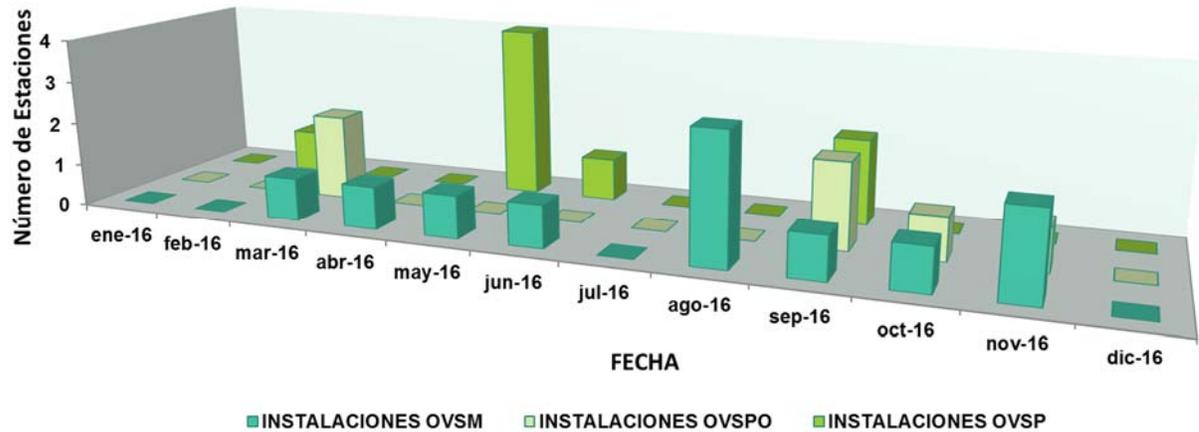


Figura 92. Número de estaciones nuevas instaladas para el monitoreo volcánico Enero-Diciembre, 2016. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

Tabla 1. Número de estaciones nuevas instaladas por tipo y por OVS. Enero-Diciembre 2016.

TIPO ESTACIÓN	INSTALACIONES OVS-SGC		
	OVSM	OVSP	OVSP
SISMOLÓGICA	1	0	0
GEODÉSICA	3	2	5
GEOQUÍMICA	1	1	1
GEOFÍSICA	6	3	2
SISTEMAS DE TRANSMISION	0	0	1
TOTAL	11	6	9

El porcentaje de funcionamiento promedio de toda la red de monitoreo volcánico para el 2016 fue del 90.83. La Figura 2 muestra el porcentaje de funcionamiento por mes y por OVS. Entre Enero y Diciembre de 2016 se realizaron 385 mantenimientos a las diferentes estaciones de monitoreo volcánico Tabla 2 y Figura 3.

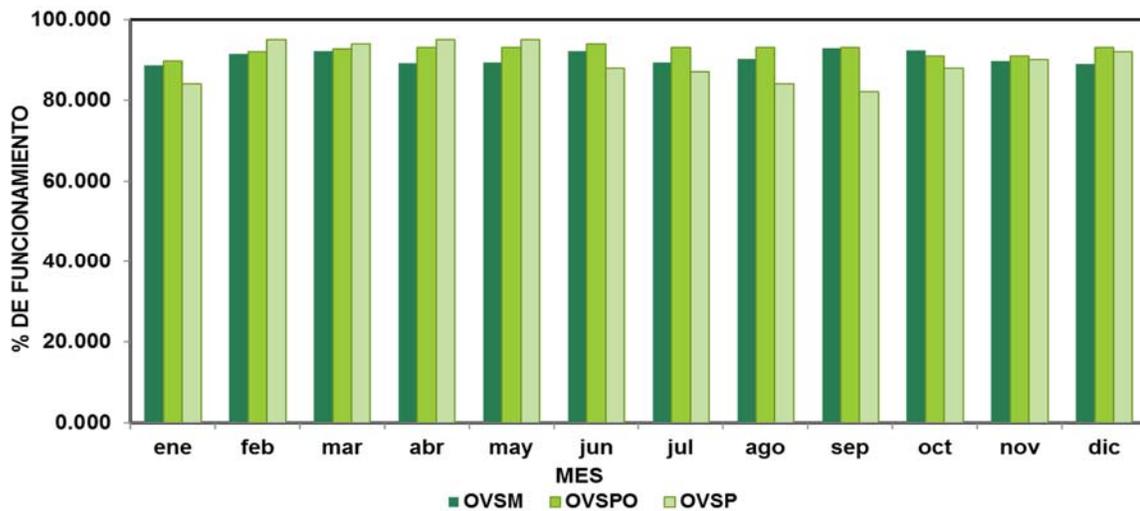


Figura 83. Porcentaje de funcionamiento mensual de las redes de monitoreo de los OVS del SGC durante 2016. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

Tabla 2. Número de mantenimientos por mes y por OVS. Enero-Diciembre 2016

VOLCAN/TIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
OVSM													
VR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VSD	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
VPSR	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4
VCB	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1	0	0	8
VNR	2	2	7	3	10	1	7	6	9	9	8	0	64
VNSI	0	1	1	0	0	2	0	3	1	0	2	0	10
VNT	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
VCM	0	5	0	0	7	4	6	1	7	0	0	0	30
VE	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4
REGIONALES	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Repetidoras OVSM	1	1	3	2	2	3	6	1	3	3	1	0	26
TOTAL	5	9	14	8	20	12	21	13	24	13	13	1	
OVSP													
CVC		1											1
CVP		1											1
VNH	1	1									1		3
VP		4	1	1	4	2		3	1	2	5	5	28
VS		1					1			1	1		4
Repetidoras OVSP		3	1	2	1			1	1		2		11
TOTAL	1	11	2	3	5	2	1	4	2	3	9	5	
OVSP													
VA	0	2	0	0	9	6	0	4	0	0	3	0	24
VC	0	8	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	18
VCH	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7	0	9
VCN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
VDJ	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
VG	6	0	6	15	6	2	15	4	8	10	2	4	78
VLA	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
Repetidoras OVSP	1	2	4	1	3	3	2	7	6	3	4	3	39
TOTAL	7	18	12	16	18	11	17	21	24	13	20	7	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
OVSM	5	9	14	8	20	12	21	13	24	13	13	1	153
OVSP	1	11	2	3	5	2	1	4	2	3	9	5	48
OVSP	7	18	12	16	18	11	17	21	24	13	20	7	184

VNR=Volcán Nevado del Ruiz. VCM=Volcán Cerro Machín. VCB=Volcán Cerro Bravo. VNT=Volcán Nevado del Tolima. VNSI=Volcán Nevado de Santa Isabel. VPS=Volcán Paramillo de Santa Rosa. VSD=Volcán San Diego. VR=Volcán Romeral. VE= Volcán Escondido. VNH=Volcán Nevado del Huila. VS=Volcán Sotará. VP=Volcán Puracé. VLA = Volcán Las Ánimas, VDJ = Volcán Doña Juana, VG = Volcán Galeras, VA = Volcán Azufra, VC = Volcán Cumbal, VCN = Volcán Cerro Negro y VCH = Volcán Chiles.

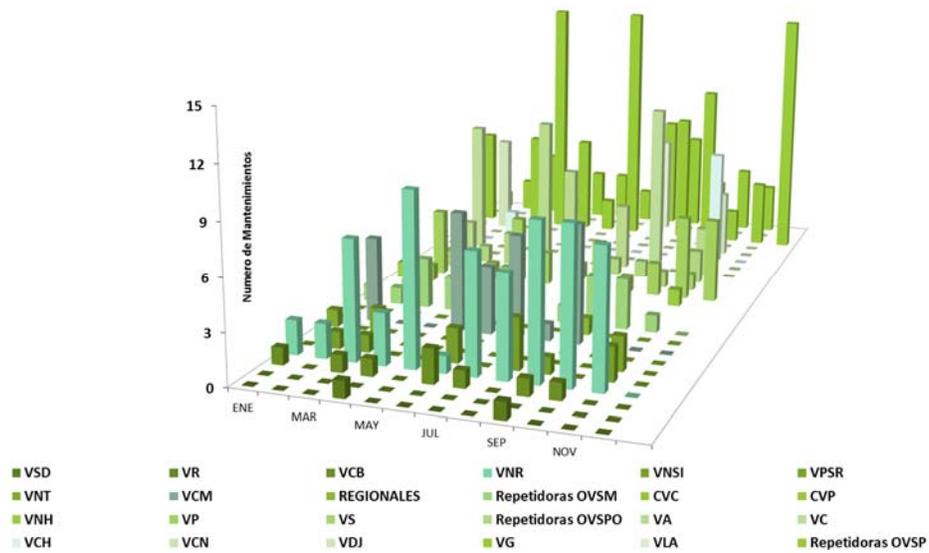


Figura 94. Mantenimientos realizados por volcán entre Enero y Diciembre de 2016.

Las Figuras 4, 5 y 6 muestran las redes de monitoreo actuales ubicadas en los tres segmentos volcánicos de Colombia (SGC-OVSM - Complejo Volcánico Norte; SGC-OVSP - Complejo Volcánico Centro; SGC-OVSP – Complejo Volcánico Sur).

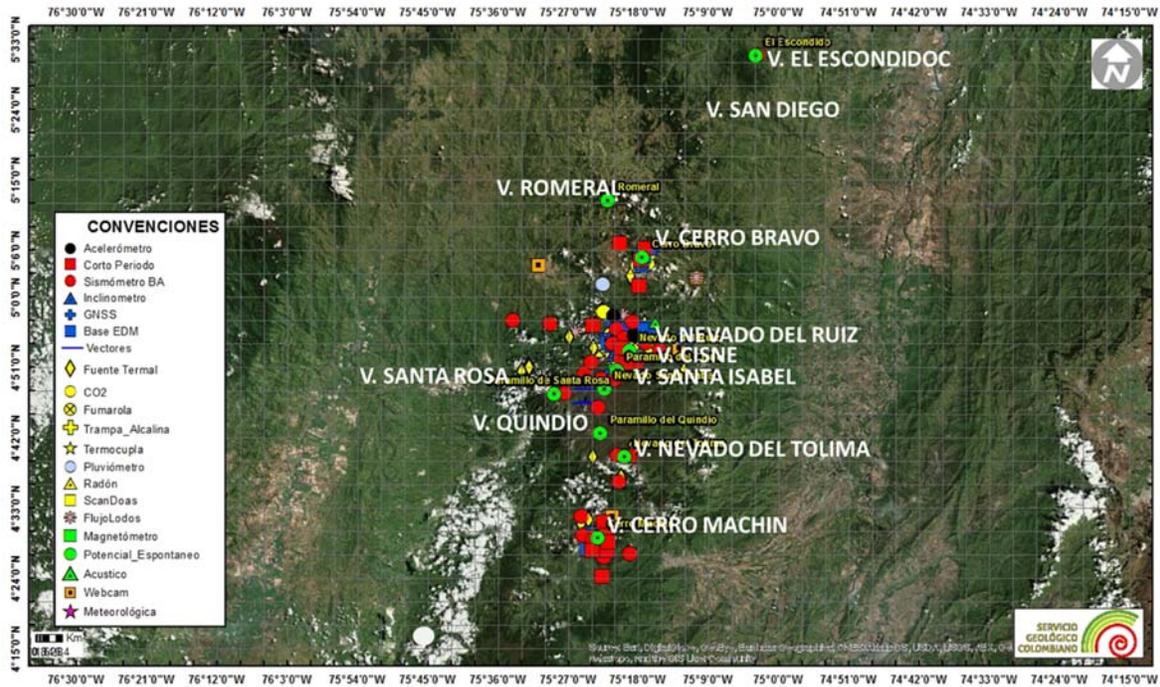


Figura 95. Red de monitoreo volcánico del segmento norte de Colombia.

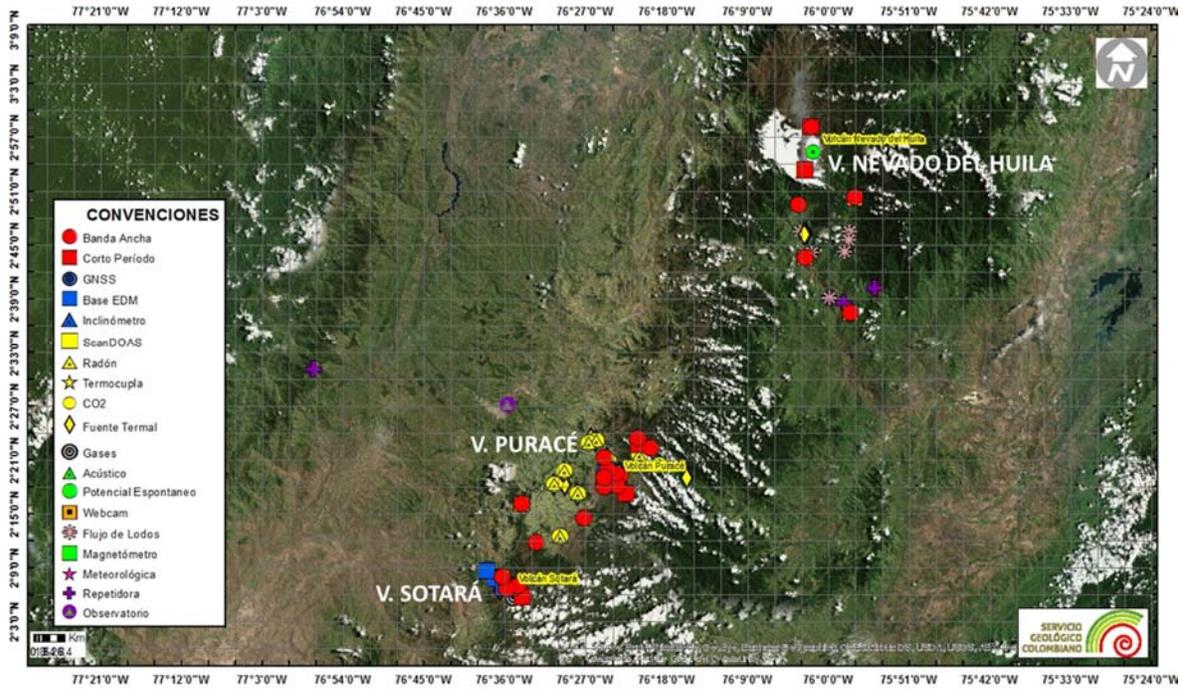


Figura 96. Red de monitoreo volcánico del segmento centro de Colombia.

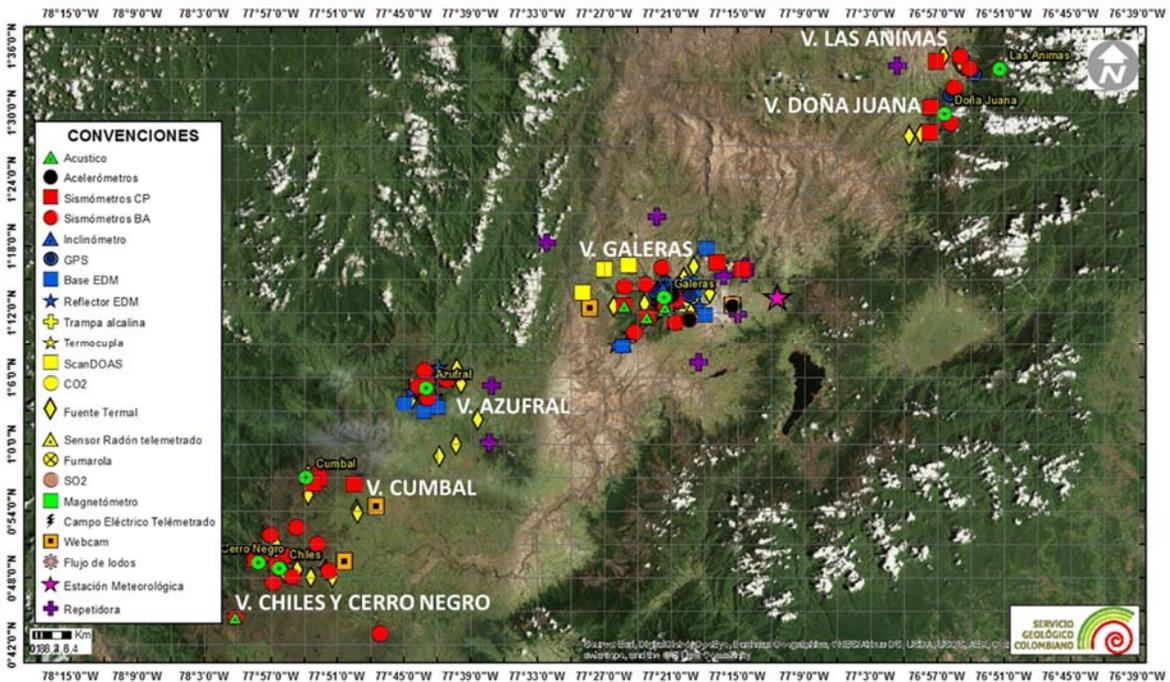


Figura 97. Red de monitoreo volcánico del segmento sur de Colombia.

En cuanto a la operación de las redes no telemétricas, se tomaron 493 muestras y datos de geoquímica, deformación y sismología, los cuales contribuyen y complementan la evaluación,

vigilancia e investigación de la actividad volcánica. La Figura 7 y la Tabla 3 presentan el número de muestreos o toma de datos en campo por cada OVS entre Enero y Diciembre de 2016.

Informes y boletines de actividad, informes de funcionamiento de estaciones e informes de investigación científica. Se elaboraron 542 informes relacionados con la actividad volcánica. Debido al incremento de la actividad sísmica cerca a los volcanes Chiles-Cerro Negro, Nevado del Huila, Galeras y principalmente con la actividad del Volcán Nevado del Ruiz, se emitieron 35 boletines extraordinarios de sismos sentidos o incrementos en la actividad. Las Figuras 8 y 9, muestran el número de informes y boletines emitidos por los OVS para el 2016 y el número de visitas al portal web asociado con cada informe publicado.

Se realizaron actualizaciones permanentes de las bases de datos de las diferentes temáticas involucradas en el monitoreo e investigación de la actividad volcánica obtenidos con las redes de monitoreo. Las bases de datos actualizadas se encuentran en los diferentes servidores y sistemas de almacenamiento de los OVS, a las cuales se les mantiene diferentes tipos de copias de seguridad dentro del Servicio Geológico Colombiano.

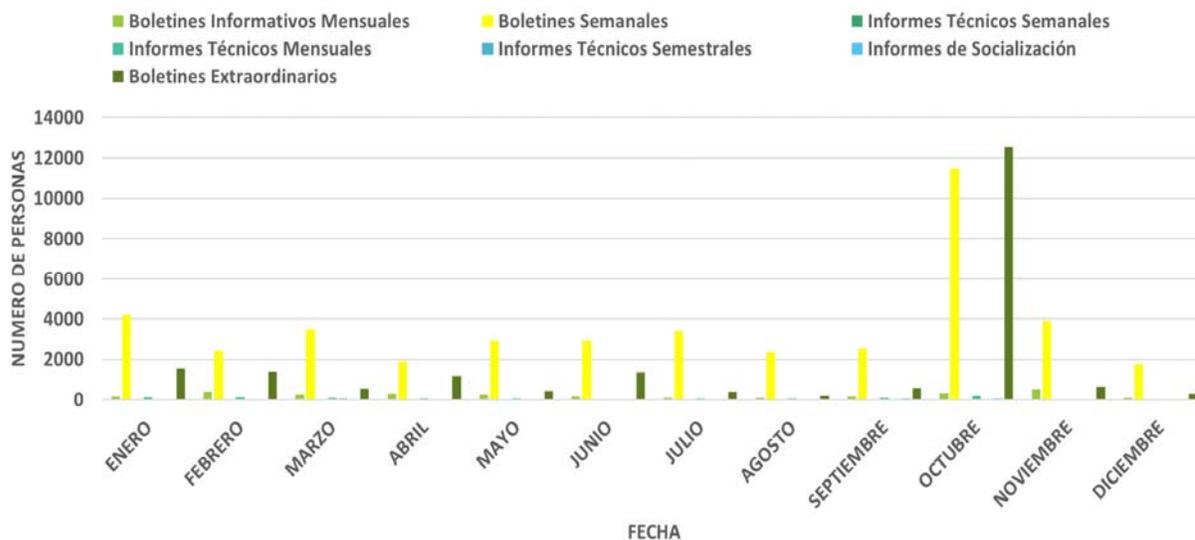


Figura 98. Número de visitas al portal web Enero-Diciembre de 2016.

En cuanto a la investigación científica, se avanzó en 69 investigaciones relacionadas con la actividad y el fenómeno volcánico. La Tabla 4 muestra las investigaciones adelantadas durante el 2016.

Tabla 4. Investigaciones científicas OVS-SGC 2016.

TITULO DE LA INVESTIGACION	AUTOR (ES)	Tipo de Informe	Tipo de PONENCIA/POSTER		EVENTO
OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE MANIZALES ENE-DIC/16					
Vapor Discharges On Nevado Del Ruiz During The Recent Activity: Clues On The Composition Of The Deep Hydrothermal System And Its Effects On Thermal Springs	Federico C. , Inguaggiato S. , Chacón Z, Londoño, J. M., Edwing Gil , Alzate D	Final			
Desgasificación difusa en el volcán Nevado del Ruiz : radón y co2	Zoraida Chacón Ortiz	Avance			
Flujo de Calor superficial y emisiones difusas de CO2 en el Volcán Cerro Machín.	Zoraida Chacón Ortiz	Final			
Ground deformation associated with the eruptions of Nevado del Ruiz volcano, Colombia on May 29 and June 30, 2012 and the subsequent activity	Milton Ordoñez, Cristian López y Maurizio Battaglia	Avance			The International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) (en preparación)
Nevado del Ruiz volcano: landforms, landscapes and scenes	Milton Ordoñez, Gloria P. Cortés, Cristian Mauricio López y Maurizio Battaglia	Avance			Chapter 1 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
History of eruptios	Marta Calvache y Gloria P. Cortés	Avance			Chapter 2 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Geology and tectonic context	Lilly Maritza Martínez, Luis Gerónimo Valencia, Julián Andrés Ceballos, Blanca Liliana Narváez, Bernardo Alonso Pulgarín, Ana María Correa, Sofía del Rosario Navarro, Hugo Fernando Murcia, Indira Zuluaga, Jesús Bernardo Rueda Y Natalia Pardo	Avance			Chapter 3 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Evolution of volcanic monitoring networks 1985-2016	Cristian Mauricio López, Milton Ordoñez, Zoraida Chacón, Julián Orlando Peña, Luis Fernando López, Ariel Geovany Portocarrero y Cesar Vega	Avance			Chapter 4 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Geodetic monitoring and studies: a clear correlation of the deformation with the increase of the activity	Milton Ordoñez, Cristian Mauricio López y Maurizio Battaglia	Avance			Chapter 5 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Seismic activity at the Nevado del Ruiz volcano (Colombia): A chronological analysis of the most recent volcanic cycle (2010 - 2016)	Castaño López, L.M; Acosta Muñoz, C; Galvis Arenas, B.E; García-Cano, L.C; López-Vélez, C.M	Avance			Chapter 6 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Geochemical monitoring and studies: hydrothermal fluids associated with the volcanic system	Zoraida Chacón, Claudia Patricia Duran y Leonel Correa	Avance			Chapter 7 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Current activity and conceptual model of Nevado del Ruiz Volcano 2010-2016	Cristian Mauricio López, Lina Constanza García, Beatriz Elena Galvis, Carolina Acosta, Lina Marcela Castaño, Milton Ordoñez, Zoraida Chacón y Gloria P. Cortés.	Avance			Chapter 8 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Hazard maps and modelling	Julián Ceballos, Lilly Martínez, Carlos Laverde, Ana María García, Indira Zuluaga, Ricardo Méndez, Carlos Muñoz, Gloria Patricia Cortés, Marta Calvache y Bernardo Pulgarín	Avance			Chapter 9 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Risk management, civil protection and the local society (Gloria Patricia Cortés).	Gloria P. Cortés y Leidy Castaño	Avance			Chapter 10 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Description of the tragedy after 30 years	Milton Ordoñez, Gloria P. Cortés, Cristian Mauricio López y Maurizio Battaglia	Avance			Chapter 11 Libro Nevado del Ruiz de la serie Active Volcanoes of the World de Springer (en preparación)
Definición de formulas de magnitud local para el CVCBCM	John M. Londoño	Final			
Definición de un modelo generalizado unidimensional de velocidad de ondas sísmicas para la zona del Paletará, Cauca	John M. Londoño, Julian Sánchez	Final			
Redefinición de fuentes sísmogénicas en el VNR. 2010-2016	John M. Londoño, Lina Marcela Castaño, Beatriz Galvis, Carolina Acosta.	Final			
Variación temporal de la atenuación de ondas sísmicas en la región del Volcán Puracé, Colombia.	John M. Londoño, Andrés Hernando Narváez, Diana Marcela Quintero	Final			
Determinación de Fórmula de Magnitud local para los Volcanes Chiles-Cerro Negro	Roberto Torres, John M. Londoño	Final			
Distribución espacial del valor-b en el sector del Valle medio del Magdalena	John M. Londoño	Final			
Modelo de Velocidad 1D de onda P para localización de sísmos en la Zona del Valle Medio del Magdalena, Colombia.	John M. Londoño, Francisco Muñoz, Sleyde Quintero.	Final			
Determinación de Fórmula de Magnitud local-Valle Medio del Magdalena (VMM)	John M. Londoño	Final			
Tomografía sísmica 4D para el Volcán Nevado del Ruiz	Hiroyuki Kumagai, John M. Londoño	Avance	X		
Nuestro Territorio Semilla de Vida	Tatiana Valencia Serna, Andrea Rodríguez Zuluaga, Gloria Patricia Cortés Jiménez, Leidy Johana Castaño Vasco	Final	X	X	Ponencia Universidad de Caldas y SGC como Tesis de Grado Poster en Cities and Volcanoes 9
Hilando Tejidos de Memoria Individual y Colectiva	Andrea Casallas Candelo, Andrea Rodríguez Zuluaga, Gloria Patricia Cortés Jiménez, Leidy Johana Castaño Vasco	Final	X	X	Ponencia Universidad de Caldas y SGC como Tesis de Grado Poster en Cities and Volcanoes 10
Conociendo el Riesgo Volcánico en mi territorio	Gloria Patricia Cortés Jiménez, Leidy Johana Castaño Vasco, Estefanía Erazo, Natalia Ortegón, Daniela Echavarría, Monica Vasquez	Avance			
Análisis sismotectónico en el Volcán Cerro Machín (VCM)	Castaño López, L.M; Londoño, J.M	Avance			
Análisis de la sísmicidad tipo LP en el Volcán Nevado del Ruiz, 2010 - 2016	García-Cano, L.C; López Vélez Cristian Mauricio	Final			
Actividad sísmica de los volcanes del Segmento Norte durante la crisis sísmica del volcán Nevado del Ruiz (Colombia) entre los años 2010-2015	García-Cano, L.C; Galvis Arenas, B.E; Acosta Muñoz, C; López-Vélez, C.M; Castaño López, L.M	Final	X		LAVAS IV
Relocalización de sísmos utilizando Hypo DD Volcán Nevado del Ruiz	López-Vélez, C.M; Prejban, S.G; Castaño-López, L.M; Acosta Muñoz	Avance	X		CoV9
30 YEARS OF MONITORING AND RESEARCH VOLCANIC ACTIVITY IN COLOMBIA: THE EXPERIENCE OF EARLY WARNINGS	Calvache M.L, López-Vélez, C. M; Cortes G. P; Gómez D.M; Agudelo A. P; Cadena O I. Santacoloma C	Avance	X		CoV9

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO DE POPAYAN ENE-DIC/16					
Comparison of lava dome volume calculations at Nevado del Huila volcano employing geometric shapes and oblique photogrammetry	Manzo, O.; Diefenbach, A.	Final		X	CoV9
Acercamiento a la dinámica tectónica local en el volcán Puracé mediante datos GNSS	Alpala, J.	Avance			
Análisis de posibles fuentes generadoras de eventos sísmicos tipo "Tornillo" en el volcán Puracé, Colombia.	Rosa Alpala, John Makario Londoño, Roberto Torres, Óscar Cadena.	Final			
Dinámica tectónica y volcánica en el volcán Puracé mediante GNSS y sismicidad.	Jorge Alpala	Avance			
Anomalías de gas radón asociadas a la sismicidad en la región volcánica Puracé, Colombia.	Luisa Meza, Rosa Alpala, Andrés Narváez, John Makario Londoño	Final			
Calculo De Mecanismos Focales De La Sismicidad Distal De Los Volcánes Puracé Y Sotara Y Su Relación Con Las Fallas Geológicas De La Zona.	Rosa Alpala, Carlos Ospina, John Makario Londoño	Final			
Catálogo de Eventos Sísmicos del volcán Puracé	Diana Quintero, Iván Corchuelo, Andrés Narváez, Julián Sánchez, Cristian Santacoloma	Final			
Fórmulas de Magnitud Local para la zona volcánica central de Colombia	Raigosa, J.; Londoño, J.	Final			
Cálculo del Efecto de Sitio para estaciones sísmicas del OVSP	Raigosa, J.	Final			
Divulgation and Communication strategy for social risk management, facilitating scenarios between NHV and Nasa educative community.	Narváez, A.; Agudelo, A.	Avance			CoV9
La mina de Azufre en las faldas del volcán Puracé. Una mirada al proceso de transformación e impacto al resguardo indígena de Puracé (Cauca, Col).	Agudelo A., Calvache M.	Avance			CoV9
Strategy for social appropriation of Geoscientific knowledge of communities living in the influence area of Purace volcano (Col).	Galarza, J.; Narváez, A.; Contreras, N; Monsalve, M.	Avance			CoV9
OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO DE PASTO ENE-DIC/16					
Modulo para exportar datos de la base de datos del Observatorio de Pasto	John Meneses Muñoz	Final			
Twenty years (1990 – 2010) of geodetic monitoring of Galeras volcano (Colombia) from continuous tilt measurements.	Lourdes Narváez, Dario Arcos, Maurizio Battaglia	Final			
Relación de ascenso de domos y el registro continuo de inclinómetros electrónicos en el volcán Galeras, entre 1990 y 2008	Lourdes Narváez Medina, Dario Fernando Arcos Guerrero, Maurizio Battaglia	Final			
Incremento de la medida unidimensional a bidimensional de campañas de EDM, mediante la ocupación de la Base con GPS	Dario Fernando Arcos Guerrero, Lourdes Narváez Medina	Final			
Tornillos en el Complejo Volcánico Cumbal (Colombia)	Oscar Ernesto Cadena Ibarra, Anita Patricia Ponce Villarea, Roberto Armando Torres Corredor, Diego Mauricio Gómez Martínez	Final	X		LAVAS 4
Modelo conceptual de la Laguna Verde del volcán Azufral basado en estudios hidrologicos e hidroquimicos	Viviana Burbano Ruales, Zoraida Chacón	Final			
Seismic Crisis At Chiles And Cerro Negro Volcanoes	Roberto Armando Torres Corredor, Oscar Ernesto Cadena Ibarra, Diego Mauricio Gómez Martínez, Mario Ruiz, Stephanie Prejean, John Lyons, Randall White	Final			
Intense seismic activity at Chiles and Cerro Negro volcanoes on the Colombian-Ecuador border	Roberto Armando Torres Corredor, Oscar Ernesto Cadena Ibarra, Diego Mauricio Gómez Martínez, Mario Ruiz, Stephanie Prejean, John Lyons, Randall White	Final	X		LAVAS 4
Flujos de SO2 del volcán Galeras 2004-2014, Colombia	Anita Patricia Ponce Villareal	Final			
Aportes desde la Geomática en la elaboración de los Mapas de Amenaza Volcánica	Carlos Muñoz Montoya	Final	X		* Seminario Hacia una Topografía moderna * XV Seminario Regional de Investigación Geográfica
Panorama de Riesgo del Volcán Galeras Aspecto Socioeconómico	Rafael Cárdenas	Final			
Batimetría de la Laguna de San Diego	Roberto Torres, Milton Ordoñez, Miguel Angel Beltrán, Camilo Matiz	Avance			
Batimetría de la Laguna del Otún	Roberto Torres, Milton Ordoñez	Avance			
Modelo de fuente de Tornillos del Volcán Puracé	Rosa Alpala, Roberto Torres	Avance			
Metodología para la aplicación del modelo de grieta en la estima de parámetros de fuente sísmica	Roberto Torres, Rosa Alpala	Avance			
Escala ML para los volcanes Chiles y Cerro Negro en la región de frontera Colombia-Ecuador	Roberto Torres, John Makario Londoño	Avance			
Determinación de los factores de amplificación de sitio para las estaciones de la red sísmica de los volcanes Chiles y Cerro Negro	Alvaro Guerrero, Roberto Torres	Final			
Propuesta técnico-económica para análisis y evaluación de riesgo en la región de influencia del complejo volcánico Galeras por caída de piroclastos transportados por el viento y flujos de lodo, en el marco de la sentencia T279 de 2015 de la Corte Constitucional (vulnerabilidad y riesgo)	Roberto Torres, Patricia Ponce, Carlos Laverde, Carlos Muñoz, Paola Narváez, Diego Gómez	Avance			
Discriminación de sismicidad volcánica y tectónica en el SGC-OVSP utilizando Redes Neuronales Artificiales.	John jairo Ramirez, Oscar Cadena	Final			
Caracterización parcial de la fuente de sismos tipo Tornillo en el volcán Cumbal utilizando frecuencias complejas	David Mosquera, Oscar Cadena	Final			
Cálculo de la dimensión fractal y el coeficiente de Hurst en la actividad sísmica del volcán Chiles	Robinson Salgado, Oscar Cadena	Final			
Posibles señales sismovolcánicas premonitorias de erupciones del volcán Galeras	Roberto Torres, Oscar Cadena, Diego Gómez	Final	X		LAVAS 4
Crisis sísmica relevante en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro, frontera Colombo-Ecuatoriana	Diego Gómez, Roberto Torres, Oscar Cadena, Stephanie Prejean, John Lyons, Mario Ruiz	Final	X		LAVAS 4
Long-term studies of El Verde crater lake at Azufral volcano, Colombia	Viviana Burbano Ruales, Gustavo Garzón	Final			
Geochemical processes occurring at "Laguna Verde" crater lake assessed by the behaviour of Rare Earth Elements. Acidic crater lakes are possible REE "reservoir"	Claudio Inguaggiato, Viviana Burbano Ruales, Dimitri Rouwet, Gustavo Garzón	Final			

Por otra parte, algunas de las investigaciones fueron presentadas en eventos académicos o publicados en revistas indexadas. La Tabla 5 presenta el listado de eventos en los que se participó con ponencias y la Tabla 6 presenta las publicaciones realizadas durante 2016.

Tabla 5. Participación con ponencias en eventos científicos 2016.

TITULO DE PRESENTACION	AUTOR (ES)	TIPO DE PRESENTACION	EVENTO
OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO DE MANIZALES ENE-DIC/16			
Deep source model and dome growth analysis for Nevado del Ruiz Volcano, Colombia, constrained by interferometric synthetic aperture radar and in-situ observations	Paul Lundgren, Sergey V. Samsonov, Cristian Mauricio López Velez, Milton Ordoñez, Pietro Milillo, Jacqueline Salzer	Oral	Cities on Volcanoes 9/Chile
Terrestrial Radar Interferometry and Structure-from-Motion data from Nevado del Ruiz, Colombia for improved hazard assessment and volcano Monitoring	Mel Rodgers, Tim Dixon, Cristian Lopez, Rocco Malservisi, Milton Ordonez, Jacob Richardson, Nick Voss y Suni Xie	Oral	American Geophysical Union fall meeting
Deep source model for Nevado del Ruiz Volcano, Colombia, constrained by InSAR observations	Paul Lundgren, Sergey V. Samsonov, Cristian Mauricio López Velez, Milton Ordoñez y Pietro Milillo	Poster	American Geophysical Union fall meeting
Deformation episodes and ash emissions at nevado del ruiz volcano, colombia	Milton Ordoñez, Cristian Mauricio López y Maurizio Battaglia	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
Nuestro Territorio Semilla de Vida	Tatiana Valencia Sema, Andrea Rodríguez Zuluaga, Gloria Patricia Cortés Jiménez, Leidy Johana Castaño Vasco	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
Hilando Tejidos de Memoria Individual y Colectiva	Andrea Casallas Candelo, Andrea Rodríguez Zuluaga, Gloria Patricia Cortés Jiménez, Leidy Johana Castaño Vasco	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
Recent volcanic activity at Nevado del Ruiz-Colombia	López-Vélez, C.M; García-Cano, L.C; Castaño López, L.M; Galvis Arenas, B.E; Acosta Muñoz, C; Ordoñez M; Chacón, Z; Cortes, G.P; Duran C	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
Relocalización de sismos utilizando Hypo DD Volcán Nevado del Ruiz	López-Vélez, C.M; Prejean, S.G; Castaño-López, L.M; Acosta Muñoz	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
Actividad sísmica de los volcanes del Segmento Norte durante la crisis sísmica del volcán Nevado del Ruiz (Colombia) entre los años 2010-2015	García-Cano, L.C; Galvis Arenas, B.E; Acosta Muñoz, C; López-Vélez, C.M; Castaño López, L.M	Oral	LAVAS IV
30 YEARS OF MONITORING AND RESEARCH VOLCANIC ACTIVITY IN COLOMBIA: THE EXPERIENCE OF EARLY WARNINGS	Calvache M.L, López-Vélez, C. M; Cortes G. P; Gómez D.M; Agudelo A. P; Cadena O I. Santacoloma C	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
RECENT VOLCANIC ACTIVITY AT NEVADO DEL RUIZ-COLOMBIA	López-Vélez, C. M1; García-Cano, L.C1; Castaño López, L.M1; Galvis Arenas, B.E1; Acosta Muñoz, C1; Ordoñez M; Chacón Z; Cortes G.P1; Durán C.1	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
Intercambio Binacional, Monte Rainer – Nevado del Ruiz: Estrategia de Cooperación Internacional que beneficia a la comunidades locales	Gloria Patricia Cortés, Jacqueline Montoya, Marta Calvache, John Ewert, Carolyn Driedger	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
Estrategias del Servicio Geológico Colombiano para la apropiación social del conocimiento geocientífico como una contribución al manejo exitoso del riesgo volcánico, el gran reto.	Gloria Patricia Cortés Jiménez, Marta Lucia Calvache Velasco, Diego Mauricio Gómez Martínez, Adriana del Pilar Agudelo, Cristian Mauricio López Velez	Poster	Cities on Volcanoes 9/Chile
La actividad del Volcán Nevado del Ruiz (Colombia) entre los años 2010-2015	López-Vélez, C. M1; García-Cano, L.C1; Galvis Arenas, B.E1; Acosta Muñoz, C1; Castaño López, Ordoñez M; Chacón Z; L.M1; Cortes G.P1; Londoño J.M 1	Oral	LAVAS IV

OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO DE POPAYAN ENE-DIC/16			
Calibración de cámaras de vigilancia volcánica.	(Ospina, C.; Narváez, A.; Corchuelo, I)	Poster	Congreso Nacional de Ingeniería Física 2016
Divulgation and Communication strategy for social risk management, facilitating scenarios between NHV and Nasa educative community.	(Narváez, A.; Agudelo, A.)		Cities on Volcanoes 9/Chile
La mina de Azufre en las faldas del volcán Puracé. Una mirada al proceso de transformación e impacto al resguardo indígena de Puracé (Cauca, Col).	(Agudelo A., Calvache M.)		Cities on Volcanoes 9/Chile
Strategy for social appropriation of Geoscientific knowledge of communities living in the influence area of Purace volcano (Col).	(Galarza, J.; Narváez, A.; Contreras, N; Monsalve, M.)		Cities on Volcanoes 9/Chile
Proceso de reactivación del volcán Nevado del Huila 2007-2010	Raigosa, J.; Santacoloma, C.	Oral	LAVAS IV
Tarjeta amplificadora para la adaptación de la digitalización de los sistemas sismológicos de corto período	Oliveras, N.	Poster	LAVAS IV
Estación Multiparámetro	Oliveras, N.	Poster	LAVAS IV
OBSERVATORIO VULCANOLOGICO Y SISMOLOGICO DE PASTO ENE-DIC/16			
Avances del proyecto SATREPS Galeras	Roberto Torres, Oscar Cadena	Oral	Reunión SATREPS Manizales
Posibles señales sismovolcánicas premonitorias de erupciones del volcán Galeras	Roberto Torres, Oscar Cadena, Diego Gómez	Oral	LAVAS IV
Tornillos en el complejo volcánico Cumbal - Colombia	Oscar Cadena, Patricia Ponce, Roberto Torres, Diego Gómez	Oral	LAVAS IV
Crisis sísmica relevante en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro, frontera Colombo-Ecuatoriana	Diego Gómez, Roberto Torres, Oscar Cadena, Stephanie Prejean, John Lions, Mario Ruiz	Oral	LAVAS IV
Evolución sísmica de crisis eruptivas del volcán Galeras y un modelo de estructura interna	Roberto Torres	Oral	LAVAS IV
A simple approach to quantify track geometry and fluid properties at the long-period seismic source	Kiniko Taguchi, Giroyuki Kumagai, Yuta Maeda, Roberto Torres	Oral	American Geophysical Union fall meeting
Aportes desde la Geomática en la elaboración de los Mapas de Amenaza Volcánica	Carlos Muñoz	Oral	* Seminario Hacia una Topografía moderna * XV Seminario Regional de Investigación Geográfica
Experiencias del Servicio Geológico Colombiano con comunidades educativas indígenas del Municipio de Cumbal, como una contribución a la apropiación social del conocimiento geocientífico.	Diego Mauricio Gómez Martínez, Paola Narváez Obando		Cities on Volcanoes 9/Chile

Tabla 6. Trabajos publicados o sometidos a publicación durante 2016 en revistas indexadas.

TITULO DE LA PUBLICACIÓN	REVISTA/JOURNAL	AUTOR (ES)
Retrieval of absolute SO ₂ column amounts from scattered-light spectra Implications for the evaluation of data from automated DOAS Networks	Atmospheric Measurements Techniques	Peter Lübcke, Johannes Lampel, Santiago Arellano, Nicole Bobrowski, Florian Dinger, Bo Galle, Gustavo Garzón, Silvana Hidalgo, Zoraida Chacón Ortiz, Leif Vogel, Simon Warnach, and Ulrich Platt
New Magmatic Signals at Cerro Machin Volcano (Colombia)	En proceso de publicación	Salvatore Inguaggiato, John Makario Londoño, Zoraida Chacón, Marcello Liotta
Deep source model for Nevado del Ruiz Volcano, Colombia, constrained by InSAR observations	Geophysical Research Letter	Paul Lundgren, Sergey V. Samsonov, Cristian Mauricio López Velez y Milton Ordoñez
Evidence of recent deep magmatic activity at Cerro Bravo-Cerro Machin-complex, central Colombia. Implications for future volcanic activity at Nevado del Ruiz, Cerro Machin and other volcanoes	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 324 (156-16), 2016	John M. Londoño
Geochemical processes occurring at "Laguna Verde" crater lake assessed by the behaviour of Rare Earth Elements. Acidic crater lakes are possible REE "reservoir"	Chemical Geology	Claudio Inguaggiato, Viviana Burbano, Dmitri Rouwet, Gustavo Garzón
Deformation, seismicity and magma intrusion at Sotará volcano (Colombia) from 2008 to 2013	Journal of Volcanology and Geothermal Research	Alpala Jorge, Alpala Rosa y Battaglia Maurizio
Using Landsat Images for the estimation of thermal anomalies and its relationship with the seismicity of the Nevado del Huila Volcano [2004-2013]	Journal of Volcanology and Geothermal Research	Alpala Jorge, Montenegro Susana

Otra actividad que se realizó, fue la participación en reuniones de trabajo, asesorías y cursos, etc. La Tabla 7 resume dichas actividades.

Tabla 7. Participación en reuniones de trabajo, asesorías y cursos 2016.

Evento	Lugar	Fecha	Instructor / Coordinador
Reunión Técnica para la interpretación y modelación Geoquímica de Fluidos hidrotermales y Magmáticos	Bogotá	Septiembre 13 al 17	Dr. Salvatore Inguaggiato
Sistema Comando de Incidentes	Manizales	Mayo 31 y Junio 1	Cruz Roja Colombiana, USAID/OFDA
Taller avanzado de procesamiento GPS	Pasto	Marzo 12-17	Maurizio Battaglia
Taller InSAR proyecto Strega	Pasto	Septiembre 4-10	Grupo STREVA-Universidad de Bristol
LAVAS 4	Puerto Vallarta - México	Enero 15 a 30	Randall White
Tendencias y buenas prácticas en gestión de la información Geográfica	Cali - Valle del Cauca	Noviembre 18 de 2016	María de las Mercedes Romero Agudelo
Discusión sobre freatomagmatismo y vulcanismo Monogenético	Bogotá y Tolima	Octubre 11 a 22 de 2016	Karoly Nemeth
Entrenamiento dado al grupo de neotectónica del SGC sobre el Método de Inversión MIM utilizando mecanismos focales.	Bogotá	Octubre 11 al 13	Castaño-López; L.M.

Dentro de las labores de monitoreo se procesaron un gran número de señales sísmicas y demás datos provenientes de las redes de monitoreo e investigación volcánica como geoquímica, geodesia y geofísica.

El grupo de TICs de los OVS-SGC realizó actividades que ofrecieron acceso desde Internet a aplicaciones web, las cuales son utilizadas para el monitoreo volcánico. Anteriormente dichas aplicaciones solo eran accesibles desde instalaciones del Servicio Geológico Colombiano. Adicionalmente se integraron nuevas aplicaciones web que complementaron las ya existentes y se encuentra en desarrollo nuevos aplicativos enfocados al mejoramiento continuo del monitoreo e investigación volcánica en el país, con el fin de incorporarlas al sistema GEODATA, facilitando el diagnóstico de la actividad volcánica. Adicionalmente se está estandarizando algunas aplicaciones

web, con el fin de tener una plataforma que permita mostrar datos de toda la actividad volcánica del país.

Durante el 2016 se implementaron cambios en la infraestructura tecnológica para mejorar la mejorar la calidad de comunicaciones y tolerancia a fallos, la implementación más importante corresponde a la WiFi institucional, copias de seguridad con la plataforma institucional de EMC, cambio e instalación de nuevos dispositivos de conexión para la LAN, y el mejoramiento de equipos y conexiones eléctrica

Socialización y apropiación del conocimiento geocientífico del Servicio Geológico Colombiano-OVS

Las actividades de apropiación social del conocimiento geocientífico son vitales y de gran relevancia para la entidad, pues a través de ellas, el conocimiento científico cumple un papel social y se convierte en insumo importante en la gestión del riesgo y prevención de desastres volcánicos en el país. Permite además la permanente interacción con las comunidades y autoridades de las regiones, de suma importancia para garantizar la continuidad de los procesos y de la presencia del SGC en las regiones.

Servicio Geológico Colombiano Manizales (SGC-OVSM)

Durante el mes de marzo de 2016, el Servicio Geológico Colombiano en su sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, contó con la visita del Liceo Francés de Pereira, la Universidad Industrial de Santander y el Sena sede Risaralda, para un total de 124 usuarios de los servicios del SGC bajo la modalidad de Visita Guiada. Adicionalmente la coordinación del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales participó en reunión interinstitucional con la Secretaría de Ambiente y Gestión de Riesgo del Tolima, y la socialización de resultados de la investigación llevada a cabo por el proyecto Streva, así como los vídeos asociados a la misma donde los protagonistas fueron las comunidades, en del departamento de Caldas en el municipio de Villamaría en las veredas La Laguna, Nuevo Río Claro y Nueva Primavera y en Armero Guayabal del departamento del Tolima.

Comprometidos con la Gestión de Riesgo, y por invitación de la Alcaldía de Manizales, se participa en talleres sobre Conocimiento del Riesgo, con el objeto de culminar el Plan de Gestión de Riesgo del municipio armonizado con la Ley 1523 y el Plan Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres del 2015 al 2025.

Como resultado del ejercicio de reporte y el compromiso de las comunidades con quienes se establecen dichos lazos, se invita nuevamente al Servicio Geológico Colombiano y su grupo de trabajo del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, a la actividad denominada Semana de la Prevención, promovida por el Colegio Nuestra Señora de la ciudad de Manizales, semana en la cual, la comunidad educativa promueve ejercicios informativos prácticas preventivas en torno a la gestión integral del riesgo, no solo para el plantel sino también para la vida diaria de sus estudiantes y familias.

Allí el SGC – OVSM compartió con los estudiantes el proceso de monitoreo volcánico, así como la formación y características generales de los volcanes activos, especialmente aquellos

pertenecientes al complejo norte del país monitoreados desde Manizales, con énfasis en el Volcán Nevado del Ruiz, quien por su nivel de actividad y cercanía con la ciudad, genera gran interés en las diferentes comunidades.

Los proyectos sociales pilotos ejecutados en las Instituciones Educativas Nuestra Señora del Rosario sede ASPAR y Fortunato Gaviria Botero, denominados “Nuestro Territorio Semilla de Vida” e “Hilando Tejidos de Memoria Individual y Colectiva” respectivamente, continuaron con sus encuentros habituales fortaleciendo el conocimiento del territorio y la gestión del riesgo volcánico con las comunidades educativas, buscando el empoderamiento de los participantes y la réplica de la información a sus familias.

Durante los días 13, 14 y 15 de abril, fue socializado con el consejo municipal de gestión de riesgo de desastres, el nuevo mapa de amenaza del Volcán Nevado del Ruiz y hacer entrega oficial del mismo, aclarando dudas y fortaleciendo los lazos institucionales en la región.

Desde el año 2013 el Servicio Geológico Colombiano, a través de la Dirección de Geo-amenazas, en conjunto con el Servicio Geológico de Estados Unidos con el apoyo de USAID/OFDA lideran la estrategia de cooperación denominada “Intercambio Binacional Colombia – Estados Unidos: Volcanes Nevado del Ruiz – Monte Rainier”. Para la primera fase del año 2016 en Colombia, el objetivo fue el papel de los profesores de enseñanza básica y secundaria en la gestión del riesgo y la importancia de los centros de interpretación en los procesos de apropiación social del conocimiento científico.

Se adelantó un taller en las ciudades de Manizales y Mariquita con los docentes que ejercen su labor en el área de influencia del Volcán Nevado del Ruiz en los departamentos de Caldas y Tolima, se dio a conocer el objetivo del Intercambio Binacional resaltando la labor de los docentes y su importancia en la gestión de riesgo, se compartieron aprendizajes sobre la metodología pedagógica implementada en Estados Unidos, por medio de ejercicios prácticos, motivando la exploración y adopción de nuevos modelos a la hora de enseñar sobre las ciencias de la tierra y la gestión de riesgo volcánico, así mismo se entregó información general sobre la historia vulcanológica en Colombia y se dio a conocer la nueva versión del Mapa de Amenaza del Volcán Nevado del Ruiz.

En torno a los centros de interpretación, se propiciaron los espacios necesarios para la presentación e interacción de los diferentes actores involucrados en el tema, tanto a nivel nacional como de la delegación americana, dando a conocer el plan inicial de Parques Nacionales Naturales, y abriendo la puerta al fortalecimiento del mismo desde los conocimientos y experiencias de los visitantes. Como parte de la actividad central, también se dispuso de un momento para compartir con los comunicadores sociales y periodistas de la región, sobre su importante labor e impacto en la gestión de riesgo volcánico en las diferentes comunidades.

Durante el mes de mayo de 2016 la sede del Servicio Geológico Colombiano en su Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, presentó un importante aumento en su estrategia de visitas guiadas, recibiendo un total de 376 personas, distribuidas en 13 grupos entre colegios y universidades de diferentes regiones del país, realizando su visita por primera vez el Colegio Divina Providencia de la ciudad de Manizales, la Universidad Católica de Oriente, Universidad Cooperativa de Colombia y Universidad de Pamplona.

Con el objeto de retroalimentar los procesos lúdico – pedagógicos de los proyectos sociales Nuestro Territorio Semilla de Vida e Hilando Tejidos de Memoria Individual y Colectiva, con las Instituciones

Educativas Nuestra Señora del Rosario y Fortunato Gaviria Botero respectivamente, ambas pertenecientes al municipio de Villamaría Caldas, y ubicadas en zona de alto riesgo frente a una posible erupción del Volcán Nevado del Ruiz, se realizan encuentros previos con ambos grupos poblacionales los días 19 y 23 de mayo, fortaleciendo conocimientos básicos e históricos sobre el volcán y sus experiencias, para compartirlas en un encuentro entre ambos procesos el día 24 de mayo.

El mes de junio de 2016 se realizó el cierre de las prácticas académicas de Trabajo Social, que se realizan en alianza entre el Servicio Geológico Colombiano y la Universidad de Caldas con su área de Ecología Social, los cuales fueron llevados a cabo por un año y medio en el municipio de Villamaría – Caldas, en instituciones educativas donde se encuentran poblaciones ubicadas en zonas de alto riesgo frente a posibles erupciones del Volcán Nevado del Ruiz.

El 17 de junio se realizó presentación de la actualización del Mapa de Amenaza del Volcán Nevado del Ruiz en el municipio de Herveo – Tolima donde se reunió el Consejo Municipal de Gestión de Riesgo y conoció los cambios del mapa y los fenómenos asociados a la región. Igualmente el 23 de junio se realiza la jornada de actualización en el Consejo Municipal de la ciudad de Manizales.

Durante el mes de julio el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales recibió en sus instalaciones los días 15 y 22 un grupo de personas voluntarias de la Defensa Civil y funcionarios de la DIAN Manizales pertenecientes a la brigada de seguridad de la institución, quienes conocieron el proceso llevado a cabo por el equipo humano del SGC para el monitoreo volcánico y el estado actual del Volcán Nevado del Ruiz.

Como integrante del Comité Regional de Gestión de Riesgo del sector educativo, el cual es precedido por la Secretaría de Educación del departamento de Caldas, el SGC por medio de su OVSM participó en el encuentro mensual con el objeto de conocer el trabajo en torno a procesos educativos en Gestión de Riesgo que adelantan las instituciones que conforman el comité, en esta ocasión se contó con la participación de la secretaria de educación del departamento y del municipio, representantes del Instituto de Bienestar Familiar, Unidad Departamental para la Gestión de Riesgo de Desastres de Caldas, Unidad de Gestión de Riesgo de la Alcaldía de Manizales, Universidad Autónoma de Manizales, y las secretarías de educación mencionadas anteriormente, brindando un panorama más amplio de hacia donde se pueden dirigir las acciones del comité.

En el marco del proyecto “Formulación, validación e implementación de una estrategia de comunicación del riesgo por amenaza volcánica en Colombia, convenio No 9977-PPAL – 001-340-2016” se da inicio a la presentación del mismo en los municipios de Villamaría, Palestina y Chinchiná, pertenecientes al departamento de Caldas, y Armero Guayabal, Líbano, Ambalema, Fresno, Herveo y Honda del departamento del Tolima. Dichos talleres fueron llevados a cabo con la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD), la Unidad Departamental para la Gestión de Riesgo de Desastres de Caldas (UDEGER), el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) y el Servicio Geológico Colombiano a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales.

Gracias al proyecto promovido por USAID/OFDA denominado “Intercambio Binacional Colombia - Estados Unidos: Volcanes Nevado del Ruiz – Monte Rainier”, entre el 22 y 31 de julio, una delegación colombiana visita el estado de Washington en los Estados Unidos para participar como actividad principal en el “Taller para Profesores de Escuela Intermedia” que se realiza cada año en el marco

del programa “Viviendo con un Volcán en tu Jardín” en el Parque Nacional Monte Rainier, bajo la coordinación de científicos del Servicio Geológico de Estados Unidos y educadores del Parque.

El trabajo interinstitucional se constituye como una estrategia de alto impacto a la hora de mostrar solidez y confianza a las comunidades, por ello el mes de agosto de 2016, para la divulgación de la gestión de riesgo volcánico en el departamento de Caldas frente al Volcán Nevado del Ruiz, se trabajó conjuntamente con la Unidad Departamental para la Gestión de Riesgo de Desastres, Parque Nacional Natural Los Nevados, Cruz Roja, cuerpo Oficial de Bomberos y Defensa Civil, todas pertenecientes al municipio de Villamaría, así como su Alcaldía municipal por medio de la División de Gestión de Riesgo. La jornada laboral programada consistió en una actualización del censo del año 2012, de aquellas personas que habitan en las cercanías del Volcán Nevado del Ruiz y explicar su ubicación en el mapa de Amenaza del mismo, cuya última versión se lanzó durante el mes de noviembre del año 2015 en el marco de la conmemoración de los 30 años de la erupción del volcán en 1985. Se evidenció en dicho trabajo la necesidad de un acompañamiento constante a dichas familias, ya que las condiciones del territorio dificultarían una evacuación rápida, y una comunicación efectiva, así mismo se resalta la interdisciplinariedad de los diferentes equipos, compromiso y disposición.

Continuando con la estrategia de visitas guiadas a la regional de Manizales, para el reconocimiento de la labor realizada por las personas del Servicio Geológico en términos de monitoreo volcánico, se contó para el mes de agosto con la presencia de 48 personas pertenecientes a la Institución Educativa Monseñor Ramón Arcila de Carmen de Viboral Antioquia y la Universidad Industrial de Santander, igualmente el equipo se desplazó a las instalaciones de la Universidad de Caldas y el Banco de la República en su sede Manizales, para dar a conocer datos importantes y relevantes de la historia del Volcán Nevado del Ruiz y su estado actual. En estas jornadas participaron los estudiantes del área de internacionalización de la Universidad y sociedad civil bajo la modalidad del servicio de Formación Ciudadana implementado por el Banco, para un total aproximado de 45 personas.

Durante el mes de septiembre de 2016, el Servicio Geológico Colombiano recibió en su sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales un grupo de estudiantes del SENA regional Risaralda, el Colegio Anglohispano de la ciudad de Manizales y la Universidad Tecnológica de Pereira, para un total de 60 visitantes, quienes recibieron información general sobre el monitoreo volcánico y recorrieron las instalaciones, conociendo los equipos y programas que se emplean para tal misión.

Durante el mes de octubre de 2016, el Servicio Geológico Colombiano, a través de su Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, realizó jornadas de socialización del riesgo volcánico del Nevado del Ruiz en la ciudad de Manizales para la brigada de seguridad de la empresa Millán y Asociados Propiedad Raíz S. A. S y para el equipo de guarda parques de la CHEC, en conjunto con la Unidad Departamental para la Gestión de Riesgo de Desastres, los días 8 y 14 de octubre respectivamente.

La estrategia de visitas guiadas contó con 4 momentos los días 16, 26, 27 y 29 de octubre con la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI), Universidad de Medellín y su programa de Ingeniería Ambiental, Asistentes al Primer Encuentro UNESCO de Energía Geotérmica en Europa y las Américas y la Universidad Militar Nueva Granada con su programa de Administración de Empresas.

Asecivil, la Asociación de Estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional sede Manizales, fue el organizador del tercer Pleno Nacional de Delegados de la Asociación Nacional de Estudiantes de ingeniería Civil – ANEIC, en cuya jornada académica denominada “Vulnerabilidad ante los Riesgos Naturales, contó con la participación del Servicio Geológico Colombiano dando a conocer la interdisciplinariedad requerida para el monitoreo volcánico y las estrategias de socialización o apropiación social del conocimiento.

La “Semana de Ciencias de la Tierra”, que es impulsado por la Asociación Americana de Geólogos del Petróleo (AAPG), Región Latinoamérica y el Caribe, y que en Colombia está siendo liderado por la Sociedad Colombiana de Geología (SCG), la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo (ACGGP), el Servicio Geológico Colombiano (SGC), la Corporación Geológica ARES y la empresa Roca Corazones y Afloramientos.

La comunidad geocientífica internacional ha tomado la tarea de comunicar a la sociedad las implicaciones de vivir en este planeta dinámico, conocer los riesgos y oportunidades naturales que la rodea y entienda algunos fenómenos socio-ambientales presentes en su entorno. Estos impactan las comunidades y es fundamental contar con conocimientos para contribuir a su desarrollo de manera sostenible y con responsabilidad ambiental.

El Servicio Geológico Colombiano fue sede de dicha jornada para los días 19, 20 y 21 de octubre de 2016, donde profesionales de los Observatorio Vulcanológicos del SGC apoyaron con una muestra de equipos, plenarias y juegos el monitoreo volcánico que se realiza en el país, en la jornada participaron 100 estudiantes de secundaria de los grados noveno, décimo y undécimo, divididos en 5 grupos de 20 personas. Dentro de los objetivos del evento, se encuentra que las actividades permitan crear en los estudiantes un gusto e interés por el estudio de la Ciencia y a los profesores de ciencias, acercarlos al fascinante mundo de las geociencias, con actividades que despertarán su curiosidad por comprender los diferentes fenómenos geológicos que tienen lugar en nuestro planeta.

Se realiza el mes de noviembre el habitual Observatorio Itinerante en los municipios de Armero Guayabal y Murillo, pertenecientes al departamento del Tolima, los cuales contaron con una asistencia aproximada de 530 personas, que conocieron el quehacer misional desde el monitoreo volcánico del complejo norte del país.

Servicio Geológico Colombiano Popayan (SGC-OVSP)

En el área de Apropiación Social del Conocimiento se logró la realización de importantes actividades enfocadas a grupos sensibles como es el caso de la estrategia de apropiación del conocimiento sobre riesgo volcánico para instituciones educativas en el área de influencia del volcán Nevado del Huila, diseñada y ejecutada entre el SGC y la Corporación Nasa Kiwe, con importantes resultados tanto en la zona de Páez (Cauca), así como en diversos municipios del departamento del Huila. Así mismo, se participó en importantes eventos como la Ruta de Intercambio en torno a la Gestión del Riesgo y Resiliencia en la zona de Paéz (zona de influencia del VNH), realizada por la Organización Procasur y las Naciones Unidas, con participantes de la región Caribe, el SGC – OVSP y la Corporación Nasa Kiwe.

Servicio Geológico Colombiano Pasto (SGC-OVSP)

Durante el 2016, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) a través de su Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP), mantuvo el proceso relacionado con la apropiación social del conocimiento correspondiente a los temas de la actividad volcánica y las amenazas, en relación con los volcanes del Segmento Sur del País monitoreados desde este Observatorio (Chiles, Cerro Negro, Cumbal, Azufral, Galeras, Doña Juana y Las Ánimas), lo cual se realiza a través de actividades de socialización como: difusión de información en la página WEB; presentación de charlas sobre actividad y amenaza volcánica a diferentes actores de la sociedad; asistencia a reuniones con autoridades, entidades y organizaciones del orden local, regional y nacional; participación en eventos técnico-científicos, atención a grupos con visitas guiadas y realización de observatorios abiertos o itinerantes.

La socialización de la información sobre actividad volcánica y amenazas volcánicas, se realizó mediante visitas guiadas o atención personalizada en el OVSP, asistencia a reuniones con la comunidad de los municipios de la zona de influencia de los Volcanes del Segmento Sur de Colombia, autoridades e instituciones de la región, representantes de la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD), Consejos Regional y Locales de Gestión del Riesgo de Desastres. Igualmente, se mantuvo la participación desde la coordinación del OVSP en reuniones o procesos convocados por la Administración del Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres de Nariño y se inició el proceso con el Consejo Departamental del Putumayo.

Para el primer semestre del año y dando cumplimiento a la Sentencia T-269 de 2015 de la Corte Constitucional, el Servicio Geológico Colombiano, entregó la actualización del mapa de amenaza volcánica del Volcán Galeras. Para dar a conocer los alcances del mismo se inició la socialización con dos reuniones, el día 27 de enero de 2016, con el CDGRD - Nariño y CMGRD – Pasto, contando con la participación por parte del Servicio Geológico Colombiano de la Dra. Marta Calvache, Directora de Geoamenazas, del grupo de trabajo que participó en la obtención del mapa, funcionarios y contratistas del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto. Por parte de las autoridades municipales Departamentales estuvo presente el señor Gobernador de Nariño y representantes de su gabinete, así como también del señor Alcalde del municipio de Pasto, representantes de la Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, algunos alcaldes de los municipios de la zona de influencia del volcán Galeras y representantes de las instituciones del orden departamental y municipal vinculadas a Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Es así que continuando con el trabajo de socialización de la actualización del mapa de amenaza volcánica de Galeras se realizaron reuniones hacia la parte institucional (IGAC, Parques Nacional, Programa de Gestión Integral del Riesgo de Nariño, Alcaldía de Sandoná, Cruz Roja Internacional y medios de comunicación.

Siguiendo con lo ordenado en la Sentencia T-269 de 2015 de la Corte Constitucional, el Servicio Geológico Colombiano participó en reuniones relacionadas con el Plan Integral de Gestión del Riesgo de Desastres, con participación de instituciones del CDGRD y otras entidades.

De otro lado y en respuesta a requerimiento del Magistrado Calvachi, en relación con la Acción Popular 2015 – 0607, desde la Coordinación del SGC-OVSP se ha venido participando en una serie de mesas técnicas, en las cuales el SGC realiza un papel asesor y orientador a la Alcaldía de Pasto y a CORPONARIÑO (vinculados al Proceso), en relación con la amenaza volcánica de Galeras y el tema de socavones en la ciudad de Pasto por explotación de minas de arena. El 25 de octubre el Sr. Magistrado convocó a audiencia, sin embargo, dado que no se dio pacto de cumplimiento entre todas las partes involucradas, el Magistrado convocó a una nueva audiencia el 28 de noviembre, y

dado que nuevamente no se llegó al pacto final, particularmente por la posición de la UNGRD, el Magistrado otorgó un plazo de 10 días hábiles a esta entidad para que revise su planteamiento y seguramente se tendrán nuevas manifestaciones o pronunciamientos por parte del Magistrado.

Para el mes de julio, se iniciaron las primeras aproximaciones con las autoridades civiles e indígenas del Municipio de Cumbal, escogido con centro focal para el desarrollo de un proyecto de estrategias de comunicación del riesgo volcánico, que se firmó entre el Servicio Geológico Colombiano (SGC), la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). Estas reuniones fundamentalmente buscaron ratificar la convocatoria hecha por la UNGRD, la Administración del CDGRD y la Administración Municipal. Para el mes de agosto se está programando entonces la primera reunión en la que el SGC y la UNGRD socializarán el proyecto, los alcances y se busca llegar a concretar con los asistentes detalles del desarrollo del mismo. Este proyecto que se desarrollará en 4 Departamentos de Colombia (Caldas, Tolima, Cauca y Nariño), tendrá una duración de 18 meses y su enfoque será fundamentalmente participativo, y en el caso de Cauca y Nariño, con una visión especial hacia las comunidades indígenas que residen en las regiones volcánicas activas.

Dentro de las actividades de apropiación social del conocimiento que realiza de manera regular el SGC-OVSP en las zonas de influencia de los diferentes volcanes del Segmento Sur de Colombia, se trabajó el tema del Observatorio Móvil o Itinerante, visitando instituciones educativas tanto públicas como privadas de Municipios como: Cumbal, La Cruz, Túquerres, La Florida, Ipiales y Tablón de Gómez; proceso que permitió llegar a cerca de 6000 estudiantes y profesores de cerca de 11 instituciones educativas de la región.

En la Figuras 10 y 11 se observa el número de visitantes y personas guiadas por los OVS del Servicio Geológico Colombiano durante algunas de las jornadas enfocadas a la apropiación social del conocimiento geocientífico.

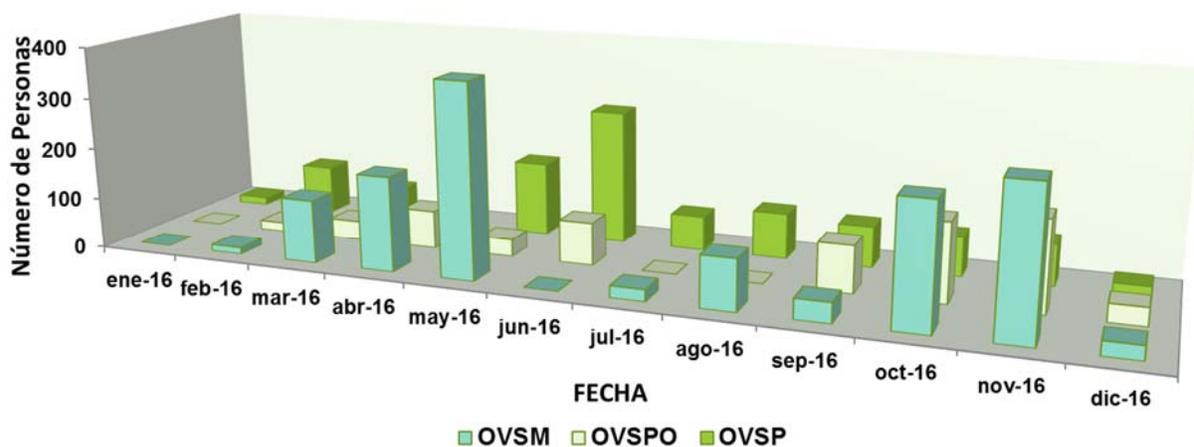


Figura 99. Número de visitantes y personas guiadas por los OVS entre enero y diciembre de 2016 en las instalaciones del SGC. OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto

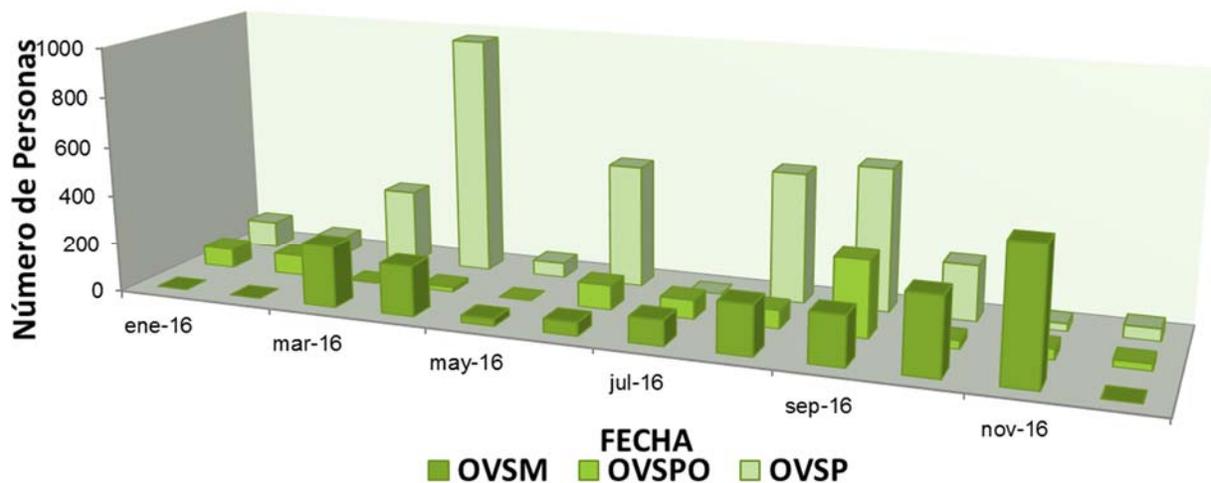


Figura 100. Número de visitantes y personas guiados por los OVS entre enero y diciembre de 2016 fuera de las instalaciones del SGC. OVS: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales OVSM: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán y OVSP: Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.

Metas y Retos 2017.

- Potenciar las técnicas básicas de monitoreo volcánico (sismología, geodesia, geoquímica), con miras a obtener mejores análisis de la información, así como continuar con la ampliación de las redes de monitoreo volcánico, realizando especial énfasis en estructuras volcánicas activas que tienen una vigilancia mínima.
- Instrumentar nuevas estructuras volcánicas con el fin de aumentar la cobertura en la vigilancia volcánica en el país, mejorando la gestión de riesgo volcánico en Colombia.
- Continuar con la estandarización de las bases de datos de los 3 OVS del Servicio Geológico Colombiano, con miras a la creación de una base de datos robusta de las diferentes direcciones del Servicio Geológico Colombiano que pueda ser utilizada por funcionarios de la entidad y personal externo, con el fin de mejorar y optimizar el diagnóstico e investigación de la actividad volcánica en Colombia a través de aplicaciones web en diferentes temáticas.
- Continuar con el proceso de Metrología del Servicio Geológico Colombiano, con el fin de mejorar el sistema de calidad y medición de la entidad.

IMPLEMENTACIÓN RED NACIONAL DE ESTACIONES PERMANENTES GEODÉSICAS SATELITALES GPS PARA ESTUDIOS E INVESTIGACIONES GEODINÁMICAS EN EL TERRITORIO NACIONAL.

Con el propósito de avanzar en el conocimiento de la geodinámica en el territorio colombiano, el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales adscrito a la Dirección de Amenazas Geológicas del Servicio Geológico Colombiano, viene desarrollando el Proyecto *“Implementación Red Nacional de Estaciones Geodésicas GNSS con propósitos geodinámicos”*, más conocido como GeoRED, proyecto de investigación orientado a determinar el estado de deformación de la corteza terrestre en el territorio colombiano, entender la interacción de las placas tectónicas que convergen en la esquina noroccidental de Suramérica, establecer la cinemática a lo largo de las fallas activas, realizar estudios y análisis de fenómenos de subsidencia, diapirismo, movimientos en masa entre otros. Si bien es cierto que su principal propósito es adelantar estudios en la Tierra sólida, es al mismo tiempo de gran importancia para el desarrollo de otras investigaciones relacionadas con la Tierra Atmosférica y la Tierra Líquida.

Se establece por tanto el gran impacto de la geodesia espacial dentro y fuera de la entidad, al proporcionar información nueva, relevante, acerca del estado actual de la deformación de la corteza terrestre, generando modelos que tienen aplicación en otros campos de estudio de la entidad así como por investigadores nacionales e internacionales. Se proporciona además información útil para abordar otras investigaciones a partir de las señales provenientes de las constelaciones que comprenden el concepto GNSS, en diversos frentes temáticos con propósitos múltiples, así como apoyo a la comunidad geodésica de usuarios bajo el concepto de obtener posiciones expresadas bajo un mismo marco global. De esta forma, los recursos del Estado destinados a una infraestructura geodésica nacional con un propósito específico, administrados por el Servicio Geológico Colombiano, brindan datos e información a usuarios de diversa índole, de manera gratuita.

El proyecto en mención tiene el apoyo de instituciones internacionales tales como NASA, JPL-CALTECH, UNAVCO, Corporación Universitaria de Investigaciones Atmosféricas-UCAR, y Universidades de Carolina del Sur, Alaska, Colorado, Pensilvania, Boston College de Estados Unidos; Universidad de Nagoya en Japón; Centro Internacional de Física Teórica de Trieste, Italia; y Laboratorio de Análisis de Geodesia Espacial y Terrestre-SEGAL de la Universidad del Interior de Beira y el Instituto Geofísico Infante D. Luiz. Participa además en proyectos internacionales soportados por el IGS (International GNSS Service), Agencia Japonesa de Cooperación Internacional-JICA, Agencia Espacial de Japón-JAXA, y Fundación Nacional de la Ciencia-NSF de Estados Unidos, entre otros.

En Colombia, se ha contado con el afortunado apoyo de entidades gubernamentales del orden nacional, departamental y municipal tales como la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil, Fuerza Aérea Colombiana, Armada Nacional, Dirección General Marítima-DIMAR, Universidades Nacional, Valle (Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente Colombiano), y Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Empresa Hidroeléctrica de Urrá, Empresas Públicas de Medellín, Municipio de Guicán (Boyacá), Gobernación de Boyacá, Municipio de Puerto Inírida (Guainía), INFICALDAS, Gobernación de Caldas, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y Departamento Administrativo de Catastro Distrital de Bogotá. Igualmente se ha contado con el valioso concurso de entidades de orden privado tales como el Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT en Palmira, Empresa de Energía Eléctrica del Pacífico-EPISA (Hidroeléctrica de Anchicayá), Grupo Empresarial ARGOS, Salinas de Galerazamba, Cerrejon S.A., PROACTIVA Aguas de Tunja S.A. E.S.P., HOCOL S.A., y entidades del sector azucarero (Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar-Cenicaña, Ingenios Risaralda), Almacafé, así como de personas naturales quienes nos han permitido el acceso para la instalación y puesta en funcionamiento de las estaciones GNSS permanentes.

El Proyecto GeoRED intercambia datos con el Radio-Observatorio de Jicamarca del Instituto Geofísico del Perú; Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas-FUNVISIS; Autoridad del Canal y Red Sismológica de Panamá, y somos responsables de la operación del Centro Regional de Datos del Proyecto COCONet (Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network). Este proyecto surgió a raíz del sismo de Haití en el 2010, y financiado por la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF) de Estados Unidos permitió desplegar una infraestructura geodésica en el Caribe con el fin de estudiar los fenómenos geofísicos y meteorológicos de la región.

El desarrollo del proyecto, tal como está consignado en el Sistema Unificado de Inversiones y Finanzas Públicas-SUIFP del Departamento Nacional de Planeación, se basa en la ejecución de actividades enmarcadas bajo los siguientes componentes esenciales:

1. Ampliación y renovación de infraestructura geodésica espacial GNSS
2. Operación, densificación y transmisión de datos de estaciones de las redes geodésicas GNSS activa y pasiva
3. Procesamiento, análisis e interpretación de información geodésica espacial GNSS e integración de resultados de otras disciplinas y técnicas
4. Gerencia, gestión y apropiación social del conocimiento y distribución de datos.

Durante el año 2016, asociados a los anteriores componentes, se realizaron diversas actividades que son descritas a continuación:

Ampliación y renovación de infraestructura geodésica GNSS

El desarrollo de este componente se fundamenta en tres aspectos básicos, orientados al fortalecimiento de la infraestructura geodésica de la entidad, así:

- a) ampliación de cobertura espacial de la red
- b) actualización de instrumental
- c) mejoramiento del sistema de transferencia de datos de las estaciones geodésicas permanentes de operación continua al Centro Regional de Procesamiento Científico.

Con este propósito, mediante procesos de selección pública, se realizó la adquisición de los siguientes elementos:

- a) 11 sistemas de montaje de antena para operaciones de campo
- b) 10 acoples con uniones en acero inoxidable T304, y 367 metros de barras de acero inoxidable T304 de 1" de diámetro para la construcción de la infraestructura física de las estaciones GNSS
- c) 8 sensores meteorológicos
- d) 32 radio-modem y renovación de 32 planes de datos
- e) 44 sistemas geodésicos espaciales GNSS
- f) 67 sistemas de protección de puesta a tierra
- g) Activación de 15 planes de transmisión de datos vía internet satelital utilizando la banda Ka
- h) 5 cámaras IP
- i) 150 avisos informativos para las estaciones geodésicas permanentes
- j) 27 imágenes TerraSAR-X de la Sabana de Bogotá
- k) 19 libros de referencia bibliográfica

Los elementos correspondientes a los literales comprendidos entre a) y i) permiten no solo la ampliación en la cobertura espacial de las estaciones que componen la red geodésica, sino iniciar un proceso de renovación de equipos que han cumplido con su ciclo de vida, o de aquellos que han empezado a experimentar problemas de funcionamiento. Es importante destacar que en el 2016 se inició el proceso de mejoramiento de los sistemas de transmisión de los datos, dando un gran salto tecnológico mediante la instalación de sistemas de transmisión de datos en tiempo casi real, empleando tecnología de internet satelital en la banda Ka, cuyos datos al igual que los recibidos por otros sistemas, son almacenados en el Centro Regional de Procesamiento Científico de Datos Geodésicos del SGC.

Los requerimientos técnicos establecidos en el proyecto respecto al tipo de infraestructura física de las estaciones geodésicas junto con las características de los equipos geodésicos garantizan alta calidad, precisión y exactitud en los datos obtenidos, que garantiza la coherencia necesaria entre la señal geodésica recibida y el fenómeno geodinámico objeto de la medición.

Operación, densificación y transmisión de datos de estaciones de las redes geodésicas GNSS activa y pasiva

Las actividades desarrolladas en este componente se orientaron en primera instancia, a garantizar la operación de la Red Geodésica Nacional GNSS con Propósitos Geodinámicos, con sus dos arreglos: red de estaciones permanentes de operación continua o estaciones CORS (red activa) y red de estaciones de ocupación episódica bajo la modalidad de campañas de campo (red pasiva). La operación de la red significa la garantía en la toma de datos, lo cual se constituye en el insumo principal del proyecto.

Estaciones CORS (red activa). En cuanto a las estaciones CORS (red activa), la operación significa por un lado, adecuado funcionamiento de los sistemas tanto geodésicos como de alimentación de las estaciones permanentes, así como de la transmisión de los datos, y por otro, la realización de campañas de campo para la toma de datos en estaciones con tiempos mínimos de ocupación en cada sitio, considerando además condiciones de seguridad de los equipos. En el concepto de operación es necesario incorporar las acciones de mantenimiento preventivo que regularmente se realizan, basadas en un plan anual, así como las de mantenimiento correctivo en las estaciones. Bajo ese orden de ideas, se realizaron 13 visitas de mantenimiento preventivo y 20 de mantenimiento correctivo. Es importante señalar que el componente de transmisión de datos se ha visto afectado por problemas de funcionamiento de radio-modems y radio-enlaces, así como problemas de conexión en enlaces a través de redes propias de otras entidades que apoyan el proyecto. También es necesario indicar que en algunos casos, no se obtuvieron datos por daños o problemas de funcionamiento en los equipos geodésicos, o inconvenientes en los sistemas de alimentación (paneles solares, reguladores y baterías). Estos aspectos permitieron establecer la necesidad de iniciar un proceso de cambio de equipos o elementos que componen cada estación, a fin de disminuir los mantenimientos correctivos, considerando los períodos de vida útil de los equipos.



Figura 101. Mapa de localización de 100 estaciones geodésicas espaciales GNSS permanentes de operación continua

En segunda instancia, concordante con lo expuesto en el numeral 1, el término ampliación corresponde a la densificación de estaciones de las dos redes mencionadas, con el fin de incrementar tanto la cobertura espacial como temporal de dichas redes. Siguiendo el procedimiento establecido, en el 2016 se instalaron 19 estaciones permanentes de operación continua, lo cual permitió tener en el territorio colombiano un número de 100 estaciones geodésicas permanentes en operación continua que corresponde a la red activa, como se aprecia en el mapa de la Figura 1, que engalana la celebración del centenario del Servicio Geológico Colombiano; se incorpora en esta red el instrumental proporcionado por otras entidades tales como NASA, UCAR y UNAVCO de Estados Unidos; Universidad Nacional de Colombia, Area Metropolitana del Valle de Aburrá, Empresa de Acueducto de Bogotá y el Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar-Cenicaña, cuya ubicación es indicada en la figura citada.

Para el año 2016, mediante la activación de los planes de transmisión de datos mencionados en el numeral 1, se realizó por primera vez en Colombia para estaciones geodésicas permanentes de operación continua, la instalación de sistemas de internet satelital empleando equipos Modem

Hughes HT1100 que operan en la banda Ka para la transmisión de datos en tiempo real o por demanda desde las estaciones GNSS al Centro Regional de Procesamiento de Datos Geodésicos, continuando con la incursión en esta nueva tecnología que se inició en la vigencia 2015 con la adquisición del hardware correspondiente. La fotografía de la Figura 2 corresponde a una de estas estaciones, instalada en el Aeropuerto El Edén, Municipio La Tebaida, Quindío, con el apoyo de la Aeronáutica Civil.



Figura 102. Estación geodésica GNSS con sistema de transmisión de datos vía internet satelital

Es importante hacer mención que con el apoyo de la Dirección General Marítima-DIMAR, se realizó la instalación conjunta con personal de dicha entidad de una estación geodésica permanente de operación continua en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico en Tumaco, la cual tiene diversos propósitos, tales como geodinámica y estudio del nivel del mar entre otros. Esto se fundamenta en que las zonas costeras e insulares, donde interactúan la Tierra atmosférica, Tierra sólida y Tierra líquida no son estáticas, y su dinámica se encuentra influenciada no solo por los movimientos eustáticos marinos, sino que también interactúan allí fuerzas geodinámicas asociadas con tectónica de placas y localmente diapirismo de lodo que pueden influir en la estabilidad de la línea de costa. Esta dinámica determina la importancia y necesidad de realizar estudios combinados de datos a partir de mareógrafos y receptores geodésicos GNSS, cuyas bondades, han sido ilustradas en diversas publicaciones, lo cual se constituye en un especial reto para nuestro país.

Concomitante con lo anterior, se realizó conexión geodésica entre la estación geodésica instalada, el punto de referencia del mareógrafo y punto de nivelación de la red geodésica vertical del país, mediante 5 puntos nuevos. Esta actividad se realizó también en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe en la Base Naval de Cartagena, con referencia a la estación

geodésica permanente instalada en este lugar en el año 2014 las cuales permitirán establecer la confiabilidad de los resultados de los mareógrafos. Por otra parte, dada la tasa de muestreo alta establecida en dichos equipos geodésicos, se establecen las condiciones propicias para la introducción de otras aplicaciones tales como reflectometría GNSS, la cual provee información de las variaciones del nivel del mar bajo el concepto de hidrogeodesia, así como Sismología GNSS.

A raíz de la ocurrencia del sismo de Pedernales de Abril 16 de 2016 en Ecuador, se realizó campaña de campo tomando datos en veinte estaciones localizadas en el SW colombiano. También se realizó coordinación con personal del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica de Ecuador así como con UNAVCO para la instalación de nuevas estaciones permanentes en territorio ecuatoriano, y disponibilidad de datos por parte del SGC. Estos datos, combinados con los datos de estaciones permanentes de GeoRED al SW de Colombia y del norte de Ecuador facilitados por ESPONA, permitieron establecer valores de desplazamiento cosísmico asociados a este evento. Por otra parte, mediante la utilización de datos de tasa alta de rastreo (1 Hz) se emplearon dos estrategias diferentes de procesamiento basadas en los principios de PPP (Precise Point Positioning) y DGPS (Differential GPS), que permitieron generar información pertinente al concepto de Sismología GNSS.

Estaciones de campo de ocupación episódica (red pasiva). Con respecto a la red pasiva de GeoRED, se realizó en el 2016 la construcción de 24 nuevas estaciones, para alcanzar así un número total de 392 estaciones en el país que constituyen la red pasiva, incluyendo las 50 estaciones correspondientes a la Red Geodésica Multipropósito de Bogotá, proyecto de cooperación ejecutado conjuntamente con la Unidad Administrativa Especial Catastro Distrital; las 56 estaciones para estudios de movimientos en masa construídas en los municipios de Cáqueza, (Cundinamarca), Popayán, (Cauca), Villarrica, (Tolima); y 4 estaciones de monitoreo del fenómeno de diápirismo de lodo en la zona Caribe. En cuanto a toma de datos, esta operación se efectuó en 174 estaciones, aclarando que cuatro estaciones fueron objeto de toma de datos en dos oportunidades durante el mismo año a raíz del sismo de Mutatá, Antioquia.

En el Municipio de El Cerrito, Valle del Cauca, en coordinación con el Grupo de Tectónica de la Dirección de Geociencias del SGC se realizaron actividades conjuntas de reconocimiento, selección de sitios, construcción y toma de datos para la implementación de un transecto geodésico que permita la combinación de instrumentación geodésica GNSS y terrestre de nivelación geodésica de alta precisión. El propósito de este arreglo geodésico es en virtud de los niveles de terraza que conforman los anticlinales de Sonso, Andalucía, entre otros en esta región del país, determinar las tasas de levantamiento de acortamiento.

Banco de pruebas. Con el fin de garantizar la calidad de los datos geodésicos obtenidos en cada estación GNSS, es necesario verificar el correcto funcionamiento de los equipos previamente a su instalación en el campo. Para ello se han establecido unos protocolos de pruebas de equipos en el Banco de Pruebas del proyecto, en el cual se instalan los equipos y se cambian diversos parámetros para verificar la respuesta de la pareja receptor-antena. Adicionalmente, se verifica la continuidad en los cables correspondientes, y la adecuada operación de los sistemas fotovoltaicos. Con este fin, se realizaron pruebas durante el 2016 a 17 receptores Trimble NetR9, 19 antenas GNSS Trimble Zephyr-2, 14 sistemas fotovoltaicos, 5 radio-modem y 2 radio-enlaces, así como los correspondientes cables conectores y accesorios.

Hasta el año inmediatamente anterior, en los procesos de selección de instrumental GNSS se habían adquirido estaciones geodésicas marca Trimble, en los modelos NetRS, NetR8 y NetR9. En el proceso del año 2016, la selección bajo la modalidad de subasta inversa correspondió a instrumental marca Topcon, lo cual implicó recibir la capacitación correspondiente en el uso de los equipos adquiridos, modelo NetG5, realización de pruebas nuevas de desempeño de los nuevos equipos, así como de compatibilidad con dispositivos externos, tales como sensores meteorológicos Vaisala y Gill Instruments. De esta forma, se estableció el cumplimiento de todas las características técnicas establecidas por el SGC para redes geodésicas con propósitos geodinámicos.

Procesamiento, análisis e interpretación de información geodésica espacial GNSS e integración de resultados de otras disciplinas y técnicas

El Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales realiza el procesamiento y análisis de diversos tipos de datos, los cuales son: datos GNSS y datos de geodesia de imágenes. El procesamiento de los datos GNSS y sus resultados son empleados por un lado, con fines de geodesia tectónica para la generación de series de tiempo y cálculo de velocidades, así como insumo para el análisis de deformación, y por otro, para otras aplicaciones como lo son análisis y estudios de subsidencia, movimientos en masa y diapirismo de lodo. Los datos de geodesia de imágenes corresponde al uso de imágenes de radar para estimar velocidades horizontales y verticales en zonas determinadas de estudio. Se hace énfasis en la necesidad de poder contar con técnicas de geodesia de posicionamiento GNSS y geodesia de imágenes en las mismas zonas de estudio con el fin de mejorar los análisis tanto espacial y temporal en las regiones correspondientes.

Procesamiento de Datos GNSS

Software de procesamiento

El procesamiento de los datos GNSS adquiridos en las redes activa y pasiva es realizado en el Centro Regional de Procesamiento Científico de Datos GNSS con énfasis en geodinámica, único en su género el país, mediante la utilización del software científico GIPSY-OASIS II (GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software), empleado por la entidad mediante convenio con JPL-CALTECH-NASA el cual fue objeto de renovación en Julio de 2016 por un término adicional de cuatro (4) años. Se emplean además otras herramientas científicas de alto nivel, tales como TEQC (Translating, Editing and Quality-Checking) desarrollada por UNAVCO; HECTOR, desarrollado por SEGAL (Space & Earth Geodetic Analysis Laboratory) centro conformado por la cooperación entre la Universidad del Interior de Beira (UBI) y el Instituto Geofísico Infante D. Luiz (IDL) de Portugal, el cual empezó a apoyar al proyecto GeoRED en la generación de las series de tiempo; y GAMIT-GLOBK, software que permite analizar datos GNSS, estimar coordenadas y velocidades geodésicas, desarrollado por el Instituto tecnológico de Massachusetts-MIT. El uso de diversos tipos de software permite realizar comparación de resultados a partir de diferentes estrategias de procesamiento. Con la participación de la Universidad de Nagoya bajo el marco del proyecto SATREPS, se realizó comparación de una muestra de estaciones empleando software BERNESE desarrollado por la Universidad de Berna, Suiza, con resultados coherentes.

Estadísticas de datos y procesamiento

Para el año 2016, se tienen la siguiente información estadística de datos generados y procesados empleando software GOA (GIPSY-OASIS II):

- Obtención de 532.472 archivos de datos en formato nativo cada hora de estaciones CORS
- Conversión y generación de 23.555 archivos de datos diarios en archivo universal rinex así como de calidad para las estaciones permanentes
- Obtención de 19.857 archivos de datos cada hora en formato nativo por estación de campo
- Generación de 985 archivos diarios de datos en archivo universal rinex y de calidad para 174 ocupaciones de estaciones de campo correspondiente a 170 estaciones de ocupación episódica; cuatro estaciones fueron objeto de toma de datos en dos períodos de tiempo diferente debido a la ocurrencia del sismo de Mutatá.

A manera de conclusión en cuanto a volúmenes de datos, se tiene la siguiente información estadística para los datos existentes desde 1994 incluyendo los correspondientes a 2016, así:

- 2.943.656 archivos de datos horarios de estaciones permanentes de operación continua en formato nativo en Colombia
- 307.982 archivos de datos diarios en formato rinex y de calidad para 100 estaciones permanentes de operación continua de GeoRED
- 248.472 archivos de datos diarios en formato rinex correspondientes a 137 estaciones permanentes de las redes GeoRED, IGS, Ecuador, Panamá y Venezuela
- 228.002 archivos de datos diarios en formato rinex de 82 estaciones permanentes correspondientes a GeoRED, IGS, Ecuador, Panamá y Venezuela con más de 2,5 años de observación
- 67.550 archivos de datos en formato rinex y de calidad para 837 ocupaciones (toma de datos) en estaciones de campo de GeoRED

Es importante mencionar que se han conservado y archivado datos de estaciones de campo desde 1994 en virtud de la participación del entonces INGEOMINAS en el proyecto internacional CASA (Central And South America) GPS Project, financiado por NSF de Estados Unidos. Si bien es cierto que este proyecto abarcó el período 1988-1998, únicamente se mantienen los datos adquiridos a partir de 1994, porque con anterioridad a dicha fecha, cualquier procesamiento no es confiable debido a que no se disponen de productos de precisión para procesamiento (órbitas corregidas), así como tampoco estaciones de referencia dado que la red global estaba en proceso de implementación. Entre 1998 y 2006, hasta la formulación del proyecto GeoRED, se adelantaron campañas esporádicas de campo empleando instrumental facilitado en calidad de préstamo por UNAVCO y la Universidad de Carolina del Sur, financiadas por proyectos internos de la entidad como Levantamiento y Compilación de Información Geodinámica del Territorio Colombiano.

Con respecto a datos estadísticos asociados al procesamiento en el año 2016, se tienen los siguientes:

- Descarga de 5.856 archivos de corrección troposférica cada cuatro horas expresados en virtud de la Función de Mapeo de Viena, con un mínimo de 16 archivos por día.
- Obtención de servidor NASA de 20 archivos diarios de órbitas corregidas, tipo órbitas finales, para un total de 7.300 archivos
- Obtención de 7.226 datos en formato rinex de 21 estaciones de referencia pertenecientes a la red Global IGS (International GNSS Service), que son: ALGO, AREQ, BOGT, BRMU, CRO1, FAIR, GLPS, GOL2, HRAO, ISPA, KOKB, KOUR, LPGS, MAL2, MANA, MAS1, PIE1, RIOP, QUI4, STJO, SUTH.

- Obtención de coordenadas de alta precisión de 100 estaciones CORS, así como de 170 estaciones de campo con propósitos de geodesia tectónica.
- Con respecto a actividades especiales de apoyo a proyectos ejecutados por otras dependencias, se determinaron coordenadas de 19 estaciones con 49 archivos rinex del estudio de movimiento en masa de la zona urbana de Villarica, Tolima, ejecutado por la Dirección de Geoamenazas; 14 estaciones de transecto geodésico en el Valle del Cauca en actividad conjunta con el Grupo de Tectónica de la Dirección de Geociencias; 5 estaciones en la zona de Tumaco; y 2 estaciones con 8 archivos rinex de monitoreo de desplazamiento de lodo.

Finalmente, mediante el empleo del software GAMIT GLOBK versión 10.6, se tiene la siguiente información estadística para el año 2016:

- Adecuación de 1.973 cabeceras de archivos rinex de 11 estaciones permanentes para los años 2007 y 2008.
- Procesamiento de 17.844 archivos rinex de 75 estaciones permanentes y 149 archivos rinex de 25 de campo para los años 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, así como de algunas estaciones del área de influencia del sismo de Ecuador de 2016.
- Procesamiento de 149 archivos rinex de 25 de campo para el año 2010.
- Descarga de 2.539 orbitas SP3 para procesamiento de los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2016 (sismo Ecuador).
- Descarga de 2.174 archivos BRDC para procesamiento de los años 2007, 2008, 2010 y 2016 (sismo Ecuador).
- Procesamiento de 17.600 archivos rinex de estaciones de la red global IGS (BOGT, BRAZ, BRFT, KOUR, LPGS) para los años 2007, 2008, 2009, 2010 y algunas estaciones del área de influencia del sismo de Ecuador de 2016.
- Generación de 25 series preliminares de tiempo de las estaciones permanentes de GeoRED por año procesado (2007, 2008, 2010) de las estaciones VSPJ, MZAL, VPIJ, SAN0, SEL1, CORO, MECE, PAL1 CIA1, TUCO, BAME, BUGT, GUAP, MITU, OVSC, PASI, PUIN, TASA, UWAS.
- Generación de 55 series de tiempo preliminares de estaciones IGS (BOGT, BRAZ, BRFT, KOUR, LPGS) para los años 2007, 2008, 2010, 2016.
- Estimación de coordenadas a priori de 20 estaciones de campo que son parte integrante de la red pasiva de GeoRED en la zona del Eje cafetero, y de las estaciones VSJP, MZAL, VPIJ, SAN0 de la red permanente correspondientes a los años 2007 y 2010.

Análisis de calidad de datos

Un aspecto fundamental en las investigaciones geodésicas lo constituye el análisis de la calidad de los datos, el cual se ha realizado para cada una de las estaciones permanentes de operación continua. Dicho análisis se ha efectuado para las estaciones de GeoRED y cinco de Ecuador, con el fin de analizar aspectos tales como la disponibilidad e integridad de los datos GNSS generados por cada estación, empleando parámetros de multitrayectoria en las señales L1 y L2, ocurrencia de saltos de ciclo, así como cantidad de observaciones esperadas con respecto a las recibidas, aspectos que son evaluados desde la fecha de instalación de cada una de las estaciones. Con este propósito, se analizaron 123.553 datos de estaciones de GeoRED y 10.235 datos de estaciones de Ecuador. Este análisis es crucial y fundamental en la operación de una red, como en efecto se apreció en 4 estaciones, para determinar la posible existencia de problemas con el receptor o la antena en cada

estación, o ambos si es del caso, así como proporcionar mayor información para orientar los mantenimientos correctivos en cuanto a las posibles medidas a ser adoptadas.

Series geodésicas de tiempo

Las series de tiempo han sido calculadas a partir de las soluciones diarias por estación empleando el software HECTOR, el cual permite no solo la generación de las series de tiempo 3D sino el cálculo de la velocidad para cada componente. Para el 2016 se realizó el cálculo de 176 vectores de velocidad, y se realizó la actualización de 52 series geodésicas de tiempo, lo cual significa la incorporación de los datos adquiridos en el 2016 a las series de tiempo que habían sido previamente estimadas en el 2015, ampliándose así la ventana de observación, incluyendo aquellas estaciones que alcanzaron el requisito mínimo de 2,5 años de observación para ser considerada como una serie de tiempo confiable. Por otra parte, se inició el análisis detallado de las series de tiempo para cada estación como la forma apropiada de determinar la existencia de cambios o saltos en las curvas de tendencia, que permita establecer las potenciales causas del comportamiento anómalo en cada estación, como cambio de receptor o antena geodésica, ocurrencia de sismos, actividad volcánica, o problemas locales (subsistencia, movimientos en masa, inestabilidad), o en algunos casos, reprocesamiento por cambio de versión del software de procesamiento, factores esenciales para la interpretación de los datos. Esta actividad se inició en el 2016, atendiendo sugerencias de los profesores Takeshi Sagiya de la Universidad de Nagoya, Japón, bajo el marco del proyecto SATREPS, y Jeff Freymueller de la Universidad de Alaska, USA. A la fecha, se ha realizado el 64% del análisis de las series completas por estación, independiente del tiempo mínimo de 2,5 años, lo cual se convierte en una tarea rutinaria.

Análisis atmosférico de datos GNSS

Se realizó el análisis troposférico de datos GNSS de once estaciones permanentes de operación continua que tienen instalado el componente MET, cuatro de ellas parte integrante de COCONet. El procedimiento comienza con la generación de archivos meteorológicos rinex, acompañado de la generación de series de tiempo de las variables que son registradas por los componentes MET en cada estación, generalmente de temperatura, precipitación, humedad relativa, dirección y velocidad del viento. La importancia de la toma de esta información radica en la generación posterior de modelos troposféricos para Colombia, basado en la existencia de un buen volumen de datos, que sean implementados en el procesamiento de los datos, lo cual permite el mejoramiento de la exactitud y precisión de los datos, en especial en la componente vertical. En ese orden de ideas se realizó el cálculo del retraso troposférico húmedo y total a partir de las señales GNSS para 13.271 días de observación de estaciones de las redes GeoRED activa y pasiva, IGS, Ecuador, Panamá y Venezuela.

Respecto a la ionosfera, esta juega un papel muy importante en el terreno de las telecomunicaciones a larga distancia mediante ondas de radio, pero también aparece como un medio que perturba las señales electromagnéticas que la atraviesan y cuyo efecto en las observaciones geodésicas debe ser tratado y reducido, si se quieren obtener resultados precisos. Este efecto, que es directamente proporcional al TEC, (Total Electron Content) e inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia, es una de las principales fuentes de error en GNSS. Dado lo anterior al interior del proyecto GEORED se han iniciado algunas aproximaciones relacionadas con la calibración TEC haciendo uso de una aplicación sugerida por el Ingeniero Juan Rodríguez,

investigador en Postdam, experto en el tema y quien fue integrante de GIGE, con los archivos rínx de observación.

Análisis de deformación y sensibilidad de redes

Este tema se ha abordado desde la hipótesis inicial establecida en el proyecto de dividir el país en una serie de bloques como punto de partida, con el propósito de instalar dentro de cada bloque, un número entre 3 a 4 estaciones permanentes, que permita la determinación de movimientos de rotación o traslación; los límites de dichos bloques fueron establecidos a partir de la información existente en el año 2007. Una primera incursión fue incorporar dentro del software TDEFNODE los límites de dichos bloques, y obtener modelos tentativos de bloques empleando velocidades de 53 estaciones permanentes de operación continua con tiempo de observación mínimo de 2,5 años, criterio de vital importancia para estas aproximaciones. Para efectos de comparaciones relativas, se ha empleado el Modelo de velocidades de Suramérica desarrollado por el Grupo SEGAL de Portugal, el cual ha incluido varias estaciones al norte de Suramérica y ha permitido su refinamiento. Con la asesoría del Profesor Takeo Ito de la Universidad de Nagoya bajo el marco del proyecto SATREPS, se ha incorporado el concepto de calidad estadística mediante el criterio de información de Akaike (AICc), el cual ha permitido pasar de un modelo inicial de 24 bloques incluyendo las placas mayores, a un modelo preliminar de 12 bloques rígidos con características óptimas estadísticamente hablando. Jeff Freymueller de la Universidad de Alaska, USA, ha suministrado además asesoría para la obtención del posible polo de rotación del bloque conocido como Norte de los Andes, y efectuar comparaciones con los obtenidos por otros autores.

Por otra parte, se inició el análisis de sensibilidad de la red geodésica, tomando como ejemplo la zona de Eje cafetero. Se parte del significado del concepto de sensibilidad de una red geodésica con enfoque en estudios geodinámicos como la medida de la capacidad de la red para detectar un fenómeno asociado. En este caso, se han tomado datos de 13 estaciones GNSS de campo para el período 2011-2014 con el fin de determinar la sensibilidad de la red en esta zona, empleando un modelo de falla simple transformante aplicado a la Falla Silvia-Pijao. Complementariamente se realizaron algunos análisis preliminares de desplazamiento estático, esfuerzos y deformación combinando información tectónica y sismológica con geodésica en la zona de influencia del sismo del 25 de Enero de 1999.

Geología y Neotectónica

Se realizó el reconocimiento y cartografía neotectónica del Sistema de Falla de Algeciras en el Departamento del Huila, cubriendo el sector desde Timaná en el Sur hasta El Paraíso en el Norte, en una longitud aproximada de 125 km, lo cual arrojó la selección de 5 sitios potenciales para la apertura de trincheras paleosismológicas. Dos de estas excavaciones fueron realizadas, las cuales fueron debidamente registradas. El estudio y la interpretación final de los resultados estará sujeto a la obtención de los resultados de dataciones C-14 en 22 muestras de suelos recolectadas, previsto en el 2017. Adicionalmente, se elaboró un modelo tectónico evolutivo preliminar del valle tectónico de Algeciras.

Por otra parte, se apoyó el proceso de exploración y selección de sitios para la instalación de estaciones GNSS en diversos lugares del país, entre ellas en el Huila para la instalación de estaciones GNSS de campo en un esfuerzo por completar la instrumentación geodésica para el monitoreo del desplazamiento de la Falla de Algeciras.

Geodesia de imágenes

En el 2016 se avanzó con la aplicación de técnicas de análisis de geodesia de imágenes mediante Interferometría Diferencial de Radar de Apertura Sintética, más conocido como InSAR, la cual se basa en la medición del cambio de posición de elementos de la superficie de la corteza terrestre mediante tecnología espacial de radar de observación de la Tierra.

Imágenes de satélite

Los insumos para el procesamiento InSAR corresponde a imágenes interferométricas de radar, las cuales fueron adquiridas bajo dos modalidades: descarga gratuita y adquisición mediante compra. De la Agencia Espacial Europea-ESA se obtuvieron 49 imágenes Sentinel-1, en la banda C y 20 metros de resolución espacial, y se adquirieron 27 imágenes TerraSAR X, cuyo sensor opera en la banda X con resolución de 3 metros espacial. Esta compra se realizó con el fin de dar continuidad al estudio InSAR en la Sabana de Bogotá, dado que son más adecuadas debido a sus características técnicas y compatibilidad con los nuevos paquetes de procesamiento, como se indica a continuación, y para suplir un vacío de información existente entre los años 2013 y 2014.

Software

En años anteriores, se empleó la herramienta Roi_PAC, con la cual se realizó el procesamiento de imágenes obtenidas con la plataforma ALOS-1 de JAXA. Lamentablemente los nuevos productos como ALOS-2, SENTINEL y otras no fueron posibles de ser procesadas con esta herramienta debido a que se requerían otros niveles de procesamiento, más robustos y con diferentes algoritmos.

Por tal motivo, se inició el proceso de búsqueda y obtención de software que satisfaga los requerimientos técnicos de procesamiento de las nuevas imágenes. Bajo estas características, se obtuvieron los siguientes paquetes de procesamiento de forma gratuita, los cuales están siendo utilizados satisfactoriamente, así:

- STBX: Sentinel Tool Box, Agencia Espacial Europea-ESA
- SNAPHU: Statistical-Cost, Network-Flow Algorithm for Phase Unwrapping, Universidad de Stanford, Estados Unidos

Mediante gestión del Coordinador del GIGE, se obtuvo la membresía al consorcio WINSAR (Western North America InSAR Consortium), lo cual permitió obtener las licencias de uso de los siguientes software de procesamiento interferométrico:

- ISCE: InSAR Scientific Computing Environment
- GIANT: Generic InSAR Analysis Toolbox

Es importante señalar el apoyo de investigadores del Institut de Physique du Globe de Paris, (Francia); Universidad de Cornell, USA, y Jet Propulsion Laboratory-NASA para entender algunos problemas en la instalación de dichos paquetes, así como en algunas etapas de procesamiento.

Zonas de trabajo

Las zonas de trabajo sobre las cuales se hizo énfasis son la Sabana de Bogotá y la Ciudad de Cartagena

El uso de las técnicas de InSAR en la Sabana de Bogotá está orientado al análisis del fenómeno de subsidencia que se experimenta en esta región del país. Con este fin, se procesaron 8 imágenes SENTINEL-1, a partir de las cuales se generaron 5 interferogramas “sin desarrollar” mediante el uso del software STBX. Adicionalmente se procesaron 27 imágenes del sensor Terrasar-X y se generaron 26 interferogramas sin desarrollar (preliminar) con el software STBX, y posteriormente, con el uso del software SNAPHU se realizó el desarrollo de la fase, procedimiento requerido para realizar el cálculo de los desplazamientos verticales, que permite la obtención de las series de tiempo. De otra parte y con el propósito de comparar los resultados ya obtenidos con los dos software anteriormente mencionados, gracias a la obtención del software ISCE, el cual ofrece características técnicas superiores y de mayor versatilidad, se procesaron las 27 imágenes Terrasar-X, generándose 57 interferogramas tanto “sin desarrollar” como “desarrollados”. El mayor número de interferogramas generados permite el refinamiento de los resultados al emplearse una estrategia diferente de procesamiento, bajo el concepto de red de interferogramas, atendiendo sugerencia del profesor Takeshi Sagiya de la Universidad de Nagoya bajo el marco del proyecto SATREPS. La Figura 3 corresponde a un resultado preliminar obtenido para el período Abril 2013–Agosto 2014 en un sector de la ciudad de Bogotá.

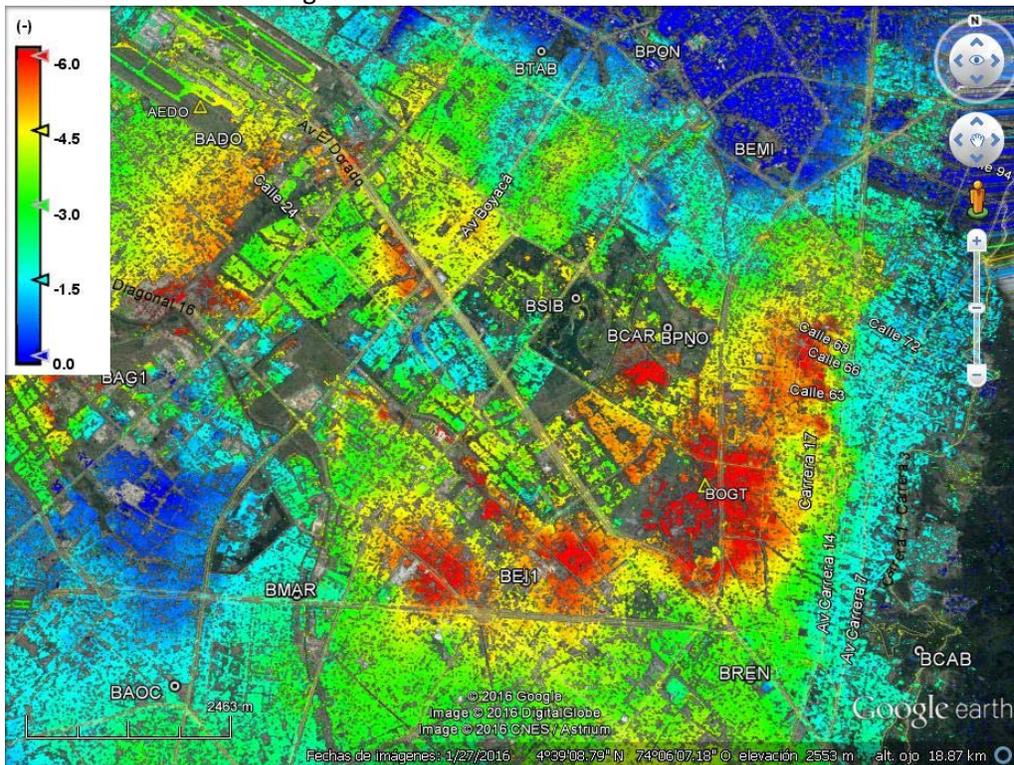


Figura.103. Valores de desplazamiento vertical en centímetros obtenidos para el periodo Abril 2013 - Agosto 2014 con imágenes TerraSAR X y software STBX y SNAPHU

Para la zona de la ciudad de Cartagena se procesaron procesaron 11 imágenes SENTINEL-1, generándose 19 interferogramas tanto “sin desarrollo” como “desarrollo” de fase, empleando STBX.

3.1. Centro Regional de Datos Proyecto COCONet (Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network)

En virtud del convenio de cooperación suscrito en abril de 2015 entre UNAVCO y el Servicio Geológico Colombiano, el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales opera y administra el

Centro Regional de Datos del proyecto COCONet. Bajo este convenio, en el año 2016 se realizaron las siguientes actividades principales:

- Monitoreo permanente del funcionamiento del servidor SGC COCONet Centro Regional de Datos, instalado en el Centro de datos del SGC.
- Seguimiento a la disponibilidad a la disponibilidad constante tanto del sitio web como de la descarga de datos de las estaciones GNSS, y verificación de la generación de metadatos
- Actualizaciones en la base de datos Dataworks, que implica el reajuste en la información de tablas especiales; actualización de la información referente a los equipos instalados en las estaciones GNSS del proyecto GeoRED, lo cual ha permitido la depuración de inconsistencias y encabezados en archivos rinex
- Actualización de la base de datos Dataworks en los metadatos de datos para depurar las inconsistencias de registro de datos por hora debiendo ser por día.
- Se trabajó en niveles de seguridad realizándose configuraciones especiales e instalación de aplicación para escanear el tráfico de la red; se instaló una herramienta para generar backup del sistema de archivos.
- Generación de métricas
- Se adelantaron gestiones ante el representante en Colombia de la casa fabricante del servidor debido a la aparición de niveles de alarma en discos duros. Efectuados los respectivos tests de operación, se reemplazaron dos de los discos duros, de acuerdo a la garantía vigente.

Gestión y apropiación social del conocimiento

Se participó en diferentes eventos durante el transcurso del 2016, siendo el más importante para el proyecto GeoRED el taller que anualmente se realiza, relacionado con las aplicaciones científicas que brinda la geodesia espacial.

VII Taller “Aplicaciones Científicas GNSS en Colombia”

Este evento se realizó bajo el marco de la conmemoración de los 100 años del Servicio Geológico Colombiano, con el apoyo de la Universidad Militar “Nueva Granada” en virtud del Convenio especial de cooperación No. 25 de 2016 y coordinado por GIGE, corresponde a un escenario orientado a presentar a la comunidad científica y usuarios de datos geodésicos, el estado del arte en las aplicaciones geodésicas espaciales con énfasis en geodinámica en Colombia, así como los logros obtenidos en los últimos 10 años por el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales.

Durante 4 días profesionales y estudiantes de último año en programas académicos en geociencias, adolescentes y niños, observaron y compartieron experiencias en torno a la tecnología geodésica espacial para el estudio de la dinámica terrestre. El evento de carácter gratuito, tuvo cuatro momentos, así:

1. Sesión especial: “Geodesia espacial GNSS con propósitos geodinámicos: logros y desafíos”, Noviembre 18
2. Curso Taller: “Aplicaciones científicas GNSS en Colombia”, Noviembre 21, 22 y 23.
3. Sesión para niños: “Observando la Tierra desde el Espacio”, Noviembre 24, horas de la mañana
4. Sesión para adolescentes: “Observando la Tierra desde el Espacio”, Noviembre 24, horas de la tarde

La sesión especial “Geodesia espacial GNSS con propósitos geodinámicos: logros y desafíos” contó con la participación del Director General del Servicio Geológico Colombiano, Rector de la Universidad Militar “Nueva Granada” y el Representante Residente en Colombia de la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa-JICA, y conferencistas de Japón, Estados Unidos y Colombia. En esta sesión se presentó a la comunidad geocientífica del país del primer **“Mapa de Velocidades Geodésicas Horizontales de Colombia”**, correspondiente al cálculo de velocidades de 62 estaciones permanentes de operación continua, 50 de ellas localizadas en el territorio colombiano integrantes de GeoRED, con datos de observación de por lo menos 2,5 años, Fig. 4.

El Curso Taller contó con la afortunada presencia en calidad de instructores de investigadores de Japón, Estados Unidos, Venezuela y Colombia.

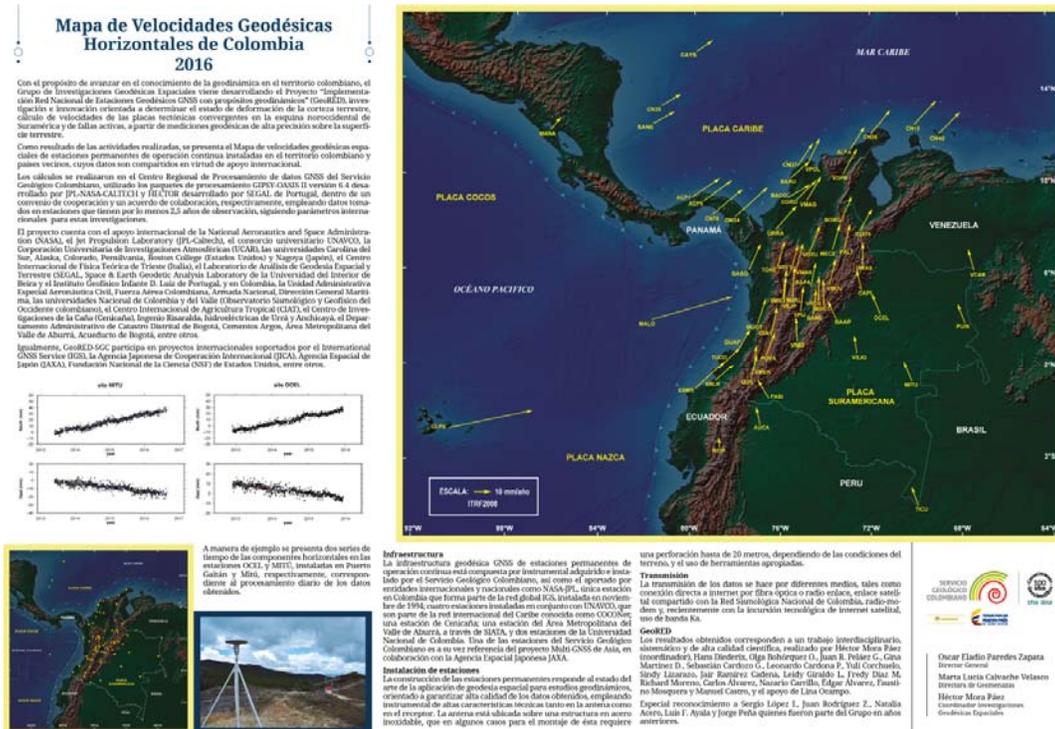


Figura 104. Mapa de velocidades geodésicas horizontales de Colombia, 2016

Participación en otros eventos

Participaciones en eventos, reuniones, presentaciones:

- Capacitación del International Charter en Colombia: “La Carta Internacional del espacio y los desastres mayores”, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, USGS y NASA, Abril
- Taller Final Proyecto COCONet, República Dominicana, Mayo, Presentación oral
- Asamblea Regional Comisión Latinoamericana y del Caribe de Sismología, Costa Rica, Junio, Presentación oral y poster
- Simposio “Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos”, Junio, Presentación oral

- Curso Radar SAR, "AmeriGEOSS Week: Train the Trainer Workshop on Disasters in the Americas Utilizing Remote Sensing Models and Monitoring", IDEAM-Universidad Nacional, NASA, Bogotá, Junio
- Curso GEOGLOWS, AmeriGEOSS Week: "Herramientas prácticas para el manejo sostenible del agua, y la gestión sostenible del medio ambiente y la agricultura", IDEAM-Universidad Nacional, Brigham Young University- NOAA- National Water Center, Bogotá, Junio
- 2º. Comité de Coordinación conjunto del proyecto SATREPS, "Aplicación de las tecnologías más avanzadas para el fortalecimiento de la investigación y respuesta a eventos de la actividad sísmica, volcánica y tsunamis y el mejoramiento de la gestión del riesgo en la República de Colombia", Bogotá, Agosto, Presentación oral
- XII Semana Técnica de Geología e Ingeniería Geológica 2016, Medellín, Agosto, Presentación oral
- GOAL Workshop 2016, Sustainable Development of Georesources: Achievements and Challenges, Bogotá, Septiembre, coordinado por GIGE y organizado conjuntamente con la Sociedad Colombiana de Geología en virtud del Convenio Especial de Cooperación No. 017 de 2016, contó con la participación de 37 expertos latinoamericanos y de Alemania, Septiembre, Presentación oral y Coordinación General
- XXVIII Seminario Taller RCM – Subred Minería 2016: control metrológico para equipos satelitales – GPS, Octubre
- XXII Semana Catastral y Geodesia, "Geociencias, Catastro y Sistemas Territoriales", Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Octubre, Presentación oral
- Conversatorio Coordinación Nación Territorio-Ordenamiento Territorial, INCODER, Octubre
- Tercer Congreso Internacional de Metrología, Metrocol 2016, Bogotá, Octubre. Presentación oral
- Seminario de la Ciencia del suelo al servicio del Ordenamiento Productivo y Ambiental del país, IGAC, Diciembre
- Participación en "Jornada Técnica en Huaraz", Parque Nacional Natural de Huscarán, Perú, Diciembre, Excursión de campo y presentación oral

Por otra parte, bajo el marco del proyecto SATREPS, el Coordinador de GIGE participó en las sesiones de análisis y discusión de resultados de GNSS aplicado a geodinámica, con énfasis en el territorio colombiano, en la Universidad de Nagoya, Japón, Enero de 2016

Se participó en las diferentes reuniones y diligenciamiento de información a solicitud de la Secretaría Ejecutiva ejercida por la Fuerza Aérea Colombiana como representante institucional ante la Comisión Colombiana del Espacio

Respecto a publicaciones, se realizó la publicación de tres artículos internacionales de aplicación de datos GNSS, y se presentaron cinco resúmenes en eventos internacionales.

Distribución de datos

- Atención a través de la página web del proyecto de 2.241 solicitudes de datos, correspondiente a 8.535 archivos de datos en formato universal rinex.
- Suministro de 4.760 archivos de datos rinex al Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica de Quito, y al Centro Regional de Datos del Proyecto COCONet.
- Recepción de 3.659 archivos rinex del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica de Quito

- Apoyo a los estudios de deformación GPS de volcanes, para lo cual se realizó la entrega de 3.500 archivos de datos en formato rinex de 21 estaciones del proyecto GeoRED a los observatorios vulcanológicos de Manizales, Popayán y Pasto.

Cooperación

Las investigaciones geodésicas del Servicio Geológico Colombiano se basan en las relaciones de cooperación y apoyo tanto internacional como nacional, lo cual ha permitido la obtención de excelentes resultados.

Cooperación Internacional

- JPL-CALTECH-NASA, USA: Acuerdo No. 2684 de Licencia de Uso de Software científico No. 2684, renovación en Julio de 2016 con vigencia hasta el 2020
- NASA, USA: Instalación de estaciones GPS permanentes como parte integrante de la red geofísica global, con el propósito de apoyar las correcciones de las órbitas de los satélites, vigente hasta septiembre de 2017. Este convenio permite la operación por parte del SGC de la única estación en Colombia que forma parte de la red global de IGS, instalada en Noviembre de 1994.
- UCAR (University Consortium for Atmospheric Research), USA: instalación de estaciones GPS permanentes con el propósito de estudiar la deformación de la corteza terrestre y estimar la cantidad de vapor de agua precipitable con propósitos meteorológicos en la zona Caribe
- UNAVCO, USA: fomentar la colaboración, coordinación y la alianza entre UNAVCO y el SGC para el establecimiento de la Red de Observación de GPS de Operación Continua en el Caribe (Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network), COCONet. Vencimiento en Marzo de 2016
- UNAVCO, USA: Apoyo técnico científico en el uso de herramientas geodésicas de alta precisión para el estudio de deformación de la corteza terrestre. Condición de membresía como asociado, sin fecha de vencimiento.

Cooperación Nacional

- Ejecución de 3 convenios interadministrativos con entidades de orden gubernamental
 - Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil, Convenio y Anexo Técnico No. 1
 - Unidad Administrativa Especial Catastro Distrital de Bogotá, Convenio interadministrativo No. 11 de 2011, el cual fue renovado hasta el 2021.

Se resalta la colaboración de diferentes entidades y personas naturales lo cual ha permitido la densificación de la red, cuyos datos son valiosos para diversos propósitos.

Se ha prestado apoyo y asesoría en algunas tesis de grado en las cuales el componente de geodesia es el tema central del desarrollo de las mismas, siendo la mejor manera de promover la masificación de la ciencia de la geodesia y sus aplicaciones en diversos campos del conocimiento.

RETOS 2017

- Continuar con el proceso de densificación de las redes geodésicas tanto activa como pasiva de GeoRED

- Realizar el cambio de instrumental geodésico que ha experimentado problemas de funcionamiento o que ya han cumplido con los tiempos de vida útil de los equipos geodésicos o complementarios
- Continuar participando en el proyecto SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development) correspondiente a cooperación entre Japón y Colombia para el estudio de la deformación de la corteza terrestre con el soporte de JICA
- Continuar con el análisis detallado de series de tiempo
- Avanzar en el modelamiento de bloques con propósito de análisis de la deformación de la corteza terrestre en Colombia a partir de datos geodésicos
- Mantener la operación del Centro Regional de Datos GNSS para el Caribe del Proyecto COCONet
- Generar de series de tiempo de geodesia de imágenes empleando el método SBAS (Short Baseline Subset) contenida en el software GIANT
- Procesar de imágenes TerraSAR X obtenidas por IDIGER para el período 2011-2012, mediante los nuevos paquetes de procesamiento, con fines de comparación con resultados obtenidos previamente, e incorporación en el análisis extendiendo la ventana de tiempo así como del área de análisis, sin limitación únicamente al área de la ciudad de Bogotá.
- Avanzar en la implementación de técnicas y procedimientos asociados a los conceptos de Sismología GNSS y Sismología Ionosférica GNSS
- Avanzar en el análisis de señales GNSS orientados a estudios atmosféricos, en especial de la troposfera y de la ionosfera
- Realizar actividades de neotectónica en zonas de interés del proyecto, con perspectivas de estudios paleosismológicos
- Realizar el VIII Taller “Aplicaciones Científicas GNSS en Colombia” en la ciudad de Sogamoso, con el apoyo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

INVESTIGACIONES APLICADAS A AMENAZAS Y RIESGOS GEOLÓGICOS - SISMOS

El propósito principal es realizar estudios e investigaciones tendientes a definir la zonificación por amenaza sísmica en el territorio colombiano, entendiendo la amenaza sísmica como cualquier fenómeno físico (i.e. sacudida del terreno, licuación del suelo, colapso de estructuras, etc.) asociado con un terremoto, que puede producir efectos adversos sobre las actividades normales de la gente. En consecuencia, y alineado con el objetivo estratégico de “Realizar investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas que sirva de base para la gestión integral del riesgo, ordenamiento territorial y planificación de desarrollo”, se formuló la estrategia Evaluación de la amenaza sísmica y el riesgo físico asociado, y de manera general, se establecieron los siguientes productos y actividades las cuales fueron ejecutadas durante el 2016:

Estudio General de la Amenaza Sísmica en Colombia

- a. Generar informe y mapas de movimiento del terreno (aceleración en roca). En trabajo conjunto con la Fundación GEM, se generó el modelo y el cálculo de la amenaza sísmica para Colombia usando la técnica de *Smoothering* y Área Fuente estimando parámetros de recurrencia y tasas de actividad sísmica usando como magnitudes máximas las mayores magnitudes registradas por fuente y presentes en el catálogo sísmico obteniendo, entre otros:
 - Mapas de amenaza sísmica para diferentes periodos de retorno

- Curvas de amenaza sísmica par diferentes periodos de retorno.
 - Espectros Uniformes de Amenaza (UHS)
 - Informe Mapas de amenaza sísmica
- b. Generar el informe y mapas de intensidad máxima del movimiento en suelo (aceleración en superficie). Se generaron nuevos modelos de velocidad de onda de corte considerando la geología y se trabaja con la metodología del Instituto Tecnológico de Tokyo para incorporar la geomorfología y generar los mapas de amenaza sísmica en superficie.
 - c. Desarrollar un sistema integrado de Información de Amenaza Sísmica de Colombia. Se espera conocer los nuevos lineamientos de publicación del Geoportal para incorporar nuevas opciones de consulta a los mapas e integrar los diferentes sistemas: Catálogo sísmico, Sismicidad Histórica y mapas de amenaza.
 - d. Desarrollar y mantener un aplicativo para automatización evaluación intensidad sísmica a partir formularios web. Se desarrolló el algoritmo de automatización y el aplicativo para automatización de la evaluación de intensidades sísmica a partir de formularios web, el cual se encuentra en ambiente de producción institucional. Se requieren algunas pruebas para su implementación final.
 - e. Mantener y actualizar el Sistema de Información de Sismicidad Histórica de Colombia. Se revisaron y solucionaron varias incidencias que presentaba el sistema y se implementó el aplicativo de cargue y edición de información. El SISHC se ha actualizado y corregido constantemente, sin embargo ésta es un proceso continuo en la medida que se encuentren nuevas anomalías.
 - f. Mantener y actualizar el Sistema de Información Catálogo Sísmico de Colombia. Revisión de las soluciones preferidas determinadas para la integración del catálogo sísmico para Colombia (histórico e instrumental) correspondiente a verificación de valores de rangos coherentes para los diferentes parámetros reportados (Mw, profundidad, GAP, No. de estaciones, RMS), cálculo de estadísticas relacionadas con los mismos y proporción de contribución de las diferentes agencias por magnitud y localización.
 - g. Mantener y actualizar el Sistema de generación y publicación de los Mapas de Intensidad Instrumental.

Estudios De Amenaza Sísmica Local

- a. Modelo de velocidades superficiales para Bogotá. En conjunto con entidades del Japón y nacionales, se participó en las mediciones y trabajo de campo para generar un modelo de velocidades superficiales para Bogotá en el marco del Proyecto SATREPS.
- b. Estudio de sismicidad histórica en Duitama y Sogamoso. Se continuó la búsqueda de información relacionada con sismos significativos que hayan afectado a las poblaciones de Sogamoso y Duitama. El informe está en proceso de desarrollo y se encuentra en un 70%. De otro lado, y como parte del trabajo para caracterización de las fuentes sísmicas que pueden afectar a Bogotá, en el marco del proyecto Satreps se trabajó en la documentación

de los sismos significativos que han afectado Bogotá. Se finalizó el informe y se encuentra en revisión por parte de la supervisora.

Estudios Especiales De Amenaza Sísmica Y Riesgo Físico Asociado

- a. Modelo regional de amplificación sísmica del suelo para el suroccidente de Colombia
- b. Estudio de sismicidad histórica en el Caribe colombiano. Se continuó la búsqueda de información relacionada con sismos en Caribe Colombiano y se organizó la información. El informe está en proceso de desarrollo, ya que se ha ampliado su investigación para complementarla con información encontrada de Tsunami.
- c. Zonificación de efectos causados por tsunami en las zonas de subducción. Informe de efectos causados por tsunami en las zonas de subducción. El informe se encuentra en preparación.
- d. Evaluación de los efectos de sismos que causen daños en el país. Se trabajó en asocio con grupo de Movimientos en Masa el informe del sismo de Mutatá, 13 de septiembre de 2016 y se hizo informe del Sismo de Colombia (Huila) del 30 de octubre de 2016. De otro lado se evaluaron intensidades y se cargó información para generación de mapa de intensidades de 50 sismos en 2016, a partir de los reportes a través del formulario web.
- e. Modelo de exposición para Bogotá. Se trabajó con la base de datos catastral para generalizar la información a nivel de manzanas y obtener perfiles de las tipologías constructivas. Este trabajo se continuará de manera conjunta con IDIGER y la Universidad de los Andes en el marco del proyecto SATREPS.
- f. Proponer lineamientos para la evaluación de la acción sísmica y selección de eventos para el análisis de escenarios de riesgo sísmico a nivel municipal. Informe con la presentación de metodologías para la selección de eventos sísmicos según: (i) eventos históricos e información de fallas activas; (iii) desagregación de la amenaza sísmica; (iv) selección de eventos según análisis de frecuencia y probabilidad de excedencia de intensidad del movimiento; (v) evaluación considerando un conjunto estocástico de eventos
- g. Establecer consideraciones para el desarrollo de modelos de exposición a nivel municipal. Informe con la presentación de metodologías para: (i) definición de zonas homogéneas y muestreo de edificios; (ii) inspección de edificios y clasificación en tipologías estructurales; (iii) análisis de información secundaria y definición de esquemas de clasificación de tipologías a partir de tal información; (iv) descripción de herramientas para el desarrollo de modelos de exposición
- h. Definir alcances y metodologías aplicables para el análisis de vulnerabilidad sísmica de edificios. Se generó informe con la descripción de objetivos, alcances y limitaciones del análisis de fragilidad de edificios. Presentación de metodologías para definir curvas de capacidad de las tipologías de edificios, así como para evaluar la acción sísmica.

- i. Formular consideraciones generales frente al riesgo sísmico como determinante para la planificación municipal. Se trabajó en la revisión del estado del arte frente al riesgo sísmico como determinante de la planificación territorial y de experiencias frente a la comunicación de los resultados de evaluación del riesgo sísmico.

Otras Actividades

Entre otras actividades y gestiones realizadas en 2016, cabe destacar:

Se firmó por un año más el Acuerdo de Adhesión con la Fundación GEM (Global Earthquake Model), asociación público-privada que congrega instituciones técnicas mundialmente reconocidas en evaluación del riesgo sísmico, y en desarrollo de los programas regionales formulados por GEM, se participó en el proyecto “*Integrated Seismic Risk Assessment in South America (SARA)*”.

Se participó en la Conferencia de Gestión del Riesgo del Borde Llanero realizado en el mes de octubre en Villavicencio.

INVESTIGACIONES APLICADAS A AMENAZAS Y RIESGOS GEOLÓGICOS - VOLCANES

El objetivo de esta actividad es desarrollar estudios que conducen al mejor conocimiento de los volcanes y los procesos volcánicos con el fin de evaluar la amenaza volcánica, entendiendo la amenaza según la normatividad colombiana como: “Peligro latente de que un evento (en este caso, de origen volcánico) se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales”.

Primera versión del Mapa de Amenaza Volcánica del Volcán Sotará

La evaluación y zonificación de la amenaza volcánica, es el resultado de la integración del conocimiento del registro geológico que permite conocer los fenómenos volcánicos y su posibilidad de ocurrencia de flujos de lava, flujos piroclásticos también llamados corrientes de densidad piroclástica, proyectiles balísticos, caída de ceniza y *lapilli*, y *lahares*, entre otros; recopilación de información histórica; así como también el resultado de simulaciones computacionales de dichos fenómenos, considerando como foco de emisión el cráter activo actual Arenas. Los fenómenos se simularon utilizando las herramientas informáticas de *Tephra2* (Bonadonna *et al.*, 2005) para caídas piroclásticas, *Titan2D* (Patra *et al.*, 2005) para flujos piroclásticos y avalanchas de escombros, *LavaPL* (Connor *et al.*, 2012) para flujos de lava, *LaharZ* (Iverson *et al.*, 1998; Schilling, 2014) para *lahares* y *Eject!* Versión 1.4 (Mastín, 2001) para proyectiles balísticos.

Sentencia de la Corte Constitucional T-269 del 2015, acciones referentes a Gestión del Riesgo en el volcán Galeras, departamento de Nariño.

En cumplimiento de la Sentencia de la Corte Constitucional T-269 de 2015 y en el marco del apoyo del SGC a la ejecución del Plan Integral de Gestión de Riesgo Volcán Galeras (PIGRVG), emitido por

la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD), el SGC trabajó los documentos "*Documento base para análisis y evaluación de riesgo en la región de influencia del complejo volcánico galeras por caídas de piroclastos transportados por el viento, en el marco del apoyo institucional del Servicio Geológico Colombiano al plan integral de gestión del riesgo del volcán Galeras, requerido en la Sentencia T-269 de 2015 de la corte constitucional*" y "*Documento base para análisis y evaluación de riesgo en la región de influencia del complejo volcánico galeras por lahares (quebrada Mijitayo, municipio de Pasto), en el marco del apoyo institucional del Servicio Geológico Colombiano al plan integral de gestión del riesgo del volcán galeras, requerido en la Sentencia T-269 de 2015 de la corte constitucional*" donde se aportan los lineamientos técnicos relacionados con el análisis y evaluación del riesgo físico volcánico para el fenómeno de caídas piroclásticas de transporte eólico (ceniza y *lapilli*) y de fenómenos de flujos de lodo o lahares (*quebrada Mijitayo, municipio de Pasto*) generadas por actividad eruptiva del volcán Galeras, enfocados a orientar a las autoridades departamental y municipales del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y a los tomadores de decisiones en general, a la definición del nivel de detalle y alcance de los estudios contemplados en el PIGRVG. Los documentos fueron entregados, explicados y difundidos con la Secretaria de Atención y Gestión del Riesgo de Nariño. Este último documento se trabajó con el aporte de las experiencias presentadas en un taller organizado por el SGC, en Bogotá con la participación de la Universidad Javeriana, Universidad de Nariño y el SGC.

Definición de estándares de la estructura de datos y la presentación de mapas de amenaza volcánica. Se trabajó en la primera versión de la definición de estándares para la estructura de geodatabases, presentación y almacenamiento de mapas de amenaza volcánica.

DIRECCIÓN DE RECURSOS HIDROCARBURÍFEROS

La dirección de hidrocarburos comprometida con los objetivos institucionales que plantea el “Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023”; en donde se propone incorporar nuevas reservas de hidrocarburos a través del desarrollo del conocimiento geocientífico, dándole prioridad a las denominadas cuencas emergentes, sub-exploradas y frontera, con el fin de mejorar la calidad de la información e identificar oportunidades exploratorias siguiendo las líneas temáticas propuestas en dicho plan; durante el año 2016 planteó tres proyectos de investigación:

- 1) Aumento en el conocimiento en hidrocarburos convencionales y no convencionales en la parte norte de la cuenca del Valle Medio del Magdalena (2016-2018)
- 2) Trampas de hidrocarburos asociadas a los diapiros de lodo de los Cinturones Plegados Sinú y San Jacinto (2017-2018)
- 3) Implementación de Centro de Investigación en Petrofísica, Estratigráfica y Bioestratigrafía (Sede Guatigurá) (2017-2018)

Adicionalmente a lo largo del año 2016, se apoyaron algunos proyectos de otras direcciones como es el caso del grupo de Tectónica para el desarrollo del convenio interinstitucional con la ANH que pretendía actualizar el mapa sismotectónico de la parte norte del Valle Medio del Magdalena, para la que se interpretó la información sísmica de subsuelo y se levantó información de campo. La dirección de amenazas fue apoyada en temas técnicos relacionados a las operaciones propias de la producción de hidrocarburos, para que fueran utilizadas en el planteamiento del proyecto de sismicidad inducida por inyección de agua, y finalmente colaboró en la revisión del proyecto ANH-UNAL-SGC “caracterización y evaluación de los efectos de la exploración sísmica para hidrocarburos, sobre los medios físicos y bióticos”.

AUMENTO DEL CONOCIMIENTO EN HIDROCARBUROS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES EN LA CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA

Este proyecto pretende mejorar el conocimiento de la geología como insumo de información para eventuales proyectos de hidrocarburos no convencionales, sin dejar de lado la información correspondiente a los convencionales, en un área prolífica para este tipo de exploraciones como lo es el Valle Medio del Magdalena. Para tal fin, se adelantaron durante el año 2016 actividades en las siguientes áreas de trabajo: Cartografía y cortes estructurales, Estratigrafía Física, Análisis de fracturas, Interpretación sísmica, interpretación de registros eléctricos. Estas actividades se realizaron coordinadas con el grupo de Tectónica de la dirección de Geociencias Básicas, a quien se entregó un completo informe con la descripción de las unidades litoestratigráficas de la cuenca, que incluía las observaciones de campo integradas al mapa geológico existente.

El grupo se dividió en tres frentes de trabajo así: 1) grupo de control cartográfico y traversas estructurales, fueron los encargados de realizar un control regional de la cartografía y realizar cortes admisibles en los bordes de la cuenca, así como la recolección de muestras de termocronología, la cual se realizó con la metodología y ayuda del personal del laboratorio de huellas de fisión y geocronología de la Dirección de Asuntos Nucleares, 2) Grupo de fracturas, fueron los encargados

de tomar datos de diaclasas haciendo descripciones de parámetros como densidad, intensidad y longitud; este grupo midió indicadores cinemáticos, y construyó diagramas y mapas de paleotensores, 3) Grupo de Estratigrafía, fueron los encargados de levantar columnas estratigráficas, hacer análisis de facies, y hacer muestreo sistemático para análisis de laboratorio.

En área de geofísica, se encargó de la interpretación de las líneas sísmicas disponibles, realizando luego mapas estructurales regionales en tiempo y en profundidad para los horizontes de interés. Utilizando la información de registros de pozo, se establecieron patrones litológicos y observaciones generales de las formaciones de interés, y se realizaron correlaciones litológicas regionales.

Cartografía de superficie y traversas estructurales. La utilización de sensores remotos permitió definir las áreas de interés sobre las que se hicieron las transectas estructurales y levantamientos y verificaciones cartográficas a escala 1:50.000 (Figura 1). Durante la fase de oficina se elaboraron secciones estructurales en las que se integró la información obtenida en campo (Figura).

Dentro de las labores de campo, se hicieron recorridos por los bordes oriental y occidental de la parte norte del Valle Medio del Magdalena (VMM), con el fin de reconocer las estructuras y hacer el muestreo para realizar pruebas de termocronología, las cuales requieren de una buena ubicación dentro de las estructuras, para tener interpretaciones confiables acerca de la exhumación de cuerpos de roca.

La fase de campo, recorridos cartográficos – estructurales, contempló la adquisición de datos cartográficos y el muestreo multipropósito para la caracterización de unidades, a través de técnicas como petrografía, termo y geocronología, geoquímica orgánica, difracción de rayos equis, y determinaciones bioestratigráficas mediante microfósiles y ammonoideos.

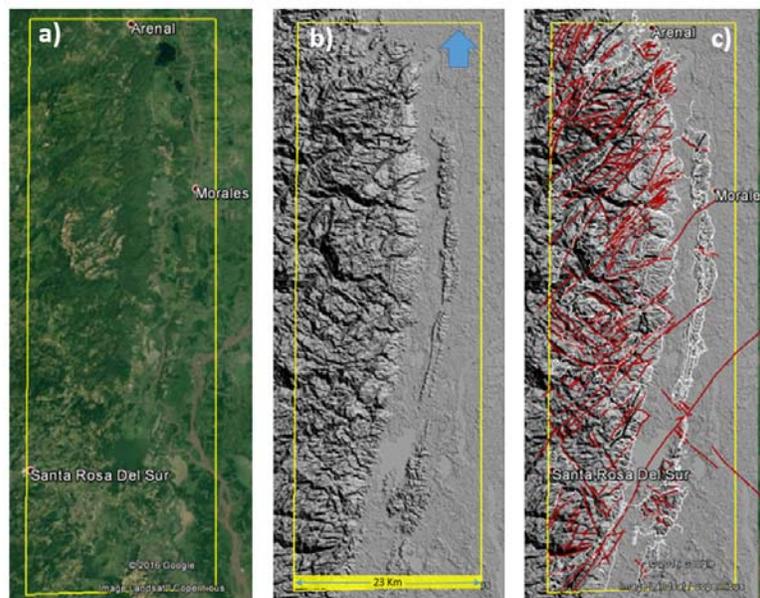


Figura 105. Trazos de la geología adelantada en el borde oriental de la serranía de San Lucas, en donde se adelanta la integración de la información colectada en campo con los mapas geológicos disponibles en la plataforma del SICAT. a)

imagen *Landsat* de *Google Earth*, b) modelo digital de terreno y c) trazos de contactos y fallas basados tanto en interpretación de imágenes como en los datos de campo.

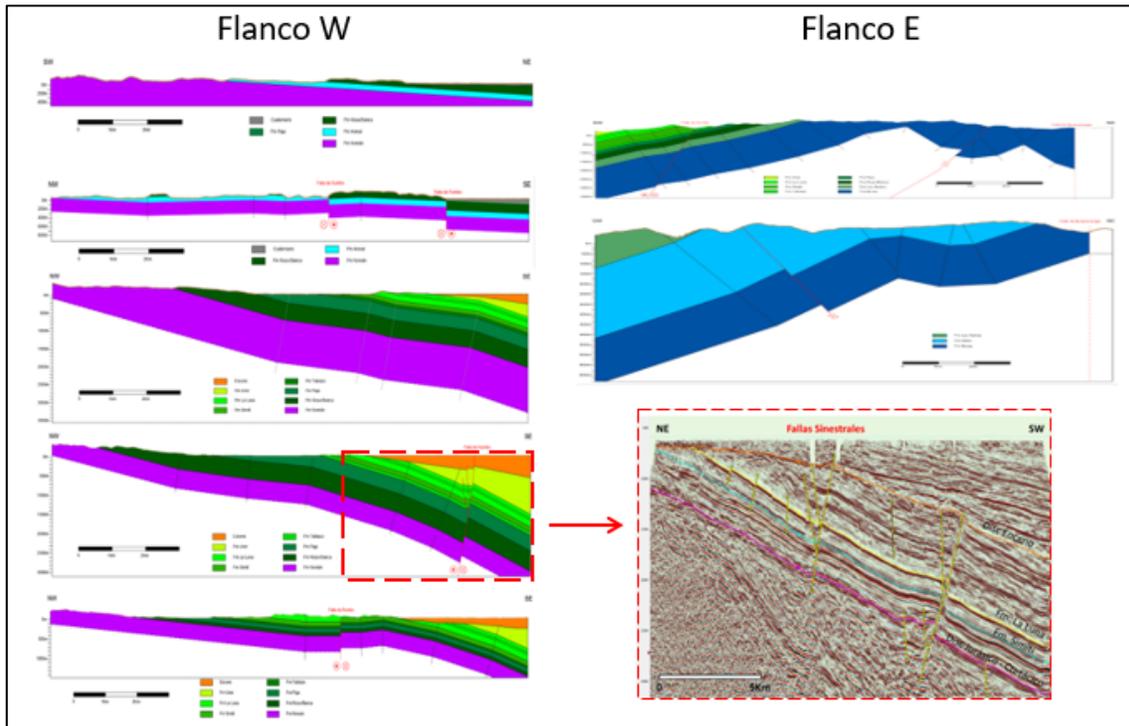


Figura 106. Traversas estructurales realizadas en los bordes del Valle Medio del Magdalena, hacia el occidente se realizó una proyección preliminar entre la geología de superficie con amarre a líneas sísmicas.

Se elaboraron informes, tanto regionales como locales, el primero de ellos se denominó “Tectónica del NW de Colombia y su relación con el Valle Medio del Magdalena”, el cual es el resultado de la compilación de informes tectónicos, y su integración con los rasgos estructurales a escala regional observados en los mapas geológicos del SGC. Posterior a la etapa de campo se construyó el informe “Resumen estratigrafía Valle Medio del Magdalena”, en el que se describen las unidades de roca presentes en el área, basados en observaciones de campo describiendo entre otras la posición estratigráfica y estructural.

Estratigrafía. Se realizó una investigación sobre la estratigrafía, haciendo énfasis en la descripción de las unidades litoestratigráficas.

Se adelantaron estudios de estratigrafía física a través del levantamiento de columnas estratigráficas que fueron digitalizadas describiendo el muestreo sistemático para geoquímica, micropaleontología, DRX, petrografía y microfósiles. Las secciones estratigráficas levantadas correspondientes a intervalos de interés para la exploración de reservorios no convencionales de hidrocarburos así: quebrada Aguablanca (formaciones La Luna y Umir), La Cuchara (Formación Rosablanca), quebrada El Salto (Formación El Salto), paredes de Oroira-vía Morales (formaciones El Salto y La Luna); la localización de estas secciones se observa en la Figura .

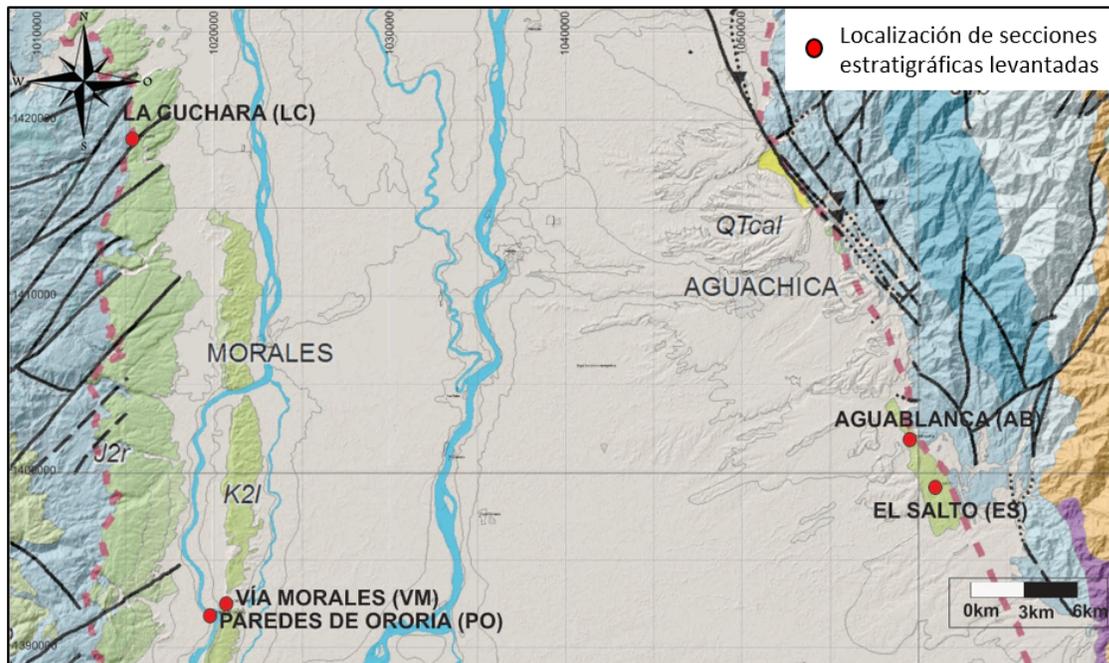


Figura 107. Mapa geológico de la parte norte de la cuenca del Valle Medio del Magdalena con la localización de las columnas estratigráficas levantadas.

Uno de los resultados de campo, fue la digitalización de las columnas estratigráficas a escala 1:200 que describen la litología, textura, composición, geometría interna, estructuras sedimentarias, geometría externa de las capas y su tamaño, el contenido fósil, patrones tafonómicos, grado de bioturbación, porcentaje de arena en las litologías, color y observaciones generales. Además, en las columnas se encuentran relacionadas las muestras, los deltas de la poligonal, los datos estructurales y las fotografías tomadas en campo.

Dado que la clasificación de rocas para las muestras finogranulares precisan de análisis petrográficos, esta se ha hecho de forma preliminar y durante el 2017 se planea llevar a cabo dichos análisis.

Fracturas. Dentro del aumento del conocimiento en el potencial de hidrocarburos no convencionales es de gran importancia determinar la capacidad de fracturamiento de la roca, por lo cual durante el 2016 se realizaron estudios con dos objetivos principales: 1) caracterizar las fracturas de posibles reservorios de *shale-gas*; y 2) Tomar datos de indicadores cinemáticos en estrías para estimar las paleo-tensiones que dieron lugar a las fallas.

Parámetros de Fracturamiento. En este estudio además de medir los planos de dichas fracturas se hicieron estimaciones semicuantitativas de parámetros como la densidad del fracturamiento, la intensidad y las longitudes para 52 estaciones de campo. Se realizaron figuras de estadística descriptiva que ayudaran en el análisis de los datos.

Estos datos son el comienzo de la adquisición de datos de diaclasas y parámetros de fracturamiento que serán continuamente actualizados y que servirán para interpretar temporalidad relativa, paleo esfuerzos y tendencia de los intervalos estratigráficos a ser fracturados.

Análisis cinemático preliminar. Los datos de fallas obtenidos en campo están restringidos a unidades jurásicas y prejurásicas, lo que limita los alcances del análisis. Sin embargo, es relevante en la identificación de pares conjugados de fracturas que podrían determinar interconectividad entre ellas. Como parte de este análisis, también se generaron mapas con la distribución por estaciones de estereogramas con solución estadística encontrada para determinar los paleoesfuerzos de un conjunto de fallas.

Interpretación sísmica y petrofísica del sector norte del Valle Medio del Magdalena. Dentro del convenio interadministrativo suscrito entre el Servicio Geológico Colombiano y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (16-SGC – 261-ANH de 2015), cuyo objeto fue “Aunar esfuerzos técnicos, financieros, y administrativos para efectuar la adquisición de datos sísmológicos, procesamiento y análisis de la actividad sísmica y levantar información tectónica que permita actualizar el mapa sismotectónico en las áreas donde se realizarán actividades de E&P de hidrocarburos en Yacimientos No Convencionales”; la dirección de hidrocarburos desarrolló la interpretación de datos sísmicos del subsuelo, con el fin de contribuir en el entendimiento de los principales rasgos estructurales del sector y su temporalidad. Como resultado de este trabajo se obtuvieron mapas estructurales en tiempo y su correspondiente conversión a profundidad (Figura), utilizando un modelo de velocidad para cinco (5) superficies correspondientes a límites de megasecuencias estratigráficas y topes de formación de interés.

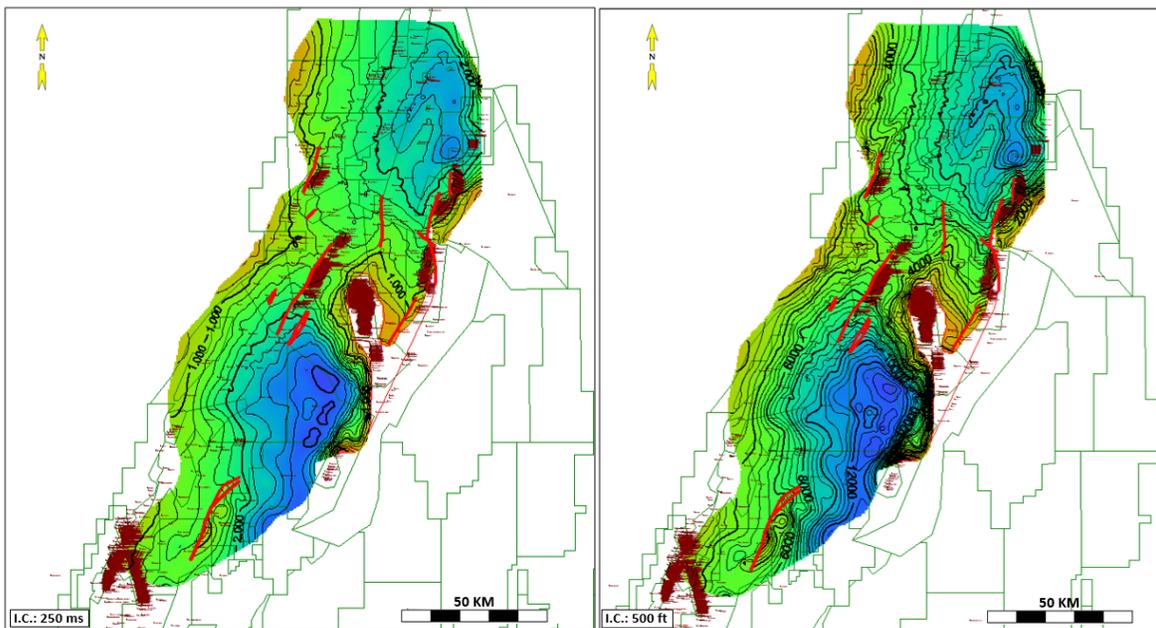


Figura 108. Mapa Estructurales en tiempo (TWT) y profundidad para el tope de la Formación Colorado.

La información de pozo, permitió la generación de una corrida petrofísica preliminar para la determinación de características generales de las unidades consideradas como potenciales reservorios. Se espera generar una metodología de evaluación petrofísica de unidades cretácicas, orientada al cálculo de potencial de hidrocarburos no convencionales en la próxima fase del proyecto.

Retos 2017: Realizar un artículo donde se muestre el amarre de la geología de campo con la sísmica y los pozos de transectas en el costado occidental de la cuenca. Obtener un modelo geológico del subsuelo y el informe técnico acerca de la geología del subsuelo de la parte norte del VMM. Realizar un análisis de facies de las formaciones La Luna y Rosablanca. Robustecer la base de datos de fracturas, tomar datos de indicadores cinemáticos en rocas post-jurásicas y realizar un informe con un análisis estructural regional, que sea complementado con interpretaciones de sensores remotos. Realizar un informe preliminar de aumento del conocimiento en geología para determinar el potencial de hidrocarburos no convencionales.

FORMULACIÓN DEL PROYECTO: TRAMPAS HIDROCARBURÍFERAS ASOCIADAS A VOLCANES DE LODO.

Se formula un proyecto en los Cinturones Plegados Sinú – San Jacinto “CPSSJ” tendiente a establecer la generación de trampas estructurales de hidrocarburos asociadas a los volcanes de lodo; además de identificar potenciales rocas almacenadoras y generadoras de hidrocarburos.

El área de estudio cuenta con cerca de 35.000 Km², en donde se han reportado 516 rezumaderos de hidrocarburos (*shape* de pozos EPIS, 2016) y a pesar de haber 240 pozos perforados en el Cinturón Plegado de Sinú San Jacinto, no hay campos en desarrollo.

La Dirección de Hidrocarburos tiene la iniciativa de conseguir el entendimiento de los Cinturones Plegados Sinú – San Jacinto en cuanto a su evolución, debido a que los modelos tectónicos y estructurales han sido múltiples y difieren de modo radical entre sí. Es importante resaltar que en ninguno modelo se relaciona la deformación de las secuencias sedimentarias con la inyección de materiales fluidos, que en superficie pueden ocupar hasta el 15% de una plancha geológica a escala 1:25.000 (i.e. Plancha 70 – San Pedro de Urabá).

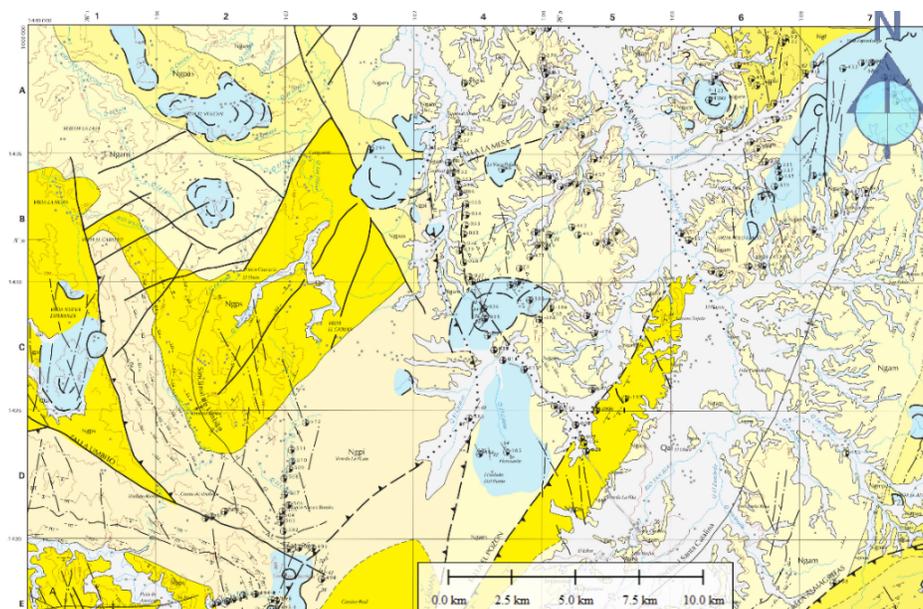


Figura 109. Esquina noroccidental de la Plancha 70 – San Pedro de Urabá, en donde de color gris, y con líneas radiales, se resalta la exposición en superficie de las estructuras dómicas, debido a la actividad de los volcanes de lodo.

FORMULACIÓN DEL PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PETROFÍSICA, ESTRATIGRÁFICA Y BIOESTRATIGRAFÍA (SEDE GUATIGURÁ) (2017-2018)

En la Litoteca de Guatiguará, se almacenan cerca de 10 millones de unidades de información geológica, consistente entre otras por núcleos de perforación, ripios, muestras de superficie, secciones delgadas, placas de micropaleontología y bioestratigrafía, SWC y fluidos. Al cambiarse la naturaleza jurídica del Ingeominas y conformarse el Servicio Geológico Colombiano; se adscribe éste, al sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación lo que conlleva a retos que con el potencial anteriormente presentado, requiere para extraer información de la adecuación Física, compra de equipos y adquisición de insumos, con el propósito de crear un centro de investigación asociado a la Litoteca Nacional, para la preparación y el análisis de muestras de núcleos, ripios, SWC, Placas Petrografía y Bioestratigrafía almacenados en la sede. Adicionalmente, este centro se concibe como un pilar de las direcciones técnicas de Geociencias Básicas, Recursos Minerales, Amenazas Geológicas e Hidrocarburos y con el apoyo transversal de las Direcciones de Laboratorios, Asuntos nucleares y Gestión de la Información.

Se ha diseñado en dos grandes fases, la primera diagnóstico de las necesidades de las direcciones técnicas del SGC y de la industria en cuanto a hidrocarburos y la segunda una implementación mancomunada al interior del SGC, en la puesta en marcha de las facilidades en materia de investigación.

DIRECCIÓN DE LABORATORIOS

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADOS

- ✓ Fundamentos mineralógicos y sus implicaciones metalúrgicas y ambientales en la sustitución de la amalgamación para materiales auríferos de pacarni, huila. Grupo de investigación caracterización tecnológica de minerales (clasificación b. Convocatoria Colciencias). Sede cali.
- ✓ Ensayos metalúrgicos de laboratorio para muestras de la mina la milagrosa de pacarní-Huila, y proyección hacia pruebas en planta piloto. Grupo de investigación caracterización tecnológica de minerales. Sede Cali.
- ✓ Evaluación técnica de plantas de beneficio de oro en los municipios de el tambo y buenos aires, departamento del cauca. Convenios 052 y 053 de 2008. Sede Cali.
- ✓ Participación en el proyecto gas metano asociado al carbón. Dirección de recursos minerales – dirección de laboratorios. Servicio geológico colombiano.
- ✓ Participación en el proyecto centro regional de investigación e innovación en bioinformática y fotónica, Cali, valle del cauca, occidente. Grupo de investigación fisicoquímica de geofluidos. Sede Cali.
- ✓ Actividades en el marco del Convenio Especial de Cooperación 21 de 2015, suscrito con la Universidad del Valle cuyo objeto es la generación e intercambio de conocimientos científicos y técnicos con el fin de desarrollar e incrementar el conocimiento en las áreas de aplicación de carbón activado en el tratamiento de soluciones de cianuración de oro y técnicas de descomposición de cianuro libres y sus complejos. Sede Cali.
- ✓ Dentro de la Geoquímica de Fluidos Volcánicos:
 - Procesamiento de información de gases mediante la actualización de bases de datos de Scan-Doas en el volcán Nevado del Ruiz, radón telemétrico en el Nevado del Ruiz, Cerro Machín y Puracé, Revisión de imágenes satelitales para la determinación de dióxido de azufre en el volcán Nevado del Ruiz. Elaboración de informe mensual de monitoreo del mes de Enero, elaboración del informe anual.
 - Toma de muestras de gases y aguas en el VNR, Volcán San Diego, procesamiento de información telemétrica de SO₂, radón, temperatura.
 - Toma de muestras de gases y aguas en el VNR y el Volcán Paramillo de Santa Rosa. Procesamiento de información telemétrica de SO₂, radón, temperatura.

 - Elaboración del informe mensual de actividad geoquímica de los volcanes del segmento Norte de Colombia.
 - Toma de muestras de gases y aguas en el VNR y el Volcán Cerro Machín. Procesamiento de información telemétrica de SO₂, radón, temperatura.
 - Se realizaron medidas móviles para cuantificar SO₂ en el VNR. Procesamiento de información telemétrica de SO₂, radón, temperatura. .

Por otra parte, se presentó una propuesta técnica económica a la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía con el propósito de realizar un estudio sobre la generación de nuevos procesos tecnológicos aplicado a la sustitución del mercurio en el beneficio de minerales auríferos, para la incorporación de recursos presupuestales al SGC:

ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIÉNTIFICO

Con el fin de coordinar labores con otras entidades comprometidas con la sustitución del mercurio, el Servicio Geológico Colombiano hace parte del Plan Estratégico Sectorial Para la Eliminación del Uso del Mercurio, promulgado por el Ministerio de Minas y Energía, coadyuvando al cumplimiento de las disposiciones de la Ley 1658 de 2013 por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país.

El artículo 8 de dicha ley establece la conformación de un acuerdo entre El Ministerio de Minas y Energía y demás ministerios competentes en especial los ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Salud y Protección Social, Trabajo, Agricultura y Desarrollo Rural, Transporte y Comercio, Industria y Turismo, mediante un Plan único Nacional de Mercurio cuyos términos se redactan en el año 2015. En noviembre de 2015 el Servicio Geológico Colombiano, se inscribe en el Plan único Nacional del Mercurio y acuerda los términos de su participación mediante la generación de la información y el conocimiento de su competencia, para el mejor aprovechamiento del recurso mineral aurífero sin la intervención del mercurio, tal como la ha venido haciendo en años anteriores y en diversas partes del país.

Dentro de éste contexto, se realizaron dos talleres de transferencia tecnológica, los cuales se describen a continuación:

Taller de cianuración en planta de procesamiento de materiales auríferos en Pacarní-Huila. El Servicio Geológico Colombiano, a través de la Dirección de Laboratorios y su Grupo de trabajo de la Sede de Cali, viene desarrollando un estudio geo-metalúrgico de la zona aurífera de Pacarní en el Departamento del Huila. Este estudio ha incluido la evaluación de las operaciones y procesos aplicados en la zona para beneficiar y extraer el oro del material, con el propósito de aportar información y conocimiento para un mejor aprovechamiento del recurso y para controlar el impacto ambiental generado en las plantas de beneficio. En particular, se busca proponer alternativas metalúrgicas para sustituir la amalgamación y evitar así el uso del mercurio.

Como parte de los productos de este trabajo integral se dictó un taller práctico de cianuración en la Planta de Beneficio de la Mina San José, adscrita a la Cooperativa de los Mineros de Iquira, tomada como Piloto. Este informe sintetiza lo realizado con esta actividad.

El taller hizo parte de una jornada que incluyó la presentación ante la comunidad minera de los resultados del estudio “fundamentos mineralógicos y sus implicaciones

metalúrgicas y ambientales en la sustitución de la amalgamación para materiales auríferos de Pacarní, Huila”; y la visita a una planta de cianuración con carbón activado en pulpa como medio de recuperación del oro cianurado ubicada en las afueras de la ciudad de Neiva. Los objetivos del taller fueron los siguientes:

- Observar la aplicación de procedimientos de control para el manejo efectivo de la cianuración.

- Evaluar parámetros decisivos de la cianuración en planta, tales como: distribución de tamaño de partícula y composición del material a cianurar; concentración de la pulpa a cianurar de sólidos con base a peso; Presencia de sales disueltas; pH y Potencial de óxido-reducción (ORP) de la pulpa; y concentración de oxígeno en la pulpa de proceso.
- Evaluar procedimientos de la pos-cianuración tales como sedimentación y clarificación de la solución rica; precipitación del oro de la solución rica en Cinc; concentración de cianuro de sodio en el proceso de precipitación de oro en cinc; concentración de cinc y otros metales en la solución de recirculación.
- Mostrar y explicar procedimientos semicuantitativos para medir la concentración de oro en una solución sometida a cianuración.
- Mostrar y explicar procedimientos para la descomposición de cianuro libre y cianuro complejo.

Fotografía 1. Sistema de Cianuración de la Planta de San José



Taller en planta piloto (sede Cali) de procesamiento de menas auríferas de Pacarní, Huila. El Taller de procesamiento de materiales auríferos a escala de planta piloto, aquí evaluado, se desarrolló entre el 28 de noviembre y el 2 de diciembre de 2016, dirigido a los mineros de Iquira-Huila y aplicado al material propio de esta zona minera, hace parte del desarrollo de dicho plan. Así mismo, con él, se está dando cumplimiento al plan de apropiación social del conocimiento geocientífico en el que se ha comprometido la Institución

Los objetivos del taller fueron los siguientes:

- Estudiar los principios básicos de la reducción de tamaño, concentración por gravimetría y flotación, cianuración y extracción por Merrill Crowe y descomposición de cianuro libre y total, aplicados a un material aurífero de la zona minera de Pacarní, Departamento el Huila.
- Mostrar en planta piloto las operaciones y procesos necesarios para una adecuada preparación y concentración del material propio de la zona, y una adecuada extracción del oro contenido en

él; así como un procedimiento químico para la descomposición integral del cianuro, tanto en su estado libre como complejo.

- Ejercitar al minero asistente en los controles básicos de las operaciones a nivel de planta piloto, operando directamente los instrumentos correspondientes.
- Analizar los procedimientos de beneficio aplicados en la zona, a la luz del estudio geometalúrgico realizado por el Servicio Geológico Colombiano en la Zona y el presente taller.
- Inculcar la cultura de la medición y el registro en el manejo de plantas de beneficio.



Fotografía 2. Actividad en planta piloto explicando un proceso unitario. Sede Cali

PRODUCTIVIDAD EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS:

Se realizaron 171.327 ensayos físicos, químicos, metalúrgicos, petrográficos y geotécnicos (con una meta de 150.000 ensayos) y se prepararon 8.845 muestras geológicas (con una meta 8.000 muestras preparadas) para los diferentes proyectos/actividades del SGC. Para la Vigilancia Geoquímica de Volcanes en los OVS Manizales, Pasto y Popayán se realizaron 1.001 ensayos *in situ* y en laboratorio.

Para la realización de ensayos en la Dirección de Laboratorios las muestras que ingresaron - durante el 2016 – provienen de los proyectos institucionales. El mayor aporte se realizó

A través de las actividades de los proyectos institucionales: Ampliación del Conocimiento Geológico y del Potencial De Recursos Del Subsuelo de la Nación - Inventario Y Monitoreo De Geoamenazas Y Procesos en las Capas Superficiales de la Tierra.

- Investigaciones aplicadas a amenazas y riesgos geológicos: Investigaciones geológicas.
- Investigaciones aplicadas a amenazas y riesgos geológicos- Investigación sísmica
- Investigaciones en Geociencias Básicas: Estudios Geológicos Especiales. sede Medellín.
- Investigaciones en Geociencias Básicas - Exploración de Recursos Geotérmicos

- Investigaciones en Recursos Minerales: evaluación de recursos minerales metálicos. Áreas Estratégicas Mineras.
- Investigaciones en Recursos Minerales: Minerales no metálicos e industriales.
- Investigaciones en Geociencias Básicas - Cartografía e investigación geológica, geofísica, tectónica y geomorfológica.
- Investigaciones en Recursos Minerales - Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos.
- Investigaciones en Geociencias Básicas – Geología de Volcanes.
- Investigaciones aplicadas a amenazas y riesgos geológicos - Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa (municipio de Popayán y municipio de Pasto).
- Investigaciones en Geociencias Básicas - Mapa Geológico de Colombia.
- Investigación y Desarrollo de las Técnicas Nucleares- - Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas.

COOPERACIÓN INTERISNTITUCIONAL:

Agencia Nacional De Minería. Con base en el principio de cooperación entre Entidades Estatales, se prestó apoyo al análisis de carbón y asesoría diversa en proyectos de Gran Minería.

- Contrato de Concesión Carbones del Cerrejón ILL
- Contrato de Concesión Drummond Colombia Ltda
- Contrato de Concesión Vale Coal Colombia Ltda
- Contrato de Concesión Prodeco

Conceptos asociados a:

- ✓ Desviación sistemática del equipo mecánico de muestreo instalado en el puerto. Drummond
- ✓ Determinación de la densidad del carbón en pilas de almacenamiento

OTRAS:

- ✓ Fiscalía especializada en delitos contra recursos naturales y medio ambiente
- ✓ Cuerpo Técnico de Investigación de la Fiscalía General de la Nación
- ✓ Dirección de Investigación Criminal e INTERPOL - Policía Nacional

El apoyo implica el acompañamiento a estos cuerpos judiciales en las labores de incautación y luego en la identificación química del material incautado por actividades presuntamente ilícitas.

Se realizaron 36 informes técnicos.

GESTIÓN DE LA CALIDAD

- Elaboración, ejecución y seguimiento del Plan de Trabajo para la implementación de los requisitos de la NTC ISO/IEC 17025. Incluye plan de actualización documental – Plan de validación/verificación.
- Realización de mesas de trabajo internas para la concertación de los siguientes temas:

- Actualizar el procedimiento PR-LAB-INM-001-Implementación de nuevos métodos de ensayo - Actualizar la guía GU-LAB-PES-011-Guía para la Validación o Confirmación de Métodos de Ensayo - Actualizar la guía GU-LAB-PES-010-Guía de estimación de la incertidumbre - Documentar procedimientos para hacer verificaciones intermedias que permitan mantener la confianza en el estado de calibración de los equipos. Revisar y de ser necesario actualizar los formatos: F-LAB-PES-097 Control de balanzas y F-LAB-PES-099 Control de medios isotérmicos - Documentar procedimientos para la verificación de materiales de referencia internos, que incluyan lineamientos para el registro de los resultados obtenidos y la elaboración de programas de verificación - Actualizar la guía GU-LAB-PES-009-Aseguramiento de la Calidad.
- Participación en cuatro programas interlaboratorios de orden internacional que permiten garantizar la confiabilidad de los datos generados en los Laboratorios. Los programas son: CANSPEX™ COAL PROGRAM - Minerals Services Laboratory Quality Services International (LQSI) - Programa Ensayo de Aptitud GeoPT (Asociación Internacional de Geoanalistas) - MolLabs para aguas naturales.
- Generación de la segunda versión del Manual de la Calidad bajo la norma ISO 17025.
- Realización del mantenimiento y calibración de los equipos de laboratorio utilizados en los diferentes ensayos.
- Realización de cinco boletines internos para realizar la divulgación del sistema de gestión de la calidad
- Elaboración y ejecución del Plan de trabajo de la Subred de Minería de la Red Colombiana de Metrología. La Dirección de Laboratorios del SGC es la coordinadora de la Subred de Minería cuya misión es el “Fortalecimiento de los laboratorios del sector minero para la caracterización confiable de materiales geológicos dentro de las cadenas productivas involucradas”.
- Para cumplir con ésta misión ha realizado actividades asociadas al plan de acción de la subred, con el propósito de empoderar y transmitir a los participantes, tanto públicos como privados, conocimientos en varios tópicos de la metrología, en donde se destaca los siguientes seminarios realizados:
 - Metrología básica
 - Metrología química
 - Metrología en fuerza y masa
 - Trazabilidad en metrología química
 - Herramientas para el aseguramiento de la calidad en mediciones químicas
 - Metrología en magnitudes eléctricas
 - Metrología en tiempo y frecuencia
 - Control metrológico para equipos satelitales GPS

Los seminarios se realizaron en la sede Bogotá, sede Cali, OVS Manizales, OVS Pasto y OIVS Popayán y han contado con la participación de más de 300 personas involucradas en diversos campos del quehacer nacional que involucra la caracterización de materiales mediante ensayos de laboratorio.

Adicionalmente se participó en los siguientes eventos de coordinación inter institucional.

Comité 42. Carbón y Coque del ICONTEC.

Coordinadores de Subred de Minería dentro de la Red Colombiana de Metrología. Instituto Nacional de Metrología
Comisión Nacional Intersectorial para la Red Nacional de Laboratorios del Ministerio de la Protección Social

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

Los logros y avances se presentan a continuación conforme al plan de implementación de la Arquitectura Empresarial, los proyectos, los productos y servicios definidos para el Proceso Gestión del Conocimiento Geocientífico de la Dirección Gestión de Información.

AVANCE EN IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA EMPRESARIAL

Los proyectos que se trabajaron durante el año 2016 y que están en ejecución son:

MIIG (Motor de Integración de Información Geocientífica): es una herramienta que permite al usuario interno o externo realizar búsquedas a través de la generación de una lista de recursos de información geocientífica, que corresponden en forma total a parcial de una o varias palabras claves suministradas por el usuario final. El MIIG estará en capacidad de establecer enlaces entre los recursos de información que se encuentran en diferentes formatos y fuentes de información dispuestas por el SGC.

El proyecto MIIG, fue concebido en la arquitectura empresarial, como un conjunto de sistemas facilitadores que apoyan los procesos misionales de generación de información en la organización permitiendo producir información catalogada, organizada en repositorios centralizados que permiten su fácil acceso por medio de mecanismos de indexación búsqueda y descarga.

Se revisaron y aprobaron 131 casos de uso, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG, correspondientes a búsquedas, consultas y descargas de recursos de información y administración y catalogación de ontologías del MIIG. Se revisaron y aprobaron 241 casos de pruebas, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG. Se realizaron pruebas y se aprobó el MIIG Beta Fase I por parte del SGC. Se realizaron pruebas y se aprobó el MIIG Fase I por parte del SGC.

ECM (Enterprise Content Management): es la herramienta que será utilizada por las áreas del conocimiento del servicio geológico colombiano, para administrar la información misional de la entidad. Permitirá así mismo visualizar desde el ambiente de trabajo del usuario final la información que reposa en el sistema de almacenamiento del SGC.

Se revisaron y aprobaron 113 casos de uso, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG correspondientes a: Manejo de archivos almacenamiento, procedimiento de oficialización, catalogación instantánea. Se revisaron y aprobaron 335 casos de pruebas, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG. Se realizaron las pruebas en ambiente de pruebas. Se tiene toda la herramienta ECM – SharePoint configurada en producción.

WCM (Web Content Management): Herramienta que será utilizada para gestionar y publicar el contenido Web de la Entidad. A través de esta herramienta se implementó una nueva versión del actual Portal del SGC y de nuevos sitios Web con contenidos de interés para el público del sector y general. Se revisaron y aprobaron 162 casos de uso, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG.

Se revisaron y aprobaron 89 casos de pruebas, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG. Se realizaron pruebas de WCM Fase I en producción. Actividades relacionadas con completitud de formatos de evidencias, incidencias y casos de pruebas respecto a las pruebas. Culminación de dichas pruebas. Pruebas de suscripción a servicios Jungle Mail.

Trámites y Servicios: Análisis y Diseño para la implementación de los trámites en línea de la Dirección de Asuntos Nucleares correspondiente a: Registro, Licencia de Operación, Licencia Cese Temporal, Licencia de Diseño y Construcción, Licencia de Clausura, Licencia de Importación, Licencia de Reexportación, Inspección de Licenciamiento, Inspección de Control Regulatorio.

Se revisaron y aprobaron 162 casos de uso, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG, correspondientes a los 7 tramites de la Dirección de Asuntos Nucleares. Se elaboraron 547 casos de pruebas, elaborados de manera conjunta con la UT-IMIIG.

Portal y Sitios Web: Dentro del Proyecto de Arquitectura Empresarial, se definió la creación del nuevo Portal del SGC basado en la herramienta SharePoint, la cual permite una publicación con mayor gobernabilidad y una mejor experiencia de usuario final.

Se elaboraron 37 plantillas gráficas, revisadas y aprobadas por los delegados de las áreas temáticas. Se socializo la primera versión del home del portal al Director General, el cual fue aprobado con algunos ajustes. Se levantó el contenido a incluir en cada una de las 37 plantillas aprobadas. Se revisaron y aprobaron 155 casos de uso. Se revisaron y aprobaron 97 casos de prueba. Se realizó la implementación de las plantillas gráficas y del contenido final en ambiente de pruebas con el fin de integrar cada uno de los siguientes sitios al portal:

- **Sitio de Sismos:** Para este sitio el SGC realizó un prototipo SIG el cual relaciona y cumple los requerimientos del área temática respecto a localización de sismos, despliegue de pop up y caracterización de usuario para enlace directo a sismogramas, imágenes y mapa de localización. Filtro de búsqueda y registros en línea. Sismo más reciente y vínculos a sismicidad histórica. Este sitio cuenta con la aplicación de estándares y estilos gráficos definidos para el nuevo portal. Así como la recepción de datos por parte de la RSNC, los cuales se toman de un archivo JSON a partir del cual se publica en las páginas de detalle, la información existente en los reportes de cada sismo.
- **Sitio Volcanes:** Este sitio cumple con la misma línea gráfica y funcionalidad del sitio de sismos. Para ello, el SGC desarrolló un prototipo el cual se encuentra en fase preliminar de diseño y funcionalidad. Este sitio cumple con los requerimientos entregados por el área técnica quienes hicieron la entrega del shape de ubicación y niveles de actividad de los volcanes de Colombia, con el fin de ser cargados al prototipo. De igual forma, se socializó al grupo técnico el mapa del sitio para este espacio y sobre el cual se entregó la matriz de contenido para que se realice la completitud de la misma para cada uno de los volcanes.
- **Portal niños:** Se realizaron alrededor de cuatro propuestas gráficas al home de portal de niños, el cual contó con varias mesas de trabajo, en las que se evaluaban dichas propuestas y se realizaba retroalimentación de las mismas. Este sitio fue socializado con algunos temáticos pertenecientes de las diferentes áreas técnicas y con el Grupo de comunicaciones. De igual forma, se desarrollaron las plantillas internas de cada tema, las cuales cuentan con desarrollo de ambiente, personajes y animación del mismo. En estas plantillas internas, el Grupo de comunicaciones (administrador de este sitio una vez sea entregado en su totalidad), serán los

encargados de realizar el cargue de contenido en cuatro botones habilitados para cada tema, contenido a trabajar por parte de este grupo.

- **Intranet:** Este frente realizó atención de requerimientos y recepción de los mismos por parte de las diferentes áreas integradoras de la Intranet del SGC. Bajo estos lineamientos se recibieron tres propuestas gráficas las cuales se ajustan a dichos criterios. De igual forma, se trabajó bajo siete plantillas de contenido en las cuales se migrará o incluirá según sea el caso la información para este sitio, información recopilada por el líder de este frente. Este sitio se encuentra en desarrollo por parte de la UT. Para este sitio el SGC emitió aprobación para: Home de intranet, plantillas internas, plantillas clasificados
- **Contenidos portal:** Se llevó a cabo la recopilación de contenidos respecto a cada uno de los sitios del portal. Recopilando la información con los diferentes encargados. Para dicha actividad de entregó a la UT diligenciada la matriz de contenido para cada uno de los sitios con sus respectivos anexos correspondientes a documento, imágenes, enlaces y demás
- **Sitio programas de investigación:** Relacionada con el sitio personalizado para cada una de las áreas técnicas. Respecto a esto, se llevó a cabo la socialización de las plantillas, sitio en el portal y home del mismo para lo cual se respondieron inquietudes y se atendieron requerimientos dando soporte para la completitud de la matriz de contenido para estos sitios. Dicho trabajo se llevó a cabo con la Dirección de Recursos Minerales, Geología Básica, Geoamenazas, Asuntos Nucleares, Laboratorios y Grupo Museo
- Se revisaron y aprobaron en ambiente de pruebas
- Todos los anteriores sitios y subsitios, se implementaron en ambiente de producción
- Se están realizando pruebas en ambiente de producción

Herramienta de Gestión de Proyectos: Se realizaron actividades encaminadas a la implementación del Sistema de Gestión de Proyectos Institucional; dentro de la Tercera fase “Operación y Soporte”, las actividades principales durante este período consistieron en la participación en reuniones, revisión de documentación en torno al desarrollo de las interfaces: Planview-SIG-MIIG-ECM y Planview-licencia_Global-Portal_Web, Planview-SIAPPI y configuración de funcionalidades adicionales como son, la adecuación de la estructura financiera, el módulo de estrategia, el módulo de priorización de proyectos, entre otros. Se siguió con la realización de pruebas de acuerdo al plan de pruebas de la integración Portal Web – Licencia Global, sobre el caso de pruebas referentes a la búsqueda y consulta hacia el usuario final, se revisó y se generaron nuevos casos de pruebas para el plan de pruebas de la interfaz Planview y sistemas SIG-MIIG-ECM.

Sistema Altamente Escalable (SAE): Es un desarrollo el cual le permitirá al SGC publicar de manera confiable información de eventos geológicos como lo son sismos, volcanes, movimientos en masa y comunicados de prensa, en una infraestructura escalable en Cloud, para ser presentada durante periodos de alta demanda. Información de gran importancia para las entidades de gestión de riesgo y uno de los objetivos misionales del SGC.

Se realiza revisión y modificación del documento: Términos de referencia para la contratación del Sistema Altamente Escalable con los OVS, RSNC y U. Andes. Se realiza el proceso de Contratación mediante la Licitación Pública LP02 de 2016, para el Diseño e Implementación del Sistema Escalable para la Publicación y Difusión de Eventos de Amenazas Geológicas. Mediante mesas de trabajo y videoconferencias con los OVS y RSNC se realiza la etapa de análisis y levantamiento de requerimientos con el cual se construye el Documento de Arquitectura, Análisis y diseño, en el cual se definen escenarios operacionales, historias de usuario y matriz de roles. En adelante solo la RSNC realizara publicaciones de Sismos, esto para tener toda la información centralizada en un solo punto y cuando se presente el evento sísmico asociado al volcán los OVS deberán enviar la información a

RSNC para realizar la publicación. Definición de Diseño. Se define el manejo de las cámaras de volcanes y ya que no se cuenta con un canal satelital directo, solo se podrán ver las imágenes que se colocan en SharePoint.

Reunión de entendimiento del archivo JSON entregado por RSNC. Ya que este será el formato entregado bajo un servicio RESTFULL para la publicación de Sismos. El archivo JSON será proporcionado también por los OVS en caso que se asocie un sismo a un volcán. Se realizan varias mesas de trabajo con la presentación de la maqueta de administración realizada por Saucó al cual se solicitan se realicen varias modificaciones de forma.

CONSULTA INFORMACION GEOCIENTIFICA BIBLIOTECA DEL SGC

Los servicios de consulta de Información Geocientífica realizados en la Biblioteca durante el año 2016 se consolidan en la siguiente gráfica:

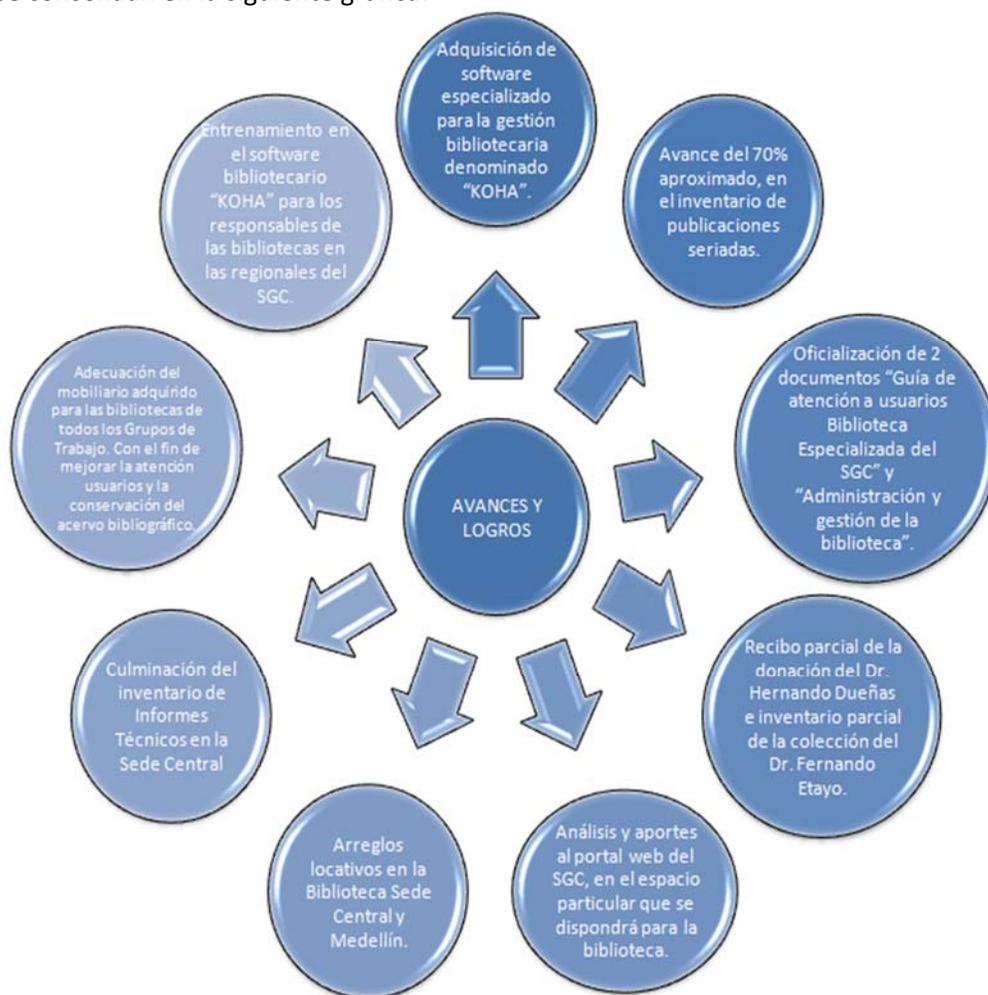


Figura. Planeación y Ejecución relacionada con la Biblioteca Especializada SGC.

El servicio de consulta de información geocientífica en la biblioteca, se enfocó desde dos componentes: una es la organización de la biblioteca que genere valor en el servicio y que redunde en la satisfacción del usuario y el segundo elemento es el servicio que presta la Biblioteca Especializada del SGC.

ORGANIZACIÓN

Fase I: Organización y depuración del acervo bibliográfico Informes Técnicos producidos por el SGC, Biblioteca Central.

Fase II: Adecuación de los espacios para el nuevo mobiliario en la Biblioteca Especializada del SGC. Cada una de sedes Cali, Medellín, Manizales, Popayán, Pasto y Bogotá adecuaron los espacios para instalar el mobiliario adquirido para mejorar la organización, preservación y conservación del material bibliográfico, facilitando además su acceso y consulta.

Fase III: Organización de las Publicaciones Seriadas. Se avanzó en el inventario de las Publicaciones Seriadas en cada una de las sedes como se observa en la siguiente figura:

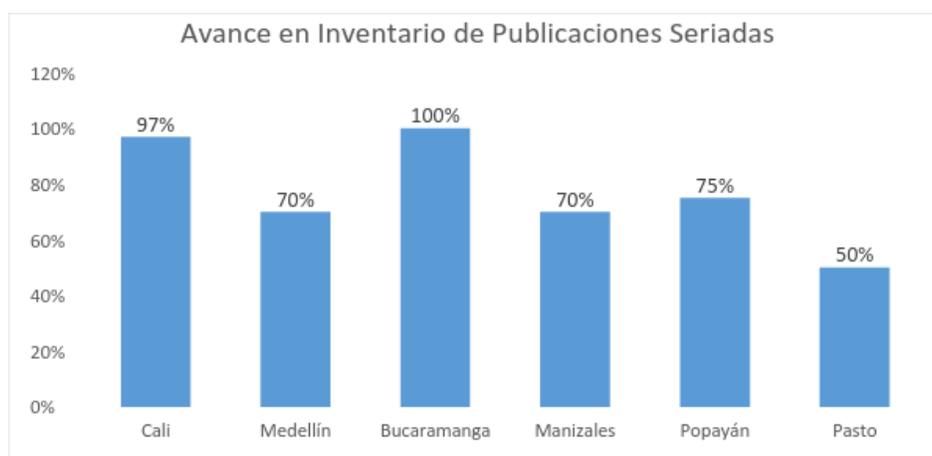


Figura . Inventario Publicaciones Seriadas

Fase IV: Actualización de la Documentación de la Biblioteca Especializada. Se documentó el procedimiento que engloba los formatos que se ha trabajado y se actualizó la Guía de Atención a Usuarios Biblioteca Especializadas del Servicio Geológico Colombiano. Se avanzó en un 40% en la elaboración del documento Guía de Procesos Técnicos de la Biblioteca Especializada del SGC.

Fase V: Organización de las Fotografías Áreas. La clasificación, inventario, preservación y conservación de las fotografías aéreas fue llevado a cabo principalmente por el GT-Bucaramanga, con una ejecución del 100%.

CONSULTA INFORMACION GEOCIENFICA MUSEO DEL SGC

Formulación del Plan Museológico. El Grupo de Trabajo Museo presentó un Plan Museológico con el fin de reorganizar el trabajo interno que realiza, así mismo como estrategia de comunicación con la Dirección General y las Direcciones Técnicas del Servicio Geológico Colombiano para llevar a cabo con éxito una completa modernización del Museo que incluye programas a desarrollar en forma gradual conforme los recursos existentes para ejecutar los proyectos que sean formulados y aprobados para el año 2017 -2018.

Para la elaboración del Plan, se llevó a cabo la Semana de la Museología que consistió en un panel para recibir propuestas sobre el deber ser del nuevo museo del SGC. El panel estuvo conformado por personal de Maloka, la Universidad de Los Andes, el Centro de Investigaciones Paleontológicas, Observatorio de Ciencia y Tecnología, la Maestría en Museología de la Universidad Nacional de Colombia, el Programa de Fortalecimiento de Museos del Museo Nacional, Museológica. De este panel quedaron compromisos para trabajar como la formación de convenios entre las instituciones nacionales e internacionales.

Exhibiciones. Empleando las infografías existentes con motivo de los 100 años de la Entidad se colocó en la recepción del museo y otra en la vitrina histórica, brindando un mejor aspecto visual en el museo.



Figura. Exhibiciones Museo SGC

Cuidado, manejo y conservación de las colecciones. A través del Convenio con la Universidad Nacional de Colombia se trabajó en la verificación de registros la cuál es la buena base para la realización del inventario y catalogación de las colecciones. Se revisaron todos los 12.578 registros para comenzar el levantamiento del inventario y catalogación de las colecciones en el proyecto formulado en el Programa de Colecciones.

Preparación y Conservación de Material Paleontológico. Se realizó la preparación de material paleontológico, tanto para piezas de nuestras colecciones como para piezas de otros museos. De

nuestras colecciones un total de siete piezas fueron preparadas y de Museos regionales varias piezas fueron intervenidas en el sitio, especialmente en Villavieja, Huila.

Divulgación y Comunicación. La actividad de apropiación social del conocimiento, fue fortalecida mediante el convenio con el grupo del Observatorio de Ciencia y Tecnología. Como resultado se produjeron materiales de divulgación tales como videos, folletos y presentaciones.

En las tablas se muestra la clasificación de visitantes al Museo durante el año 2016

Categorías de visitantes	Cantidad
Niños	2.414
Jóvenes	4.788
Adultos	6.557
Adultos Mayores	1.049
Total	14.853

Figura . Número de visitantes clasificado en cuatro categorías

Charlas dictadas	Cantidad
Instituciones	78
Charlas dictadas	168
Total	246

Figura. Número de Instituciones atendidas Número y charlas dictadas

El nivel de aceptación y satisfacción del servicio prestado en el museo y que fue evaluado por el SGC mediante encuestas arrojó un resultados de Calidad: 96.74% y de Impacto: 94.65%



Figura. Diferentes Grupos de Visitantes

Atención a hallazgos fortuitos, asesorías a museos y otros grupos interesados.

Hallazgos paleontológicos (Ver Gráfica 6).

Restos de mastodonte; Carmen de Bolívar, Departamento de Bolivar

Reporte de Xenarthra; Villavieja, Departamento del Huila

Reporte de mastodonte; Colombia, Departamento del Huila



Figura. Atención a hallazgos fortuitos por parte del Grupo del Museo.

Asesorías y apoyo a Museos Regionales y Entes Gubernamentales.

- Apoyo y asesoría al Museo de Historia Natural de la Sabana, Nemocón, Departamento de Cundinamarca.
- Apoyo, mantenimiento y adecuación de exhibición Museo paleontológico de Pubenza, Tocaima, Departamento de Cundinamarca.
- Apoyo y asesoría sobre las colecciones Museo El Fósil, Villa de Leyva, Departamento de Boyacá.
- Asesoría y revisión de Colección Museo paleontológico de San Sebastián de Mariquita, Departamento de Tolima.
- Asesoría al Museo de Sutatenza, Departamento de Boyacá.
- Apoyo, mantenimiento y preparación de Piezas paleontológicas de exhibición Museo paleontológico de Villavieja, Departamento del Huila.

Investigación. Un total de 13 investigadores nacionales e internacionales que consultaron las colecciones del museo.

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO

Con relación al patrimonio geológico y paleontológico tenemos los siguientes logros:

Inventarios inmuebles. Se identificaron 57 geotopos, de los cuales cuatro presentan interés científico de relevancia internacional, constituyendo posibles geositios. Estos geotopos se

encuentran localizados en su mayoría sobre la Cordillera Oriental, dominio geológico por el que se decidió dar inicio, de los 14 dominios previamente establecidos. A continuación se describe los sitios

- Alto Ricaurte. De los cinco lugares visitados, presentan un elevado valor científico la Loma la Cabrera, yacimiento de travertino y Loma la Yesera. Los dos primeros por ser importantes yacimientos paleontológicos de vertebrados marinos del Cretácico Inferior y mamíferos del plioleistoceno respectivamente. El último por ser una importante sección de referencia del Barremiano en Colombia. El interés principal en la Cascada la Periquera y el Hoyo la Romera es turístico y didáctico.

Así mismo en septiembre se visitaron 18 lugares, de los cuales 14 presentan un valor científico suficientemente alto (>3.3) para ser considerados geotopos, los cuatro lugares adicionales (Cueva el Hayal, Cueva el Indio, Cueva el Feto y Salto el Ángel) presentan interés principalmente turístico.

- Macizo de Floresta. Se ejecutó una comisión donde se visitaron 15 geotopos.
- Paz del Rio. Se ejecutó comisión con la participación del equipo de trabajo Y se visitaron 8 geotopos.
- Anticlinal de Arcabuco. Se llevó a cabo una comisión, en la que participaron profesionales del equipo del MGJRG. Durante esta comisión se visitaron 9 geotopos.
- Ibagué. Se ejecutó una comisión, en la que participó el equipo de trabajo junto con Luis Carcavilla y Juana Vegas, expertos en patrimonio geológico del IGME. Se visitaron tres lugares de interés geológico: La falla de Ibagué (con potencial suficiente para ser considerada geositio), volcanes monogenéticos Guacharacos y El Tabor y depósitos Lahares producto de erupciones recientes del volcán nevado del Ruiz.

En las Metodologías de valoración de patrimonio geológico y paleontológico inmueble (geotopos y geositios), se trabajó en la adaptación de los formularios de descripción y valoración propuestos para Colombia, como parte del convenio IGME-SGC, con base en observaciones realizadas durante la prueba piloto, consulta con pares y recopilación bibliográfica.

Se recibió la base de datos utilizada por el IGME, para el inventario de Patrimonio Geológico Español, identificando los campos que requerirían de adaptaciones para su aplicabilidad al territorio colombiano.

Inventario Mueble. En el año 2016 se inició la valoración de material de bienes y elementos de interés geológico y valor patrimonial que conforma el inventario de mueble del Museo Geológico José Royo y Gómez - MGJRG, para esto se ajustó el formulario de valoración de patrimonio mueble propuestos para Colombia, como parte del convenio IGME-SGC.

El MGJRG cuenta con más de 50000 registros de piezas con potencial valor patrimonial, los cuales serán objeto de catalogación, inventario y valoración patrimonial en conjunto.

Legislación. Se han recibido observaciones sobre el decreto por parte de: 1. El Departamento Administrativo de la función pública (DAFP), en el mes de Septiembre 2. El Ministerio de Cultura, en el mes de Diciembre 3. El Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), en los meses de Octubre y Diciembre 4. OPEBSA en el mes de Diciembre y 5. El Ministerio de Minas y Energía, en el mes de Diciembre.

Geoparques. Se llevó a cabo la recopilación bibliográfica y síntesis de información de seis iniciativas de geoparque en el territorio colombiano: Cañón del Chicamocha, Proyecto Geoparque Volcánico el Ruiz, Ruta del Oro en Nariño, Floresta Boyacá, Alto Ricaurte y Desierto de la Tatacoa.

- Proyecto Geoparque Volcánico el Ruiz. Se realizó una reunión con la participación del equipo de trabajo del MGJRG, expertos del IGME, la Gerente del Proyecto de Geoparque y funcionarios de Parques Nacionales para brindar asesoría sobre los requerimientos de UNESCO, frente a una postulación de geoparque.
- Comité nacional de Geoparques. Se realizaron consultas para la constitución del Comité Nacional de Geoparques, el cual sería liderado por el SGC, avalado por la Comisión Nacional de Cooperación con la UNESCO y contaría con la participación de otras entidades de áreas como: Patrimonio cultural, áreas protegidas, parques nacionales, entre otros

Divulgación y capacitación. Con relación a las estrategias de divulgación de conceptos relacionados con patrimonio geológico a un público no especializado y actividades de capacitación del equipo de trabajo del MGJRG, que a continuación se relacionan:

Se participó de manera activa del programa nacional para prevenir y contrarrestar el tráfico ilícito del Patrimonio Nacional, mediante la realización de capacitaciones a funcionarios de la policía, en las ciudades de Cúcuta, Pasto, Bogotá, Villa de Leyva y Cartagena. Se capacitaron alrededor de 1700 funcionarios de la Policía Nacional.

Se llevaron a cabo ponencias sobre Patrimonio Geológico y Paleontológico en la Universidad Pedagógica y Tecnológica-Sede Sogamoso, Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá y UNAL Sede Medellín.

Servicio consulta información geocientífica litoteca. El SGC cuenta con espacios destinados a litoteca en las sedes Medellín, Cali, Popayán, Pasto y Manizales, las muestras de la sede Bucaramanga se trasladaron a la Litoteca Nacional en Guatiguará y Bogotá actualmente cuenta con tres bodegas en la sede CAN.

Las actividades que realiza la litoteca son: dar trámite a solicitudes por parte de las direcciones técnicas para entrega de muestras, organización de muestras y espacios en laboratorios y sedes del SGC, realización de inventario de muestras recibidas, organización y conservación de las mismas, tramitar las solicitudes de préstamo y consulta, cargue de muestras a plantillas Excel para luego ser subidas al Geoportal institucional y actividades de recuperación de muestras enviadas a la Litoteca Nacional sin los debidos estándares de conservación y preservación.

Las actividades que se ejecutaron durante el año 2016, en cuanto a:

Actividad	cajas	muestras	Testigos
Solicitudes De Recibo, Revisión Y Entrega De Muestras	1535	10894	88
Organización Muestras De Regionales Y Laboratorio	15	4400	
Inventario De Muestras Entregadas A Litoteca	55	14500	
Organización Y Traslado De Muestras En Litoteca	773		
Solicitudes De Préstamo Consulta De Muestras	399	4953	100
Revisión De Bases De Datos Para Cargar En Geoportal		13947	

Y por último se presentan los resultados la recuperación muestras del SGC en Litoteca Guatiguará.

PROYECTO	PRESERVACIÓN POZOA	REVISIÓN Y ORGANIZACIÓN POZOS
	0005, 0007, 0008, 0001, 001A, 0002, 0003, 0004, 0009, 0010, 0011 y 0012	
Proyecto Geomet		P9, M2, M3 Y GMCPC
	Pozo GMCPC-3	27 Pozos
Proyecto Geomet	Pozo GMCPC-2	Pozo GMCPC-2
		PC-8 OSORIO, BE-CO-1C, PC-18 LA CEIBA, PC-13 LA POPITA, PC-9 BELLAVISTA
	PC-20 LOS GUACAYANES. y el pozo PC- 9 BELLAVISTA	
Proyecto TEPMA, PC-16 Buenos Aires		PC-2 LA CONQUISTA, PC-09 EL HOYO LIMONCITO, BE-CO-5A
Proyecto San Luis		PPI 2 – Proyecto San Luis 76 Cajas, • PPM5 139 Cajas, • PPM2 – Proyecto San Luis 150 Cajas, • PPI 1
		Pozo PPM5
		PC-07 EL HOYO LIMONCITO, • PC-09 EL HOYO LIMONCITO, • PC-12 EL DIAMANTE, • PC-19 EL LINDERO, • PC-2 LA CONQUISTA, • PC-16 BUENOS AIRES, • PC-3 ELEUTERIO, • PC-5 EL BOJOSO, • PC-6 EUCLIDES, • PC-1 POMPILIO, • PROYECTO TEPMA, • SAN PABLO – 1, • BE-CO-1A, • BE-CO-3B, • BE-CO-3C, • BE-CO-4A, • BE-CO-4C, • BE-CO-5A
Proyecto San Luis		PPI4 – Proyecto San Luis 63 Cajas, • PPM-2 - Proyecto San Luis 150 Cajas, • PC-18 - La Ceiba 32 Cajas

CATALOGOS DE PRODUCTOS OFICIALIZADOS

Se realizaron actividades de pre-oficialización, oficialización y Post-Oficialización; las cuales se presentan a continuación:

Pre-oficialización. Se realizaron actividades de pre-oficialización consistentes en el acompañamiento a las direcciones técnicas en la elaboración de los productos misionales. El resultado de estas actividades se consignó en actas de acompañamiento y/o formatos indicando situaciones susceptibles de corregir. Se realizaron 9 acompañamientos asociados a estándares de

presentación y se recibieron nueve solicitudes de revisión en este aspecto, las cuales se atendieron oportunamente.

Se realizaron acompañamientos asociados a estándares de presentación a profesionales de Geoamenazas, Geociencias Básicas y Recursos del Subsuelo.

Se realizaron cinco (5) acompañamientos presenciales (Actas 32 a 36_16). Se realizaron varios acompañamientos presenciales a revisiones y se genera un (1) Acta (Actas 37_16).

Se realizaron varios acompañamientos presenciales a revisiones y se generaron correos y un (1) Acta (Actas 38_16).

Se hicieron varios acompañamientos en soportar oficialización productos de las áreas Geociencias Básicas, Geoamenazas y Recursos Minerales.

Se realizaron varios acompañamientos presenciales a revisiones y se genera un (1) Acta (Actas 39_16).

Oficialización de productos. En el año 2016, fueron oficializados productos de información geocientífica, conforme el procedimiento establecido para efectuar las actividades de control necesarias para garantizar que la información geocientífica generada por el Servicio Geológico Colombiano, cumpla con criterios de idoneidad, validación técnica, integridad, presentación, documentación y estructura de almacenamiento, definidos para su disposición final con base en estándares institucionales.

En el primer trimestre de 2016, fueron oficializados productos de información geocientífica, mediante ACTAS de Oficialización: 47 (enero 22-16), 48 (febrero 3 -16) y 49 (marzo 31-16). De dichos productos dieciséis (16) venían del año 2015.

Mediante las Actas 51_16 y 52_16 cinco (5) se oficializaron productos de información geocientífica.

Mediante Acta 53 (junio 8-16), 3 productos mediante Acta 54 (junio 28_16), fueron oficializados 15 productos de información geocientífica.

Fueron oficializados 6 productos de información geocientífica, mediante Acta 55 (julio 27 de 2016). Se hizo acompañamiento en el tema de oficialización a Profesionales de las Direcciones de Geoamenazas, Geociencias básicas y Recursos Minerales.

Fueron oficializados 5 productos de información geocientífica, mediante Acta 56 (agosto 1 de 2016) y 19 productos mediante Acta 56 (AGOSTO 19_16).

Ingresaron y fueron oficializados seis (6) productos de información geocientífica, mediante Acta 59 de octubre 2016.

Fueron oficializados diez (10) productos de información geocientífica mediante Actas 60 de noviembre 2/2016 y u 61 de noviembre 9/2016.

Fueron oficializados doce (12) productos de Información Geocientífica mediante Acta 62 16.

SERVICIO DE SUMINISTRO DE INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA DIGITAL

Información geocientífica. Suministro de Información Geocientífica del SGC: las actividades realizadas son: recepción de la solicitud, verificación en el sistema de información de metadatos

(SICAT) y en los servidores de contenido, descarga de la información, almacenamiento en DVD (u otros medios de almacenamiento) y entrega u orientación de como buscar y descargar la información (productos geocientíficos del SGC) con destino a usuarios internos y externos (por medio de respuesta a Solicitudes de Información y Derechos de Petición).

Mes	Cantidad solicitudes	Productos Suministrados
ENERO	7	33
FEBRERO	19	43
MARZO	16	26
ABRIL	12	81
MAYO	21	236
JUNIO	21	113
JULIO	13	125
AGOSTO	33	170
SEPTIEMBRE	21	152
OCTUBRE	25	287
NOVIEMBRE	32	188
DICIEMBRE	26	268
TOTAL	246	1722

Tabla 1. Cantidad de productos suministrados

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Suministro de Información de Referencia: solicitudes atendidas a usuarios internos (información generada por el IGAC), correspondiente a 645 Fotografías Aéreas, 1325 Planchas de cartografía base a diferentes escalas. Las actividades realizadas son: recepción de la solicitud, verificación en los servidores de contenido, descarga de la información, almacenamiento en DVD (u otros medios de almacenamiento) y entrega de archivos u orientación con destino a usuarios internos.

DEPURACIÓN INFORMACIÓN GEOCIÉNTIFICA

Mejora de calidad y contenido de metadatos de los datos de estudios geocientíficos para realizar búsquedas desde el SICAT (futuro MIIG).

Se realizó la actividad para 2.778 estudios con 21.249 elementos documentales (28% del volumen de estudios geocientíficos).

GEOCIENCIAS BÁSICAS: 778 (14.574 elementos documentales)

GEOAMENAZAS: 1.612 (5.117 elementos documentales)

RECURSOS MINERALES 388 (2.258 elementos documentales)

Se realizó identificación de información, recatalogación de la clasificación de áreas del conocimiento, líneas temáticas, escalas, mejora de la calidad y completitud de los atributos de metadatos (descripciones), revisión, almacenamiento y actualización en el sistema de información

de metadatos los archivos de las tipologías documentales de estudios geocientíficos existentes, de forma que éstos sean integrados a la arquitectura de información de metadatos del MIIG con el estándar y el contenido adecuado para realizar las búsquedas de información.

TRANSFERENCIA DEL BANCO DE INFORMACIÓN PETROLERA

Se logró la transferencia del Banco de Información Petrolera (BIP) de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) al Servicio Geológico Colombiano (SGC), desde el 3 de Noviembre de 2016, de acuerdo con el Decreto 4137 del 2011. Para el efecto fue necesario establecer un equipo de trabajo entre la ANH y el SGC con el fin de asegurar la continuidad del servicio para sus tres componentes a saber:

1. Repositorio digital que almacena todos los datos técnicos generados por las empresas operadoras de explotación y producción de hidrocarburos (E&P) y que son entregados al BIP, como resultado de sus obligaciones contractuales. Su operación se encuentra sustentada en unos elementos de Gobierno (Políticas, normas y estándares de operación), la definición de los procesos de operación, y la organización requerida para su adecuado funcionamiento.
2. Litoteca Nacional, ubicada en el Parque Tecnológico de Guatiguará, Piedecuesta, Santander, en predios de la Universidad Industrial de Santander, es la cual se almacenan, administran y preservan las colecciones de muestras de roca del país provenientes de los trabajos de campo de cada uno de los proyectos ejecutados por las empresas operadoras de E&P en Colombia.
3. Cintoteca, que se encuentra ubicada en el Terminal de la Sabana de ECOPETROL, ubicado en la Vereda Mansilla del Municipio de Facatativá (Cundinamarca), es el repositorio donde se almacenan y se preservan todos los medios análogos que las empresas operadoras entregan al BIP, como resultado de sus obligaciones contractuales.

El proceso de recibo implicó un trabajo articulado entre los equipos de la ANH y el SGC en los diferentes frentes:

- Transferencia de Procesos, para asegurar la apropiación de las políticas, las prácticas, los procesos, procedimientos y actividades propias de la gestión del Banco de Información.
- Transferencia de la infraestructura tecnológica compuesta por equipos de cómputo, equipos de telecomunicaciones, equipos de almacenamiento y demás infraestructura de hardware de apoyo para la adecuada operación del Banco, así como los inventarios de referencia para la información disponible.
- Transferencia de los bienes muebles e inmuebles requeridos para la adecuada operación del Banco de Información (Cintoteca, Litoteca, Lote de Tenjo), así como los inventarios de referencia para la información física disponible.
- Transferencia de la operación a través de la contratación de un operador para el repositorio digital del BIP, quien fue seleccionado mediante un proceso de licitación. Estableció también la organización requerida para la operación

- Transferencia de las actividades administrativas aseguró la logística necesaria para garantizar la adecuada operación (Vigilancia, servicios públicos, espacio físico, seguros, arriendos, mantenimiento, etc.)

Los retos para el 2017, será el de asegurar la apropiación en el SGC de este nuevo activo de conocimiento mediante la estabilización del servicio del Banco, de cara a una mejora del servicio para la Industria del Oil & Gas, el aprovechamiento de la información al interior del SGC, asegurando las sinergias que se esperan de acuerdo con los Direccionamientos de la Arquitectura Empresarial del SGC y la definición de un nuevo modelo optimizado de gestión con miras a una potencial implementación en la siguiente fase de gestión del BIP en el SGC.

DIRECCIÓN TÉCNICA DE ASUNTOS NUCLEARES

Respecto a la estrategia a mediano plazo para el fortalecimiento de la infraestructura técnica y científica de la Dirección de Asuntos nucleares se destacan los siguientes logros en 2016:

- Ejecución del primer año del proyecto de inversión nacional 2016-2019 en asuntos nucleares diseñado para consolidar las líneas temáticas y desarrollar la estrategia decenal. Valor \$ 3.000.000.
- Ejecución del primer año del proyecto de cooperación internacional con el OIEA 2016-2019 en asuntos nucleares diseñado para complementar el proyecto nacional con expertos, entrenamientos, transferencia tecnológica y adquisiciones especializadas. Valor € 535.200.
- Implementación de estrategias para la implementación de la nueva norma de Autorizaciones para instalaciones radiactivas por parte del Grupo de Licenciamiento y Control con el fin de atender los retos derivados de la entrada en vigor de dicha norma.
- Puesta a disposición del laboratorio de microscopía electrónica que incluye la facilidad de análisis por cátodo-luminiscencia.
- Ejecución exitosa del programa de entrenamiento en Protección Radiológica y de producción científica en la Dirección Técnica.

En cuanto a desarrollo de las publicaciones y divulgaciones la DAN realizó lo siguiente:

- Presentaciones en el simposio de 100 años del SGC de divulgación sobre:
 - o El rol de las técnicas nucleares en la investigación geocientífica del país. Realizada por Fernando Mosos.
 - o Datación Uranio-Plomo para la generación del conocimiento geocientífico del País. Realizada por Mary Peña.
 - o Huellas de fisión en la exploración de gas asociado a carbones área Umbita-Rondón, Boyacá, proyecto del Servicio Geológico Colombiano. Realizado por Sergio Amaya.
- Artículo internacional: "New thermo and geochronological constraints on the Pliocene-Pleistocene eruption history of the Paipa-Iza volcanic complex, Eastern Cordillera, Colombia" Journal of Volcanology and Geothermal Research, V327, 2016.
- Artículo internacional: "Improvement of analytical capabilities of neutron activation analysis laboratory at the Colombian Geological Survey" American Institute of Physics Conference Proceedings 1753, 080010 (2016).
- Artículo internacional: "Characterization of HPGe gamma spectrometric detectors systems for Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) at the Colombian Geological Survey" American Institute of Physics Conference Proceedings 1753, 080011 (2016).
 - o Elaboración de artículos para Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares vol 1, la cual es el nuevo canal de divulgación científica de la Dirección de Asuntos Nucleares.
 - o "Revisión sobre la Producción de Radionúclidos en Reactores Nucleares y sus Aplicaciones como Radiotrazadores".
 - o "Estimación de los Parámetros de Flujo Neutrónico ϕ y ϕ_{th} a partir de la Irradiación de Suelos de Referencia y Monitores de Al-Au".
 - o "Estimación de la Incertidumbre en el Análisis por Activación Neutrónica de matrices de suelos".

- “Determinación de la Eficiencia de un Detector de Germanio Hiper Puro utilizando el código Monte Carlo GAMOS/GEANT4”.
- "Implementación del Laboratorio de Termocronología de Baja Temperatura: Intercomparación del Servicio Geológico Colombiano – Universidad Grenoble – Alpes, Francia".
- “Determinación de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}C$) en carbones mediante espectrometría de masas de relaciones Isotópicas (IRMS).
- Modelo para la Determinación In-Situ por Espectrometría Gamma de Descargas Líquidas de ^{131}I en Servicios de Terapia.
- Presentación en la I Jornada de Geociencias aplicadas a la ingeniería & VI encuentro de egresados, “Dataciones radiométricas en Geociencias”. Realizada por Cindy Urueña.

Con fines de la acreditación de los ensayos y calibraciones del Laboratorio Secundario de Calibración dosimétrica-LSCD, Laboratorio de Isotopos Estables Líquidos y Laboratorio de Datación U/Pb, se ejecutó lo siguiente

- Desarrollo documental: Se realizó la actualización y elaboración de documentación en cada uno de los laboratorios y ensayos, con el fin de dar cumplimiento a la implementación de la norma ISO/IEC 17025:2005. Adicionalmente se actualizaron los documentos de la Dirección de Asuntos Nucleares para el cumplimiento de los requisitos de Gestión.
- Actualización Validación: Se realizó la actualización de la validación de los ensayos de datación uranio-plomo, isotopos estables líquidos con el fin de cumplir con los requerimientos de la norma ISO/IEC 17025.
- Auditorías Internas: Con el fin de avanzar en el proceso de acreditación, se realizó Auditoria interna por parte del grupo de planeación a los tres laboratorios prioritarios para acreditación de ensayos y calibraciones, donde se realizó el plan de mejoramiento resultado de los hallazgos de auditoría. Adicionalmente, el LSCD recibió auditoria por parte de experto internacional.
- Proceso de contratación Acreditación con ONAC: Para el respectivo proceso de acreditación se realizaron los estudios previos para contratación directa con la ONAC, se subieron los correspondientes estudios previos a la herramienta de contratación, se trabajó por cada uno de los ensayos la documentación requerida para radicación a la ONAC.

A continuación se presenta la gestión de cada uno de los Grupos y frentes temáticos de la Dirección de Asuntos Nucleares:

LICENCIAMIENTO Y CONTROL DE FUENTES RADIATIVAS

El Objetivo del Grupo de Licenciamiento y control es garantizar condiciones adecuadas de seguridad radiológica y nuclear a la población colombiana, aumentando el cubrimiento del proceso de licenciamiento y del control de fuentes radiactivas, mediante la conformación de Infraestructura técnica destinada a ejercer control regulatorio sobre el uso del material radiactivo en el territorio nacional a través de todo el ciclo de uso de estos materiales así como a brindar soporte en seguridad radiológica que el Estado necesita.

En cumplimiento de este objetivo y de las funciones delegadas por el Ministerio de Minas y Energía, el grupo se orientó a la obtención del producto denominado Control Regulatorio del Uso de Material

Radiactivo en el País. Para ello, se realiza el licenciamiento e inspección de 342 instalaciones radiactivas en el territorio nacional, garantizando el manejo seguro de los materiales radiactivos, maximizando el beneficio de su uso y evitando accidentes radiológicos con consecuencias en la población.

Considerando que Colombia no es productor de material radiactivo, todo el material es importado y el uso se puede visualizar como un ciclo abierto compuesto de 5 grandes operaciones: importación, transporte, operación y reexportación o almacenamiento interino (ver figura).

El control del uso del material radiactivo es efectuado desde el ingreso al país, en cada una de las operaciones identificadas y terminando con la reexportación para aquellos en donde aplique³. Como se observa en la figura, para cada una de las 5 operaciones se aplica control mediante licencia, la cual implica la evaluación técnica de la información presentada por el usuario y el cumplimiento de requisitos reglamentados por el Ministerio de Minas y Energía.

Se hace necesario realizar inspecciones de verificación de la información allegada y de las condiciones de seguridad radiológica para todas las licencias de manejo y para algunos casos de importación, transporte y reexportación, para verificar en el sitio de aplicación de las fuentes, el cumplimiento de las normas de seguridad vigentes. Se revisan en detalle todos los aspectos de seguridad física y radiológica de acuerdo con la práctica objeto de la inspección.

Se aplica también en todo el ciclo, un mecanismo de control denominado notificación, el cual es un aviso del usuario a la autoridad sobre una situación particular y tiene como finalidad afianzar el control, mantener actualizado el sistema de información de la autoridad reguladora y detectar prontamente una anomalía o desviación sobre las condiciones previstas en las licencias.

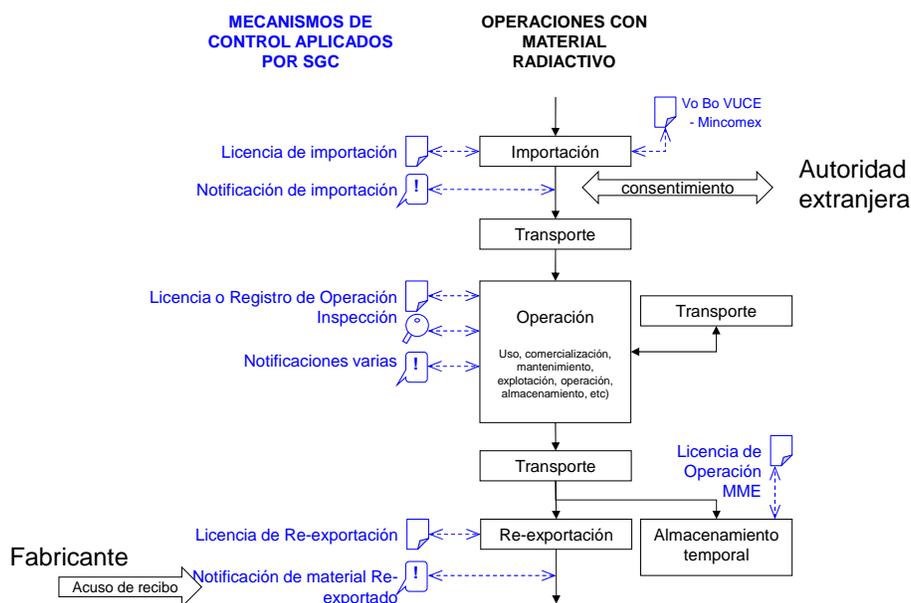


Figura. Operaciones con material radiactivo en Colombia y mecanismos de control regulatorio aplicados

³ No aplica la reexportación para aquellas fuentes radiactivas con periodos de semi-desintegración muy pequeños, ya que son de consumo y su decaimiento a niveles de exención se da por sentado en corto tiempo

Consolidado de instalaciones con autorización vigente. Con corte a 31 de diciembre de 2016, se encuentran con autorización vigente el setenta y ocho por ciento (78%) de las instalaciones radiactivas categoría 1 a 4⁴, en la Tabla 2 se muestra detalle por práctica:

Práctica	No. Instalaciones Total	No. Instalaciones Autorización Vigente	%
Gammagrafía Industrial	39	26	67
Tenencia de Fuentes en Desuso	3	1	33
Investigación	2	2	100
Irradiadores de Sangre	1	1	100
Mantenimiento e Instalación	4	4	100
Medicina Nuclear	98	94	96
Medidores Nucleares Fijos	51	40	78
Medidores Nucleares Móviles	62	31	50
Perfilaje y Registro	21	18	86
Producción de Radioisótopos - Ciclotrón	4	4	100
Radioterapia	49	38	78
Transporte	6	6	100
Trazadores	2	2	100
Total	342	267	78

Tabla 2. Porcentaje de instalaciones autorizadas (categoría 1 a 4) con corte a 31 de diciembre de 2016

Respecto a las instalaciones en posesión de fuentes categoría 5⁵ (Baja peligrosidad), a 31 de diciembre de 2016 el setenta y un por ciento (71%) ha surtido el trámite correspondiente para la notificación de su inventario conforme lo indica la Resolución 90874 de 2014.

Implementación de la resolución 90874. En la Tabla 3 se presenta el número de trámites resueltos respecto a las solicitudes radicadas (en paréntesis) en el marco de la Resolución 9 0874 de 2014 con corte a 31 de diciembre de 2016.

Tipo de Solicitud	Acumulado a 2015-12-31	2016-01	2016-02	2016-03	2016-04	2016-05	2016-06	2016-07	2016-08	2016-09	2016-10	2016-11	2016-12	Total
Licencia de Operación	5 (56)	2 (0)	3 (3)	6 (1)	2 (1)	4 (1)	0 (3)	2 (0)	1 (1)	2 (3)	2 (3)	1 (4)	4 (3)	34 (79)
Registro	8 (71)	0 (1)	4 (0)	2 (5)	9 (2)	3 (3)	2 (2)	5 (5)	2 (6)	3 (8)	4 (9)	2 (10)	9 (13)	53 (135)
Licencia de Diseño y Construcción	5 (25)	0 (1)	1 (3)	1 (1)	1 (3)	0 (1)	0 (0)	3 (2)	0 (1)	3 (1)	4 (1)	0 (0)	12 (0)	30 (39)
Licencia de Clausura	4 (14)	0 (0)	0 (2)	0 (0)	1 (0)	0 (1)	3 (2)	0 (0)	2 (0)	0 (2)	1 (1)	1 (1)	8 (0)	20 (23)
Licencia de Cese Temporal	2 (4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (2)	1 (0)	4 (7)
Total General	24 (170)	2 (2)	8 (8)	9 (7)	13 (6)	7 (6)	5 (8)	10 (7)	5 (8)	8 (14)	12 (14)	4 (17)	34 (16)	141 (283)

Tabla 3. Evolución del número de trámites resueltos en el marco de la resolución 9 0874 con corte a 31 de diciembre de 2016

⁴ Objeto de autorización por Licencia de Operación o Registro en el marco de la Resolución 9 0874 de 2014.

⁵ Objeto de autorización por notificación en el marco de la Resolución 90874 de 2014.

Para el periodo comprendido entre el 1 de enero al 31 de diciembre de 2016, El Servicio Geológico Colombiano emitió ciento diecisiete (117) pronunciamientos de fondo en el marco de la Resolución 9 0874, durante el mismo periodo de tiempo ciento trece (113) solicitudes fueron radicadas. En total, desde la entrada en vigencia de la Norma en mención, hasta el 31 de diciembre de 2016, El Servicio Geológico Colombiano, ha emitido ciento cuarenta y uno (141) pronunciamientos de fondo respecto a doscientos ochenta y tres (283) solicitudes radicadas, lo anterior implica un porcentaje de respuesta al usuario de cincuenta por ciento (50%).

Sobre los trámites resueltos de fondo en 2016, el SGC expidió cincuenta y cuatro (54) autorizaciones en el marco de la Resolución 9 0874, lo cual implica un porcentaje de éxito en dichos trámites del cuarenta y seis por ciento (46%), en la Tabla 4 se muestra detalle por práctica.

Práctica	LO	REG	LDC	LC	LCT	Total
Gammagrafía Industrial	6	0	0	0	0	6
Tenencia de Fuentes en Desuso	0	0	0	1	0	1
Mantenimiento e Instalación	0	0	1	0	0	1
Medicina Nuclear	0	4	2	1	0	7
Medidores Nucleares Fijos	0	3	1	0	0	4
Medidores Nucleares Móviles	0	4	1	0	0	5
Perfilaje y Registro	3	1	0	0	1	5
Producción de Radioisótopos – Ciclotrón	0	3	2	0	0	5
Radioterapia	1	7	1	5	0	14
Transporte	1	1	0	0	0	2
Importadores y Distribuidores	1	1	2	0	0	4
Total General	12	24	10	7	1	54

LO: Licencia de Operación - LM: Licencia de Manejo - REG: Registro - LDC: Licencia de Diseño y Construcción - LC: Licencia de Clausura - LCT: Licencia de Cese Temporal

Tabla 4. Expedición de autorizaciones por práctica en el marco de la Resolución 9 0874.

Adicionalmente, durante 2016 se ejecutaron treinta y cuatro (34) inspecciones de licenciamiento y control regulatorio en el marco de la Resolución 90874.

Otras solicitudes resueltas. Durante 2016, se resolvieron mil setecientos treinta y ocho (1738) trámites correspondientes a Licencia de Importación, Licencia de Reexportación, notificaciones y otras solicitudes según se muestra en la Tabla siguiente.

Tipo de Solicitud	Número de Solicitudes Resueltas
Licencia de Importación	116
Licencia de Reexportación	135
Modificación de Autorización	323
Notificaciones	480
Solicitudes Especiales	169
Cumplimiento de Plazos	306
Petición de Documentos y/o Información	51

Derecho de Petición	87
Consulta	13
Coerción	58
Total General	1738

Tabla 5. Otras solicitudes resueltas en el periodo 01 de enero a 31 de diciembre de 2016

En lo tocante a los requisitos para obtención de autorización, se precisa que la primera norma en el país que estableció el procedimiento para el trámite de autorización para operaciones con materiales radiactivos fue expedida en 2004 (Resolución MME 18 1304 de 2004), y bajo ese instrumento, el SGC logró la legalización de prácticamente todo el material radiactivo existente en el país y que hasta ese momento registraba muy bajos porcentajes de instalaciones con algún tipo de autorización. Esa antigua norma exigía la presentación de 15 componentes con contenido técnico.

Más recientemente, y con la finalidad de actualizar los requisitos a las recomendaciones internacionales del Organismo Internacional de Energía Atómica – OIEA, en el año 2014, el MME expidió una nueva norma para reglar el procedimiento de autorización de instalaciones radiactivas en el país, donde exige la presentación por parte de las empresas solicitantes de contenidos técnicos mucho más extensos y detallados que los exigidos por la antigua norma. La nueva norma establece 44 componentes de contenido técnico adicional a la presentación de un documento denominado “evaluación de la Seguridad” el cual reúne la evaluación de todos los aspectos de una práctica que guardan relación con la protección y la seguridad; la construcción de dicho documento ha resultado sumamente compleja para los usuarios ya que representa un cambio sustancial de la manera como se venía estructurando la documentación asociada a la seguridad radiológica en las instalaciones y no existía suficiente preparación para realizar ese tipo de análisis.

En términos prácticos, las instalaciones solicitantes de licencia pasaron de hacer solicitudes de autorización con expedientes con menos de 100 folios, a solicitudes bajo nueva norma con expedientes con promedios cercanos a 400 folios. La anterior situación ha llevado a la generación de dificultades en los procesos de licenciamiento adelantados por el SGC como autoridad delegada ya que por una parte los usuarios no estaban preparados para enfrentar la extensión y detalle de los nuevos requisitos y por el otro, la capacidad operativa del SGC que hasta 2015 fue suficiente para mantener el proceso de licenciamiento con indicadores favorables, se vio rebasada por el alto número y la extensión física de los expedientes de las solicitudes de autorización radicados por las empresas.

A partir de febrero de 2015 se presentó un descenso gradual y acelerado del porcentaje de instalaciones con autorización vigente llegándose en diciembre de 2015 a presentar un valor de 52%, ante esta situación, el MME dictó la resolución 4 1333 que prorrogó automáticamente por un año las vigencias de la licencias de manejo de material radiactivo, de esta manera se incrementó el porcentaje de licenciamiento a 70%. Durante el 2016, el SGC ha logrado un incremento en los niveles de licenciamiento de las instalaciones radiactivas logrando hacia finales del 2016 un 78% de instalaciones con autorización vigente.

INVESTIGACIONES Y APLICACIONES RADIATIVAS

Gestión de desechos radiactivos. Dentro del programa para el manejo integral de los desechos radiactivos en Colombia, en el año 2015 se recibieron en el almacén de desechos radiactivos del Instituto 44 unidades de desechos radiactivos de las cuales 8 corresponden a fuentes radiactivas categoría 1 (extremadamente peligrosas) y 16 fueron fuentes radiactivas en tránsito de reexportación. La mayoría de ellas corresponden a fuentes radiactivas en desuso que anteriormente tenían fines industriales o médicos. Cabe resaltar que la decisión de recibir estos desechos tuvo como criterio el balance entre el pasivo ambiental y el riesgo de accidentes radiológicos graves que implican las fuentes huérfanas. En cada caso, se verificó que el usuario hubiese realizado las provisiones necesarias para la gestión en el exterior y que no quedase alternativa de disposición en el exterior, conforme lo prevé la política para gestión de desechos radiactivos dictada por el Ministerio de Minas y Energía.

Continuó la operación plena en la nueva instalación para la gestión y almacenamiento interino de desechos radiactivos (almacén 2), con esto, se encuentra a disposición del país la solución integral a la situación de desechos históricos, presentes y futuros en Colombia. Se procesaron 8 unidades de desechos llevándolas a condiciones óptimas para almacenamiento temporal.

Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica. Durante el año 2016 el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) prestó 1594 servicios a nivel de protección radiológica entre calibraciones de detectores H*(10), Hp(10), monitores de contaminación superficial con fuentes beta e irradiaciones controladas de dosímetros personales con fines regulatorios.

Se actualizó la documentación correspondiente a las operaciones del LSCD y a los métodos de calibración según los requerimientos de la Norma ISO 17025. El LSCD realizó los ajustes documentales y de procedimientos correspondientes a la nueva reglamentación vigente, obteniéndose la autorización respectiva.

Planta de irradiación gamma. En el año 2016 en total se irradiaron 723 cajas de diferentes materias primas, productos intermedios y productos terminados dentro de los cuales sobresalen los materiales farmacéuticos y cosméticos.

Laboratorio de Radiometría Ambiental (LRA). Durante el año 2016, el LRA recibió y cumplió satisfactoriamente las solicitudes de Servicio de Clientes y emitió 601 Reportes de contenido de radionúclidos emisores gamma en muestras de diversa naturaleza.

Se realizaron mejoras en las capacidades analíticas del LRA a través del montaje y puesta en funcionamiento de un segundo sistema de espectrometría gamma de alta resolución y de bajo fondo. Se adquirió un grupo de patrones de referencia suministrados por el Organismo Internacional de Energía Atómica que permitió adelantar la primera fase de caracterización de los detectores de germanio hiper-puro consistente en el cálculo de eficiencia total para el intervalo de energía de fotones y de densidades de matrices analizadas típicamente en este laboratorio.

INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES Y GEOCRONOLÓGICAS

Este grupo de trabajo está orientado hacia las aplicaciones asociadas a la utilización segura del Reactor Nuclear de Investigación IAN-R1 (ejes temáticos de Neutrónica y Reactor Nuclear) y hacia la investigación en Geocronología (eje temático de Geocronología y Geología Isotópica), contribuyendo a la ampliación del Conocimiento Geocientífico y Nuclear de nuestro país.

Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica. El Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica-LAAN durante el año 2016 desarrolló actividades en diferentes frentes: actualización y adecuación de las instalaciones, aseguramiento de la calidad e investigación y divulgación.

Las actividades de investigación del LAAN durante el presente año, cubrieron varios aspectos: proceso de validación, extensión de la técnica a otro tipo de aplicaciones, estudio del flujo neutrónico del reactor Nuclear IAN R1 y liderar el proceso de lanzamiento de la Revista Investigaciones y Aplicaciones Nucleares de la Dirección Nuclear.

Durante el 2016 se recibieron dos visitas de expertos enviados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), de las cuales se le entregó al laboratorio el correspondiente Informe de mejoramiento:

- Mr. Peter Bode, revisión de capacidades orientadas hacia la acreditación de ensayos en el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica - LAAN.
- Mr. Peter Vermaercke, caracterización de flujos neutrónicos en Reactores Nucleares de Investigación para la aplicación en Geociencias y neutrónica.

Laboratorio de Huellas de Fisión y Datación Uranio-Plomo. Durante el año 2016 los laboratorios de geocronología y geología isotópica continuaron con la participación en proyectos institucionales en donde se venía colaborando con otros grupos del SGC desde el 2014 y el 2015, los cuales se describen a continuación.

- Gas metano asociado a Carbón en los sinclinales de Andes y Armas (Santander)
- Exploración geológica para Magnesio en el Departamento de Huila y Tolima
- Evaluación termocronológica Formación Guaduas en el Sinclinal de Umbita
- Evaluación De la parte Norte de la Cuenca del VMM- Dirección de Hidrocarburos
- Mapa Tectónico de Colombia

Se realizó la implementación del sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO/IEC 17025 en los laboratorios de uranio-plomo como cumplimiento a los requisitos técnicos para el proceso de acreditación de la ONAC. Adicionalmente se realizó periódicamente la actualización de la documentación de los laboratorios de acuerdo con las necesidades que surgen y a los avances técnicos en el laboratorio (documentos elaborados) y adecuación de formatos.

Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido. La implementación de la metodología de microscopía electrónica de barrido inició en febrero con el proceso de recepción, instalación y puesta a punto del microscopio electrónico de barrido (SEM), marca JEOL, modelo JSM-IT-300LV, por parte del experto internacional. Posteriormente se han llevado a cabo tres entrenamientos por parte de expertos.

Actualmente el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido, ofrece los servicios de: preparación de muestras (recubrimiento con oro, recubrimiento con carbono o adhesión), adquisición de imágenes de electrones secundarios (SE) y de electrones retrodispersados (BSE), adquisición de imágenes de catodoluminiscencia (CL) y análisis por espectrometría de energía dispersiva de rayos X (EDS), lo cual hace referencia a análisis químicos cualitativos o semicuantitativos, que pueden ser puntuales, en perfiles o mapas composicionales. El laboratorio de microscopía electrónica de barrido recibió durante el año en curso 22 solicitudes de servicio a usuarios internos del SGC, en el marco de proyectos institucionales, con un total de 167 muestras.

Laboratorio Isótopos Estables en Muestras Sólidas. En el 2015 se realizó la validación de las metodologías para carbono y nitrógeno en matriz de carbones, igualmente se avanzó en la validación de la metodología para la determinación de la relación isotópica de oxígeno la cual se ha realizado en un 80%. Se realizaron ensayos para las determinaciones de oxígeno en carbonatos la cual sería la matriz principal para utilizar en esta validación. Estos ensayos se vienen realizando con muestras del proyecto adelantando con el grupo de investigación de minerales no metálicos del servicio Geológico Colombiano.

Laboratorio de Isotopos Estables en Muestras Líquidas. Para el 2016 se analizó un total de 1201 muestras de proyectos internos del Servicio Geológico, 2402 determinaciones y un total de 37 solicitudes de servicios. El laboratorio realizó el muestreo de 3 patrones internos de diferente composición isotópica: alto, medio y bajo enriquecido logrando realizar la guía de muestreo de patrones para el laboratorio de isótopos estables líquidos.

Se realizó la revalidación de la metodología que no se realizaba desde 2011, se actualizó toda la documentación del laboratorio y se crearon algunos documentos adicionales, se atendieron 2 auditorías bajo ésta norma y se realizó el cierre de hallazgos propios de las auditorías en Isolución o formatos institucionales convencionales. El ensayo se encuentra listo para realizar la acreditación bajo ente acreditador externo ONAC en cuanto a los requisitos técnicos.

Reactor nuclear de investigación IAN R-1. Durante el año 2016 en el Reactor Nuclear de Investigación se realizaron las actividades que se relacionan a continuación.

a) Desarrollo y Supervisión de los programas del Reactor Nuclear

Con el fin de mantener la instalación en condiciones adecuadas de seguridad radiológica, física y nuclear se han ejecutado las actividades establecidas en los programas del reactor nuclear, como son:

- Programa de Verificación de Equipos y Sistemas.
- Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.
- Programa de Calibración de Instrumentos.
- Programa de Protección Radiológica.
- Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental.
- Programa de Entrenamiento y Reentrenamiento de Personal.

Entrenamiento en puesto de trabajo: Entrenamiento de ININ-México: “Entrenamiento en Puesto de Trabajo Teórico-práctico para Operadores Y Supervisores del Reactor Nuclear de Investigación IAN-R1”. Realizado del 15 de febrero al 4 de marzo de 2016.

Entrenamiento en puesto de trabajo en “Caracterización de Flujos Neutrónicos en Reactores Nucleares de Investigación para la Aplicación en Geociencias y Neutrónica”. 05 al 11 de agosto de 2016. Intensidad 40 horas. International Atomic Energy Agency – Servicio Geológico Colombiano. Bogotá D.C.

Curso Nacional sobre la Evaluación de la Seguridad de las Fuentes Radiactivas Ionizantes. En el marco de proyecto nacional de cooperación técnica COL0014 “Mejora de las capacidades existentes para la prestación de servicios analíticos nucleares de gran calidad y reconocidos internacionalmente” del Organismo Internacional de Energía Atómica. Realizado del 24 al 28 de octubre de 2016. Intensidad 30 horas. International Atomic Energy Agency – Servicio Geológico Colombiano. Bogotá D.C.

En el marco del proyecto nacional de cooperación técnica COL0014 soportado por el Organismo Internacional de Energía Atómica, el SGC realizó el curso titulado “National Training Course on Radiation Protection for nuclear and radioactive facilities” Realizado en Bogotá D.C. del 12 al 16 de diciembre de 2016 con una Intensidad 40 horas.

El personal del reactor participó en el Programa de Reentrenamiento en Protección Radiológica para el Personal Ocupacionalmente Expuesto (TOE) del Servicio Geológico Colombiano Sede CAN, establecido por el comité de seguridad radiológica –COSERA, de la Dirección de Asuntos Nucleares.

Se obtuvo la Certificación en Protección radiológica de 9 personas ante la autoridad reguladora nuclear. Fue certificado un Operador del Reactor y se inició el trámite respectivo para la certificación de un Supervisor y un Operador más del Reactor Nuclear con el fin de dar cumplimiento al personal mínimo de operación según lo establecido en la resolución 181475 de 2004 del MME.

b) Actualización de la documentación reglamentaria.

Se realizó la actualización de la documentación reglamentaria de la instalación en cumplimiento con los requisitos establecidos por la autoridad reguladora nuclear, compuesta por 9 manuales 37 instructivos 105 formatos y una guía.

c) Comité de Seguridad del Reactor

El Comité de Seguridad del Reactor de Investigación IAN-R1, se reunió el día 7 de marzo, 3 de agosto, 25 de octubre y 21 de diciembre de 2016 principalmente en cuanto a presentación de las acciones realizadas para el levantamiento de la restricción de operación de la licencia del Reactor Nuclear IAN-R1 realizada por la Autoridad Reguladora-MME.

d) Operación del Reactor

Durante la vigencia 2016 las actividades de operación del reactor fueron:

- 26 de febrero. Propósito: Entrenamiento supervisor y operador.
- 29 de febrero. Propósito: Entrenamiento supervisor y operador
- 1 marzo. Propósito: Calibración de barras de control.
- 3 de marzo. Propósito: Calibración de barras de control.
- 4 marzo. Propósito: Irradiación de gradilla y calibración de barras de control.

- 4 marzo. Propósito: Revisión canales nucleares.
- 21 de octubre. Propósito: Entrenamiento operador.

SECRETARIA GENERAL

GRUPO DE TALENTO HUMANO

Planta de personal. La planta de personal aprobada por el Decreto No. 2704 del 22 de noviembre de 2013 del Servicio Geológico Colombiano, los empleos de planta son de 329 de los cuales a 2 de enero de 2016 estaban provistos de la siguiente manera:

Clase de vinculación	Cantidad
Carrera Administrativa	152
Nombramiento provisional	148
Libre nombramiento y remoción	19
Total cargos provistos a 2 de enero de 2016	319

En el período de enero a diciembre de 2016, se retiraron 10 funcionarios de carrera administrativa, fueron provistos transitoriamente mediante nombramiento provisional 8 empleos y se retiraron por renuncia 14 funcionarios provisionales. En relación con libre nombramiento y remoción fueron provistos dos (2) empleos, se retiraron cuatro (4) funcionarios, quedando la planta de personal del Servicio Geológico Colombiano a 31 de diciembre de 2016 como se muestra en la siguiente tabla:

Clase de vinculación	Cantidad
Carrera Administrativa	142
Nombramiento provisional	142
Libre nombramiento y remoción	17
Total cargos provistos a 31 de diciembre de 2016	301

Convocatoria SGC. En el año 2016 se modificó el registro inicial de la OPEC del SGC en cuatro (4) cargos de la Dirección de Hidrocarburos y se actualizaron los ejes temáticos de estos cargos. La comisión Nacional del Servicio Civil-CNSC, actualizó la plataforma para el registro de la OPEC con el sistema SIMO por lo cual fue necesario realizar una revisión y ajuste de toda la información registrada por el SGC en dicho sistema.

La CNSC expidió el Acuerdo No.1366 del 17 de agosto de 2016 por el cual se autorizó la convocatoria 432 correspondiente a 145 cargos del Servicio Geológico Colombiano, dicho Acuerdo debió ser modificado a través del Acuerdo No. 1386 del 9 de septiembre de 2016 por solicitud del SGC y se estableció que el período de inscripciones sería del 26 de septiembre hasta el 11 de noviembre incluida una prórroga. Para orientar a los aspirantes y responder inquietudes que se presentaron antes del cierre de las inscripciones, la CNSC y el SGC efectuaron dos foros virtuales en los que participaron funcionarios de las dos entidades.

Acuerdos de Gestión. Se efectuaron todas las solicitudes de suscripción, seguimiento y evaluación final de los Acuerdos de Gestión a cada uno de los Gerentes Públicos objeto de evaluación.

Registro Público de Carrera Administrativa. Durante el año 2016 se elaboraron y enviaron a la Comisión Nacional del Servicio Civil un total de 141 expedientes de solicitud de registro público de carrera administrativa, discriminados de la siguiente manera:

Tipo de solicitud	Número de expedientes enviados
Actualización de registro público de carrera	25
Cancelación de registro público de carrera	112
Trámites ex funcionarios ANM	4

Adicionalmente se llevaron a cabo los trámites necesarios para notificaciones de actos administrativos proferidos por la CNSC respecto de las actualizaciones y cancelaciones aprobadas por la CNSC.

Control y Seguimiento al SIGEP. El Grupo de Talento Humano creó todos los nuevos usuarios de personal nuevo en la Entidad, asesoró a los funcionarios en el manejo y uso de los módulos de Hoja de vida y Declaración de Bienes y Rentas; para el mes de marzo se hizo la solicitud, acompañamiento y seguimiento al diligenciamiento de las declaraciones de bienes y rentas de todos los funcionarios vinculados al Instituto, y se reportó al DAFP toda ésta información, finalizando la gestión durante la vigencia del 2016 con un avance del 100% en vinculación, hoja de vida y bienes y rentas; así mismo se cargaron 250 fichas del manual de funciones al SIGEP.

Gestión Documental

Tipo de Actividad	Total año 2016
Recepción de documentos	4.428
Foliación de documentación	27.338
Organización de documentos	20.182
Clasificación Documental	5.011
Elaboración de hoja de control por expediente	151
Toma de fotocopias	3.879
Préstamo de historias laborales	1.009
Documentos escaneados	3.705
Actualización de inventario	6
Elaboración de Informes	4
Apertura de carpetas nuevos funcionarios	16

Así mismo se llevó a cabo el trámite y acompañamiento durante todo el proceso de contratación del gestor de hojas de vida para el Grupo de Talento Humano que culminó con la adjudicación del contrato SA51 a la Empresa ANCAS Consultorías S.A.S.

Bienestar. Para la vigencia 2016 se elaboró el formato de encuesta de necesidades de bienestar y se aplicó a un total de 315 funcionarios a nivel nacional, de los cuales 195 (61,90%) diligenciaron el formulario, de estos funcionarios 148 (75,90%) se encuentran en Bogotá, 47 (24,10%) en los Grupos de Trabajo Regional y Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos. Estos resultados fueron el insumo para realizar el diagnóstico de necesidades, a partir del cual se formuló el Programa de Bienestar Social e Incentivos, el cual fue aprobado por el Director General.

Con el fin de llevar a cabo las actividades aprobadas en este programa, se suscribió el Contrato N°499 de 2016 con la Caja de Compensación Familiar Compensar.

Actividad	Beneficiarios	Mes
Presentación Portafolio Cajas de Compensación Familiar(Cafam, Compensar y Colsubsidio)	Todo el personal Bogotá	Febrero
Elección de Caja de Compensación Familiar	Todo el personal Bogotá	Febrero
Día de la mujer	116	Marzo
Día del Hombre	150	Marzo
Día de la Secretaria	20	Abril
Día del Servidor Público	Todo el personal	Junio
Feria de Vivienda	Todo el personal Bogotá	Junio
Día del Conductor	Todo el personal Bogotá	Julio
Yoga de la Risa	Todo el personal Bogotá	Agosto
Inducción a Servicios de la Caja de Compensación	Todo el personal Bogotá	Agosto
Torneo Interno de Tenis de Mesa	78	Julio
		Agosto
		Septiembre
Campaña de Solidaridad	1	Septiembre
Vacaciones Recreativas para niños de 6 a 12 años en Bogotá	20	Octubre
Preparación para la Jubilación	9	Noviembre
Olimpiadas Deportivas	138	Noviembre
Boletas para Cine	655	Diciembre
Aguinaldo Navideño para niños entre 0 y 12 años.	103	Diciembre
Ceremonia de Estímulos y Entrega de Incentivos y Presentación Anual de Resultados, en Bogotá.	450	Diciembre
Presentación de resultados Regionales y OVS	154	Diciembre
Condecoraciones por 10 y 20 años de servicio	12	Diciembre
Reconocimiento por desempeño sobresaliente - Cuadro de Honor	6	Diciembre
Plan de Incentivos	11	Diciembre
Novena Navideña	Todo el Personal Bogotá	Diciembre
Entrega Bonos Bienestar Compensar	15	Diciembre
Saludo de Condolencias	14	Anual
Apoyos Económicos Educación Formal	4	Anual

Gestión Clima Organizacional. En el año 2016, el Comité de Bienestar Social e Incentivos decidió adelantar contratación para la adquisición del instrumento de evaluación de clima organizacional, el cual fue aplicado por los profesionales del Grupo de Talento Humano, la encuesta fue realizada online a 238 funcionarios de planta. Con esto se concluyó la definición de áreas prioritarias de

intervención en clima y cultura organizacional que estarán contempladas para las vigencias 2017-2018.

Plan Institucional de Capacitación – PIC. El objetivo general del – PIC 2016 – fue: “Cubrir las necesidades de capacitación y requerimientos de formación institucional detectados a través de las herramientas de diagnóstico por medio de la ejecución de Proyectos de Aprendizaje en Equipo – PAE que potencien el desarrollo y fortalecimiento de competencias laborales, reafirmando conductas éticas que permitan la generación de una cultura de servicio y confianza a la ciudadanía, y que preparen a la Entidad para asumir los retos planteados en su nueva plataforma estratégica.

Dentro de la formulación del PIC 2016 se incluyeron las necesidades derivadas de la recolección de datos a través de los formatos individuales diligenciados por las dependencias, de las sugerencias de mejoramiento expresadas por los jefes en las evaluaciones de desempeño de los funcionarios, así como aquellas requeridas por los jefes de área expresadas a través de los PAE’s, y las necesidades identificadas por parte del Grupo de Talento Humano en relación con el Plan Nacional de Formación y Capacitación de los Servidores Públicos para el desarrollo de competencias y la Evaluación de Brechas de Competencias Comportamentales - 2015.

Respecto a los indicadores de ejecución y seguimiento establecidos en el PIC 2016 se encuentran los siguientes resultados a 31 de Diciembre de 2016.

NOMBRE DEL INDICADOR	FORMULA	META	RESULTADO EJECUCIÓN A 31 DE DICIEMBRE DE 2016
Cobertura	Número de Funcionarios Capacitados/ Número de Empleados Carrera Administrativa y Libre Nombramiento	100%	141 funcionarios de CA y LNR capacitados /161 No. Empleados de CA y LNR*100 = 86.95%
Promedio Horas de Capacitación por Funcionario	Σ Horas de Capacitación Impartidas Totales/ No. Empleados	40 horas/ funcionario	43 horas de capacitación por funcionario
Cumplimiento	No. Eventos de capacitación ejecutados/ No. Eventos de capacitación programados	100%	=27 eventos ejecutados /19 eventos programados *100 = 142.1%
Asistencia	No. Funcionarios Asistentes a los eventos de capacitación/ No. Funcionarios Programados a los eventos de capacitación	80%	=701 funcionarios asistentes / 810 funcionarios programados*100 = 86.5%
Presupuesto Ejecutado	\$ Valor Presupuesto ejecutado en Eventos de Capacitación GTH13-01/ \$ Valor Presupuesto Establecido en POA para Eventos de Capacitación GTH13-01	100%	=\$205.996.704 ejecutado/ \$205.996.704 presupuesto GTH13-01 2016 para capacitación = 99%

Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo - SG-SST. Tiene por objetivo identificar e intervenir sobre los factores de riesgo ocupacionales, fomentando las prácticas de trabajo seguro, potenciando la capacidad de los funcionarios para responder ante situaciones de peligro propias de la labor, en desarrollo de este sistema se adelantaron las siguientes actividades:

- Seguimiento de la accidentalidad

Tipo de contrato	AT	%	Días	%
Contratista	15	41,7%	38	18,5%
Planta	21	58,3%	167	81,5%
Total general	36	100,0%	205	100,0%

- Actualización Del SG-SST:
 1. Actualización de la política y objetivos estratégicos del SG-SST ,Actualización de política para la Prevención del Consumo de Sustancias Psicoactivas
 2. Entrega de dotación de ley, entrega de ropa de trabajo y EPP.
 3. Realización de la encuesta de condiciones de salud.
 4. Inspección puesto de trabajo.
 5. Guía de exámenes médicos ocupacionales.
 6. Manual de operaciones, diligenciamiento encuesta de condiciones de salud.
 7. Se publicaron 11 boletines a nivel nacional, como parte de las actividades de promoción y prevención, con lineamientos generales.
 8. Remisión de la matriz de riesgos, evaluación e identificación de peligros a los directores técnicos y coordinadores de los GTR con el fin de que fueran revisadas y enviar observaciones.
 9. Se elaboró y se envió a la Superintendencia de Puertos y Transportes el Plan Estratégico de Seguridad Vial del SGC.
 10. Diagnóstico de la ARL Colmena sobre el cumplimiento del SG-SST correspondiente al primer semestre.

FECHA GRABADO	(Todas)
Suma de % PR123	AÑO

ETAPA	ETAPA DE MEJORA CONTINUA	1900	42510	0
1	Política En Seguridad Y Salud En El Trabajo	100%	100%	0%
2	Organización Del Sistema De Gestión De Seguridad Y Salud En El Trabajo	100%	99%	0%
3	Planificación	100%	80%	0%
4	Aplicación	100%	79%	0%
5	Auditoría Y Revisión De La Alta Dirección	100%	54%	0%
6	Mejoramiento	100%	50%	0%

PROMEDIO	100%	77%	0%
----------	------	-----	----

CONTRATOS Y CONVENIOS

De conformidad con las funciones de la Secretaría General, le corresponde al Grupo de Contratos y Convenios la coordinación de las actividades de contratación institucional. Dentro del periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2016, la contratación del Servicio Geológico Colombiano se desarrolló de la siguiente manera:

Licitación Pública. De conformidad con la Ley 1150 de 2007, los procesos cuyo presupuesto superan los 280 SMLMV para el año 2016 (193.047.121) fueron adelantados a través de licitación pública:

Licitación Pública				
No. de procesos adjudicados	Número de licitaciones declaradas desiertas	Valor total presupuesto	Valor total Adjudicado	Valor Ahorro
6	0	\$10.030.140.348	\$9.437.297.224	\$592.843.124

Selección Abreviada. De conformidad con la Ley 1150 de 2007, los siguientes procesos de adquisición de bienes y servicios que no superen el 10% de la menor cuantía y hasta los 280 SMLMV para el año 2016 (\$19.304.713 a \$193.047.120), fueron adelantados a través de selección abreviada de menor cuantía

Selecciones Abreviadas Por Menor Cuantía				
No. de procesos adjudicados	Número de procesos declarados desiertos	Valor total presupuesto	Valor total Adjudicado	Valor total Ahorro*

2	0	\$237.835.698	\$189.265.534	\$ 48.570.164
---	---	---------------	---------------	---------------

*El valor total señalado en la tabla como Ahorro, comprende el valor ahorrado por los descuentos realizados en la oferta económica del contratista seleccionado y el valor de los presupuestos oficiales de los procesos declarados desiertos (SA Menor Cuantía 01, y 045 de 2016).

Por su parte, de conformidad con el Decreto 1510 de 2013, aquellos procesos que tenían por objeto la adquisición de Bienes y Servicios de Características Técnicas Uniformes y de Común Utilización fueron adelantados a través de subasta inversa, independientemente de su cuantía.

Selecciones Abreviadas - Subasta Inversa				
No. de procesos adjudicados	Número de procesos declarados desiertos	Valor total presupuesto	Valor total Adjudicado	Valor total Ahorro*
35	8	\$7.018.399.940.	\$5.979.189.054	\$1.520.208.041

*El valor total señalado en la tabla como Ahorro, comprende el valor ahorrado por los descuentos realizados en la oferta económica del contratista seleccionado y el valor de los presupuestos oficiales de los procesos declarados desiertos.

De conformidad con el numeral 7 del artículo 3 del Decreto 4170 de 2011, Colombia Compra Eficiente es la entidad encargada de diseñar organizar y celebrar Acuerdos Marco de Precio, los cuales contienen la identificación de los bienes o servicios, el precio máximo de adquisición, las garantías mínimas y el plazo mínimo de entrega, así como las condiciones a través de las cuales el SGC puede vincularse y contratar bajo esta modalidad:

Selecciones Abreviadas - Por Acuerdo Marco de Precios				
No. de procesos adjudicados	Número de procesos declarados desiertos	Valor total presupuesto	Valor total Adjudicado	Valor total Ahorro*
14	0	\$5.789.144.325	\$5.708.671.799	\$80.472.526

*El valor total señalado en la tabla como Ahorro, comprende el valor ahorrado por los descuentos realizados en la oferta económica del contratista seleccionado.

Concurso de Méritos. Los procesos adelantados para la contratación de los servicios de consultoría fueron los siguientes

Concursos de Méritos				
No. de procesos adjudicados	Número de procesos declarados desiertos	Valor total presupuesto	Valor total Adjudicado	Valor total Ahorro*
2	2	\$585.993.807	\$585.989.400	\$254.417.740

*El valor total señalado en la tabla como Ahorro, comprende el valor ahorrado por los descuentos realizados en la oferta económica del contratista seleccionado y el valor de los presupuestos oficiales de los procesos que se declararon desiertos.

Mínima cuantía. Las adquisiciones de bienes, servicios y obras cuyo valor no excedía el diez por ciento (10%) de la menor cuantía de la entidad contratante, es decir, inferior a \$19.304.712 en el 2016, se adelantaron a través del procedimiento de mínima cuantía.

Mínimas cuantías				
No. de procesos adjudicados	Número de procesos declarados desiertos	Valor total presupuesto	Valor total Adjudicado	Valor total Ahorro*
82	13	\$890.819.835	\$780.597.943	\$110.221.892

*El valor total señalado en la tabla como Ahorro, comprende el valor ahorrado por los descuentos realizados en la oferta económica del contratista seleccionado.

Contratación directa

1. **Contratos de prestación de servicios profesionales y de apoyo a la gestión.** Con el propósito de cumplir con las metas sectoriales y del gobierno, y las funciones delegadas a través del Decreto 4131 de 2011, el SGC ha celebrado contratos de prestación de servicios de profesionales, técnicos, tecnólogos y asistenciales en los casos que en que la Entidad no cuenta con el personal suficiente, capacitado e idóneo para ejecutar las actividades requeridas.

Contratos de prestación de servicios y de apoyo a la gestión	
Valor total de los contratos	No. de contratos celebrados
\$16.709.416.916	576

2. **Contratos y convenios Interadministrativos.** De conformidad con el artículo 2° de la Ley 1150 de 2007, el SGC celebró contratos y convenios interadministrativos durante el periodo comprendido entre el 1 de enero al 30 de septiembre de 2015 de la siguiente manera:

Convenios y Contratos Interadministrativos	
Valor total de los contratos y convenios interadministrativos	Contratos y convenios interadministrativos
\$5.025.674.917	19

3. **Otras contrataciones directas.** Buscando el cumplimiento de los objetivos misionales de la Entidad, se adelantaron otras contrataciones bajo la modalidad de Contratación Directa por causales diferentes a las ya señaladas, como por ejemplo: Cuando no Exista Pluralidad de Oferentes en el Mercado (Literal G), Arrendamiento o Adquisición de Inmuebles (Literal I), por el siguiente valor

Contrataciones directas	
Valor total de los contratos	Cantidad
\$6.376.089.527	49

4. **Contratos para el desarrollo de actividades Científicas y Tecnológicas.** Las contrataciones directas para el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas son las enmarcadas en el literal e. del numeral 4 del artículo 2 de la Ley 1150 de 2007 y el artículo 2.2.1.2.1.4.7. Del Decreto 1082 de 2015 teniendo en cuenta las definiciones que de tales, establece el Decreto Ley 591 de 1991 y las demás normas que lo modifiquen, adiciones o derogue.

Contratación por Ciencia y Tecnología				
No. de procesos adjudicados	Número de procesos declarados desiertos	Valor total presupuesto	Valor total Adjudicado	Valor total Ahorro*
19	0	\$5.007.984.458	\$4.379.124.172	\$628.860.286

Convenios Especiales de Cooperación y Contratación por Ciencia y Tecnología. Con fundamento en el Manual de Contratación y el Manual para Convenios Especiales de Cooperación del Servicio Geológico Colombiano, la entidad ha adelantado importantes procesos con el objeto de adelantar actividades científicas y tecnológicas así como proyectos de investigación, a los que se refieren los artículos 1, 2 y 6 al 9 del Decreto Ley 393 de 1991 y el artículo 17 del Decreto Ley 591 de 1991:

Convenios Especiales de Cooperación Ciencia y Tecnología			
Contratos y convenios	Valor total de los Convenios	Valor total Aportes SGC	Valor total Aportes Cooperación
12	\$ 3.688.096.656	\$ 3.499.125.484	\$ 188.971.172

GRUPO DE PLANEACIÓN

Programación y Seguimiento a la Ejecución Presupuestal Recursos del Presupuesto General de la Nación. Durante el año 2016, se realizó un seguimiento semanal a los procesos de contratación, la legalización de los contratos a través de la emisión de registros presupuestales, las obligaciones y pagos, lo que permitió superar los porcentajes de ejecución presupuestal de la Entidad con respecto al año 2015, que había sido el mejor año desde la vigencia 2002.

Concepto	Apropiación Inicial	Apropiación Adicionada	Apropiación Reducida	Apropiación vigente	Compromisos	Comp. Apropr. vigente (%)	Comp. Meta (%)	Obligaciones	Oblig. Apropr. vigente (%)	Oblig. Meta (%)
Funcionamiento	40.634	7.929	5.079	43.484	40.974	94,23	100	40.778	93,78	100
Inversión	16.500	1.100	5.859	11.741	11.645	99,18	100	10.339	88,06	100
Total entidad	57.134	9.029	10.938	55.225	52.619	95,28	100	51.118	92,56	100

La comparación en los porcentajes de ejecución de los años 2014, 2015 y 2016 se presenta en el siguiente cuadro:

Vigencia	Apropiación Vigente			Compromisos			Obligaciones		
	Funcionamiento	Inversión	Total	Funcionamiento	Inversión	Total	Funcionamiento	Inversión	Total
2014	\$ 41.570	\$ 33.324	\$ 74.893	81,07%	97,23%	88,26%	79,70%	74,29%	77,29%
2015	\$ 40.366	\$ 19.868	\$ 60.234	83,10%	99,14%	88,39%	82,33%	85,51%	83,38%
2016	\$ 43.484	\$ 11.741	\$ 55.225	94,23%	99,18%	95,28%	93,78%	88,06%	92,56%

Concepto	2014	2015	2016
Apropiación vigente en funcionamiento	\$ 41.570,00	\$ 40.366,00	\$ 43.484,00
Apropiación vigente en inversión	\$ 33.324,00	\$ 19.868,00	\$ 11.741,00
Apropiación Total de PGN	\$ 74.893,00	\$ 60.234,00	\$ 55.225,00
Compromisos Funcionamiento	\$ 33.700,80	\$ 33.544,02	\$ 40.974,97
Obligaciones Funcionamiento	\$ 33.131,29	\$ 33.232,51	\$ 40.779,30
Compromisos Inversión	\$ 32.400,93	\$ 19.697,14	\$ 11.644,72
Obligaciones Inversión	\$ 24.756,40	\$ 16.989,13	\$ 10.339,12
Total compromisos	\$ 66.100,56	\$ 53.240,83	\$ 52.618,38
Total obligaciones	\$ 57.884,80	\$ 50.223,11	\$ 51.116,26

Recursos del Sistema General de Regalías. Para los recursos provenientes del 2% del Sistema General de Regalías se presenta la ejecución en la tabla siguiente:

Proyecto	Apropiación vigente	CDP a 31 de diciembre	CDP/ Apro. vigente	Compromisos 31 de diciembre	Comp./Apro. vigente	Obligaciones 31 de diciembre	Oblig./Apro. vigente	Pagos 31 de diciembre	Por Comprometer 31 de diciembre
	(\$)	(\$)	(%)	(\$)	(%)	(\$)	(%)	(\$)	(\$)
Ampliación del conocimiento geológico y del potencial de recursos del subsuelo de la Nación	87.066	47.893	55,01	47.893	55,01	43.763	50,26	43.103	39.173
Inventario y monitoreo de geoamenazas y procesos en las capas superficiales de la tierra	24.481	20.136	82,25	20.136	82,25	15.620	63,80	15.141	4.345
Mejoramiento de la gestión de la información del subsuelo con la actualización y sostenibilidad de la infraestructura de TIC nacional	27.080	21.064	77,78	21.064	77,78	15.036	55,52	14.867	6.016
Actualización instrumental del Sistema Sismológico Nacional de Colombia	71	71	100,00	71	100,00	71	100,00	71	0
Implementación red nacional de estaciones permanentes geodésicas satelitales GPS para estudios e investigaciones geodinámicas en el territorio nacional	160	159	99,38	159	99,38	159	99,38	159	1
Mejoramiento, desarrollo y promoción de las capacidades científicas y tecnológicas de las aplicaciones nucleares y radiactivas.	370	217	58,65	217	58,65	211	57,03	211	153
Total	139.228	89.540	64,31	89.540	64,31	74.860	53,77	73.552	49.688

Adicionalmente, se realizó la planeación presupuestal para el año 2017, a través del anteproyecto de presupuesto y la actualización de las fichas de los proyectos de inversión del SGC, siendo los valores presentados ante el Ministerio de Hacienda los siguientes:

INGRESOS	ANTEPROYECTO 2017
Ingresos Corrientes	7.661
• Banco de Información Petrolera – BIP	5.500*
• Licenciamiento – Asuntos Nucleares	1.519
• Otros Ingresos Corrientes	642
Recursos de Capital - Excedente Financiero **	7.341
TOTAL INGRESOS	15.002

GASTOS	ANTEPROYECTO 2017
TOTAL FUNCIONAMIENTO	58.843
TOTAL INVERSIÓN	60.707

La programación y ejecución detallada del SGC se realiza a través del aplicativo SIAPPI desarrollado por el Grupo TIC, automatizando las operaciones de planeación y modificaciones presupuestales, además del plan de adquisiciones.

En el marco de la implementación de la gestión de proyectos bajo la metodología del Project Management Institute – PMI, se aprobó el Plan Estratégico Institucional 2015 – 2018 donde se establecieron claramente estrategias y metas para el cuatrienio alineadas con el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Estratégico Sectorial.

Adicionalmente, se realizó una Jornada de Planeación Estratégica en el mes de septiembre con la participación de los miembros del Comité Institucional de Desarrollo Administrativo y los coordinadores de las dependencias misionales y administrativas en el cual se evaluaron los resultados de gestión y se analizó el contexto institucional, las prioridades sectoriales y las formuladas por los grupos de interés, además de los resultados del “Simposio Servicio Geológico Colombiano: 100 años de producción científica al servicio de los colombianos”.

Como resultado de esta Jornada se identificaron las estrategias y proyectos susceptibles de iniciar durante los años 2016 y 2017 con la incorporación de recursos adicionales del Sistema General de Regalías y los cuales fueran base de la formulación del Plan de Acción 2017.

Durante el año 2016 el Grupo de Planeación lideró la parametrización de la herramienta Plan View y la formulación de los proyectos de gestión identificadas durante la Jornada de Planeación Estratégica. Dichos proyectos formulados bajo la metodología del PMI en Plan View, se priorizaron de acuerdo con la apropiación del Presupuesto General de la Nación y los recursos asignados del Sistema General de Regalías. También se trabajaron los temas de integración entre PlanView – licencia global, el portal web y los sistema SIG y MIIG.

Plan Anticorrupción. En cumplimiento a lo establecido en el artículo 73 de la Ley 1724 de 2011 y de acuerdo con la metodología desarrollada por la Secretaría de Transparencia de la Presidencia de la República, en coordinación con la Dirección de Control Interno y Racionalización de Trámites del Departamento Administrativo de la Función Pública, el Programa Nacional del Servicio al Ciudadano y la Dirección de Seguimiento y Evaluación a Políticas Públicas del Departamento Nacional de Planeación, el Servicio Geológico Colombiano desarrollo y publico el 30 de marzo el plan anticorrupción que nos permite adoptar las nuevas directrices en pro del mejoramiento del control social y transparencia de la gestión pública, en cumplimiento de sus funciones. En el mes de diciembre, se realizó una actualización del plan con base en la observación del Departamento Administrativo de la Función Pública de incluir la totalidad de las acciones que se realizan para la rendición de cuentas. Al cierre de 2016 se completaron el 81% de a las actividades programadas, situando a la entidad en un rango de cumplimiento alto, las acciones asociadas a la implementación de la nueva página web alcanzaron un avance del 40% debido a que se requirió un mayor tiempo en las etapas de diseño y desarrollo de la misma para garantizar la integración con los sistemas de información existentes.

Sistema de Gestión Institucional. En lo corrido del año 2015 se han realizado la actualización de las caracterizaciones y los procedimientos obligatorios de las normas de gestión como parte de la implementación de la norma de calidad para los laboratorios de ensayo y calibración en cumplimiento de la NTC ISO 17025. De otro lado se han actualizado las matrices de impactos y aspectos ambientales, los panoramas de riesgo ocupacional y la matriz de riesgos de gestión y de corrupción de los procesos.

La alta dirección ha realizado seguimiento al desarrollo y mejora del sistema de gestión institucional a través del análisis de resultados de los procesos, las acciones de mejora y la ejecución presupuestal.

Se han llevado a cabo reuniones de divulgación del marco estratégico del sistema de gestión, los procedimientos obligatorios.

El Grupo de Trabajo de Planeación en el 2015, ha encaminado sus esfuerzos a consolidar la integración y armonización del sistema de gestión institucional con el modelo integrado de planeación y gestión.

Hacen parte del SGI, los sistemas correspondientes a Control Interno, Gestión de la Calidad, Seguridad y Salud Ocupacional, Gestión Ambiental, Acreditación de Ensayos y Calibración y el Plan de Desarrollo Administrativo, tal como se muestra en la figura No.1.



Fig. 1. Integridad del Sistema de Gestión Institucional

A comienzos del 2016 se definió para cada sistema, un plan de trabajo, arroja el siguiente balance:

- Control Interno: Se culminaron la tablas de retención documental de acuerdo a la estructura y funciones del SGC establecidas en el Decreto 2703 de 2013, se reforzaron actividades de divulgación del Código de Ética y Buen Gobierno y por último se realizó el balance entre el diagnóstico inicial de la entidad y los ajustes realizados de acuerdo al MECI 2014, dando cierre al ajuste del modelo.

- **Gestión de la Calidad:** Se realizó la actualización de 398 documentos tales como procedimientos, instructivos y formatos, conforme a los requisitos de la NTC-GP 1000:2009. Se llevaron a cabo talleres de entrenamiento en la herramienta ISOLUCIÓN haciendo énfasis especial en los módulos para la gestión de equipos operacionales y de medición y la divulgación de las tablas de retención documental. Se realizó acompañamiento en la formulación de los planes de mejora producto de la auditoría interna, de las cuales se han cerrado 44. También se actualizó la política de administración del riesgo acorde con las observaciones realizadas por la auditoría regular de la Contraloría General de la República y se cómo con las actividades de capacitación y divulgación de los procesos del sistema, dentro de los procesos de inducción y re-inducción de la entidad.
- **Seguridad y Salud Ocupacional:** Se encuentra en implementación el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, como exigencia del Decreto 1443 del 2014.
- **Gestión Ambiental**
 - En el mes de Marzo de 2016 el SGC recibe el Certificado de Participación y Aprobación del Nivel I Acercar del Programa Gestión Ambiental Empresarial de la SDA.
 - Se inscribió al SGC en el Nivel II Producción Sostenible del Programa Gestión Ambiental Empresarial, con acta de compromiso de cumplimiento.
 - Se recibió en el mes de junio la primera visita de seguimiento de las actividades planteadas en el Nivel II.
 - En el mes de julio de 2016 se radica el primer entregable del Nivel II, el cual constaba de la Herramienta PI sugerida por la SDA y adoptada para realizar en el SGC el seguimiento a los planes de gestión ambiental, y soportes del diligenciamiento de la misma.
 - En el mes de noviembre se recibió la segunda visita de seguimiento de las actividades del Nivel II y seguimiento a los programas de gestión ambiental en la Herramienta PI.
 - Envío del segundo entregable del Nivel II, formulación plan de mejoramiento resultado de la segunda visita.
 - Se elaboró el Plan de Manejo Integral de Residuos Institucionales, el Programa de Gestión Integral de Residuos Peligrosos, el Programa de Gestión de Residuos Aprovechables y no Aprovechables y el Programa de Gestión Integral de Vertimientos.
 - Se realizó el seguimiento de los programas en la Herramienta PI, diligenciando datos de 2015 para obtención de línea base, del año 2016 con datos del primer semestre del año.
 - Se analizaron los resultados obtenidos con el seguimiento de los indicadores ambientales.

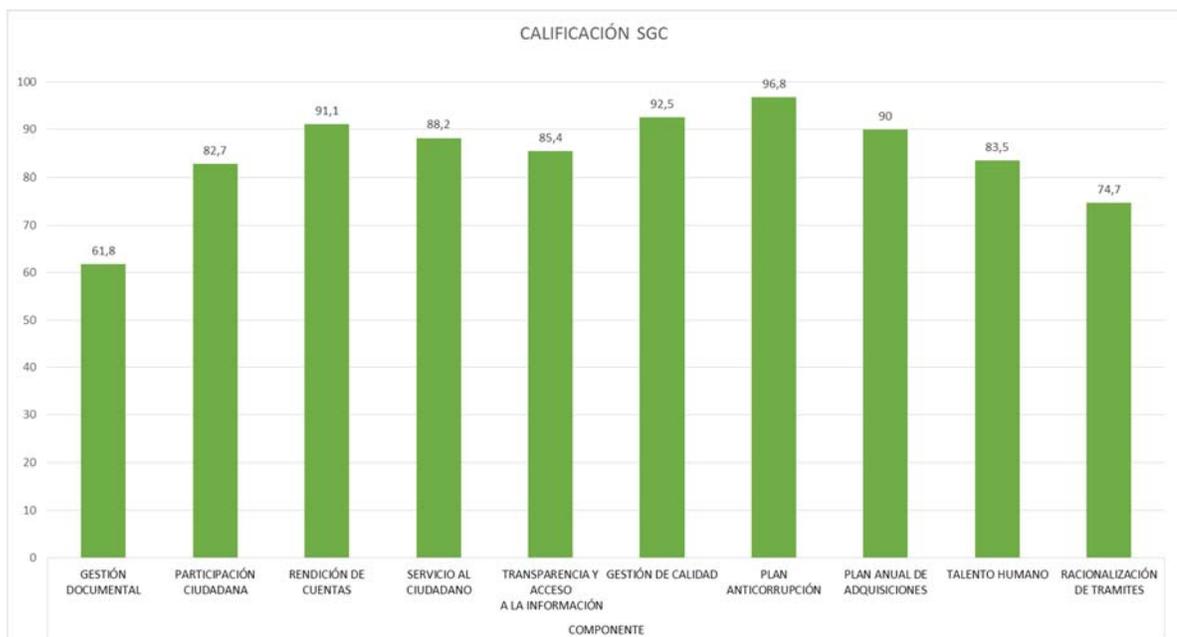
- **Acreditación de Ensayos y Calibración:** En coordinación con la Dirección de Laboratorios y la Dirección de Asuntos Nucleares para armonizar el cumplimiento de los requisitos de la norma de acreditación para laboratorios de ensayo ISO 17001 con el Sistema de Gestión Institucional. Se actualizó la documentación correspondiente a los Métodos de Ensayo y Calibración de la entidad. Se están realizando las validaciones de los mismos, basado en la NTC-17025:2005. Adicionalmente se llevó a cabo auditorio a los requisitos de gestión y técnicos para ensayos de la Dirección de Asuntos Nucleares, finalizando a si el ciclo de implementación.
- **Seguridad de la Información:** En cumplimiento de la iniciativa de Gobierno en Línea se inició la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad de la información bajo la norma ISO 27001, por lo cual se han realizado campañas de concientización y divulgación para lograr la participación activa de los servidores públicos en Bogotá y las sedes regionales.

Actualmente se acompaña en el cierre de las acciones de mejora resultado de la auditoría realizada en el año 2015, la implementación de los programas de gestión de desechos, la actualización de los planes de manejo ambiental de las instalaciones nucleares y el nivel II del programa de Gestión Ambiental Empresarial para la sede Central y el nivel I para la sede CAN.

Reporte FURAG vigencia 2015. Las entidades y organismos de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional deben reportar en el mes de febrero el avance de la vigencia anterior sobre las Políticas de Desarrollo Administrativo a través del aplicativo Formulario Único de Reporte y Avance de la Gestión – FURAG.

De las 5 políticas de desarrollo administrativo, 4 son responsabilidad de las áreas administrativas y varias de las metas se establecieron en respuesta a las Bases del Plan Nacional de Desarrollo “Todos por un Nuevo País”, capítulo Buen Gobierno.

Los resultados son los siguientes:



UNIDAD DE RECUSOS FINANCIEROS

Presupuesto. De acuerdo con la Ley 1769 y el Decreto 2550 de diciembre de 2015, por el cual se liquidó el Presupuesto General de la Nación para la vigencia 2016, la apropiación presupuestal para el Servicio Geológico Colombiano fue de \$57.133.962.680, distribuidos así: \$40.633.962.682 para funcionamiento y \$16.500.000.000 para inversión.

Al finalizar la vigencia 2016 la apropiación vigente quedó en \$55.224.962.680, debido a la incorporación que se realizó en el presupuesto de ingresos y de gastos por valor de \$1.100.000.000 provenientes del convenio interadministrativo No. 194 del 22 de julio de 2016, suscrito con la Agencia Nacional de Hidrocarburos, y a la reducción en el presupuesto por aplazamiento mediante Decreto 378 del 4 de marzo de 2016, por valor de \$3.009.000.000, de los cuales 700.000.000 correspondieron a funcionamiento y \$2.309.000.000 a inversión.

Del presupuesto de inversión se realizó un traslado de \$3.550.000.000 para financiar el rubro de gastos de personal en funcionamiento.

La ejecución presupuestal del presupuesto general de la nación en la vigencia 2016, respecto a los compromisos fue de \$52.618.780.406 equivalente al 95,28%.

Los compromisos más relevantes del Presupuesto General de la Nación en la vigencia 2016 fueron:

Tipo Documento Soporte	Nombre Razón Social	Valor Actual	Observaciones
Resolución 002325	LA PREVISORA S A COMPAÑIA DE SEGUROS	1.258.393.755	Contratar el programa de seguros para la adecuada protección de los bienes e intereses patrimoniales del S.G.C.. Plazo: 29-nov.-2016, supervisor: Fabio Arango
Contrato de prestación de servicios – profesionales 434	UNION TEMPORAL MC 2014	938.637.252	Vigilancia y seguridad privada de los bienes muebles e inmuebles de propiedad del S.G.C. y de los que es responsable en las sedes a nivel nacional. Plazo 31-jul.-2016. Supervisor: Francisco Torres
Resolución 000254	COMISION NACIONAL DEL SERVICIO CIVIL	1.095.012.800	Ordenar a favor de la Comisión Nacional Del Servicio Civil-CNSC el pago del concurso abierto de méritos para proveer empleos vacantes del sistema general de carrera administrativa.
Resolución 000254	COMISION NACIONAL DEL SERVICIO CIVIL	628.275.159	Ordenar a favor de la Comisión Nacional Del Servicio Civil-CNSC el pago del concurso abierto de méritos para proveer empleos vacantes del sistema general de carrera administrativa.
Contrato de prestación de servicios 166	UNIION TEMPORAL SGC OSV	760.491.775	Realizar la ampliación, actualización tecnológica y soporte de la plataforma de comunicaciones telefónicas a nivel nacional, plazo: 5 meses, super: Pedro Ignacio García
Contrato de compra venta y suministros 531	SANDOX CIENTIFICA LTDA	883.950.000	Adquisición de equipos de monitoreo para la red portatil de la Red Sismológica Nacional De Colombia-RSNC del S.G.C., plazo: 31-dic-2016, super: Amparo Coral Ruiz
Contrato interadministrativo 012	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	691.000.000	Adición no. 3 y prorrogas no. 2 del convenio interadministrativo no. 012 de 2015. actividades interadministrativas relacionadas con su infraestructura física, encaminada a satisfacer necesidades puntuales, plazo: 30-junio-2017.

Los compromisos más relevantes del Presupuesto del Sistema General de Regalías en la vigencia 2016 fueron:

Tipo Documento Soporte	Nombre Razón Social	Valor Actual	Observaciones
Contrato 308	Consortio Gemi - Geoestudios	1.221.428.618	Muestreo geoquímico de sedimentos finos activos o de lecho seco en zonas de interés del territorio colombiano, grupo i, plazo 6 meses, super: Giovanni Balcer Forero
Contrato 309	Geologia Regional Y Prospeccion Sociedad Por Acciones Simplificada Grp Sas	1.830.000.000	Prestación de servicios correspondientes al muestreo geoquímico de sedimentos finos activos o de lecho seco en zonas de interés del territorio colombiano, grupo ii, plazo: 6 meses, super: Giovanni Balcer Forero
Contrato interadministrativo 18	Sociedad Hotelera Tequendama S A	762.583.614	Prestar servicios de operación logística necesarios para la ejecución y realización de eventos o espacios de información, foros de discusión, talleres y mesas de trabajo en desarrollo, plazo: 31-dic-2016, super: coord. Participación ciudadana
Contrato 9893	Esri Colombia Sas	2.900.000.000	Orden de compra no. 9893 -contratar la adquisición de licencias de ARCGIS y sus productos anexos, plazo: 15-agto-2016, super: Lucila Gomez Lopez
Contrato 398	Universidad Nacional De Colombia	2.773.800.500	Convenio 398-2016-anuar esfuerzos técnicos administrativos y financieros para contribuir a la investigación del proyecto de procesos metalogénicos en algunas zonas de Colombia, plazo: 31-dic-2016, súper: d.t. recursos minerales
Contrato 502	Microscopios Y Equipos Especiales S.A.S.	754.374.974	Compra venta de microscopios petrográficos y metalográficos para la sede Bogotá y la regional Medellín. Plazo: 90 días - superv: Gilberto Bermúdez.
Contrato 495	International Project Management S A S	738.613.032	Mantener por 1 año el soporte para la actualización y renovación de 13 licencias oasis montaje y de la herramienta voxi earth modelling de geosoft y el uso de 2 licencias de oasis montaj de geología con geoquimica. Plazo: 1 mes - superv: Ismael Moyano

La Reserva presupuestal de la vigencia 2015, se constituyó por \$3.018.717.535,67 ejecutándose en la vigencia 2016 la suma \$2.917.053.352 correspondiente al 96,63%. El 3,37% no ejecutado por valor de \$101.664.183,67, se canceló mediante actas Nos. 01, 02 y 03 de cancelación de reservas presupuestales constituidas al 31 de diciembre de 2015. A 31 de diciembre de 2016, se constituyó reserva presupuestal por un valor total de \$1.501.171.373,51.

Las comisiones de servicio solicitadas en la vigencia 2016, por presupuesto general de la Nación y por el Sistema General de Regalías para cumplir con los objetivos y la misión Institucional, se legalizaron y cerraron en su totalidad. A continuación se detalla la ejecución por cada tipo de presupuesto:

PRESUPUESTO	CANTIDAD DE COMISIONES	VALOR
GENERAL DE LA NACIÓN	1.460	1.841.820.677
SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS	1.695	5.044.845.871
TOTALES	3.155	6.886.666.548

En la vigencia 2016, se constituyeron seis (6) cajas menores, 2 en la sede central: Dirección General y Secretaría General, una en cada observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, Pasto y Popayán y una en el Grupo de Trabajo Regional Cali. Las cajas menores se manejaron a través del aplicativo SIF del Ministerio de Hacienda y Crédito Público y quedaron cerradas y legalizadas al terminar la vigencia 2016.

Contabilidad. Durante el periodo contable 2016 se adelantó la gestión respectiva para generar la información contable y financiera de los hechos económicos, financieros y sociales del Servicio Geológico Colombiano, en marco del Régimen de Contabilidad Pública y de acuerdo a los requerimientos de la Gestión de la Entidad.

Información que refleja la gestión realizada en cumplimiento del objeto misional del Servicio Geológico en el registro del Conocimiento Geo Científico generado entre el 1 de julio de 2015 y el 31 de diciembre de 2016, activo principal de la Instituto, que asciende a \$864.744 millones y corresponde al 82.14% del Activo Total de la Entidad.

Así mismo, se hizo la incorporación en los Estados Financieros de los equipos y bienes adquiridos con recursos del Sistema General de Regalías en virtud del proyecto de fiscalización de la exploración y explotación de los yacimientos, el conocimiento y cartografía geológica del subsuelo Bienes muebles e inmuebles recibidos en virtud de la Transferencia del Banco de Información Petrolera de la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH al SGC.

De acuerdo a lo estipulado en el Decreto de creación del Servicio Geológico Colombiano No 4131 de 2011, artículo 15, por el cual la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) transferirá la Litoteca y la Cintoteca a título gratuito al SGC, se hizo la recepción de los muebles, equipos e inmuebles para continuar el normal funcionamiento del Banco de Información Petrolera lo cual presenta un incremento significativo en la Propiedad Planta y equipo del SGC.

Con Acta No 002 del 02 de noviembre de 2016 se hace entrega del “Inventario del Inmueble y muebles ubicados en la Litoteca Nacional – Tierra de Paz – Piedecuesta Santander” de acuerdo a avalúo técnico de año 2016, y valor en libros, registrados con Comprobantes de Ingreso No 001 y 002 de noviembre de 2016 (Bucaramanga).

Con Acta No 003 del 02 de noviembre de 2016 se hace entrega del “Inventario de muebles ubicados en la Cintoteca Nelsón Rodríguez Pinilla de Facatativa, en el EPIS entregados en custodia el 6 de marzo al SGC y del Lote El Vergel en Tenjo” de acuerdo a avalúo técnico de año 2016 y valor en libros, registrados con Comprobantes de Ingreso No 100, 117, 118 de noviembre de 2016 (Bogotá). Con Acta No 004 del 2 de noviembre de 2016, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, en virtud de lo establecido en el artículo 15 del Decreto No 4131 de 2011 y del artículo 11 del Decreto 4137 de 2011, hace entrega del inventario de información disponible en el área de recepción del EPIS, y del inventario de pendientes por áreas de la operación. Esta información es revelada y explicada en las Notas a los Estados Financieros a 31 de diciembre de 2016.

Así mismo, se realizó el registro, control y cobro de la cartera misional del Instituto, incluyendo el registro de los servicios prestados en el EPIS correspondiente al Banco de Información Petrolera y de las obligaciones generadas con recursos de PGN y de REGALIAS con el fin de contabilizar las cuentas por pagar a proveedores, contratistas y funcionarios por la adquisición de bienes y servicios o para la ejecución de las comisiones programadas en cumplimiento de la misión institucional.

Una vez efectuado el cierre del periodo contable 2016, se emitió y publicó los Estados Financieros de la Entidad con corte a 31 de diciembre de 2016, así:

1. Balance General Comparativo Años 2016-2015
2. Estado de Actividad Financiera, Económica, Social y Ambiental del 1 de enero al 31 de diciembre de 2016
3. Estado de Cambios en el Patrimonio a 31 de diciembre de 2016
4. Notas de Carácter General y Carácter Específico de la Información contable a 31 de diciembre de 2016

Así mismo, se efectuó la transmisión de la Información Trimestral Contable ante la Contaduría General de la Nación a través del Sistema Consolidador de Hacienda e Información Pública – CHIP generada del SIIF NACION II y los Aplicativos Misionales del SGC, correspondiente a Saldos y Movimientos, Operaciones Recíprocas y Notas a los Estados Financieros de los siguientes periodos:

CONSOLIDADOR DE HACIENDA E INFORMACIÓN PÚBLICA - CHIP	
PERIODO	FECHA DE PRESENTACIÓN
Octubre a Diciembre 2015	27 de febrero de 2016
Enero a Marzo 2016	30 de abril de 2016
Abril a junio 2016	6 de agosto de 2016
Julio a Septiembre 2016	30 de octubre de 2016
Octubre a Diciembre 2016	15 de febrero de 2017

Los Estados Financieros a 31 de diciembre de 2016 con sus pendientes Notas explicativas pueden ser consultados en la página web del Instituto donde serán debidamente publicadas.

En cumplimiento con la Resolución 422 de 2011 de la Contaduría General de la Nación, se presentó en los meses de junio y diciembre de 2016, el Boletín semestral de Deudores Morosos del estado - BDME a través del CHIP, en el cual se reportó a las personas naturales y jurídicas que tienen obligaciones contraídas con el Estado cuya cuantía supera los cinco (5) salarios mínimos mensuales legales vigentes y se encuentran en mora un periodo superior a seis meses. Su última actualización se realizó el pasado 1 de diciembre de 2016, con corte a noviembre de 2016.

Se reportó a los diferentes entes de Control y Seguimiento la información contable y financiera de Diciembre de 2015 a Noviembre de 2016 según los requerimientos radicados en el Grupo de Contabilidad.

Se efectuó la gestión correspondiente para la consolidación de la información reportada por las diferentes áreas para la presentación de la información tributaria del Instituto, ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales – DIAN y la Secretaria de Hacienda Distrital, así:

1. Declaración Mensual de Retenciones en la fuente
2. Declaración Bimestral de IVA
3. Declaración Anual de Ingresos y Patrimonio
4. Información Exógena Impuestos Nacionales
5. Declaración Bimestral de Retención ICAInformación Exógena Impuestos Distritales

Durante la vigencia 2016, el Grupo de Contabilidad elaboró y revisó en total 10.354 obligaciones, por un valor total de \$120.805 millones de pesos, para pago a contratistas, proveedores, servicios públicos, viáticos y gastos de viaje para su trámite de pago en Tesorería en cumplimiento de la política de pago dentro de los 6 días hábiles después de radicada la cuenta. A continuación se presenta un detalle mensual y por recurso de las obligaciones generadas para trámite de pago.

PERIODO	CANTIDAD	VALOR (\$)
ENERO	680	1.540.071.660
FEBRERO	1088	7.128.019.771
MARZO	1483	7.555.545.701
ABRIL	945	3.890.514.321
JUNIO	977	4.953.087.359
AGOSTO	1270	5.104.560.426
SEPTIEMBRE	968	5.079.765.277
OCTUBRE	932	5.722.794.723
NOVIEMBRE	883	6.023.701.523
DICIEMBRE	1269	7.314.136.778
MAYO	1488	16.183.219.454
JULIO	910	4.226.391.428
TOTAL 2016	12893	74.721.808.422

Obligaciones Regalías 2016

PERIODO	CANTIDAD	VALOR (\$)
ENERO	176	6.239.534.628
FEBRERO	543	3.158.871.067
MARZO	516	4.216.709.112
ABRIL	649	7.478.504.266
JUNIO	566	2.965.010.624
AGOSTO	695	4.823.203.990
SEPTIEMBRE	794	6.234.593.389
OCTUBRE	619	8.262.062.660
NOVIEMBRE	700	6.444.286.465
DICIEMBRE	915	13.219.581.775
MAYO	553	5.638.637.860
JULIO	654	7.258.425.155
TOTAL 2016	7380	75.939.420.991

De los recursos entregados para Viáticos, Gastos de Viaje y Otros Gastos, se efectuó la legalización de 1.460 Comisiones y Resoluciones de Desplazamiento para Funcionarios y Contratistas que ascienden a \$1.842 millones de Pesos con recursos del Presupuesto General de la Nación y se

contabilizaron 1.695 comisiones y Resoluciones con recursos del SPGR que ascienden a \$5.045 millones de pesos.

Así como el registro y revisión de cada uno de los reembolsos y cierres de las siete (6) cajas menores del Instituto en la sede central (Dirección General, Secretaría General y de cada una de los Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, Pasto y Popayán y del Grupo de Trabajo Regional Cali.

La Cartera misional del Servicio Geológico Colombiano a 31 de diciembre de 2016, asciende a \$276.595 mil representada básicamente en Cartera en proceso jurídico, y nueva facturación de servicios prestados por el Banco de Información Petrolera:

CARTERA ADMON Y MISIONAL A DICIEMBRE DE 2016	VALOR (\$) MILES
APORTES OTRAS ENTIDADES	110.000
EN PROCESO DE COBRO COACTIVO	1.652
FACTURACION BIP	63.812
EN PROCESO JURIDICO	101.131
TOTAL CARTERA CONSOLIDADO	\$ 276.595

La cartera en proceso jurídico es la más representativa y corresponde a deuda con la ALCALDIA MUNICIPIO CARMEN DE BOLIVAR por \$24.131 mil y la CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA por \$77.000 millones.

Tesorería. La siguiente es la información de ingresos de la vigencia 2016, de acuerdo al valor aforado definitivo y el valor recaudado:

CONCEPTO	AFORADO FINAL	RECAUDO ACUMULADO	AFORO POR EJECUTAR	100%
INGRESOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS PUBLICOS	26.640.351.630	25.479.899.778	1.160.451.852	95,64%
INGRESOS CORRIENTES	3.614.530.000	2.251.102.418	1.363.427.582	62,28%
VENTAS DE BIENES Y SERVICIOS	2.514.530.000	284.017.261	2.230.512.739	-
PUBLICACIONES	-	3.520.600	-	-
MAPAS	-	890.000	-	-
SERVICIOS INFORMATICOS	-	756.252	-	-
CALIBRACIONES A NIVEL DE RADIOPROTECCION	-	140.669.178	-	-
CARACTERIZACION Y GESTION DE FUENTES RADIATIVAS	-	88.914.163	-	-
OTROS SERVICIOS DE SEGURIDAD RADIOLOGICA	-	450.781	-	-
PLANTA DE IRRADIACION GAMMA	-	48.816.287	-	-
APORTES DE OTRAS ENTIDADES	1.100.000.000	1.204.857.474	(104.857.474)	-
APOYO A PROGRAMAS DE INVERSION	1.100.000.000	1.204.857.474	-	-
TASAS MULTAS Y CONTRIBUCIONES	-	413.157.299	(413.157.299)	-
LICENCIAS	-	367.995.649	-	-
MULTAS	-	45.161.650	-	-
OTROS INGRESOS	-	349.070.384	(349.070.384)	-
INTERESES CORREINTES	-	499.219	-	-
RECUPERACIONES	-	345.622.407	-	-
APROVECHAMIENTOS	-	2.948.758	-	-
RECURSOS DE CAPITAL	23.025.821.630	23.228.797.360	(202.975.730)	100,88%
RENDIMIENTOS FINANCIEROS	2.042.821.630	2.238.366.324	(195.544.694)	-
RENDIMIENTOS FROS CTAS BANCARIAS	-	26	-	-
RENDIMIENTOS FROS CUN	2.042.821.630	2.238.366.298	-	-
RECURSOS DEL BALANCE	20.983.000.000	20.990.431.036	(7.431.036)	-
EXCEDENTES FINANCIEROS	20.983.000.000	20.983.000.000	-	-
RECUPERACIONES DE CARTERA	-	4.548.267	-	-
OTROS RECURSOS DEL BALANCE (Intereses de mora)	-	2.882.769	-	-

Durante el periodo rendido, se originaron órdenes de pagos, tanto por PGN y SGR, distribuidas así:

CONCEPTO	VIGENCIA FISCAL 2016	
	CANTIDAD DE ORDENES DE PAGO	VALOR PAGADO
ACTUAL	10.105	48.620.642.822,70
RESERVAS	47	2.935.739.076
CUENTAS POR PAGAR	137	4.150.349.534
REGALIAS	5.577	66.005.968.345
TOTAL PAGOS PRESUPUESTALES	15.866	121.712.699.779
TOTAL PAGOS NO PRESUPUESTALES	1.331	10.730.094.444
TOTAL PAGOS	17.197	132.442.794.223

Se ha dado cumplimiento de forma oportuna a la programación del PAC, logrando un buen comportamiento del indicador -INPANUT-, (Indicador de PAC no utilizado), como se refleja en el siguiente cuadro:

MES	CONCEPTO DE GASTO NACIÓN 2016		
	1-1 GASTOS PERSONALES (Meta 5%)	1-2 GASTOS GENERALES (Meta 10%)	3-8 INVERSIÓN (Meta 10%)
ENERO		48,22%	
FEBRERO	0,10%	0,62%	
MARZO	0,02%	1,73%	16,40%
ABRIL	0,26%	8,04%	15,86%
MAYO	0,,08%	5,26%	6,15%
JUNIO	1,57%	0,41%	0,75%
JULIO	0,13%	0,63%	0,24%
AGOSTO	1,9%	2,20%	8,64%
SEPTIEMBRE	4,31%	33,33%	1,42%
OCTUBRE	37,16%	1,28%	2,40%
NOVIEMBRE	26,38%	17,62%	14,78%
DICIEMBRE	0,31%	3,86%	0,28%
Fuente: SIIF Nación			

Igualmente las solicitudes de PAC se han realizado de forma oportuna de acuerdo con las fechas estipuladas en la circular 001 de enero de 2016 expedida por el Ministerio de Hacienda.

A continuación se refleja los reintegros por concepto de comisiones y retenciones practicadas por diferentes conceptos, tanto por PGN como SGR:

CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR
REINTEGROS POR COMISIONES	1467	1.005.775.296
REINTEGROS RETENCIONES	1057	84.166.451

La Tesorería realizó traslados de recursos a la CUN, de acuerdo a la circular externa ST-001-2015, así:

MES	VALOR TRASLADADO	MES	VALOR TRASLADADO
ENERO	\$ 441.000.000	JULIO	\$ 174.000.000
FEBRERO	\$ 165.000.000	AGOSTO	\$ 103.000.000
MARZO	\$ 127.000.000	SEPTIEMBRE	\$ 109.000.000
ABRIL	\$ 124.000.000	OCTUBRE	\$ 325.000.000
MAYO	\$ 131.000.000	NOVIEMBRE	\$ 573.000.000
JUNIO	\$ 61.000.000	DICIEMBRE	\$ 248.300.000
TOTAL			\$ 2.581.300.000

SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

El Grupo de Servicio de Administrativos está encargado de apoyar las diferentes dependencias con **recursos físicos, humanos y tecnológicos; la administración, gestión y control de los bienes** muebles e inmuebles de la entidad, así como también con el desarrollo y control de la gestión documental, los servicios de suministro de bienes e insumos y mantenimiento del parque automotor, mediante la administración adecuada de los recursos disponibles en la entidad, permitiendo que las diferentes áreas logren los objetivos misionales.

Mantenimiento de la infraestructura física. Durante el año 2016 el grupo de mantenimiento desarrollo las siguientes actividades:

- Se atendieron 739 solicitudes por parte del Equipo de Mantenimiento para las sedes de Bogotá, siendo el más destacado la adecuación de la infraestructura para recibir el repositorio de digital EPIS del Banco de Información Petrolera
- Todas las solicitudes fueron programadas y atendidas en los tiempos proyectados, a través del correo solicitudes_mantenimiento@sgc.gov.co para tener un mejor control y respuesta a las solicitudes.

- Se realizaron mantenimiento las instalaciones de las sedes regionales a través del personal de servicios administrativos y la provisión de materiales por medio del contrato de ferretería, con el fin de optimizar el presupuesto.
- Ejecución de proyectos y contratos: Dada la circular No. 03 del Ministerio de Hacienda los proyectos de mantenimiento (exceptuando ferretería) sería ejecutados en el último trimestre del 2016, por lo cual se describen la situación de los contratos:
 - Ferretería
 - Diseño de la red de acueducto de la sede OVS Pasto: este concurso se realizó de acuerdo a los requerimientos dados por Empopasto a fin de proveer a la sede de Pasto del servicio de acueducto de agua potable, este contrato se realizó con el Arq. Rafael Granja por un valor de \$34.993.807, actualmente el contrato se desarrolló en su primera etapa, y se encuentra suspendido debido a la falta de respuesta por EMPOPASTO.
 - Contrato de mantenimiento para el cambio de parte de la cubierta.
 - Compra de Mobiliario

Para la sede Cali se tenía una proyección de contratación de \$30.000.000, sin embargo durante el 2016 no se ejecutó ningún contrato dado que las necesidades por parte de la Dirección de Laboratorios en la adecuación y mejoramiento requieren realizar una inversión mayor, por lo que será ejecutado en el primer semestre de 2017, el valor de la inversión a realizar es de aproximadamente \$850.000.000.

Programa de Seguros. Se realizó el trámite de liquidación de siniestros ante la aseguradora, para reposición de bienes por valor de \$ 265.288.782 Así mismo, se logró la reposición de equipos de los siguientes siniestros:

- Hurto de paneles estación sismológica Pamplona.
- Hurto equipo estación de monitoreo área de influencia volcán Azufra.
- Rotura de vidrios sede Cali.
- Siniestro estación Mallama.
- Hurto medidor de agua sede central.
- Hurto Equipos estación Sismológica de Puerto Asís
- Daño Equipos Estación Multiparámetro Barranco (Nariño)
- Daño Equipo Multiparámetro Marca Schott 026302
- Daño Equipo Multiparámetro Marca Schott 026304
- Hurto Estación las Perlas
- Incendio en las instalaciones de Medellín
- Hurto y daños Estación el Morro Nariño
- Reclamación Equipo celular Asuntos Nucleares
- Incidente Puerta Oficina Radiometría Ambiental Bloque F Can

Pólizas de Seguros vigentes:

PÓLIZAS PROGRAMA DE SEGUROS	VALOR ASEGURADO	TASA	VIGENCIA			Valor Prima
			DESDE	HASTA	DIAS	
MANEJO PÓLIZA GLOBAL ENTIDADES OFICIALES	\$ 450.000.000	4,80%	30/11/2016	21/03/2018	476	\$ 32.675.770
PÓLIZA TODO RIEGO DAÑO MATERIAL	\$ 307.593.505.125	3,66%0				\$ 1.711.920.236
TRANSPORTE DE VALORES	\$ 400.000.000	0,90%				\$ 5.445.961
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS	\$ 2.000.000.000	1,50%				\$ 45.383.014
RESPONSABILIDAD CIVIL EXTRA CONTRACTUAL	\$ 1.150.000.000	0,60%				\$ 10.438.093
TODO RIESGO CONTRATISTA (MAQUINARIA Y EQUIPO)	\$ 2.669.323.426	11,00%0				\$ 44.418.712
PÓLIZA TODO RIEGO DAÑO MATERIAL REACTOR	\$ 11.004.400.000	8,71%0				\$ 144.998.708
RESPONSABILIDAD CIVIL SERVIDORES PÚBLICOS	\$ 2.800.000.000	9,20%	30/11/2016	21/03/2018	476	\$ 389.688.811
PÓLIZA AUTOMÓVILES	\$ 1.312.600.000	3,21%	30/11/2016	29/11/2017	365	\$ 48.866.430
TOTAL	\$					2.433.835.735

Gestión del Mantenimiento del Parque Automotor. El parque automotor de la entidad está conformado por 24 vehículos (15 en Bogotá y 9 en las regionales). El vehículo OCN-083-Camioneta Toyota Prado está en calidad de préstamo al Ministerio de Minas y Energía, mediante el Comodato 303 de 2014.

VEHÍCULOS - UBICACIÓN	Contrato	Cantidad de Vehículos	Valor Contrato	Valor Ejecutado
Vehículos Multimarca - Renault Logan, Chevrolet Vitara y Toyota Yaris- Bogotá	054 de 2015	3	10.482.116	9.921.805
Vehículos Nissan Bogotá, Cali, Bucaramanga, Manizales y Pasto	479 de 2015	11	69.027.075	56.001.172
Vehículos Nissan Navara Popayán	052 de 2015	2	15.972.860	15.972.860
Vehículos Chevrolet Cruze	064 de 2015	6	17.551.648	14.170.840

El Contrato de Mantenimiento de los Vehículos Chevrolet Cruze, se prorrogó hasta el día 31/01/2017 (se generó reserva presupuestal), ya que los procesos adelantados para cubrir el mantenimiento a partir Diciembre de 2016, resultaron desiertos por causales ajenas al SGC, en Enero de 2017 se adelantará nuevo proceso para el Mantenimiento de los vehículos Cruze.

Los otros Contratos de Mantenimiento tuvieron vigencia hasta el día 30 de Noviembre de 2016 y a partir del 1 de Diciembre de 2016, el mantenimiento de los vehículos está cubierto por los siguientes contratos, que tienen vigencias futuras hasta el año 2017.

VEHÍCULOS - UBICACIÓN	Contrato	Cantidad de Vehículos	Valor Contrato	Valor Ejecutado
Vehículos Multimarca Renault Logan, Chevrolet Vitara y Toyota Yaris-Bogotá.	060 de 2016	3	7.449.243	580.000
Mantenimiento de Vehículos Nissan	532 de 2016	13	72.721.546	9.798.709

Para el caso de Popayán se realizó un proceso de mantenimiento independiente hasta el mes de noviembre, ya que no había representación de la Nissan en dicha ciudad y a partir de diciembre, se incorporó en el nuevo contrato de mantenimiento de los vehículos Nissan, toda vez que para este nuevo contrato ya se cuenta con representación de la marca en dicha ciudad.

Suministro de Combustible para el parque automotor y plantas eléctricas. El suministro de combustible para los vehículos y plantas eléctricas del SGC, se ha realizado mediante varias órdenes de servicio a través de los Acuerdos Marco por Colombia Compra Eficiente, así:

Sede	Orden/Contrato	Contratista	Presupuesto Inicial	Adiciones	Valor ejecutado
BOGOTA	Orden 5294	Autogas EDS	39.024.043	3.440.000	39.211.487
MANIZALES	Orden 4467	Terpel	10.165.098		9.367.937
PASTO	Comunicación de Aceptación 063	Juliana Bastidas	18.037.162		17.930.000
POPAYAN	Orden 5206	Terpel	2.929.509		2.929.509
CALI	Orden 5208	Terpel	1.220.707		1.051.650
MEDELLIN	Orden 5209	Autogas EDS	2.351.171		1.314.483
BUCARAMANGA	Orden 5207	Terpel	1.435.804		1.216.198

Estos contratos tuvieron vigencia hasta el día 30 de Noviembre de 2016 y a partir del 1 de Diciembre de 2016 se realizaron nuevas órdenes de Compra de combustible, con vigencias hasta Abril en el 2017 así:

Sede	Orden/Contrato	Contratista	Presupuesto Inicial	Valor ejecutado
BOGOTA	Orden 12218	Autogas EDS	37.184.661	2.272.666
MANIZALES	Orden 12216	Terpel S.A	3.131.746	0
PASTO	Comunicación de Aceptación 061	Juliana Bastidas	18.094.287	1.400.000
POPAYAN	Orden 12217	Terpel S.A	1.300.681	274.868
CALI	Orden 12215	Terpel S.A	519.974	58.522
MEDELLIN	Orden 12219	Terpel S.A	666.286	0
BUCARAMANGA	Orden 12220	Terpel S.A	299.523	0

Para el caso de Pasto se realizó proceso de mínima cuantía, toda vez que dicha ciudad no está incluida dentro de los Acuerdos Marco de Colombia Compra Eficiente, por tratarse de ciudad fronteriza con régimen especial en el tema de combustibles.

Servicio de Vigilancia y Seguridad Privada. Durante la vigencia 2016 el servicio fue prestado mediante el contrato N° 434 de 2014. Inició el día 11 de diciembre de 2015 y finalizó contractualmente el 31 de julio de 2016, fecha a partir de la cual se realizó adición presupuestal y prórroga hasta el 31 de octubre de 2016. El contrato fue ejecutado por la UNIÓN TEMPORAL MC 2014 y soportado mediante aprobación de cupo de Vigencia Futura 2015-2016 Ref. 1-2014-059120.

A partir del 1 de noviembre de 2016, el servicio es prestado a través del contrato N° 509 de 2016, el contrato es soportado mediante aprobación de cupo de Vigencia Futura 2016-2017 Ref. 1-2016-044194.

Servicio de aseo, cafetería, insumos y mantenimiento de zonas verdes. Durante la vigencia 2016 el servicio de aseo fue prestado por diferentes empresas para cada una de las regionales según lo estipulado en el acuerdo marco de precios de la bolsa de Colombia Compra Eficiente, a partir de las órdenes de compra con fecha de inicio el día 01 de diciembre de 2015 y con fecha de finalización 31 de octubre de 2016. Posterior a la fecha de finalización, el servicio es prestado según las siguientes órdenes de compra con fecha de inicio el día 01 de noviembre de 2016 y con fecha de finalización 30 de abril de 2017,

Los datos de las Órdenes de Compra para la prestación de los servicios de aseo y cafetería en todas las sedes de la Entidad son:

SEDE	N° ORDEN DE COMPRA	PROVEEDOR	VALOR INICIAL
BOGOTA (PRINCIPAL Y CAN)	11356	UNIÓN TEMPORAL EMINSER - SOLOASEO	\$ 301.656.323,54
CALI Y POPAYÁN	11357	SERVIASEO S.A.	\$ 69.048.089,60
MANIZALES	11358	UNIÓN TEMPORAL SEISO - SERCONAL	\$ 43.065.999,59
MEDELLÍN	11359	UNIÓN TEMPORAL SEISO - SERCONAL	\$ 41.639.042,17
PASTO	11360	UNIÓN TEMPORAL EMINSER - SOLOASEO	\$ 208.220.253,90
PIEDICUESTA	11355	UNIÓN TEMPORAL SERVI - INCOL	\$ 49.964.832,89

Gestión Ambiental Institucional. Se realiza la recolección y clasificación de los residuos en ordinarios y no ordinarios. Los residuos ordinarios son retirados de la entidad a través de la empresa AGUAS DE BOGOTÁ. En cuanto a los residuos no ordinarios o aprovechables son almacenados en un depósito destinado para tal fin. En el año 2016 se llevó a cabo dos procesos de selección y ejecución del contrato resultante para el retiro del material tipo papel, cartón y chatarra en calidad de permuta por elementos que son útiles para la Entidad.

En la vigencia 2016 el grupo de Planeación estableció los programas de gestión ambiental que están a cargo del grupo de servicios administrativos:

- Programa de gestión de residuos aprovechables y no aprovechables
- Programa de gestión de uso eficiente de agua
- Programa de gestión de uso eficiente de energía

Almacén e inventarios. En el manejo de los bienes del Servicio Geológico Colombiano durante los meses de enero a diciembre de 2016 se han realizado a nivel nacional 423 comprobantes de ingreso, 615 comprobantes de egreso y 2.526 comprobantes de traslado, como consecuencia de la actualización de los inventarios y el suministro de bienes devolutivos y de consumo necesarios para el logro de la misión del SGC en la sede central, los grupos de trabajo regionales y los observatorios vulcanológicos y sismológicos. Su detalle se muestra en la siguiente tabla:

SEDE	COMPROBANTES DE INGRESO		COMPROBANTES DE EGRESO		COMPROBANTES DE TRASLADO	
	ELEMENTOS DEVOLUTIVOS	ELEMENTOS DE CONSUMO	ELEMENTOS DEVOLUTIVOS	ELEMENTOS DE CONSUMO	ELEMENTOS DEVOLUTIVOS	ELEMENTOS DE CONSUMO
Bogotá	149	223	32	562	1510	186
Bucaramanga	3	3	1	0	47	47
Cali	0	4	0	0	104	4
Manizales	1	3	0	1	148	3
Medellín	0	14	0	0	69	69
Pasto	1	1	4	2	148	6
Popayán	1	20	0	13	163	22
SUBTOTAL	155	268	37	578	2189	337
TOTAL	423		615		2526	

Entre las actividades de control realizadas se encuentra en proceso la toma física de inventarios, en los Observatorios Vulcanológicos de Manizales, Popayán y Pasto, en los Grupos de Trabajo Regionales de Bucaramanga, Medellín y Cali, así mismo en las instalaciones del CAN, Sede Principal y Laboratorio Químico, como se detalla a continuación:

SEDE	TOTAL
GTR BUCARAMANGA	233
GTR MEDELLÍN	1.336
GTR CALI	2.277
OVS MANIZALES	4096
OVS POPAYÁN	2.440
OVS PASTO	2885
CAN	4.133
LABORATORIO QUÍMICO	3400
RED SISMOLÓGICA	2.356
SEDE PRINCIPAL	10.833
TOTAL	33.989

En cuanto a los procesos de enajenación de bienes muebles (obsoletos e inservibles), a inicios del año se vendió un lote, se publicó otro lote para subasta que aún no ha sido vendido, se tiene un lote listo para iniciar el proceso de subasta y otros 3 lotes se encuentran en el proceso de revisión para firma de la resolución correspondiente.

#	CONCEPTO	CANTIDAD
1	Lotes Vendidos	1
2	Lotes con resolución para firma	3

#	CONCEPTO	CANTIDAD
3	Lotes en proceso de subasta	1
4	Lotes para iniciar proceso de subasta	1

Servicio de Tiquetes Aéreos. El Servicio Geológico Colombiano en cumplimiento de los planes y proyectos que ejecuta en el ejercicio de las funciones institucionales inherentes a su objeto y naturaleza debe garantizar el suministro de tiquetes aéreos a nivel nacional e internacional, asegurando el desplazamiento de los funcionarios y contratistas. En tal sentido, el suministro oportuno de los tiquetes aéreos a través de diferentes aerolíneas, contribuye directamente al desarrollo armónico de los proyectos, programas y actividades ordinarias y extraordinarias que realiza la Entidad en el país y en el exterior.

Por lo anterior, el Grupo de Servicios Administrativos gestiona la solicitud de tiquetes aéreos para los funcionarios y contratistas de la Entidad, para el óptimo y oportuno desarrollo de las comisiones que requieren este tipo de transporte, en los meses de enero a julio un promedio 106 tiquetes mensuales.

Gracias a la planeación presupuesta el contrato se logró un ahorro de la siguiente manera:

AÑO	VALOR PROYECTADO	VALOR EJECUTADO	AHORRO	% AHORRO
2016	\$ 905.056.607,32	\$ 844.328.340,00	\$ 60.728.267,32	7%

Gestión Documental. El Grupo de gestión documental realizó la actualización de las 22 tablas de retención documental del Instituto las cuales se encuentran aprobadas en su totalidad por el Comité Institucional de Desarrollo Administrativo - CIDA. Para realizar el trámite ante el Archivo General de la Nación – AGN se remitieron las actas de aprobación como soporte para la aprobación de las TRD.

Se realizó la aprobación del Programa de Gestión Documental por parte del Comité Institucional de Desarrollo Administrativo, así mismo se realizó la divulgación y la publicación en ISOLUCION.

Durante el año 2015 se suscribió el contrato 535 de 2015 con la Unión Temporal Custodia de Archivo con el objeto de prestar el Servicio de Bodegaje y Custodia de Archivos del Servicio Geológico Colombiano que inició el 18 de diciembre de 2015, con fecha de finalización 30 de noviembre de 2016, el cual fue prorrogado a través de la solicitud y aprobación de vigencias futuras de contrato en ejecución, hasta el 30 de noviembre de 2017. A través de este contrato, en el transcurso del 2016 se tramitó el préstamo de 3873 unidades documentales solicitadas, de las cuales se ha realizado la devolución al archivo de 2912 y aún se encuentran en préstamo a los funcionarios 961.

Con relación a las transferencias documentales realizadas tanto de la Sede Central como de los Grupos de Trabajos Regionales y los observatorios se recibieron 399 cajas X-200, las cuales fueron ingresadas a la base de datos, actualizando la información que se allega a las carpetas que se encuentran en la bodega destinada para ello.

La Entidad cuenta con el servicio de correspondencia y mensajería express a nivel nacional e internacional y personal necesario en la sede central del Servicio Geológico Colombiano, mediante el Convenio Interadministrativo No. 020 de 2015 con la empresa Servicios Postales Nacionales S.A.

(4-72), el cual se le realizó una adición desde el 01 de diciembre de 2016 hasta el 31 de enero de 2017.

A fecha del 31 de diciembre de 2016, el Servicio Geológico Colombiano, registró 6.900 documentos radicados como comunicaciones recibidas, 3.822 documentos radicados como comunicaciones internas y 9.615 documentos radicados como comunicaciones enviadas. Durante lo corrido del año 2016 se han realizado un total de 12 servicios de transporte dedicado, correspondientes a equipos que su peso es mayor de 50 Kilos.

Adicionalmente, se adelantaron capacitaciones en temas de Gestión Documental y sobre el funcionamiento del sistema Orfeo en la Sede Central, los observatorios vulcanológicos y Sismológicos de Manizales, Popayán y Pasto y lo Grupos de Trabajo Regional.

GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES.

El presente documento muestra el balance de los logros del Grupo de Tecnologías de Información del Servicio Geológico Colombiano durante el año 2016.

Con el ánimo de asegurar la continuidad de los servicios de TI se requiere mantener la infraestructura tecnológica funcional con su respectivo licenciamiento y soporte al día, incluyendo los crecimientos y/o los nuevos equipos/dispositivos requeridos para salvaguardar la información institucional. Dentro del alcance del Plan Estratégico de Tecnología está el de continuar con la renovación de la plataforma tecnológica con el fin de lograr un 95% de actualización de la infraestructura para el periodo (2016 – 2018).

Un aspecto fundamental de Gobierno en Línea, en su componente “TIC para la seguridad y privacidad”, es la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información – SGSI. Para el cumplimiento de este lineamiento se hace necesario contar con elementos de seguridad Informática física y lógica en el Centro de Datos, centros de cableado de los OVS y GTR, y en la red de datos. Se mantendrá un plan efectivo de comunicación articulado a la ejecución y desarrollo de la Estrategia Nacional de Gobierno en Línea.

Teniendo en cuenta que el SGC tiene una amplia gama de información que debe ser debidamente almacenada para su posterior uso, se debe contar con:

- Una adecuada plataforma de bases de datos y de almacenamiento con licenciamiento y mantenimiento, que soporte el volumen de información que se produce y dispone en la entidad.
- Canales de comunicaciones acordes a las necesidades del quehacer institucional.
- Sistemas de información funcionando, incluyendo la infraestructura de comunicaciones actualizada, con la capacidad suficiente para cubrir las necesidades.

Por otra parte, previendo los crecimientos normales y los nuevos proyectos que está generando el SGC, es indispensable continuar con la renovación del parque tecnológico institucional y aumentar la capacidad de procesamiento y así asegurar el normal desarrollo de las actividades institucionales.

En este contexto, las acciones del Grupo de Tecnologías de Información han estado dirigidas a fortalecer la infraestructura institucional del Servicio Geológico Colombiano con el fin de disponer de una plataforma e infraestructura tecnológica de información y comunicaciones que sea robusta, confiable y segura; integrando las mejores prácticas de planificación y organización, adquisición e implementación, entrega de servicios y soporte, y monitoreo del rendimiento de tecnologías de información para asegurar que soportan los objetivos institucionales.

Dichas acciones se han realizado teniendo en cuenta los estándares y lineamientos dictados por el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y las directrices del Ministerio de Minas y Energía; coordinando las actividades que en materia de tecnología de información se efectúan en la Entidad, asegurando la aplicación de buenas prácticas, y principios de administración y soporte de Tecnologías de Información y Comunicaciones.

Actualmente el Servicio Geológico Colombiano - SGC dispone de una plataforma tecnológica compuesta por un centro de datos (Data Center) que resguarda los servidores, bases de datos, solución de almacenamiento y respaldo de la información (misional y apoyo), equipos de cómputo para los servicios corporativos de la Entidad.

Esta plataforma en su infraestructura cuenta con equipos computacionales, redes de cableado de voz y datos, bases de datos, servidores y sistemas de información entre otros, que soportan procesos misionales y de apoyo en las diferentes dependencias del SGC. El SGC cuenta con elementos de contingencia para los sistemas misionales y administrativos, entre ellos, un centro de datos alternativo, como mecanismo de aseguramiento de la información externo a la entidad, buscando una estrategia de continuidad de la operación de su Centro de Datos Principal ante un eventual siniestro, asonada, acto de terrorismo o desastre natural, entre otros.

Portafolio de Servicios de TI. En la imagen se muestra el portafolio de servicios del Grupo de Tecnologías de Información, definiendo cuatro líneas principales:

1. Soporte a sistemas de Información y Estándares TI
2. Plataforma tecnológica e infraestructura TI
3. Gestión de seguridad informática, contingencia y continuidad.
4. Comunicaciones y conectividad.



Sistemas de Almacenamiento y Respaldo de la Información Institucional. Con relación a la ampliación de la Solución de Almacenamiento institucional a los OVS Pasto y Popayán, en el año 2014 se adquirió una solución de almacenamiento estándar y unificada y de respaldo de la información institucional (misional y apoyo), que consiste en un recurso de disco en donde se guarda información para ser procesada por personal del Servicio Geológico Colombiano y que se retiene en el tiempo. Por temas presupuestales, esta primera fase cubrió el almacenamiento y respaldo.

En el año 2016, con el fin de mantener el estándar, la escalabilidad, y flexibilidad de la solución de almacenamiento y respaldo y de esta manera tener la información almacenada de manera segura, que esté disponible para los usuarios cuando estos la necesiten. Por otra parte, buscando asegurar el crecimiento unificado y controlado y tener una mejor utilización del espacio en disco y de los recursos utilizando una sola consola de administración, se mejoró la capacidad de almacenamiento y respaldo en la Entidad adquiriendo almacenamiento para el OVS Pasto, almacenamiento para el OVS Popayán y ampliación respaldo Bogotá

Adicionalmente, teniendo en cuenta el crecimiento de la información que genera la entidad debido a los proyectos que adelanta y que el SGC debe asegurar el almacenamiento de la Información histórica institucional se requiere adquirir equipos especializados para este tipo de almacenamiento. Dicha adquisición se proyecta gradualmente en los siguientes años.

Mejora de la capacidad de procesamiento en servidores, estaciones de trabajo, computadores de escritorio y portátiles. Parapoder procesar estos volúmenes de información se requiere contar con licencias para los equipos de procesamiento y para los equipos que acceden a éstos. El SGC recibió la colaboración para el análisis del estado actual de las licencias en la entidad, encontrando que se debe actualizar un buen porcentaje de las existentes. En el año 2016, se llevó a cabo la adquisición de licencias CAL de Microsoft (Client Access Licence), es la licencia que algunos fabricantes de

software dan a programas que son instalados en un servidor, para que sean accedidos desde máquinas cliente.

Sistema de comunicaciones. En el 2014, el Servicio Geológico Colombiano tenía en su infraestructura de TI una solución inalámbrica la cual estaba basada en el dispositivo 3COM 8760, que no fue concebida para constituir un entorno inalámbrico robusto de cara a la prestación de servicios de TI. Hoy en día es imperativo contar con este tipo de soluciones, diseñadas con principios de seguridad y rendimiento, para poder ofertar servicios de TI independiente del puesto de trabajo (movilidad).

En el año 2015, se implementó y quedó en funcionamiento el servicio de Red Inalámbrica Corporativa que es una solución centralizada, dedicada para tal fin, permitiendo tener control y gestión de toda la red inalámbrica, con todas las características de confidencialidad, disponibilidad e integridad de la información. Adicionalmente permite ampliar el entorno inalámbrico para prestar el servicio de conectividad (con el mismo esquema de protección) en las diferentes sedes del SGC.

En mayo de 2016 se publican y socializan las “Políticas de Uso de Red WiFi”, con el ánimo de dar a conocer las condiciones de uso de las redes inalámbricas de acceso Wi-Fi, fomentar su uso adecuado y velar por la seguridad de los servicios prestados en el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC).

Sistemas de Comunicaciones - Telefonía IP. En el año 2015, se adquirió el branch y los teléfonos para el GTR Bucaramanga, ampliando la cobertura que ya se tenía desde el 2014 en la sede Central. En el año 2016, estaban conviviendo dos centrales telefónicas, de las cuales, una es obsoleta, por lo cual el proveedor desde hace dos años no da soporte, ni cuenta con repuestos.

Para responder los retos y responsabilidades del SGC, se implantó una Infraestructura de red WAN para establecer la comunicación entre la Sede Central, los Observatorios Vulcanológicos Sismológicos y los diferentes Grupos de Trabajo Regionales, utilizando el canal dedicado de comunicaciones (voz y datos). Uno de los aspectos más importantes de dicha infraestructura es el relacionado con la integración de las centrales telefónicas de las diferentes sedes, de tal forma que las comunicaciones de voz son más eficientes y económicas pues las llamadas entre sedes no generan costos. Las llamadas a nivel nacional entre sedes no requieren la utilización de las centrales públicas de conmutación y esto representa una reducción sustancial en los costos en este tipo de llamadas. Soporta el montaje de nuevas aplicaciones tales como Contact Center Multimedia para mejorar la infraestructura de comunicaciones y aumentar el nivel de satisfacción de los usuarios, a través del aumento de accesibilidad.

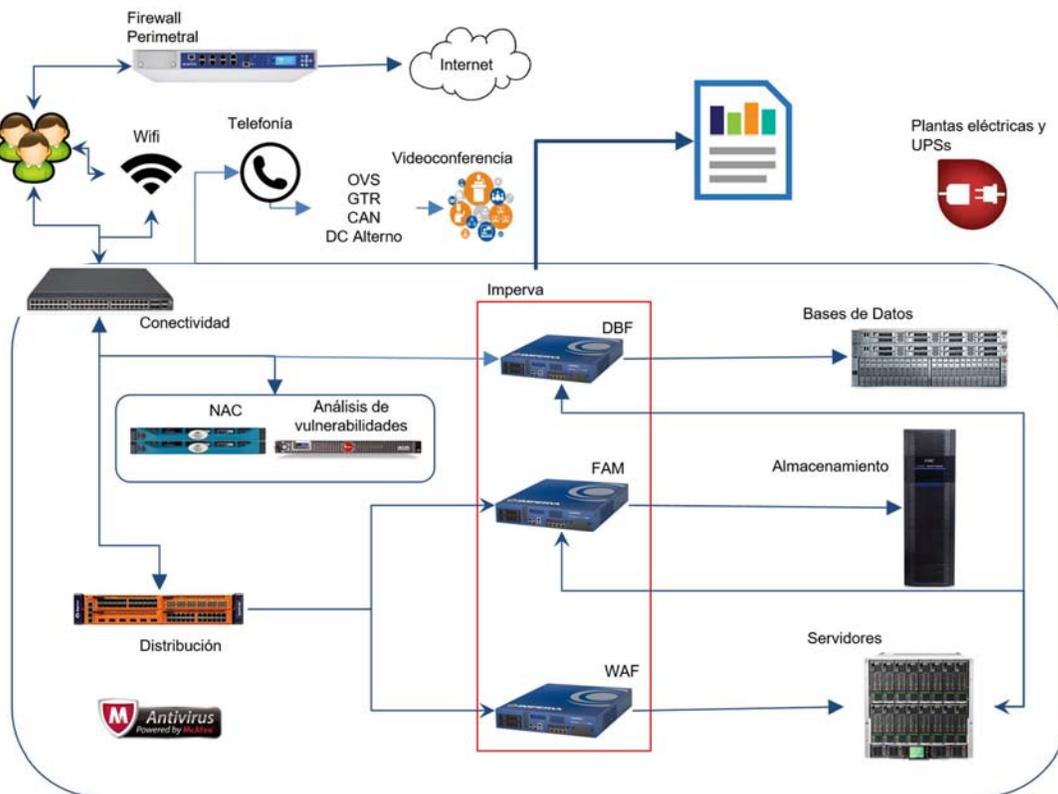
El objeto principal de la actualización tecnológica es continuar con el proceso de actualización de la plataforma telefónica consistente en la inclusión del servicio de correo de voz para las extensiones y actualización de la operadora automática con su respectivo licenciamiento. Por otra parte, obtener infraestructura para optimizar los servicios de comunicación unificada y movilidad desde internet en forma segura y ampliar la cantidad de usuarios de la tecnología IP.

Soluciones de Seguridad Informática. Atendiendo las buenas prácticas y el marco de referencia de la estrategia de Gobierno en Línea (GEL) emitida por el Ministerio de las Tecnologías y las Comunicaciones, en el “Modelo de Seguridad para las Entidades del Estado”, en donde se indica que es necesaria la implementación en la Entidad del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información

(SGSI) y que en el componente de “Servicios Tecnológicos, aparece el módulo “Gestión de la calidad y seguridad de los Servicios Tecnológicos”, que especifica que se debe implementar controles de seguridad informática para mitigar los riesgos asociados al acceso, trazabilidad, modificación o pérdida de información que atenten contra la disponibilidad, integridad y confidencialidad de la información.

Esquema de seguridad informática año 2016. Teniendo en cuenta que el SGSI – Norma ISO 27001 en el punto A.9.2 Seguridad de los equipos cuyo objetivo es evitar pérdida, daño, robo o puesta en peligro de los activos y la interrupción de las actividades de la organización; que constituye para la entidad el diseño, implantación, mantenimiento de un conjunto de procesos para gestionar eficientemente la accesibilidad de la información, buscando asegurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los activos de información minimizando a la vez los riesgos de seguridad de la información; como mecanismos de protección informática se adquirieron:

- NAC (Network Access Control). Control de acceso a red es un enfoque de la seguridad en redes de computadores que intenta unificar la tecnología de seguridad en los equipos finales (tales como antivirus, prevención de intrusión en servidores, informes de vulnerabilidades), usuario o sistema de autenticación y reforzar la seguridad de la red de acceso. El objetivo del control de acceso a red es realizar exactamente lo que su nombre implica: control de acceso a la red con políticas, incluyendo pre-admisión, chequeo de políticas de seguridad en el usuario final y controles post-admisión sobre los recursos a los que pueden acceder en la red los usuarios y dispositivos, y que pueden hacer en ella. Permiten a los operadores de red definir políticas, tales como tipos de computadores o roles de usuarios con acceso permitido a ciertas áreas de la red, y



forzarlos en switches y routers.

Appliance - Herramienta para el control de tráfico de datos. Es un dispositivo de hardware de red que proporciona un conjunto de herramientas de monitoreo con acceso al tráfico de un gran número de enlaces de red.

- UTM. Check Point. Herramienta de Seguridad Perimetral. Permite el bloqueo de aplicaciones no deseadas, tales como mensajería instantánea y P2P, mientras que un avanzado sistema de prevención de intrusiones (IPS) asegura la protección de los sitios remotos de ambos conocidos y desconocidos amenazas, como la denegación de servicio. Protección contra malware está integrado, el bloqueo de gusanos y virus antes de que entren en la red. Permite definir políticas de acceso Web. El acceso a los sitios Web potencialmente maliciosos que contienen spyware y virus, así como el bloqueo de contenido Web inadecuado.
- Monitoreo, protección y auditoría. Permite monitorear y llevar auditoría sobre los servidores de archivos y bases de datos de SGC, adicional brindar protección contra comportamientos anormales o ataques realizados contra las aplicaciones web, bases de datos y servidores de archivos.
- Firmas digitales y solución de certificación de firmas con estampado cronológico. Como parte de la implementación del modelo de buenas prácticas referente al consumo de papel, y para dar cumplimiento a la estrategia de Gobierno En Línea – GEL sobre este tema, el Grupo de Tecnologías de Información inicia la implementación del componente tecnológico a través de las firmas digitales aplicadas sobre los procesos y procedimientos de la entidad. Consiste en la implementación de una arquitectura de defensa en profundidad para asegurar, en el mayor grado posible, que la información viajando entre emisor y receptor (cliente/servidor) esté caracterizada por los servicios de seguridad, que debe proveer el SGC: Confidencialidad, autenticación, integridad, no repudio, control de acceso y disponibilidad.

Las firmas digitales equivalen a la firma manuscrita, garantiza la identidad y responsabilidad del autor de un documento o transacción electrónica, además, permite comprobar la integridad del documento. Las firmas digitales cuentan con valor probatorio y fuerza obligatoria de una firma manuscrita, además, tiene la funcionalidad para que sólo las personas autorizadas (emisor-receptor) puedan acceder al documento firmado, es decir, se establece confidencialidad sobre el documento.

El estampado cronológico es un servicio que se presta a través de terceros de confianza y mediante el cual se puede garantizar la existencia de un documento en un determinado instante de tiempo. Mediante la emisión de una estampa de tiempo es posible garantizar el instante de creación, modificación, recepción, etc., de un determinado documento electrónico impidiendo su posterior alteración, haciendo uso de la hora legal colombiana. La información contenida en una "estampa de tiempo" proporciona 3 datos: Tiempo del día, expresado en hora, minuto y segundo (hh : mm : ss) de acuerdo con el Sistema Internacional de Medidas (SI) adoptado en la República de Colombia para la medición del tiempo. Fecha, expresada en día, mes y año (dd : mm : aaaa) de acuerdo con el calendario Juliano. Firma, realizada con el certificado de la entidad certificadora.

El Grupo de TI en conjunto con las áreas involucradas está implementado la solución que para firmar y estampar digitalmente los documentos de forma ágil, que asegure y autentique la firma, con el ánimo de optimizar los procesos donde sea aplicada dicha solución.

La finalidad de este servicio es, fundamentalmente, agilizar y facilitar al usuario final los trámites de la presentación de ciertos documentos haciéndolo de forma electrónica. El estampado cronológico es un mecanismo de seguridad y validez jurídica de la fecha y hora en la que se firma, se envía y recibe el documento electrónico. A través de un sello de tiempo certificado se garantiza la integridad de la información durante su ciclo de vida. Es recomendable el uso del estampado cronológico, como complemento de la firma para darle longevidad a esta y tener plena certeza del momento en el que se hace la firma digital.

- **Certificados digitales de sitio seguro SSL.** El Certificado de Sitio Seguro (SSL) es un mecanismo de autenticación y seguridad sobre sitios, aplicativos y servicios web, ofrece a los usuarios la confianza necesaria para que estos naveguen, realicen operaciones y ejecuten transacciones por internet. Los certificados SSL evitan el riesgo de ataques de suplantación de identidad o phishing del sitio web, protege la confidencialidad de la información que viaja entre los clientes y usuarios del sitio web, establece conexiones seguras cifrando la información intercambiada entre los aplicativos y el usuario y salvaguarda la integridad de la información intercambiada.

Los certificados SSL permiten asegurar la actual carga operativa que impacta directamente sobre el portal web y los servicios soportados por las aplicaciones del SGC, además, ofrece al ciudadano la confianza presentando visualmente el sello de seguridad dinámico que le indica al usuario del sitio y de los aplicativos web de la Entidad que son confiables, sin suplantación y le asegura al ciudadano que sus datos no son interceptados por externos. Características de seguridad: Validación de identidad y Encriptación de datos.

Redes de Cableado Estructurado y Sistemas de Enfriamiento. En el año 2015, en el Data Center principal se tenía instalado y funcionando como soporte de misión crítica (principal), un equipo de Aire acondicionado de precisión marca Liebert, de 15T.R, trifásico 208V A.C., 60Hz., así como un equipo de aire acondicionado marca York, capacidad de 10 T.R., que hacía las veces de soporte (Back up). El equipo de soporte (Back up), tenía más de 12 años de servicio y su capacidad de refrigeración (10 T.R) era ya insuficiente para el manejo del total de la carga térmica en el centro de cómputo de manera programada o ante la ocurrencia de una contingencia. Para la suplencia y crecimiento en la carga térmica del Data Center, se adquirió un equipo de aire acondicionado de 22T.R.

Así mismo, para los centros de cableado de los OVS, (Manizales, Popayán y Pasto) y GTR (Cali y Medellín): se adquirieron equipos de precisión de 3T.R. para garantizar condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa para los diferentes equipos de infraestructura TI y de comunicaciones que ha venido adquiriendo el SGC en diferentes proyectos (virtualización, almacenamiento, copias de respaldo de información, equipos de comunicaciones de proveedores; ISP; servidores de aplicaciones; equipos activos de red). La finalidad de dicha adquisición es la de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y aplicaciones para el adecuado desempeño de las labores de los funcionarios y contratistas y el respectivo cumplimiento de los objetivos misionales del Servicio Geológico Colombiano. Se adquirió un equipo de aire acondicionado portátil de 5 T.R, para atender posibles emergencias por el inadecuado funcionamiento de los equipos de Aire acondicionado o por un paro programado, ya sea del data center principal, del data center de la RSNC o de cualquier centro de cableado intermedio, con la finalidad de poder atender dichas eventualidades a la mayor brevedad y evitar mayores consecuencias.

Instalación y configuración de elementos para conectar en paralelo dos UPS del OVS Pasto. En el año 2015, se efectuó la Instalación y configuración de elementos para conectar en paralelo dos UPS

de 30 KVA como soporte de red eléctrica regulada del OVS Pasto. Debido a que las redes eléctricas reguladas del OVS Pasto no contaban con una adecuada redundancia, se optimizó este sistema adquiriendo los elementos, configuraciones y modificaciones a las redes eléctricas para alimentar las dos UPS y soportar la carga eléctrica regulada a la salida de los dos (2) equipos UPS de 30 KVA, mediante circuitos alimentadores que se adecuaron para el suministro de energía eléctrica a cada uno de los tableros de distribución de corriente regulada del edificio.

Ampliación de la capacidad eléctrica del Data Center Principal. Se lleva también a cabo la ampliación de la capacidad eléctrica del centro de cómputo (UPS, planta eléctrica, transferencia automática, acometidas y tableros de distribución). Debido a que los últimos proyectos de TI han entregado nueva infraestructura para su soporte en el Data Center, (virtualización; almacenamiento; copias de respaldo de información; equipos de comunicaciones de proveedores; ISP; servidores de aplicaciones; equipos activos de red entre otros), la capacidad eléctrica del Data Center superó el 95%, se debió efectuar la ampliación de la capacidad eléctrica del Data Center con la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y aplicaciones para el adecuado desempeño de las labores de los funcionarios y contratistas y el respectivo cumplimiento de los objetivos institucionales, y el crecimiento debido a nuevos proyectos.

Estudios, diseños y ejecución de redes eléctricas de Baja Tensión e instalación de planta eléctrica nueva en el OVS Popayán. En el año 2016, se llevó a cabo el proyecto eléctrico ante el operador de red local (C.E.O.) para la instalación y puesta en funcionamiento de un transformador de 75kVA de uso exclusivo del OVS; realizando la instalación de transferencia automática suministrada por el SGC junto con el suministro e instalación de tablero de distribución general e interconexión con los tableros de distribución existentes en el OVS; se efectuaron las obras y la logística requerida para instalar, probar y poner en funcionamiento una planta eléctrica de 110kVA existente en el OVS Popayán; se llevó a cabo el diagnóstico, estudios, diseño y ejecución de las obras para establecer la protección contra rayos tanto interna como externa; así mismo, el diagnóstico, estudios, diseño y ejecución de las obras para el sistema de puesta a tierra para todas las instalaciones del OVS Popayán; con ente certificador acreditado por ONAC la certificación de conformidad con el RETIE y la norma NTC 2050. Este proyecto se debió efectuar teniendo en cuenta el riesgo de no contar con el servicio de energía suficiente para los requerimientos actuales y futuros del quehacer institucional, debido a que las redes eléctricas reguladas y normales del OVS Popayán del SGC no contaban con un adecuado soporte en emergencia, no garantizaban condiciones estables y totalmente seguras para la vida de las personas, la vida útil y el correcto funcionamiento y desempeño de los equipos de cómputo y de comunicaciones.

Estudios, diseños y ejecución de redes eléctricas de Baja Tensión e instalación de planta eléctrica nueva en el OVS Manizales. En el año 2016, se efectuó la adecuación de acometidas eléctricas parciales de baja tensión; se configuró y probó dos equipos UPS de 30KVA con su respectivo tablero de paralelismo, se realizaron las obras y logística requerida para instalar, probar y poner en funcionamiento la planta eléctrica existente en el OVS Manizales. Se efectúa también el diagnóstico, estudios, diseño y ejecución de las obras para establecer la protección contra rayos, tanto interna como externa. Se realiza el diagnóstico, estudios, diseño y ejecución de las obras para el sistema de puesta a tierra para todas las instalaciones del OVS Manizales; con ente certificador acreditado por ONAC la certificación de conformidad con el RETIE y la norma NTC 2050.

Este proyecto se realiza teniendo en cuenta el riesgo de no contar con el servicio de energía suficiente para los requerimientos actuales y futuros del quehacer institucional, debido a que

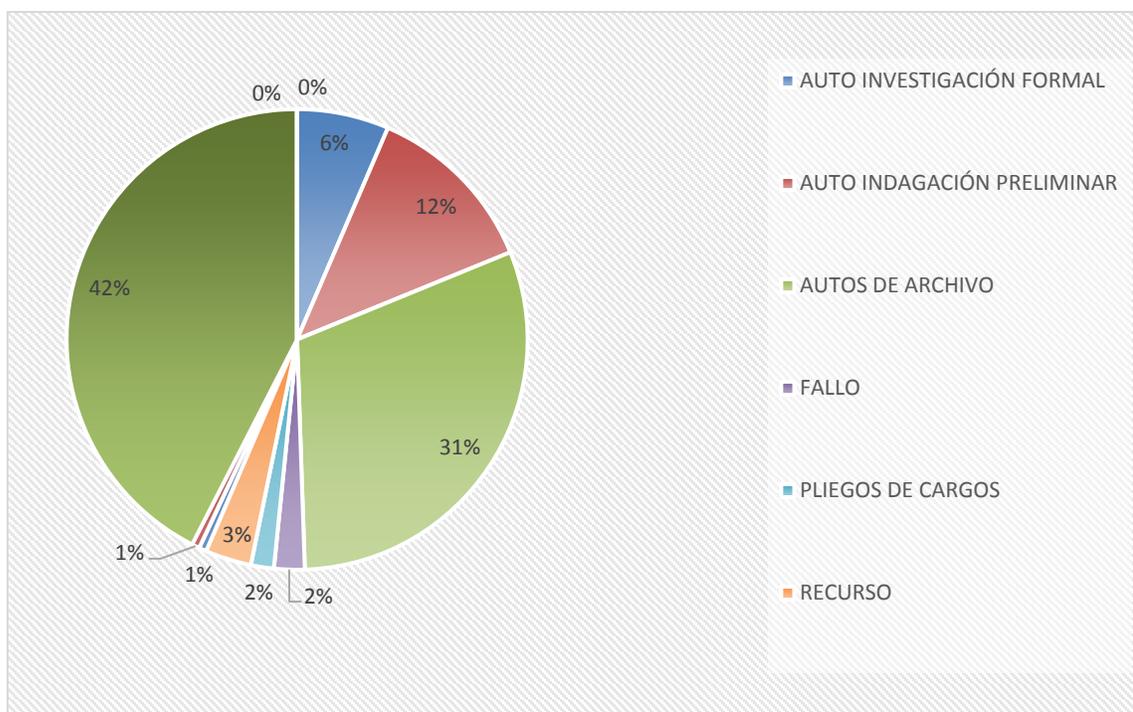
las redes eléctricas reguladas y normales del OVS Manizales del SGC tenían inconvenientes de funcionamiento y capacidad, dando como resultado situaciones de alto riesgo para la seguridad de los funcionarios y la adecuada prestación de los servicios asociados a los procesos misionales de la entidad prestados por este OVS.

- Aprovechando los ahorros efectuados en los procesos de selección abreviada por subasta inversa se pudo realizar la adición al contrato de Mantenimiento de Cableado Estructurado, teniendo en cuenta las crecientes necesidades al respecto generadas por las actividades que viene desarrollando la entidad.
- Apoyo en el desarrollo de los proyectos de Arquitectura Empresarial, en el marco del convenio con la Universidad de los Andes. Entre otros, en el proyecto líder institucional, en cabeza de la Dirección Técnica de Gestión de Información el desarrollo del “Motor de Integración de Información Geocientífica – MIIG”, liderando temas de Infraestructura tecnológica y Pruebas.
- Gestión de tecnologías de información en el proyecto de transferencia del BIP de la ANH al SGC

CONTROL INTERNO DISCIPLINARIO

El Grupo de Control Interno Disciplinario cumpliendo con la función de adelantar las indagaciones preliminares e investigaciones disciplinarias, tramitó setenta y cuatro investigaciones (74), lo que se refleja en el mayor movimiento procesal de los expedientes de una etapa a otra y el incremento de la labor de sustanciación de los procesos y práctica de pruebas, arrojando como resultado las decisiones de fondo que se profirieron y la estructura probatoria que permitirá culminar en debida forma en el año siguiente investigaciones de gran importancia. Durante este año se profirieron ciento ochenta y seis (186) Autos, así:

RESUMEN DE LA GESTIÓN PROCESAL 2016													
DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
AUTO INVESTIGACIÓN FORMAL	0	0	3	1	3	1	1	2	0	0	0	1	12
AUTO INDAGACIÓN PRELIMINAR	0	0	0	1	3	6	3	2	6	1	1	0	23
AUTOS DE ARCHIVO	5	3	0	3	6	8	12	6	2	2	6	5	57
FALLO	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	4
PLIEGOS DE CARGOS	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
RECURSO	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	2	0	6
INHIBITORIO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ACUMULANDO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
AUTOS DE SUSTANCIACION (DECRETA PRUEBAS, DESPACHOS COMISORIOS, CIERRE)	9	10	10	8	2	4	3	8	5	12	4	4	79
REMISIONES POR COMPETENCIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NULIDADES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	14	14	14	14	16	20	21	18	16	15	14	10	186

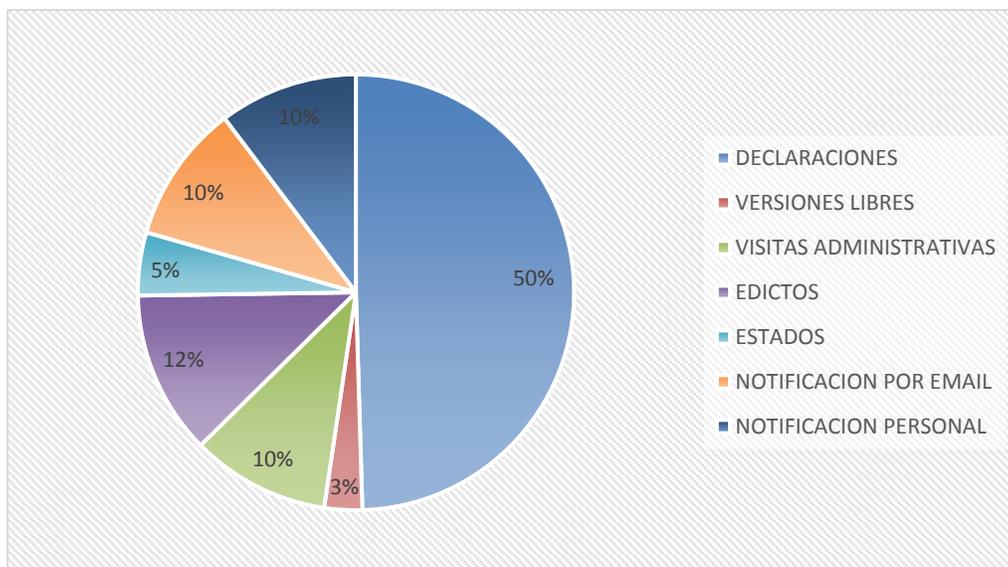


Se definieron y archivaron sesenta y dos expedientes disciplinarios (Archivos definitivos, autos inhibitorios, autos de acumulación, fallos y expedientes remitidos por competencia)

EXPEDIENTES ARCHIVADOS													
MES	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
CANTIDAD	5	3	0	4	7	8	13	6	3	2	7	4	62

Se notificaron ochenta (80) decisiones, se recibieron ciento seis (106) declaraciones, seis (6) versiones libres y se practicaron veintidós (22) visitas administrativas.

RESUMEN DE LA GESTIÓN PROCESAL 2014													
DESCRIPCION	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
DECLARACIONES	10	3	0	3	4	8	7	29	10	10	14	8	106
VERSIONES LIBRES	1	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	6
VISITAS ADMINISTRATIVAS	0	1	2	2	3	1	1	1	8	0	1	2	22
EDICTOS	2	15	0	2	0	4	1	0	0	0	2	0	26
ESTADOS	0	2	0	0	0	0	1	4	0	1	2	0	10
NOTIFICACION POR EMAIL	1	1	2	0	0	2	1	6	7	1	1	0	22
NOTIFICACION PERSONAL	3	3	0	4	0	4	1	2	4	1	0	0	22
TOTAL													214



La gestión administrativa por parte del secretario ejecutivo del Grupo, arrojó la radicación y conformación de 31 expedientes que ingresaron en el año 2016 y la elaboración de 420 comunicaciones, relacionadas con respuestas a requerimientos, peticiones, citaciones a diligencias y práctica de pruebas, entre otras, gestión que se puede apreciar en los siguientes términos:

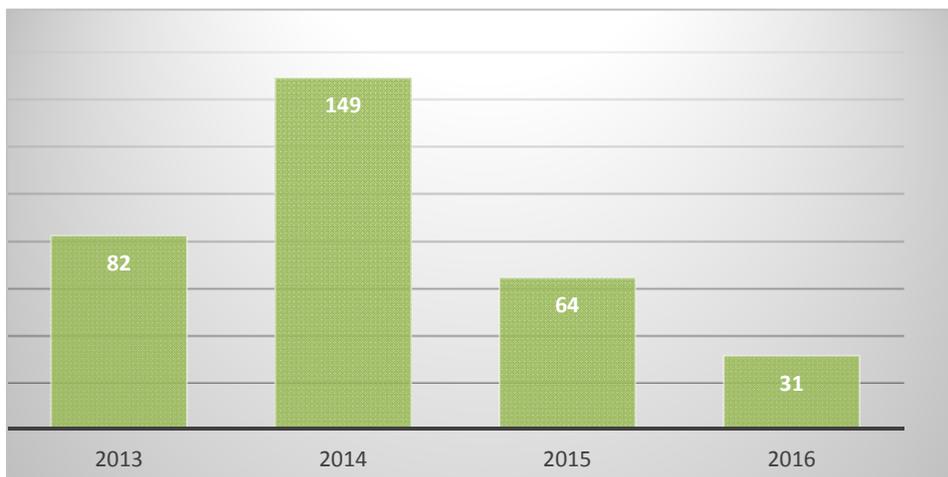
RESUMEN DE LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA													
DESCRIPCION	ENERO	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	
COMUNICACIONES	55	29	31	20	36	77	37	48	47	24	7	9	420
EXPEDIENTES RADICADOS	0	1	0	5	2	7	3	3	7	1	0	2	31
TOTAL													451

En la gestión de acciones disciplinarias preventivas se coordinó la inducción y reinducción de ciento noventa y siete (197) funcionarios en la normativa referente al estatuto anticorrupción y se realizaron entrenamientos en puestos de trabajo en los Grupos Regionales de Medellín y Bogotá con la participación de funcionarios y contratistas de la Entidad.

INDUCCIÓN DERECHO DISCIPLINARIO			
Tema	Fecha	Asistentes	Ciudad
Deberes y responsabilidades de los supervisores e interventores	27-abril	59	Bogotá y video conferencia regionales
Aspectos generales de derecho	7-julio	50	Bogotá y video conferencia regionales
Delitos contra la administración pública	18-agosto	65	Bogotá y video conferencia regionales
Aspectos generales de derecho	30-sept	16	OVS Manizales
Deberes y responsabilidades de los supervisores e interventores	10-nov	7	OVS Manizales
Total		197	

E. En la gestión del Grupo de Control Disciplinario por año, se evidencia una significativa reducción de quejas o informes, como resultado de las acciones preventivas adelantadas, la disminución de hallazgos con incidencia disciplinaria, las remisiones por competencia, entre otras causas.

EXPEDIENTES	2013	2014	2015	2016
QUEJAS O INFORMES RADICADOS PARA APERTURAR EXPEDIENTES DISCIPLINARIOS	82	149	64	31



Con un peso del 45% sobre la meta total del Grupo, la propuesta fue de suscribir doscientos diez (210) Autos impulsando y definiendo trámites procesales dentro las investigaciones disciplinarias en trámite, de lo cual el grupo de Control Interno Disciplinario profirió ciento ochenta y seis (186) Autos, lográndose un 88.5% de cumplimiento de los resultados previstos.

Con un peso del 45% sobre la meta total del Grupo, la propuesta fue de un 95% en oportunidad en el cumplimiento de las actuaciones procesales, superando la meta propuesta, ya que se cumplió en un promedio de 98.3% las investigaciones con el total de actuaciones procesales y pruebas practicadas oportunamente en los términos legales de la indagación preliminar y la investigación disciplinaria.

Servidores Públicos entrenados en el puesto de trabajo en las normas del Código Disciplinario Único con un peso del 10%, en el cual como resultado de las acciones preventivas adelantadas por el Grupo de Control Interno Disciplinario se logró instruir a ciento noventa y siete (197) funcionarios y contratistas de la entidad, superando la meta propuesta para el año 2016.

Para el año 2017, el Grupo de Control Interno Disciplinario se propone tramitar con celeridad las quejas e informes que se radiquen durante el 2017 y adoptar decisiones de fondo en las investigaciones que a la fecha se están impulsando, todo ello en estricto acatamiento de los postulados previstos en la Constitución y en la ley, respetando los derechos y garantías de los investigados.

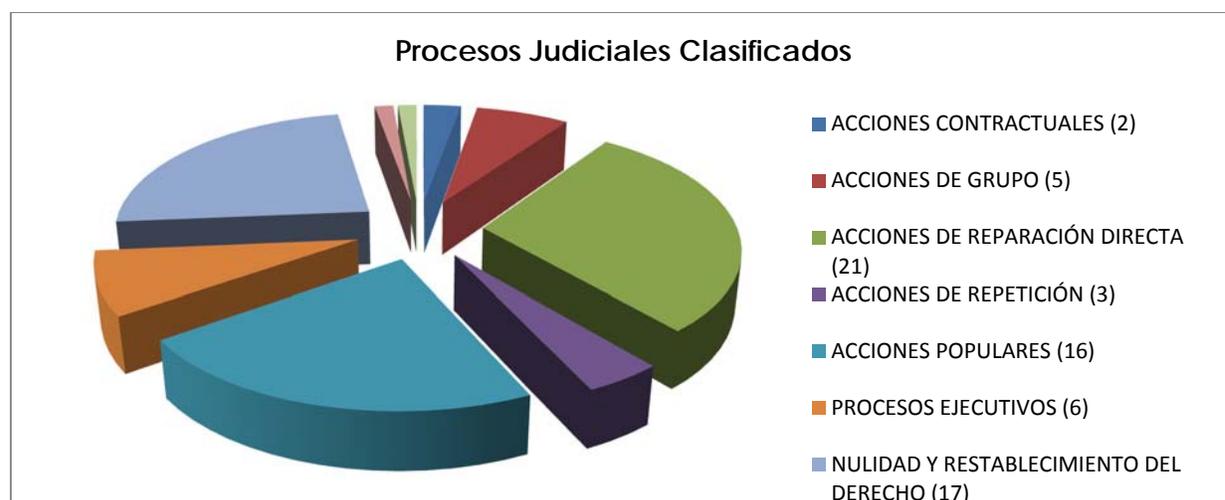
OFICINA ASESORA JURÍDICA

La gestión realizada se enmarcó en el cumplimiento del Decreto 4131 de 2011 y en el Decreto 2703 de 2013 en el cual se señalan expresamente las funciones a cargo de la Oficina Asesora Jurídica como lo son: asesorar y apoyar jurídicamente al Director General y a las demás dependencias de la entidad, conceptuar sobre las normas, proyectos o materias legales que afecten o estén relacionadas con la misión, objetivos y funciones del SGC, representar judicial y extrajudicialmente al Servicio Geológico Colombiano (SGC), en los procesos y actuaciones que se instauren en su contra o que este deba promover; estudiar, conceptuar y proyectar para la firma del Director General los actos administrativos que este deba suscribir; dirigir y coordinar las actividades relacionadas con el proceso de jurisdicción coactiva, así como mantener actualizado y sistematizado el registro de las normas y la jurisprudencia expedidas sobre las materias de competencia del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y coordinar y tramitar los derechos de petición, las solicitudes de revocatoria directa, y en general las consultas y actuaciones jurídicas relacionadas con las funciones del Servicio Geológico Colombiano.

REPRESENTAR JUDICIAL Y EXTRAJUDICIALMENTE AL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO-SGC

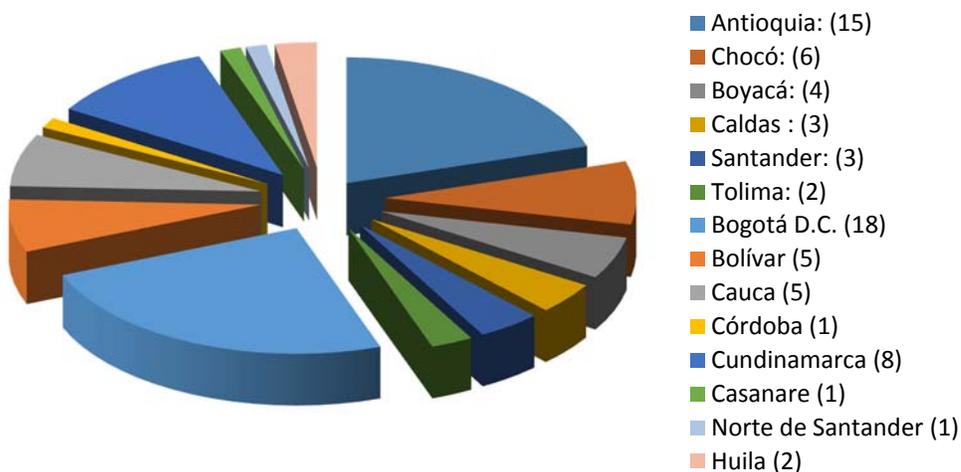
En desarrollo del proceso de defensa jurídica del Instituto, durante la vigencia 2016, se han atendido en los despachos judiciales del país, los procesos judiciales en los que el Servicio Geológico Colombiano hace parte como demandante o demandado.

Actualmente la entidad hace parte en un total de 72 procesos judiciales que se encuentran en curso en los diferentes despachos judiciales del país; discriminados en acciones y/o medios de control de controversias contractuales, populares, reparación directa, nulidad y restablecimiento del derecho, ejecutivas, grupo, cumplimiento, ordinarios laborales y repetición. La descripción general del número total de procesos, frente a cada una de las acciones y/o medios de control antes descritos, se observa en la siguiente gráfica:



Es necesario resaltar la distribución de procesos judiciales en cada uno de los departamentos del país, frente a los cuales la Oficina Asesora Jurídica efectúa un riguroso seguimiento y control, con el fin de efectuar una adecuada defensa de los intereses judiciales a cargo del Servicio Geológico Colombiano.

Procesos por Departamento



Adicionalmente, se encuentra activas 16 denuncias penales que la entidad ha instaurado contra personas naturales y jurídicas, por la presunta violación de la Ley Penal, específicamente por los presuntos delitos de tráfico, transporte y posesión de material radiactivo o sustancias nucleares, falsedad en documento privado y público, hurto, peculado culposo, entre otros.

Teniendo en cuenta el número total de procesos judiciales en que es parte la entidad, debe señalarse como contingencia por la cual se demanda al Instituto aquella que tiene relación con la actividad minera que aunque la delegación otorgada tuvo vigencias hasta el 2 de junio de 2012, aún persisten las demandas por esta actividad, adicionalmente, por deslizamientos y movimientos en masa en diferentes zonas del país. Es precisamente por esta razón, por la cual el Instituto está vinculado como una de las entidades accionadas, a una acción de grupo instaurada por habitantes del municipio de Gramalote (Norte de Santander), cuya destrucción por un movimiento en masa, se presentó en el año 2011. Las pretensiones de tal acción de grupo ascienden a la suma de trescientos sesenta y cinco mil millones de pesos moneda corriente, (\$365.000.000.000).

Importante resulta destacar que durante el año 2016 no se han proferido sentencias condenatorias contra la entidad.

Con respecto al seguimiento que se realiza a los procesos judiciales, la Oficina Asesora Jurídica realizó la contratación de una empresa especializada en la vigilancia de procesos a nivel nacional a través del proceso de selección de mínima cuantía No. 004 de 2016, siendo seleccionada la empresa LUPA JURÍDICA S.A., con la cual se suscribió la Comunicación de Aceptación No. 002 de 2016.

En cuanto a las acciones de tutela, en el presente año la entidad ha sido convocada en dieciocho (18) ocasiones siendo del caso resaltar que fueron debidamente atendidas por la Oficina Asesora Jurídica, razón por la cual ninguna de ellas ha sido en contra.

APOYO EN CONTRATACIÓN ESTATAL – COMITÉ EVALUADOR SGC

De igual forma es importante resaltar que la Oficina Asesora Jurídica participa activamente del proceso de contratación estatal de la entidad a través del Comité de Contratación que asesora a la alta Dirección en la decisión de adelantar los procesos de selección de contratistas de bienes, servicios, obras y demás que requiera la entidad, a través de sus diferentes modalidades (Ley 80 de 1993, Ley 1150 de 2007, Decreto 1082 de 2015 y demás normas que las modifican y reglamentan) y así mismo como miembro permanente del Comité Asesor Evaluador en todos los procesos de adquisición de bienes, servicios, obras y demás que adelanta la entidad.

Cabe anotar que durante el 2016, la Oficina Asesora Jurídica, ha participado como miembro de Comité Asesor Evaluador, en los diferentes procesos de selección que ha iniciado la entidad como se expone a continuación:

Modalidad de Selección	No.
Mínima Cuantía	81
Selección Abreviada - Subasta Inversa	45
Licitación Pública	6
Contratación Directa - Ciencia y Tecnología	4
Concurso de Méritos	4
Total	140

Las actividades incluyeron la revisión, aprobación, planteamiento y respuesta de observaciones a los documentos del proceso (proyecto de pliego de condiciones, pliego de condiciones definitivo), así como la recomendación para la expedición de adendas (en los casos pertinentes), evaluación de las propuestas (verificación de requisitos habilitantes), respuesta a las observaciones presentadas, asistencia a las audiencias de adjudicación y recomendación de adjudicación o declaratoria de desierta.

ASESORIA Y APOYO JURÍDICO AL DIRECTOR GENERAL

La asesoría en materia jurídica se prestó de manera permanente, tanto a la Dirección General del Instituto, así como a las diferentes dependencias que lo conforman, haciendo claridad y estableciendo criterios sobre la aplicación de las normas legales vigentes que son de competencia de la entidad, en especial con el licenciamiento de manejo de material radiactivo en donde se prestó asesoría en alrededor de 257 casos, igualmente en materias tales como administración de personal al servicio del estado, contratación administrativa, régimen disciplinario, derecho probatorio, entre otros.

CONCEPTOS JURÍDICOS

Adicional a la asesoría que prestó la Oficina, se tiene que igualmente ésta se pronunció sobre las consultas escritas formuladas por las diferentes dependencias de la entidad, sobre la interpretación de las normas legales vigentes que son y fueron de su competencia. Igualmente, se atendió solicitudes presentadas por las entidades públicas y los particulares, resaltando que en lo corrido del presente año, se han expedido un total de 20 conceptos jurídicos.

ACTUALIZACIÓN DEL REGISTRO DE LAS NORMAS Y LA JURISPRUDENCIA

Para efectos de compilar, actualizar y difundir las normas legales y conceptos que definen el accionar de la entidad, en el 2016 se realizó la contratación de una empresa que estructuró el normograma de la entidad, el cual fue publicado en la Página Web del SGC y en la que se encuentra los documentos relacionados con las normas sectoriales, gubernamentales e institucionales que cobijan la misión del Servicio Geológico Colombiano incluyendo leyes, circulares, decretos y resoluciones en los campos geológico, y nucleares.

POLÍTICAS DE DEFENSA JUDICIAL

Con el fin de minimizar el riesgo que afronta la entidad en el tema de la defensa judicial, la Oficina Asesora Jurídica, ha adoptado las siguientes políticas:

- Unificación de criterios jurídicos en la aplicación de las normas legales vigentes de competencia de la Entidad.
- Coordinación entre las dependencias del Servicio Geológico (cuando a ello haya lugar) y la Oficina Asesora Jurídica, en relación con la aplicación de conceptos legales.
- Efectuar reuniones jurídicas con los abogados de la entidad, para establecer unidad de criterio que permita adoptar decisiones ajustadas a derecho.
- Coordinación sectorial, para lo cual se adelantan reuniones con el Ministerio de Minas y Energía y otras entidades estatales, con el fin de fijar pautas en la aplicación de la normatividad relacionada con las funciones de la entidad.
- Atender todas las solicitudes dentro de los términos legales.
- Seguimiento detallado de la vigencia de las normas, para su aplicación oportuna en el tiempo.
- Riguroso seguimiento y control de los procesos judiciales que se adelantan en los diferentes Despachos Judiciales del país.

COMITÉ DE CONCILIACIÓN

En cuanto al Comité de Conciliación debe tenerse en cuenta que éste es una instancia administrativa del Instituto, que tiene como finalidad estudiar, analizar y formular las políticas sobre prevención del daño antijurídico, así como velar por la defensa de los intereses de la entidad. La entidad a través del Comité de Conciliación, ha dado solución a un gran número de controversias que se han

presentado especialmente dentro de los diferentes procesos judiciales en que es parte el Instituto y en los que se discuten diversas actuaciones a cargo del Servicio Geológico Colombiano.

Así mismo, previniendo un posible daño antijurídico, el Comité ha decidido en varias oportunidades utilizar el mecanismo de la conciliación, como un método alternativo a la solución de conflictos, con lo cual se ha evitado la iniciación de procesos judiciales ante la justicia contenciosa administrativa, de conformidad con las normas legales vigentes que rigen la materia.

Debe tenerse en cuenta que los diferentes temas analizados al interior del Comité de Conciliación, son preparados, estudiados y presentados por parte de la Oficina Asesora Jurídica, quien tiene la función de la representación judicial y extrajudicial de la entidad.

De otra parte, es necesario resaltar que a la fecha, la Oficina Asesora Jurídica ha estudiado un total de 26 casos, entre los que se encuentran, solicitudes de conciliación extrajudicial, conciliaciones judiciales, pactos de cumplimiento, entre otras formas alternativas de solución de conflictos.

De igual manera, el Comité de Conciliación acorde con sus funciones aprobó la política de prevención de daño antijurídico conforme a los lineamientos establecidos por la Agencia Nacional de Defensa Jurídica del Estado.

RECAUDO DE CARTERA (COBRO PERSUASIVO – COBRO COACTIVO)

Durante la vigencia de 2016 se adelantaron 6 procesos de cobro de cartera, de los cuales se efectuaron 2 acuerdos de pago, el primero se pagó en su totalidad, y del segundo se han pagado 9 cuotas, además, se realizaron 3 pagos totales de obligaciones.

COORDINACIÓN SECTORIAL

El Instituto en su calidad de Autoridad Geológica y en ejercicio de sus funciones, ha adelantado importantes gestiones con el Ministerio de Minas y Energía y el Gobierno Nacional, en procura a que la actividad geológica en el país se desarrollara dentro de los postulados constitucionales y legales.

Para el año 2017 la Oficina Asesora Jurídica se enfocara en los siguientes retos:

- Consolidarnos como una Oficina Asesora Jurídica que se caracteriza por el mejoramiento continuo de la prestación del servicio a su cargo.
- Posicionarnos como una Oficina Asesora Jurídica cuyas directrices garantizan la aplicación del principio de seguridad jurídica que deben regir las actuaciones de la Administración.
- Contribuir con su experiencia a la debida defensa judicial de los intereses de la entidad, con el fin de minimizar fallos adversos contra el Estado.
- Propiciar jornadas de capacitación normativa al interior del Instituto con el fin de optimizar la ejecución de los procesos y la adecuada prestación del servicio público, encaminado a la satisfacción de los particulares.
- Apoyar el cumplimiento del Plan Estratégico del Instituto y de las políticas de calidad institucionales en aras del mejoramiento de la gestión encargada legalmente a la entidad.

