

**Identificación de Zonas en Riesgo de Inundación por Medio del SIG en el Sector
de Bosa El Recreo Generadas por el Río Bogotá**

Presentado por:

Edison Andrés Camargo Urrego

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Estudios a Distancia

Ingeniería Civil

Investigación con el Fin de obtener el Título de Ingeniero Civil

Bogotá D.C

2022

Tabla de contenido

1. Resumen	7
2. Introducción	8
3. Planteamiento del problema.....	10
4. Justificación	12
5. Objetivos del proyecto.....	14
General	14
Específicos.....	14
6. Marco de Referencia.....	15
Referente teórico.....	15
Zonas de inundación	17
Obras sobre la cuenca media del río Bogotá.	18
Afectación de las inundaciones a obras.....	19
Antecedentes de inundación y emergencias presentadas área de estudio.....	21
Suelo de la Localidad de Bosa	32
Referente normativo y legal.....	32
7. Diseño Metodológico.....	33
Etapas generales de la investigación	33
Factores de Clasificación y Ponderación método AHP para amenaza y vulnerabilidad.....	34
Mapa de Amenaza para la localidad de Bosa sector El Recreo.....	41
Mapa de pendientes	42
Mapa litología	43

Mapa Huella de Inundación	43
Mapa Geomorfología	44
Mapa de Precipitación	45
Mapa de Vulnerabilidad para la localidad de Bosa sector El Recreo	46
Mapa de Vulnerabilidad por densidad de población	46
Mapa de Vulnerabilidad por densidad de predios	47
Mapa de vulnerabilidad de infraestructura	48
Mapa vulnerabilidad por uso del suelo	48
Mapa de riesgo	50
8. Resultado y Análisis de Resultados	50
Resultados capas de amenaza	51
Resultados capas de vulnerabilidad	56
Mapa de Amenaza de Inundación para Bosa, sector de Bosa El Recreo.	60
Mapa de Vulnerabilidad de Inundación para Bosa, sector de Bosa El Recreo.	61
Mapa de Riesgo de Inundación para Bosa, sector de Bosa El Recreo.	62
Comparación con mapa de riesgo de inundación obtenido por FOPAE para el área de estudio.....	63
9. Planificación documentación e impacto.....	68
Impacto Social.....	69
Impacto ambiental	69
Impacto de la infraestructura.	70
Impacto en el tiempo	70
10. Conclusiones.	71
10. Bibliografía.....	74

11. Anexos.....	80
-----------------	----

Tabla de Figuras

Figura 1	21
Figura 2	26
Figura 3	27
Figura 4	28
Figura 5	29
Figura 6	31
Figura 7	35
Figura 8	36
Figura 9	36
Figura 10	37
Figura 11	37
Figura 12	38
Figura 13	39
Figura 14	39
Figura 15	40
Figura 16	40
Figura 17	42
Figura 19	46
Figura 21	50
Figura 22	51
Figura 23	52
Figura 24	53

Figura 25	54
Figura 26	55
Figura 27	56
Figura 28	57
Figura 29	57
Figura 30	59
Figura 31	60
Figura 32	61
Figura 33	62
Figura 34	64
Figura 35	65
Figura 36	66
Figura 37	66
Figura 38	67

Tablas

Tabla 1	15
Tabla 3	41
Tabla 4	42
Tabla 5	43
Tabla 6	44
Tabla 7	44
Tabla 8	45
Tabla 9	45
Tabla 10	47
Tabla 11	48
Tabla 12	48
Tabla 13	49

1. Resumen

En el presente escrito se presenta el proceso de generación de un mapa de riesgo de inundación para el sector de la Ciudadela El Recreo ubicado en la localidad de Bosa por medio del uso del SIG-ArcGIS con enfoque hacia la afectación a la infraestructura escala 1:25.000. Teniendo en cuenta antecedentes históricos de inundación en la zona y la ubicación del proyecto sobre terrenos de planicie de inundación pertenecientes al río Bogotá, se hizo pertinente analizar áreas susceptibles a inundación dado el desarrollo actual de obras de infraestructura, así como factores socioeconómicos de la población allí residente.

Partiendo de la metodología AHP (The Analytic Hierarchy Process- Proceso Analítico Jerárquico) desarrollado por el matemático Thomas Saaty, se realizó una clasificación en valores de riesgo muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo para las capas cartográficas de geomorfología, litología, huella de inundación, pendientes y precipitación insumos necesarios para la generación del mapa de amenaza, del mismo modo se realizó la clasificación para las capas cartográficas de densidad poblacional, densidad predial, vulnerabilidad de infraestructura y uso del suelo para obtener el mapa de vulnerabilidades, con el desarrollo de estos mapas se realizó una superposición con la cual se obtiene el riesgo de inundación para el área de estudio, logrando determinar el riesgo existente por fenómeno de inundación para conjuntos residenciales, avenidas, red hospitalaria y colegios. Análisis que permitió obtener un panorama actualizado frente al riesgo de inundación de infraestructura existente en la zona de forma que permite servir de elemento orientador para futuras investigaciones o actualización de parámetros que pueden llegar a afectar el sector.

2. Introducción

La planificación territorial por medio del análisis de riesgo permite obtener un panorama actualizado estableciendo amenazas y vulnerabilidades que se presentan en los municipios, especialmente en áreas tendientes a sufrir por la acción de fenómenos naturales. Cuando las amenazas se materializan generan afectaciones de importancia en la sociedad, economía y ambiente lo que se traduce en pérdidas humanas y de infraestructura.

Uno de los fenómenos naturales de mayor ocurrencia en el país son las inundaciones, las cuales afectan el desarrollo económico del territorio y año tras año dejan miles de damnificados. Estas se definen como acumulaciones temporales de agua fuera de los drenajes o zonas que normalmente no se encuentran anegadas, se presenta cuando se supera la capacidad de retención e infiltración del suelo, generando una saturación y por ende acumulación de aguas que pueden ser por desbordamiento o encharcamiento (IDIGER, 2022). En Colombia representan una amenaza importante debido al desarrollo urbanístico y procesos constructivos de invasión sobre valles aluviales y planicies de inundaciones, zonas que poseen los cuerpos de agua de forma natural para ser inundables, sin embargo, la intervención del hombre ha causado el cambio hidrológico del funcionamiento de los ríos, razón por la cual generan demasiada afectación a la población colombiana.

Según cifras obtenidas del Estudio Nacional del Agua (2018), el país posee alrededor de 190.940 km² con condiciones susceptibles al fenómeno de inundación, es decir un 17% del territorio continental nacional.

Para el caso del área de estudio del presente escrito correspondiente al sector del Recreo ubicado en la localidad de Bosa en la ciudad de Bogotá, la mayoría de sus terrenos son planicies con pocas pendientes, debido a su límite con la sabana de occidente. El sector de estudio en la localidad se caracteriza por poseer suelos susceptibles a inundaciones dada su

cercanía con los ríos Bogotá y Tunjuelo, lo cual ha causado inundaciones en los años 2008 y 2011 por alteraciones en el funcionamiento de estructuras hídricas como canales, presentándose reflujos de alcantarillado y fallos del jarillón sobre la sabana afectando la localidad de Bosa.

Aunado a lo anterior, el área de estudio no posee mapas de riesgo de inundación recientes y específicos donde se actualice y demuestre el riesgo actual, dada las obras de adecuación desarrolladas por la CAR en la cuenca media del río Bogotá en el año 2017, una vez sucedidas las inundaciones de los años 2008 y 2011.

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, la gestión del riesgo es un proceso social orientado al análisis, seguimiento, verificación, generación de políticas y estrategias que conlleven a la responsabilidad de las autoridades gubernamentales y la población colombiana a conocer y minimizar la exposición a riesgos y desastres ocurridos por fenómenos naturales.

Por lo cual es importante el desarrollo de este mapa elaborado y que se muestra en el presente escrito bajo la aplicabilidad de la metodología del Modelo Jerárquico AHP (Proceso Analítico Jerárquico), y la utilización del SIG-ArcGIS versión 10.8.2 como herramientas de trabajo, que permitieron realizar un análisis de la zona occidental de Bosa para el sector El Recreo y determinar la existencia de zonas de inundación que pueden afectar la infraestructura de servicios de salud, viviendas, vías y colegios.

3. Planteamiento del problema

El presente trabajo tiene por objeto responder y aportar información en relación a la siguiente pregunta: ¿Existen zonas de inundación en el sector de Bosa el Recreo generadas por el río Bogotá? Esta pregunta busca relación en cómo influyen variables como fenómenos naturales, obras de infraestructura y el desarrollo social en el entorno que puedan ser afectados por inundaciones.

Desde civilizaciones antiguas el ser humano ha tenido la necesidad de modificar el ambiente que lo rodea con el fin de mejorar su calidad de vida, es así como históricamente y de acuerdo con Stouhi (2020) desde los años 35.000 a.C. se evidencian actividades constructivas desarrolladas por el hombre. Sin embargo, estas obras han transformado e influido directamente sobre los paisajes naturales generando consecuencias negativas en el medio ambiente.

En Colombia teniendo en cuenta lo descrito en la Ley 2079 (2021) cada ciudad y municipio dependiendo su número de habitantes se rige por un Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) y Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), con el fin de planificar el uso y ordenamiento del suelo que compone cada población.

En el caso de la capital del país, el Plan de Ordenamiento Territorial actual se denomina “Bogotá Verdece 2022-2035” el cual plasma proyectos estratégicos que necesita la ciudad manteniendo un equilibrio responsable con los ecosistemas. Sin embargo, de acuerdo con la Compilación de la Legislación aplicable al Distrito Capital: Régimen Legal de Bogotá (1998) a partir de administraciones distritales anteriores sobre la década de 1990 al 2000 se planteó la expansión poblacional de vivienda de interés social, uso planificado del suelo, legalización de zonas urbanas denominadas invasiones y desarrollo vial de la ciudad de Bogotá, haciendo un

énfasis especial en la localidad séptima de Bosa, específicamente en el área del occidente del sector, con el fin de generar los proyectos denominados Ciudadela El Recreo y Alameda del Río para brindar acceso de vivienda a la población de menos recursos en la capital, proyectos desarrollados sobre terrenos denominados planicie de inundación del río Bogotá en su cuenca media y río Tunjuelo, así como canal de Cundinamarca y Tintal (Acuerdo 15 de 1998).

De allí surge la problemática planteada en este ensayo, debido al desarrollo constructivo de estos proyectos sobre planicies y valles aluviales de la cuenca media del río Bogotá, lugar donde están construidos los conjuntos residenciales Reservado, Los Ángeles, Compartir, Quintas del Recreo, Kasay, Alameda Santa Mónica y Los Cerezos, ubicados sobre las UPZ (Unidades de Planeamiento Zonal) Tintal Sur y Porvenir, asimismo los desarrollos viales de la avenida Longitudinal de Occidente, avenida Bosa, avenida Tintal, redes de acueducto y alcantarillado, redes eléctricas y ubicación del terreno para la construcción del futuro hospital de Bosa. Obras que benefician a un total de 58.115 habitantes según cifras obtenidas de (Cepeda et al., 2015, p.21).

Por lo cual se plantea desarrollar un mapa de riesgo de inundación enfocado a la infraestructura mediante el uso de los sistemas de información geográfica software ArcGIS y el método AHP, que determine las zonas susceptibles a inundaciones en el sector de Bosa El Recreo, teniendo en cuenta la adecuación de la cuenca media del río Bogotá en el año 2017 desarrollada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Así concluir que áreas de esta urbanización se encuentra en riesgo bajo el análisis de los antecedentes históricos de inundación ocurridas en el sector en los años 2008 y 2011. De esta manera, generar nuevo conocimiento que influya en los planeamientos constructivos, debido a la afectación que generan las inundaciones en las obras de infraestructura, así como en el sector económico y salud de la población.

4. Justificación

La presente investigación práctica se enfocará en determinar si existen zonas de inundación en la cuenca media del río Bogotá, sector de Bosa el Recreo, UPZ Tintal Sur, utilizando una metodología mixta de fuentes cuantitativas y cualitativas, por medio del desarrollo y empleo de análisis de imágenes y datos cartográficos en el software ArcGIS, con el fin de lograr obtener un panorama actual de la zona frente riesgo de inundación en el valle aluvial del río, el cual se ha visto afectado por el crecimiento poblacional desmedido, invasión de predios, producción agrícola y de ganado vacuno.

Aunado a lo anterior, este sector históricamente en los años 2008 y 2011 ha presentado emergencias sanitarias por el fenómeno de reflujo de alcantarillado, lo cual ha causado inundaciones a gran escala en la zona residencial de los conjuntos Reservado, Los Ángeles, Alameda Santa Mónica y Kasay (Pamplona y Mauricio, 2008, p.21). Por lo cual, el resultado esperado del proyecto es un mapa de riesgos donde se logre establecer si actualmente existen zonas de inundación que podrían afectar la infraestructura presente como vías, viviendas, hospitales y colegios, categorizadas en un riesgo muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

De la misma forma pretende poder ser usado para ayudar y orientar futuras investigaciones con el fin de crear conocimiento que aporte al desarrollo de planes de mitigación para reducir el impacto de fenómenos naturales en la zona y evidenciar como podrían afectar a la población que allí reside.

Es importante recalcar el uso del SIG en este proyecto como factor de generación de nuevo conocimiento, demostrando la importancia del uso de herramientas tecnológicas en la ingeniería civil, con las cuales se puede mitigar efectos adversos que produzcan fenómenos naturales a las obras de infraestructura, así como elemento orientador e innovador en el desarrollo del estudio de la cuenca media del río Bogotá.

Por último, bajo investigaciones desarrolladas en años anteriores como ¿Por qué se inundaron la ciudadela El Recreo y Alameda del Río? (s/f) y Análisis del riesgo por inundación en el río Tunjuelito en la localidad de Bosa (2020), contribuirá al desarrollo investigativo en el área de estudio frente al riesgo de inundación.

5. Objetivos del proyecto

General

Determinar la existencia de zonas de inundación en el sector de Bosa El Recreo, para analizar el riesgo que representa en las obras de infraestructura actuales.

Específicos

- Identificar las zonas de vulnerabilidad alta en relación con los asentamientos urbanos en el área de El Recreo en la localidad de Bosa.
- Establecer las obras de infraestructura en riesgo de inundación por las aguas del río Bogotá en el sector de El Recreo en la localidad de Bosa.
- Generar un mapa de riesgo por inundación para el sector de El Recreo en la localidad de Bosa.

6. Marco de Referencia

Referente teórico

Una cuenca hidrológica de acuerdo con Carabias y Landa (2005) se define como un ecosistema acuífero sobre el cual convergen aguas de escorrentía y de uso del hombre que se precipitan en el terreno hasta un punto de salida o área en común. Estas pueden ser abiertas o cerradas dependiendo el lugar de desembocadura de las aguas, ya sea una presa, lago, río o mar.

Teniendo en cuenta lo anterior, el río Bogotá conforma una cuenca hidrológica abierta que está compuesta por una serie de subcuencas. Este nace en el departamento de Cundinamarca, municipio de Villapinzón, sector del Páramo de Guachené, presentando altitudes aproximadas de 3.500 m.s.n.m. (Rodríguez, L. 2022).

A continuación, se nombran las subcuencas que hacen parte del río Bogotá en la siguiente tabla:

Tabla 1

Subcuencas del río Bogotá.

Nombre de la subcuenca
Rio Balsillas
Rio Apulo
Rio Neusa
Rio Tunjuelito
Embalse Tominé
Rio Teusacá
Rio Calandaima
Rio Frio
Embalses Sisga
Rio Chicú
Embalse del Muña
Rio Soacha

Rio Negro
Rio Alto Bogotá
Rio Bajo Bogotá

La cuenca del río Bogotá posee límites con el departamento de Boyacá en el norte, con el departamento del Tolima hacia el sur, hacia el occidente ubicados dentro del departamento de Cundinamarca limita con los municipios de San Francisco, Supatá, Pacho, Guayabal de Siquima, Bituima, La Vega, Albán y Sasaima (Corporación Autónoma Regional: Plan de Ordenación y manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá, 2006).

El río Bogotá se clasifica dentro del margen de segundo orden y a su vez se divide en tres grandes cuencas comprendidas de la siguiente forma:

- Cuenca alta: extensión de 170 kilómetros comprendida desde el municipio de Villapinzón hasta el Puente de la Virgen en el municipio de Cota.
- Cuenca media: extensión de 90 kilómetros comprendida desde el municipio de Cota hasta las Compuertas de Alicachin en el municipio de Soacha.
- Cuenca baja: extensión de 120 kilómetros comprendida desde el municipio de Soacha hasta su desembocadura en el Río Magdalena sobre el municipio de Girardot.

Por otra parte, su desembocadura se da en el municipio de Girardot en el río Magdalena, no posee aguas navegables debido a los altos índices de contaminación actuales que se incrementaron de forma exponencial desde al año de 1960 cuando la ciudad aumento de forma rápida su población e industrialización. El daño ambiental inició en el siglo XX sobre el sector del Salto del Tequendama, donde la vegetación circundante empezó a desaparecer, además de la afectación a la fauna y flora existente dada la construcción de las plantas

hidroeléctricas El Salto y El Charquito (Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá, 2019).

De la misma forma las planicies del río Bogotá son proclives a inundaciones, especialmente sobre el sector de sabana, debido a que su zona inundable fue invadida por procesos de urbanización y estas áreas funcionan como ajuste de nivel de aguas a los cambios de flujo hídrico de acuerdo a las variaciones que se presenten en olas invernales o meses lluviosos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2008).

La importancia del río Bogotá desde su nacimiento en el municipio de Villapinzón hasta su desembocadura en el río Magdalena, radica en su aporte al transporte de desechos orgánicos, industriales, metales pesados, vertimientos, grasas y arenas entre otros. De la misma manera ha permitido el manejo de aguas residuales y pluviales de 46 municipios de Cundinamarca y la ciudad de Bogotá, beneficiando alrededor de 12.000.000 de habitantes de la región central del país (Corporación Autónoma Regional, s/f).

Por último, de sus aguas se benefician alrededor de 2.4 millones de habitantes de la ciudad de Bogotá mediante el Embalse del Muña, ubicado en el municipio de Sibaté, este es un cuerpo de agua construido sobre el año de 1931 con el fin de almacenar las aguas del río Muña y quebradas circundantes. Actualmente tiene la capacidad de producir 4.000 gigavatios por hora, representado un total del 8% de la demanda energética nacional, que requiere la capital de país y sus ciudadanos. Generados por medio de la Hidroeléctrica Pagua administrada por la empresa Enel-Emgesa (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2020).

Zonas de inundación

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (s/f), las zonas de inundación se asocian a áreas de llanura o zonas proclives a presentar fenómenos

hidrológicos generados por lluvias que causan un aumento sustancial del cauce de un río al término de rebasar su nivel máximo elaborado de manera natural o artificial causando una dispersión de las aguas sobre terrenos normalmente secos.

Por otra parte, y según Bouzas (2019), las zonas inundables se definen como terrenos variables de forma poco onduladas circundantes a un cuerpo de agua, que experimentan inundaciones de forma constante o permanente especialmente en época de lluvias.

Sin embargo, las zonas de inundación pueden variar dependiendo del uso de los suelos, remoción de masa e incendios forestales, por lo cual los mapas de riesgo deben actualizarse de manera constante, adicional a esto se suma la problemática global del cambio climático que está causando el aumento de terrenos de inundación.

Obras sobre la cuenca media del río Bogotá.

Después de las emergencias presentadas en los años 2008 y 2011 en el sector de Bosa el Recreo, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca realizó una inversión de 180 mil millones de pesos procedentes de préstamos solicitados al Banco Mundial con el fin de adecuar la cuenca media del río Bogotá (CAR, 2018).

De acuerdo con el Observatorio Regional Ambiental y Desarrollo Sostenible del río Bogotá (2017), allí se llevaron a cabo obras en tres fases comprendidas de la siguiente forma:

- Fase 1: sector Alicachin hasta la calle 13.
- Fase 2: Desde la calle 13 hasta el sector de la calle 80.
- Fase 3: sector de la vía Suba hasta el sector de Puente de la Virgen en el municipio de Cota.

De esta manera bajo la sentencia de descontaminación y adecuación del río emitida en el año 2014 por el Tribunal Superior de Cundinamarca, se inició en el año 2017 el proyecto Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental realizando la intervención de un tramo total de 90 kilómetros que componen la cuenca media del río. Dentro de las obras se incluyeron

labores de restauración paisajística, remoción de material vegetal y contaminante como basuras, remoción de sedimentos, mejoramiento de jarillones y aumento del afluente.

Tomando como referencia a la CAR (2018), se realizó la plantación de 74.000 árboles, dragado de 6 millones de metros cúbicos de residuos sólidos y sedimentos, así como la adquisición de 30 predios compuestos por 203 hectáreas para ser inundadas de manera controlada ante una eventualidad climática como las presentadas en las 2008 y 2011 clasificadas en zonas de ronda, zonas de manejo y preservación ambiental y zonas sin restricción. Por otra parte, fue necesario llevar a cabo la reubicación de familias que estaban asentadas sobre estos terrenos adquiridos por la CAR y se amplió el cauce de 30 a 60 metros de ancho para brindarle movilidad a las aguas.

Por último, con el desarrollo de estas obras se espera el retorno de especies animales y flora nativa, así como la finalización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales El Salitre y Canoas con un plazo máximo de 2023 que ayudaran a la limpieza de las aguas del río.

Afectación de las inundaciones a obras

De acuerdo con Ingenieros Asesores (2020), la filtración de agua a las obras de infraestructura puede causar diversos daños siendo los más graves los estructurales y cambios en el nivel freático del suelo. Dentro de los estructurales se puede presentar filtración de agua al hormigón hasta las armaduras produciendo oxidación y grietas, descomposición paulatina del acero, lo cual debilita la estructura de la edificación.

De la misma forma en los daños estructurales se pueden encontrar daños por capilaridad los cuales básicamente producen afectaciones estéticas como manchas, abombamientos y desprendimiento de recubrimientos. Otra forma es daño estructural por condensación, los cuales se producen por humedad ambiental y básicamente ocasionan afectaciones estéticas y a la salud de los habitantes de la edificación por producción de hongos y moho generalmente dados por falta de ventilación. Por último, dentro de los daños

estructurales se encuentra la filtración que se presenta por una inadecuada impermeabilización de la edificación produciendo desprendimiento de recubiertas, grietas, fisuras en muros y hormigón, así como rotura de tuberías, afectación a servicios públicos como redes eléctricas y de gas (Gutiérrez, J. y Mateus, D. 2017).

Asimismo, Gonzales (2014), nombra que el daño producido en las edificaciones por inundaciones depende de factores tanto en su proceso de construcción como durante su uso y ocupación, generalmente se debe evaluar los materiales utilizados, tiempo de la estructura, daños presentes, filtraciones y la topografía del terreno, sin embargo, cuando se trata de aguas residuales se debe evaluar el daño ambiental y de salubridad a la población debido a la presencia de bacterias y sustancias tóxicas presentes que filtran los materiales constructivos y permanecen allí, incluso después de desagüe de las aguas.

En cuanto a las viviendas y el suelo que sufren inundaciones, la Inter Agency Standing Committee (s/f) nombra que los altos niveles de las aguas, la salinidad, los materiales y procesos constructivos requieren evaluaciones técnicas precisas para evidenciar los daños que no evidencian a simple vista, pues las aguas generan procesos acumulativos que afectan la estructura a largo plazo.

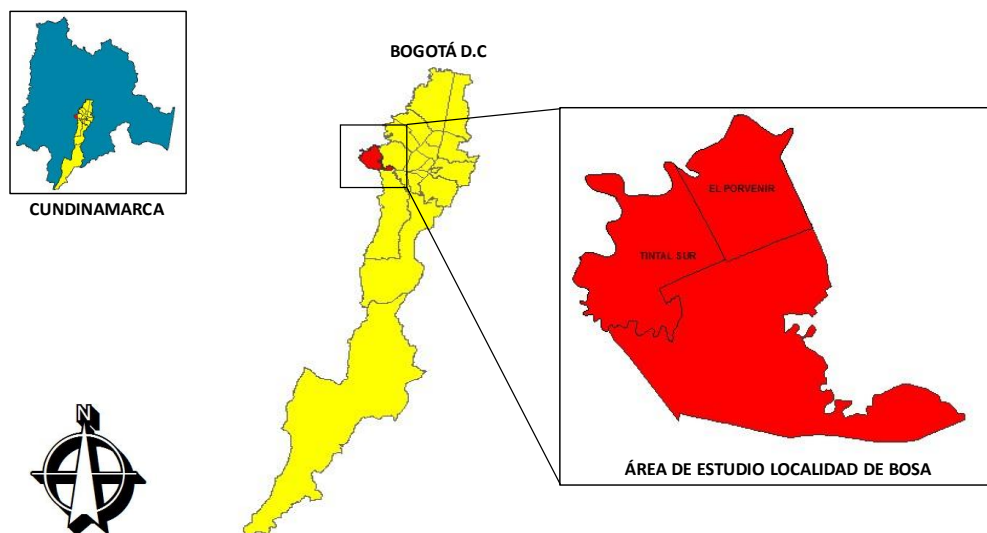
Referente al suelo se presentan fenómenos de saturación y licuefacción que puede dar vía a un deslizamiento o filtración de agua afectando la infraestructura que sobre él está construida, desde viviendas, vías, hospitales, redes eléctricas, etc.

Por otra parte, están los socavones y fallas de cimentación que causan una pérdida en la estabilidad del suelo, remoción y evacuación de material afectando la capacidad portante y capacidad de carga lo que repercute directamente sobre la infraestructura haciéndola colapsar.

Antecedentes de inundación y emergencias presentadas área de estudio.

Figura 1

Mapa área de estudio.



Nota. Mapa área de estudio Bosa El Recreo, localidad de Bosa, Bogotá Fuente: autor.

El área urbanística Ciudadela Bosa Recreo inició bajo la gestión de la alcaldía distrital de turno del año 1998, a partir de la necesidad de reubicar familias en zonas de proyección de viviendas de interés social prioritaria (VIP). Las cuales son aquellas que garantizan elementos básicos de habitabilidad y acceso, así como cumplimiento de diseños arquitectónicos y de resistencia sin que su valor exceda los 70 SMLV (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2020).

Este proyecto fue desarrollado por la empresa distrital Metrovivienda iniciando operaciones desde el año de 1999 con el fin de contribuir al Plan de Ordenamiento Territorial de la capital debido a la expansión desmedida e ilegal sobre la localidad séptima, de la misma forma busco crear el concepto de urbanizaciones planificadas bajo la construcción de viviendas a un precio asequible para familias de bajos recursos (Universidad de los Andes, 2003). La ciudadela El Recreo está situada al suroccidente de la localidad con una extensión aproximada

de 116 hectáreas, limita con los barrios de Las Margaritas, San Bernardino, Santa Fe y Villas del Progreso (Cepeda et al., 2015, p.11).

El proyecto nace bajo el acuerdo 15 del año 1998 donde se crea la empresa industrial y comercial del distrito capital, se le asignan las funciones de banco de tierras y de promoción de la vivienda de interés social prioritaria con nombre Metrovivienda, allí también se planifica y ejecuta la construcción de vías principales de acceso a la zona como la avenida Bosa, Tintal, Villavicencio, Santa Fe y Longitudinal de Cundinamarca, así como la instalación y acceso a servicios públicos. Para esto se realizó el estudio de las áreas sobre el sector suroccidente de Bosa donde se determinó el lugar de construcción y adquisición de los terrenos sobre valle aluvial del Rio Bogotá es decir zonas que pertenecen a la planicie de inundación (Cepeda et al., 2015, p.17).

La urbanización benefició alrededor de 58.115 habitantes, con un número aproximado de 10.600 viviendas construidas (Cepeda et al., 2015, p.21). Compuesta por 72 manzanas distribuidas en las 116 hectáreas de las cuales se utilizaron 59 destinadas a uso de vivienda y 13 a colegios, jardines, comercio, parques y recreación, construidas bajo el concepto de supermanzanas con medidas aproximadas de 100 metros x 100 metros.

Al final, la Ciudadela El Recreo está compuesto por tres grandes etapas organizadas en los conjuntos residenciales Los Ángeles, Compartir, Quintas del Recreo, Kasay de los venados I y II, Alameda Santa Mónica, Recreo Reservado y Los Cerezos, sin embargo, actualmente se ha expandido con la construcción de otros proyectos urbanísticos como Parques de Bogotá, Vizcaya, Las Atalayas, Nuevo Recreo y Campo Verde.

En contraste con lo anterior, es un proyecto muy criticado debido a la ubicación y connotación política que se le dio en su momento, presentando históricamente falencias en los

años 2008 y 2011. Al estar construido sobre la planicie de zona de inundación del río Bogotá se han generado una serie de inundaciones afectando alrededor de 6.000 predios (Pinzón, 2014).

Sumado a lo anterior el crecimiento desmedido e ilegal de la ciudad originado por asentamientos informales, hizo que las administraciones distritales bajo la Secretaria Distrital de Planeación ideasen proyectos y programas con el fin de legalizar los barrios que iniciaron como invasiones, dirigiendo algunos proyectos de vivienda de interés social para la población más vulnerable y de bajos recursos.

El proyecto colinda al noroccidente con el Canal Cundinamarca, estructura construida por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá con el objetivo de regular los niveles del río Bogotá sobre el sector de sabana y de esta manera controlar las aguas que de allí provienen, estas se caracterizan por tener poco flujo y bastantes sedimentos producto de la contaminación. Al canal llegan aguas residuales, domésticas y pluviales del sector del Recreo y lugares aledaños debido a su longitud que atraviesa el municipio de Soacha y dentro de la ciudad las localidades de Bosa y Kennedy con ruta hacia el Canal Tintal II. Sin embargo, este presenta algunas falencias en el sector debido a que cuando las aguas que recibe aumentan y llegan a un nivel elevado se presenta el fenómeno de reflujo de alcantarillado generando un contraflujo de las aguas, las cuales ingresan a las viviendas por medio de las cañerías, sifones y sanitarios, fenómeno que ocasionó las inundaciones del año 2011.

Como se nombró anteriormente, el proyecto Ciudadela El Recreo ha tenido dos antecedentes históricos de inundación en los años 2008 y 2011, afectando alrededor de 18.000 familias de la zona (Comisión Ambiental Local de Bogotá, 2012). Sin embargo, datos de estudios anteriores indican inundaciones en el área desde el siglo pasado siendo un ciclo normal y natural en el funcionamiento del río, especialmente dadas por la ausencia de jarillones en esa época y el fenómeno de la Niña.

Para abarcar el tema de las inundaciones ocasionadas en el área de estudio se deben identificar las causas que influyeron en estas emergencias, bajo la investigación realizada se determinó que estas fueron:

- Sistema de alcantarillado.
- Construcción de proyectos de vivienda sobre la zona aluvial del río.
- Cambio climático.
- Fenómeno de la Niña.

Las emergencias presentadas en el sector se originaron debido a que en esos años especialmente en el 2011, se presentó un aumento sustancial de las lluvias sin precedentes históricos, lo cual causó que las aguas del río Bogotá en toda su cuenca aumentaran de manera considerable, de igual manera se presentó esta situación en el Canal Cundinamarca. Las lluvias no cedieron y esto causó el colapso del funcionamiento del canal debido a su operación en niveles que sobrepasaron los máximos, sumado a que no se desarrollaron a tiempo medidas de prevención como remoción de basuras, vegetación y sedimentos que afectaron el sistema de alcantarillado de la zona.

De la misma forma la estación elevada de Gibraltar no estaba en un 100% de su funcionamiento, debido a la falta de mantenimiento y falla de un tornillo de bombeo que se encontraba en su momento fuera de servicio, esto causó que las aguas del canal no lograsen ser dirigidas de forma eficiente al río Bogotá y que la estación colapsara presentándose un reflujo en el río que aumentó el caudal del Canal Cundinamarca sin la aplicación de un plan de contingencia por los gobiernos locales y distritales. Asimismo, este reflujo se produjo a nivel del alcantarillado lo cual produjo el rebose de aguas residuales por sumideros y cámaras de inspección logrando el agua alcanzar 1.5 metros de altura en algunos conjuntos residenciales como Reservado y Kasay de los Venados II, afectando alrededor de 6.673 predios. (Pinzón, 2014, p.18).

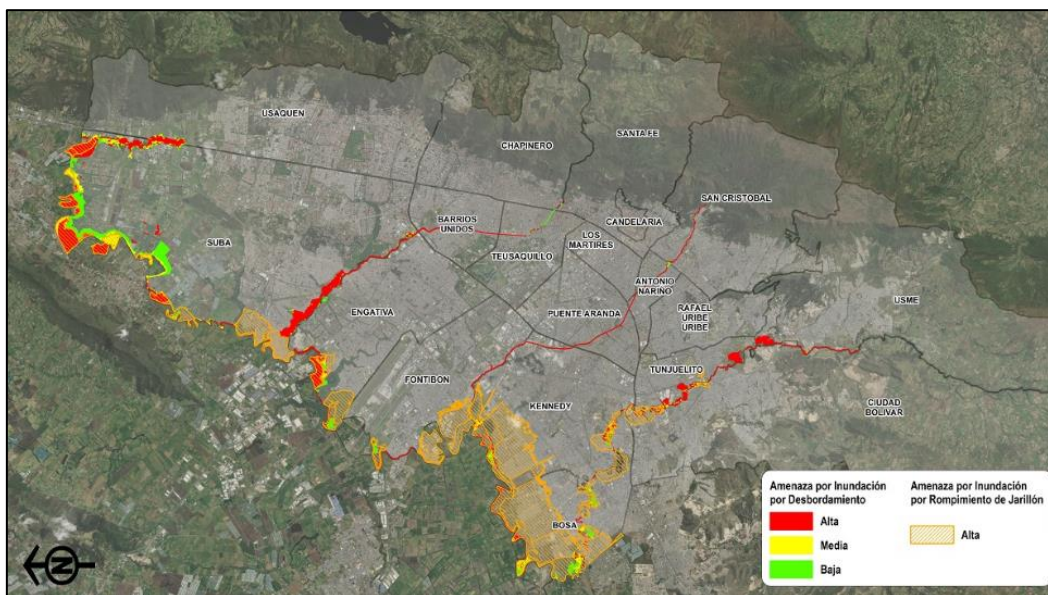
La situación anterior generó la contaminación del suministro de agua potable, corte de servicios básicos de gas y electricidad, como medida de prevención ante un alto riesgo de electrocución.

Por otra parte, otra causa a tener en cuenta son fenómenos naturales como el de la Niña, el cual de acuerdo con Zarza (2013) es un fenómeno climático que dura alrededor de 9 meses a 3 años, haciéndose presente cuando existe un régimen de vientos fuertes desde el oeste, disminuyendo las temperaturas sobre la línea ecuatorial.

Este fenómeno que ocurre periódicamente en el país, tuvo una variación importante en el año 2011 en cuanto a aumento sustancial de las lluvias con un total de 1694 milímetros de precipitación anual sobre la ciudad de Bogotá, registrando datos históricos sin precedentes en la capital, donde su promedio normal anual se estima en 840 mm según la estación de monitoreo del Aeropuerto El Dorado (meteoblue, s/f). Sumado a lo anterior y de acuerdo con el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2022) la localidad de Bosa se encuentra en riesgo alto de inundación por rompimiento de jarillón, así como en amenaza de inundación media de acuerdo a lo estipulado en el Decreto 190 de 2004 y Decreto 555 de 2021.

Figura 2

Mapa Amenaza por inundación para la ciudad de Bogotá Decreto 551 de 2021.

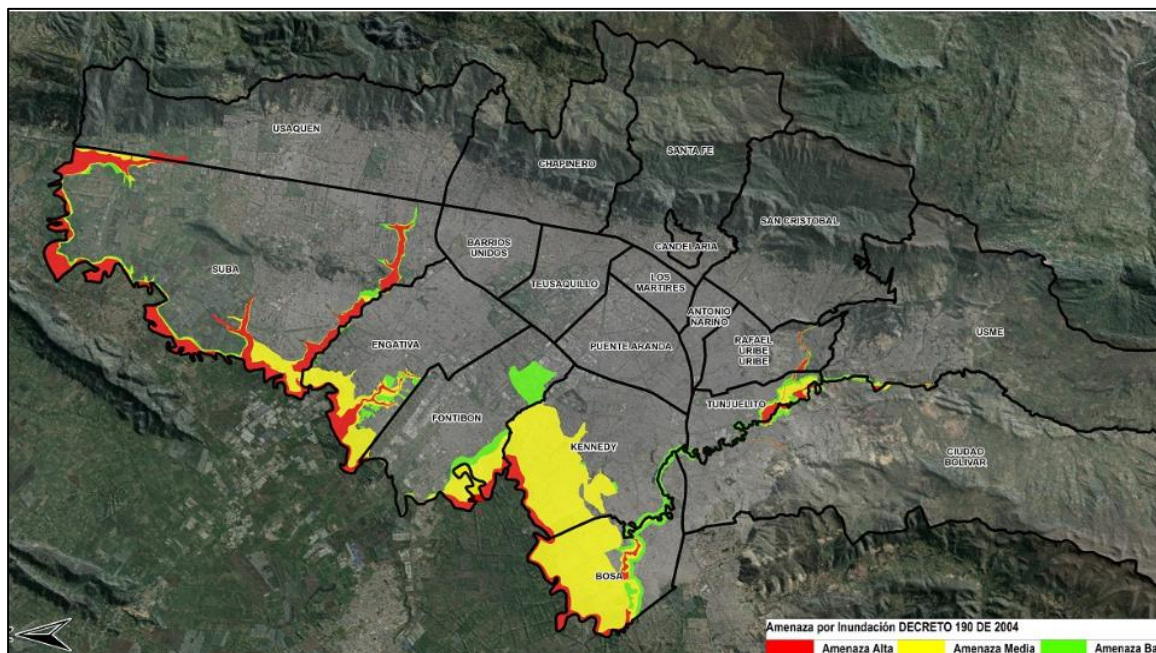


Nota. Adaptado de Mapa CG.3.3.10 Amenaza por inundación – Decreto 555 de 2021, Fuente: IDIGER-Secretaría de Planeación de Bogotá, 2021

Como se observa en la figura No. 1, la localidad de Bosa es la de mayor riesgo en la ciudad por inundación ante el fallo de los jarillones de los cuerpos de agua presentes en el sector occidental de la ciudad, principalmente de los ríos Bogotá y Tunjuelo, área donde se encuentra ubicado el sector Ciudadela El Recreo, debido a que el terreno presenta condiciones planas con ausencia de altas pendientes y baja capacidad de evacuar las aguas. El Distrito por medio de la plataforma SAB (Sistema de Alerta Bogotá) permite consultar a la ciudadanía el estado de los niveles de cauces en tiempo real, para el caso del río Bogotá en el sector de Bosa Occidental se cuenta con las estaciones de monitoreo El Tabaco y La Isla.

Figura 3

Mapa de Amenaza por inundación para la ciudad de Bogotá Decreto 190 de 2004



Nota. Adaptado de *Mapa de Amenaza por inundación – Decreto 190 de 2004*, Fuente: IDIGER-Secretaría de Planeación de Bogotá, 2021

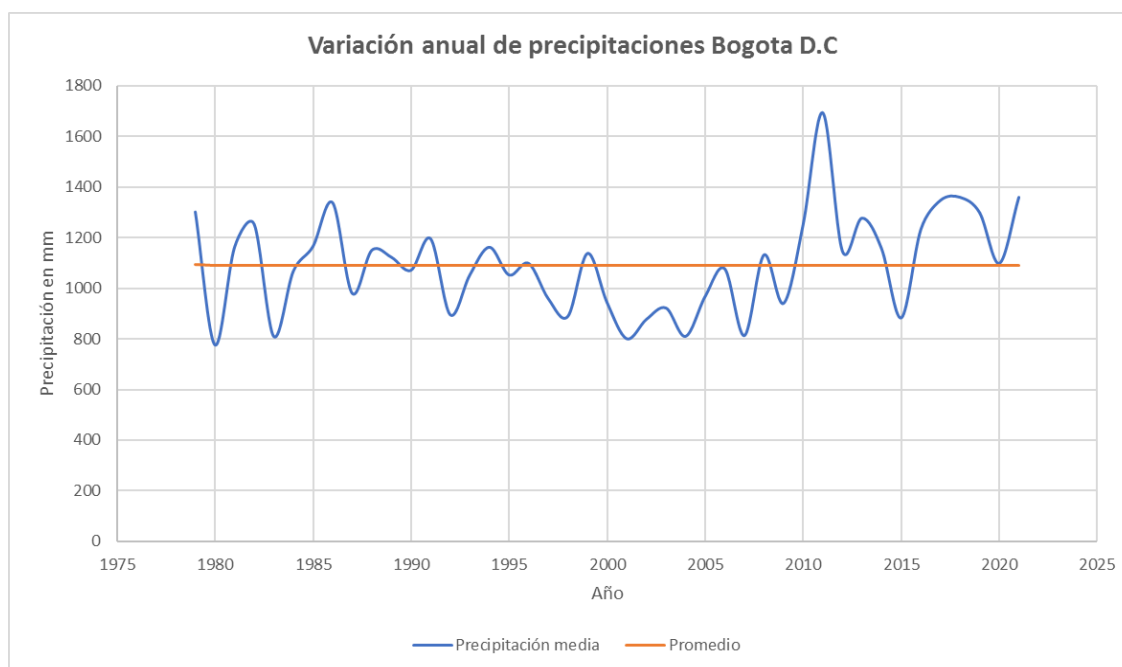
En la figura No. 2 nuevamente se observa el riesgo potencial de Bosa, evidenciando más del 50% de la localidad con una amenaza media y hacia las zonas circundantes del río Bogotá una amenaza alta.

Por otra parte, con respecto a las lluvias y de acuerdo con el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2022), se denota que las localidades con mayor índice de lluvias en la ciudad son Santa Fe, Chapinero y San Cristóbal, ubicadas en cercanías a los cerros orientales, caso contrario en las localidades de Kennedy, Bosa, Tunjuelito y Ciudad Bolívar que presentan condiciones más secas, sin embargo, la gran diferencia entre un sector y otro es el sistema de alcantarillado y la geomorfología del suelo.

En la siguiente grafica de seguimiento climático de Bogotá se plasman las precipitaciones anuales con data registrada desde el año de 1979 al 2021, de acuerdo a los datos de la estación meteorológica Aeropuerto el Dorado ubicado en las localidades de Engativá y Fontibón.

Figura 4

Variación anual de precipitaciones para Bogotá lapso 1979 a 2021.



Nota. Variación anual de precipitaciones en Bogotá D.C lapso 1979 a 2021 Fuente: Autor.

Bajo el promedio de lluvias para la ciudad en el lapso de 1979 a 2021 de 1093,37 milímetros, se logra analizar un incremento sustancial de las precipitaciones desde el año 2008 con un pico importante en el año 2011, lapso donde se presentó el colapso funcional del canal Cundinamarca por las fuertes lluvias de la época que generaron un aumento en el cauce del río Bogotá y sus subcuencas afectando la población de Bosa especialmente la UPZ Tintal Sur.

De la misma forma se evidencia que la ciudad de Bogotá de acuerdo a los datos verificados en la página de climatología Meteoblue, desde el año 1979 al 2021 no se registraron lluvias tan fuertes y prolongadas como en el año 2011, originadas por una

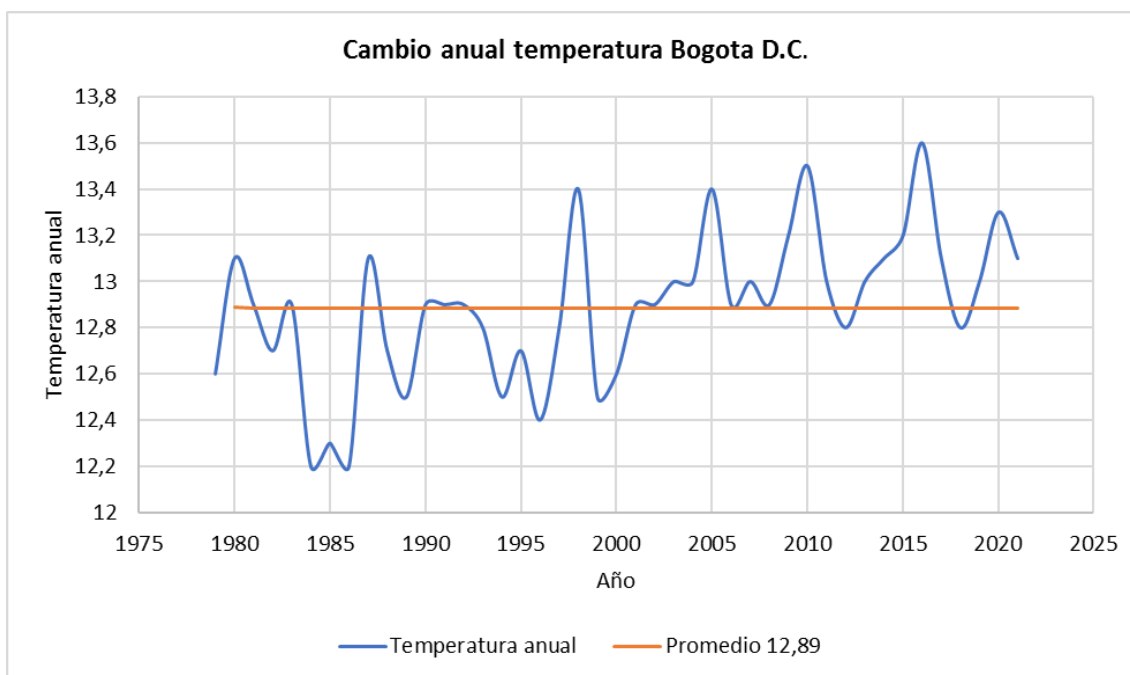
disminución anormal de las temperaturas, así como aumento de la humedad en el país, generados por el fenómeno de la Niña.

Este fenómeno climatológico se ha equilibrado en el lapso del 2016 al 2021 presentando datos similares en las precipitaciones sobre la ciudad sin sobrepasar los datos históricos del año 2011.

De acuerdo a la segunda gráfica se evidencia que el aumento de las precipitaciones en el 2011 vino acompañado de disminuciones de temperatura fuertes similares a las presentadas en el lapso del 1984 a 1987 y del 1993 al 1997, con un promedio anual para la ciudad de Bogotá de 12.5 grados centígrados. Adicional se puede denotar de la gráfica el aumento de las temperaturas en la ciudad marcadas con mayor tendencia desde el año 2000, llegando a promedios anuales de 13,6 en el 2016 dado por el cambio climático mundial.

Figura 5

Cambio anual de temperatura para Bogotá lapso 1979 a 2021.



Nota. Cambio anual de temperatura de Bogotá D.C Gráfico No. 2 Fuente: Autor.

El cambio climático de acuerdo con Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2016) es un comportamiento anormal del clima, en cual se puede ver afectado por lluvias, aumento de las temperaturas, tormentas y viento que pueden durar unas semanas a varios años. Para hablar de cambio climático se debe recolectar datos confiables de al menos 30 años, ya que durante ese lapso mínimo de tiempo se logra realizar un análisis de las variaciones que se pueden presentar. El calentamiento global causa un aumento a largo plazo de las temperaturas promedio de la atmosfera, producidas por los gases de efecto invernadero que se generan de las actividades realizadas por el hombre y la propia naturaleza.

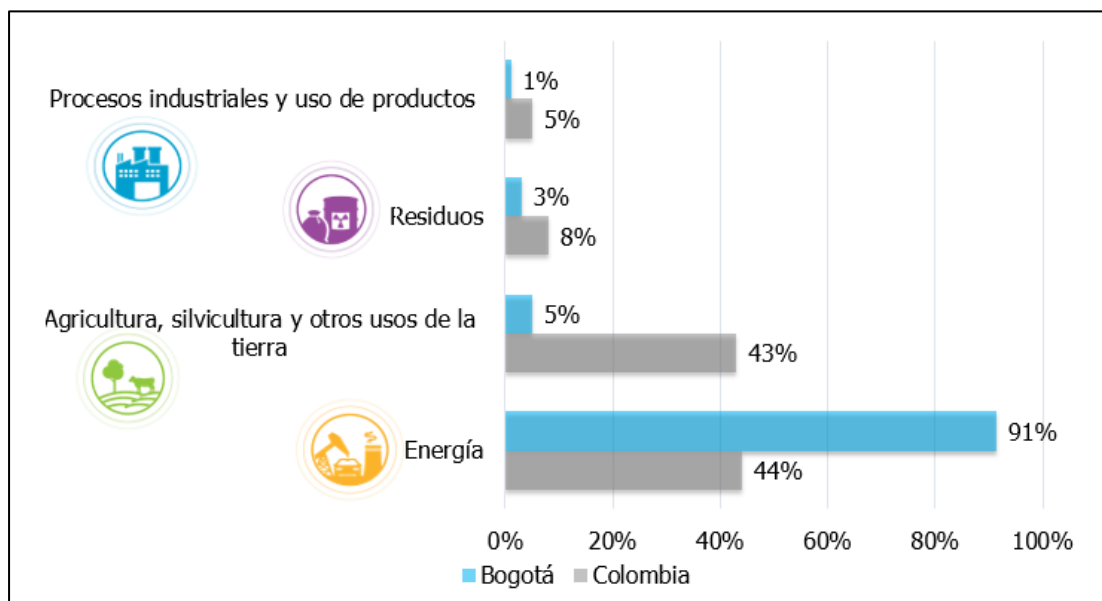
Entre los principales gases de efecto invernadero producidos por los efectos del hombre se pueden encontrar:

- Dióxido de carbono
- Metano
- Óxido nitroso
- Hidrofluorocarbonos
- Hexafluoruro de azufre

Tomando como referencia a La República (2021) Colombia aporta el 0,60 % del total mundial en cuanto a gases de efecto invernadero, principalmente dado por el uso de combustibles fósiles y explotación energética, seguido de la agricultura y usos del suelo finalizando con los residuos y procesos industriales. Como se observa en la figura No. 6 se puede evidenciar el aporte de cada actividad desarrollada en Colombia haciendo una comparativa con el aporte de la capital a los gases de efecto invernadero.

Figura 6

Porcentaje emisiones GEI para Colombia y Bogotá.



Nota. Porcentaje de participación de emisiones de GEI en cuatro grandes grupos, según metodología del IPCC para Colombia y Bogotá tomando como referencia el 100% de las emisiones de cada uno Fuente: IDEAM 2015.

Para la ciudad de Bogotá se prevé que el cambio climático cause aumentos de la temperatura con una variación en el régimen de las lluvias, según cifras del IDEAM se estima un aumento en el promedio de 1,10 grados en el lapso de 2041-2070. Esto puede causar fenómenos climáticos como lluvias torrenciales acompañadas de granizo y fuertes vientos como se ha evidenciado en los últimos años en la ciudad, por otra parte, sequías, días calurosos y noches heladas. Estos fenómenos impactaran directamente sobre la seguridad alimentaria, salud, infraestructura, recursos hídricos, hábitat, biodiversidad y servicios del ecosistema.

Por último, en el área de estudio se han desarrollado diversos análisis de investigación con el fin de determinar causas, antecedentes, condiciones e impacto de las inundaciones presentadas en los años 2008 y 2011, dentro de las investigaciones planteadas más

representativas que aportaron datos de interés al siguiente escrito se encuentran ¿Por qué se inundaron la ciudadela El Recreo y Alameda del Río? (s/f), Análisis de los efectos en el sistema territorial después de una catástrofe natural, caso de estudio: inundaciones de Bosa y Chía (2012), y Análisis del riesgo por inundación en el río Tunjuelito en la localidad de Bosa (2020). Sin embargo, en ninguno de estos se abordó la temática desarrollada en este escrito sobre la generación de un mapa de riesgo de inundación teniendo en cuenta las condiciones actuales.

Suelo de la Localidad de Bosa

La localidad de Bosa se identifica por poseer suelos de planicie debido a sus límites con la Sabana de Occidente especialmente sobre las UPZ Tintal Sur y Porvenir, para presentar mayores altitudes en las UPZ Apogeo, Bosa Central y Bosa Occidental. En cuanto a las subunidades geomorfológicas se pueden encontrar suelos promonotorios de desecho de cantera, laderas de sierra homoclinal y anticlinantes, contrapendiente homoclinal, conos de taluds, conos de deslizamiento, lóbulos coluviales y llanuras de inundación.

Referente normativo y legal

A continuación, se describe el marco normativo aplicado en este ensayo de investigación:

- Decreto 190 de 2004 “Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003 que conforman el Plan de Ordenamiento Territorial para la ciudad de Bogotá, Define el suelo de protección como una categoría de suelo constituido por las zonas y áreas de terrenos localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse”.

- Plan de Ordenamiento Territorial “Bogotá reverdece 2022-2035”.
- Decreto 619 de 2000 “Disposiciones pertinentes a la adopción del POT en el Distrito Capital”.
- Ley 2079 de 2021 “Por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de vivienda y hábitat”.
- Acuerdo 15 de 1998 “Crea Metrovivienda como empresa industrial y comercial del Distrito, le asignan las funciones de Banco de Tierras y de Promoción de la Vivienda de Interés Social, señala su objeto, funciones, facultades, patrimonio, dirección, administración, Junta Directiva y estatutos”.
- Decreto 555 de 2021 “Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.”.

7. Diseño Metodológico

Para la elaboración del presente ensayo de investigación se desarrolló un mapa de riesgo por inundación para el sector de la Ciudadela El Recreo en la localidad de Bosa, utilizando el software ArcGIS 10.8.2 en sistema de coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional de acuerdo a lo estipulado en la resolución 471 de 2020 donde se adopta este sistema estandarizado para la cartografía del país. Sistema de proyección Transverse de Mercator. Datum Sirgas.

Asimismo, se trabajó a una escala de 1:25.000 en la elaboración de los diferentes mapas de riesgo, vulnerabilidad y amenaza, teniendo en cuenta los insumos disponibles.

Etapas generales de la investigación

En el abordaje e inicio del diseño metodológico, primero se realizó la planificación del proyecto a partir del análisis de variables influyentes en el sector de El Recreo que generan en la zona susceptibilidad a inundaciones, a partir de allí, se realizó la investigación en diferentes fuentes y repositorios universitarios donde se encontraron datos de la zona con respecto a los

antecedentes de inundaciones presentadas en los años 2008 y 2011. De la misma forma, el uso del SIG para determinar áreas en riesgo alto ante este fenómeno natural.

Posterior se desarrolló la recolección de los datos cartográficos e imágenes satelitales necesarios para la elaboración del mapa del riesgo de inundación para Bosa El Recreo, descargadas de fuentes como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

Con toda la información teórica y práctica, se aplicó el Proceso Jerárquico Analítico (AHP), con el fin de determinar los factores de ponderación y clasificación para aplicarlo en el algebra de mapas del software ArcGIS, que, finalmente conllevó a la elaboración de mapa de riesgo de inundación para el sector de El Recreo.

Factores de Clasificación y Ponderación método AHP para amenaza y vulnerabilidad.

Los factores de clasificación y ponderación se basaron en investigaciones anteriores cercanas a la zona de estudio de Bosa el Recreo, identificadas como Análisis del riesgo por inundación en el río Tunjuelito en la localidad de Bosa (Sánchez y Barrera, 2020) y Zonificación de fenómenos amenazantes para la construcción de escenarios de riesgo, como herramienta en la planificación territorial del municipio de Facatativá Cundinamarca (Monroy y Prada, 2019). Donde se utilizó el modelo del matemático Tomas Saaty denominado AHP (Analytic Hierarchy Process, 1980) el cual se basa en resolución de problemas complejos a partir de la clasificación en criterios múltiples por su grado de importancia, aplicando evaluaciones que permitan obtener una jerarquización de prioridad para cada una de las alternativas de decisión (Bescalla et al., 2014, p. 112).

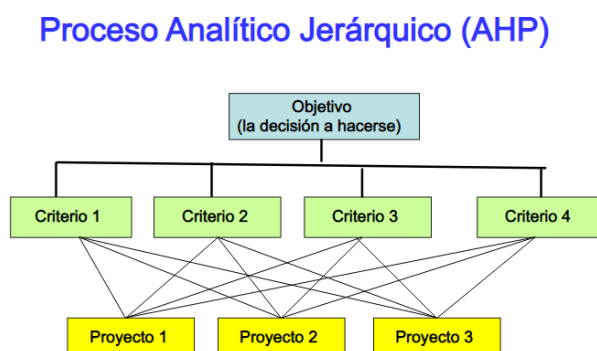
Una de las mayores ventajas del AHP es que permite organizar la información en grados de importancia respecto a la incógnita presentada, para lograr analizarla por partes,

niveles y orientar la investigación a los factores de mayor importancia que requieren un mayor foco de atención.

Su fundamento se establece en la asignación de valores numéricos a cada categoría dada por los investigadores de acuerdo a su grado de importancia, desde un nivel inferior a uno superior desglosando cada ítem al nivel de preferencia de la investigación, el cual como resultado arrojará las capas de mayor susceptibilidad de acuerdo a la asignación dada, este modelo fue adoptado por el Departamento de Defensa de EEUU para la resolución de una serie de problemas concretos en los procesos de toma de decisiones (Bescalla et al., 2014, p. 112).

Figura 7

Proceso Modelo Jerárquico AHP

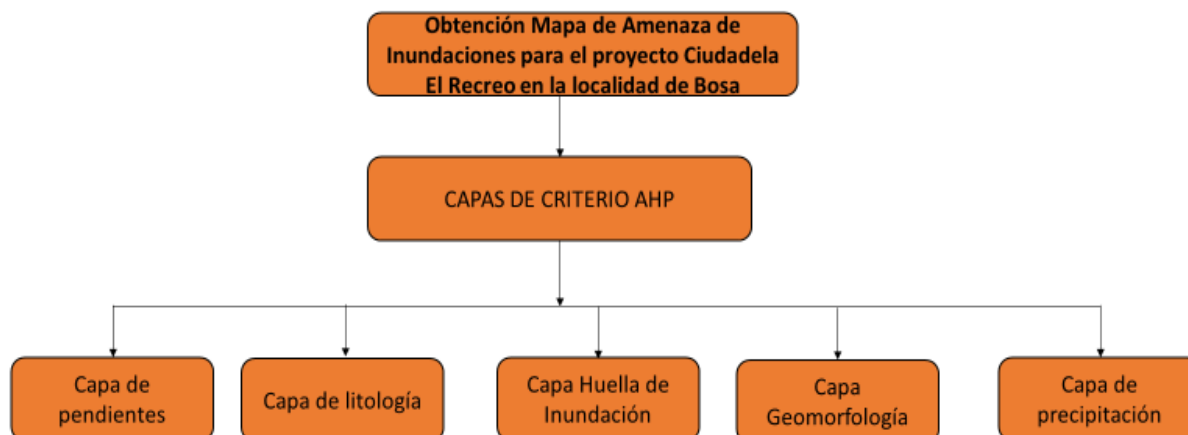


Nota. Estructura del proceso jerárquico AHP de Thomas Saaty Fuente: gerencia de proyectos.

Para el desarrollo del mapa de riesgo de inundación, primero determinaron las variables que influyen en su desarrollo, partiendo desde la necesidad de crear unos mapas de amenaza y vulnerabilidad, con el fin de poder cumplir el objetivo final por medio de la obtención del riesgo al unir estos dos mapas. Por lo cual aplicando el método AHP se establecieron los criterios para cada uno de ellos, descritos en las figuras No. 8 y No. 9.

Figura 8

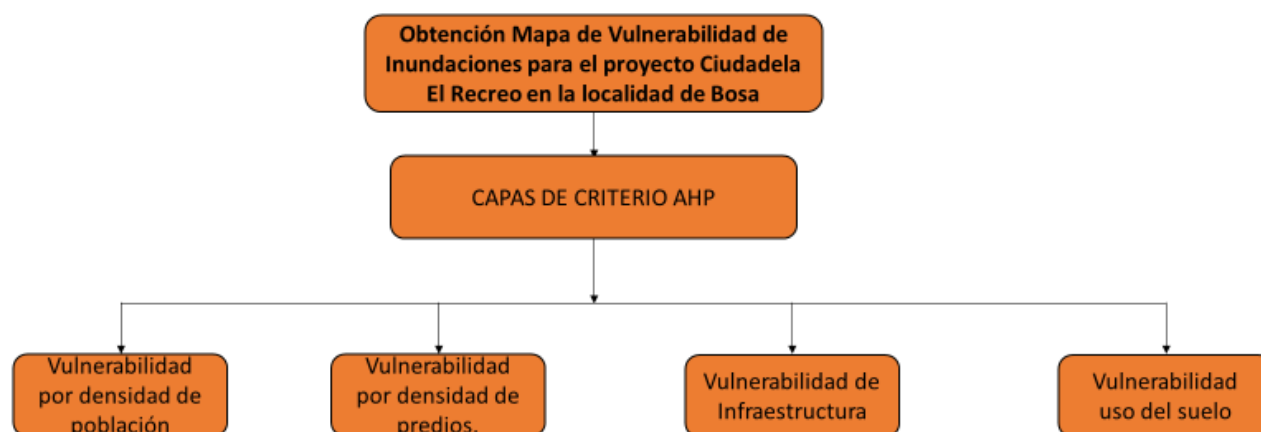
Criterios de evaluación AHP Mapa de Amenaza de Inundación para Bosa El Recreo.



Nota. Estructura del proceso jerárquico AHP para mapa de amenaza Fuente: autor.

Figura 9

Criterios de evaluación AHP Mapa de Vulnerabilidad de Inundación para Bosa El Recreo.



Nota. Estructura del proceso jerárquico AHP para mapa de vulnerabilidad Fuente: autor.

El método AHP emplea la siguiente escala para clasificar los valores de acuerdo a la importancia analizada y dada por el investigador a cada criterio a evaluar.

Figura 10

Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980)

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Nota. Escala método AHP Fuente: González, (2019).

Una vez referenciados los criterios se realizó el método AHP para el mapa de amenaza, donde se planteó una matriz inicial de acuerdo a los valores asignados teniendo en cuenta la escala fundamental de comparación por pares.

Figura 11

Matriz inicial de amenaza de inundación Bosa El Recreo.

Matriz de amenaza de inundación proyecto Ciudadela El Recreo (AHP)					
	Geomorfología	Pendientes	Precipitación	Huella de inundación	Litología
Geomorfología	1	1	3	5	3
Pendientes	1	1	3	5	5
Precipitación	1/3	1/3	1	3	1
Huella inundación	1/5	1/5	1/3	1	1/3
Litología	1/3	1/5	1	3	1
SUMA	2,87	2,73	8,33	17,00	10,33

Nota. Matriz inicial de amenaza de inundación proyecto Bosa El Recreo Fuente: autor.

Una vez clasificada la matriz para los criterios que influyeron en el mapa de amenaza, se realizaron cálculos de ponderación y promedio para obtener los valores correspondientes a cada capa, según su importancia en el método AHP, generando una matriz normalizada y los

valores finales de las capas de geomorfología, pendientes, precipitación, huella de inundación y litología.

Figura 12

Matriz normalizada y resultados capas de amenaza de inundación Bosa El Recreo.

Matriz normalizada					Promedio	Porcentaje
0,35	0,37	0,36	0,29	0,29	0,33	33,18
0,35	0,37	0,36	0,29	0,48	0,37	37,05
0,12	0,12	0,12	0,18	0,10	0,13	12,63
0,07	0,07	0,04	0,06	0,03	0,05	5,48
0,12	0,07	0,12	0,18	0,10	0,12	11,65
					1,00	100,00

Geomorfología	0,33
Pendientes	0,37
Precipitación	0,13
Huella inundación	0,05
Litología	0,12

Nota. Matriz normalizada de amenaza de inundación proyecto Bosa El Recreo mediante método AHP Fuente: autor.

Para comprobar si la ponderación de la matriz es correcta el método AHP plantea el cálculo de la relación de consistencia (CR), la cual debe ser menor a 0.1, por medio de la aplicación de las siguientes ecuaciones.

$$Ci \text{ (índice de consistencia)} = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

$$Ri \text{ (consistencia aleatoria)} = \frac{1.98 * (n - 2)}{n}$$

$$CR \text{ (Relación de consistencia)} = \frac{Ci}{Ri}$$

Donde n es el número de criterios evaluados para el caso de la amenaza se tuvieron en cuenta 5 criterios (geomorfología, pendientes, precipitación, huella de inundación y litología).

Nmax es la sumatoria obtenida después de multiplicar la matriz inicial por cada promedio obtenido de cada criterio evaluado.

Figura 13

Cálculo de la relación de consistencia para los criterios del mapa de amenaza.

	A x P	$Ci=(nmax-n)/(n-1)$	0,038
	1,70	$RI=1,98*(n-2)/n$	1,188
	1,94	$CR=Ci/RI$	0,032
	0,64		
	0,28		
	0,59		
nmax	5,15		

Nota. Cálculo relación de consistencia para la amenaza de inundación mediante método AHP

Fuente: autor.

Se observa un valor de CR de 0.032 lo cual cumple la condición establecida en el método AHP, sobre los criterios evaluados en las capas que componen el mapa de amenaza de inundación para la ciudadela El Recreo, los cuales fueron ingresados al software ArcGIS mediante la herramienta álgebra de mapas.

Posterior, para el desarrollo del mapa de vulnerabilidad de inundación se realizó la matriz de acuerdo a los criterios de uso del suelo, infraestructura, densidad poblacional y densidad de predios, obteniendo la siguiente matriz inicial de acuerdo a los valores asignados en referencia a la escala fundamental de comparación por pares.

Figura 14

Matriz inicial de vulnerabilidad de inundación proyecto Bosa El Recreo.

Matriz Vulnerabilidad de inundación proyecto Ciudadela El Recreo (AHP)				
	Uso de suelo	Infraestructura	D. Poblacional	D. Predios
Uso de suelo	1	1/7	1/3	1/3
Infraestructura	7	1	3	3
D. Poblacional	3	1/3	1	1
D. Predios	3	1/3	1	1
SUMA	14,00	1,81	5,33	5,33

Nota. Matriz inicial de vulnerabilidad de inundación proyecto El Recreo Fuente: autor.

Una vez clasificada la matriz para los criterios que influyeron en el mapa de vulnerabilidad, se realizaron cálculos de ponderación y promedio para obtener los valores correspondientes a cada capa, según su importancia en el método AHP, generando una matriz normalizada y los valores finales de las capas de uso del suelo, infraestructura, densidad poblacional y densidad predial.

Figura 15

Matriz normalizada y resultados capas de vulnerabilidad de inundación proyecto Bosa El Recreo.

Matriz normalizada				Promedio	Porcentaje
0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	6,88
0,50	0,55	0,56	0,56	0,54	54,44
0,21	0,18	0,19	0,19	0,19	19,34
0,21	0,18	0,19	0,19	0,19	19,34
				1,00	100,00

Uso de suelo	0,07
Infraestructura	0,54
D. Poblacional	0,19
D. Predios	0,19

Nota. Matriz normalizada de vulnerabilidad de inundación proyecto Bosa El Recreo mediante método AHP Fuente: autor.

De igual forma que en la amenaza, se realizó comprobación de la relación de consistencia (CR).

Figura 16

Cálculo de la relación de consistencia para los criterios del mapa de vulnerabilidad.

	A x P	$Ci=(nmax-n)/(n-1)$	0,004
	0,28	$RI=1,98*(n-2)/n$	0,990
	2,19	$CR=Ci/RI$	0,004
	0,77		
	0,77		
nmax	4,01		

Nota. Calculo relación de consistencia para la vulnerabilidad de inundación mediante método AHP Fuente: autor.

Se observa un valor de CR de 0.004 lo cual cumple la condición establecida en el método AHP, sobre los criterios evaluados en las capas que componen el mapa de vulnerabilidad de inundación para la ciudadela El Recreo, los cuales se ingresaron al software ArcGIS mediante la herramienta algebra de mapas. Para este caso n correspondió a un valor de 4 ya que se tuvieron en cuenta ese número de criterios.

Por último, se estableció los siguientes niveles de clasificación y calificación para todas las capas cartográficas, las cuales se agregaron a la tabla de atributos de cada criterio utilizado en la generación de los mapas de riesgo, amenaza y vulnerabilidad.

Tabla 2

Criterios de calificación y clasificación aplicado a todas las capas cartográficas.

Criterios	
Calificación	Clasificación
5	Muy alto
4	Alto
3	Medio
2	Bajo
1	Muy Bajo

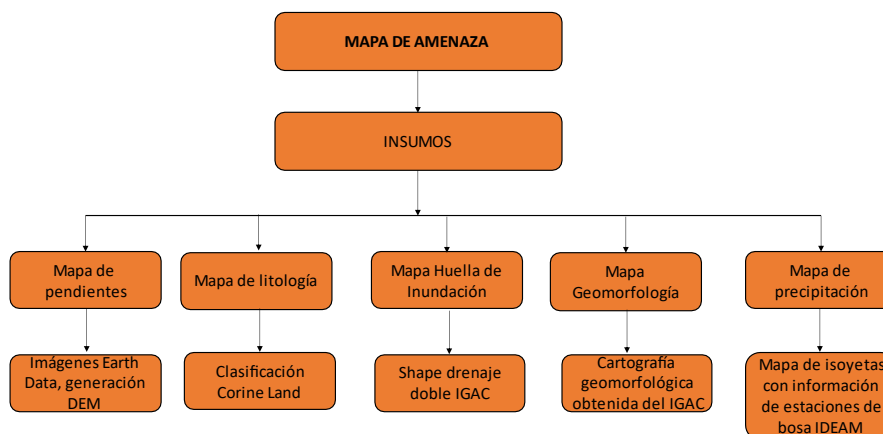
Nota. Criterios de calificación y clasificación para la generación de los mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, Fuente: autor.

Mapa de Amenaza para la localidad de Bosa sector El Recreo

Una vez obtenido el AHP para los criterios que se utilizaron en el mapa de amenaza se hizo necesario obtener los insumos de fuentes cartográficas como IGAC, IDEAM, DANE, IDECA, Earth Data, USGS y NASA. descritos en la figura No. 17.

Figura 17

Insumos utilizados para mapa de Amenaza.



Nota. Recursos utilizados para la generación de mapa de amenaza, Fuente: Autor.

Para iniciar se delimitó el área de estudio, por lo cual se realizó la descarga de la capa localidades de Bogotá y UPZ de la página IDECA, posterior con la herramienta clip se realizó el recorte de la localidad de Bosa y respectivas UPZ que la componen.

Mapa de pendientes: se generó el modelo de elevación digital a partir del procesamiento de la imagen ALOS-PALSAR (No.AP_26958_FBS_F0080_RT1) descargada de la página Earth Data_ NASA donde se realizó clasificación de acuerdo a parámetros establecidos por el IGAC representados en la tabla No. 04 y de acuerdo a las pendientes del terreno que se caracterizan por ser en su mayoría planas de poca elevación.

Tabla 3

Tabla clasificación mapa de pendientes grados IGAC.

Mapa de pendientes clasificado por la amenaza		
Grados de pendiente IGAC	Calificación	Clasificación por amenaza
0 - 3	5	Muy alto
3 - 7	4	Alto
7 - 12	3	Medio
12 - 25	2	Bajo
> 25	1	Muy Bajo

Nota. Tabla clasificación por amenaza mapa de pendientes para la localidad de Bosa, Fuente: autor.

Mapa litología: se realizó descarga del mapa litológico del IGAC escala 1:25.000, posterior con la herramienta clip se recortó para la localidad de Bosa. Por otra parte, de acuerdo a las unidades y características litológicas se realizó clasificación por tipo de permeabilidad según el tipo de roca orientado bajo la guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos (2013), donde se obtuvo de acuerdo a las características del suelo un terreno impermeable con poca capacidad de drenar aguas, por lo cual se categoriza el área de estudio en niveles muy alto y a alto. A continuación, se representan los datos en la tabla No. 5.

Tabla 4

Tabla clasificación mapa de litología.

Mapa de Litología clasificado por amenaza			
Litología	Permeabilidad	Calificación	Clasificación por amenaza
Coluviales: Materiales de composición heterogénea tamaño y forma en general angular, con matriz arenolimososa y limo arcillosa	Impermeable	5	Muy Alto
Aluviales y lacustres: Depósitos composición heterogénea y tamaño heterométrico de formas subredondeada a redondeada en matriz arenolimososa con niveles de arenas, limos y arcillas	Impermeable	4	Alto

Nota. Clasificación por amenaza capa de litología para la localidad de Bosa, Fuente: autor.

Mapa Huella de Inundación: para el desarrollo del mapa de inundación se realizó la descarga de la capa drenaje doble del IGAC, posterior con la herramienta clip se recortó para la localidad de Bosa, seguido se generó un buffer múltiple con la herramienta proximidad, box análisis de datos, cada 100 metros hasta los 500 metros.

Tabla 5

Tabla clasificación mapa huella de inundación.

Mapa de huella de inundación clasificado por la amenaza		
Distancia	Calificación	Clasificación por amenaza
100	5	Muy alto
200	4	Alto
300	3	Medio
400	2	Bajo
500	1	Muy Bajo

Nota. Clasificación por amenaza capa de huella de inundación desde los 100 metros a 500 metros, Fuente: autor

Mapa Geomorfología: en datos abiertos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi se realizó la descarga del mapa geomorfológico a escala 1:25.000, posterior se recortó con la herramienta clip para la localidad de Bosa, realizando una clasificación de acuerdo a las subunidades del suelo obteniendo una clasificación principalmente de fluvio lacustre y planos de inundación con mayor susceptibilidad a inundaciones de acuerdo al relieve plano de la zona de estudio.

Tabla 6

Tabla Clasificación mapa de geomorfología por subunidades del suelo.

Mapa de geomorfología clasificado por amenaza		
Subunidad	Calificación	Clasificación por amenaza
Ladera estructural de sierra homoclinal denudada	1	Muy Bajo
Conos de talus	2	Bajo
Deltas de desborde natural, Cono de deslizamiento trasnacional antiguo	3	Medio
Planicies y deltas lacustrinos	4	Alto
Planos y campos de relleno, Cuenca de decantación fluvial, Planos Anegadizos, Planicies y deltas lacustrinos	5	Muy Alto
Meandros Abandonados		

Nota. Clasificación por amenaza para el mapa de geomorfología de acuerdo a subunidades y susceptibilidad a zonas de encharcamiento, Fuente: (Monroy y Prada, 2019).

Mapa de Precipitación: se realizó la descarga de la plataforma del IDEAM de la precipitación anual del lapso 2009 a 2021 en las estaciones pluviométricas Bosa, Casa Blanca, Aeropuerto CATAM, Colegio H Duran Dusan, Saucedal 2 e INEM Kennedy, obteniendo un promedio de precipitaciones media de cada estación para el sector de estudio y se realiza clasificación de acuerdo a la tabla No. 08.

Tabla 7

Tabla de clasificación mapa de isoyetas por cantidad de precipitación.

Mapa de isoyetas clasificado por amenaza		
Cantidad de lluvia en mm	Calificación	Clasificación por amenaza
500-800	1	Muy Bajo
800-1000	2	Bajo

Nota. Clasificación por amenaza capa de isoyetas para la localidad de Bosa de acuerdo a nivel de lluvia promedio anual lapso 2009-2021, Fuente: autor.

Tabla 8

Descripción estaciones seleccionadas para el desarrollo del mapa de isoyetas

ID	CodigoEstacion	NombreEstacion	Norte (m)	Este (m)	Promedio anual (mm)
1	21206570	AEROPUERTO CATAM	2078066,567	4872430,855	1013,616667
2	21201540	BOSA	2066406,999	4866940,890	821,65
3	21201970	CASABLANCA	2062717,020	4870631,496	725,9714286
4	21206620	COL H DURAN DUSAN	2070227,246	4869858,276	889,8333333
5	21206560	INEM KENNEDY	2070220,210	4874179,965	769,1153846
6	21202070	SAUCEDAL 2	2071923,636	4872494,720	953,4333333
					862,27

Nota. Tabla de estaciones seleccionadas para la capa de isoyetas la localidad de Bosa de acuerdo a nivel de lluvia promedio anual lapso 2009-2021, Fuente: autor.

Una vez obtenidas las capas utilizadas para la generación del mapa de amenaza se aplicaron los valores obtenidos con el método AHP en el box Spatial Analyst, herramienta Algebra de Mapas – Calculadora de Ráster, con el fin de identificar áreas de inundación sobre los terrenos de valle aluvial y planicies.

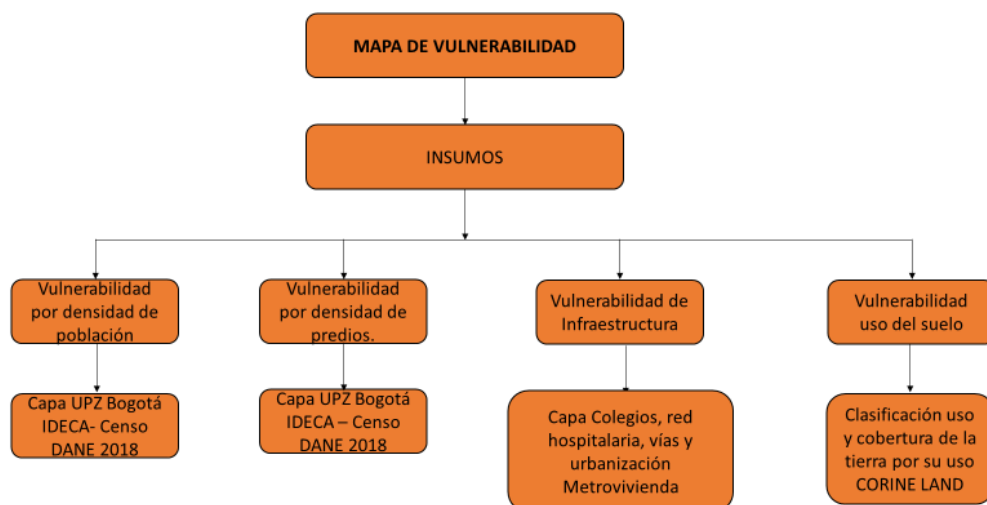
Mapa de amenaza = $((\text{Capa geomorfología} * 0.33) + (\text{Capa de pendientes} * 0.37) + (\text{Capa de precipitación} * 0.13) + (\text{Capa huella de inundación} * 0.05) + (\text{Capa de litología} * 0.12))$. Fuente: autor.

Mapa de Vulnerabilidad para la localidad de Bosa sector El Recreo

Para generar el mapa de vulnerabilidad del área de Bosa El Recreo, proyecto Metrovivienda se hizo necesario obtener insumos de fuentes cartográficas como IGAC, IDEAM, DANE, IDECA. Insumos descritos en la figura No. 19.

Figura 18

Insumos utilizados para el mapa de vulnerabilidad.



Nota. Insumos utilizados para la generación del mapa de vulnerabilidad, Fuente: autor.

Mapa de Vulnerabilidad por densidad de población: se realizó descarga de la capa UPZ para la ciudad de Bogotá a escala 1:25.000 de la página del IDECA, posterior con la herramienta clip se realiza el recorte para la localidad de Bosa. A partir de los datos del censo 2018 del DANE y la Secretaria de Planeación se obtiene la densidad poblacional en hectáreas para Bosa por UPZ, con estos datos descritos en la Tabla No. 10 se modificó la capa en el índice de atributos incluyendo dos campos nuevos en formato double para colocar el número

de habitantes que componen cada UPZ y posterior su grado de clasificación de acuerdo a metodología AHP, dando un valor de mayor vulnerabilidad a las zonas donde se encuentran mayor cantidad de habitantes y su cercanía al río Bogotá, desde valores de muy alto a bajo, para este caso no se tiene en cuenta la clasificación en muy bajo debido a que los conjuntos residenciales del área de estudio están contruidos sobre el valle aluvial del río, por lo cual todos tienen un grado de representación en vulnerabilidad por encima de muy bajo.

Tabla 9

Tabla de densidad poblacional clasificado por vulnerabilidad.

Mapa de vulnerabilidad poblacional			
Densidad poblacional en hectareas	UPZ	Calificación	Clasificación por amenaza
315,1	EL PORVENIR	4	Alto
159,8	APOGEO	2	Bajo
464,8	BOSA OCCIDENTAL	5	Muy Alto
331	BOSA CENTRAL	4	Alto
205	TINTAL SUR	3	Medio

Nota. Descripción por UPZ de la vulnerabilidad poblacional para la localidad de Bosa en hectáreas, Fuente: autor.

Mapa de Vulnerabilidad por densidad de predios: se realizó descarga de la capa UPZ para la ciudad de Bogotá a escala 1:25.000 de la página del IDECA, posterior con la herramienta clip se realiza el recorte para la localidad de Bosa. Posterior, del DANE censo 2018 se obtiene los datos de densidad predial con su diagnóstico físico y socioeconómico para Bosa por UPZ, con estos datos descritos en la Tabla No. 11 se modificó la capa en el índice de atributos incluyendo dos campos nuevos en formato double para colocar el número de predios en hectáreas que componen cada UPZ y posterior su grado de clasificación de acuerdo a metodología AHP, dando un valor de mayor vulnerabilidad a las zonas donde se encuentran mayor cantidad de predios y su cercanía al río Bogotá, desde valores de muy alto a muy bajo.

Tabla 10

Tabla de densidad predial clasificado por vulnerabilidad.

Mapa de vulnerabilidad predial			
Densidad predial en hectareas	UPZ	Calificación	Clasificación por amenaza
92,68	EL PORVENIR	1	Muy Bajo
197,98	APOGEO	2	Bajo
448,19	BOSA OCCIDENTAL	4	Alto
616,55	BOSA CENTRAL	5	Muy Alto
88,2	TINTAL SUR	1	Muy Bajo

Nota. Descripción por UPZ de la vulnerabilidad predial para la localidad de Bosa, Fuente: autor.

Mapa de vulnerabilidad de infraestructura: se realiza descarga de los SHP de vías, red hospitalaria, colegios y urbanizaciones del IDECA, posterior se realiza el recorte para el área de estudio con la herramienta clip, posterior, con el box análisis de datos se utiliza la herramienta proximidad - buffer múltiple para obtener la vulnerabilidad en distancias de 100 a 500 metros de acuerdo a su cercanía con el río Bogotá.

Tabla 11

Tabla de vulnerabilidad de infraestructura.

Mapa de vulnerabilidad de vías		
Distancia	Calificación	Clasificación por amenaza
100	1	Muy Alto
200	2	Alto
300	3	Medio
400	4	Bajo
500	5	Muy Bajo

Nota. Vulnerabilidad de infraestructura para el área de estudio de 100 a 500 metros, Fuente: autor.

Mapa vulnerabilidad por uso del suelo: se realizó descarga de la capa cobertura y uso del suelo CORINE LAND, donde se tomó en cuenta los terrenos de producción de bienes y servicios del área de estudio que pueden ser afectados ante posibles inundaciones, una vez obtenido esto se realizó una modificación a la tabla de atributos agregando dos campos en

formato texto y entero, colocando la clasificación y calificación de acuerdo a el uso del suelo desde el nivel de tejido urbano que hace referencia a las urbanizaciones del proyecto Metrovivienda, zonas verdes no agrícolas que se refieren a áreas límites a los conjuntos residenciales utilizadas como parques y zonas verdes, áreas húmedas que hacen referencia a suelos con poca permeabilidad localizados entre el río y las urbanizaciones, finalmente, pastos limpios que hacen parte de los planos aluviales del río los cuales en caso de inundación son los primeros afectados dado su cercanía y tipología.

Tabla 12

Tabla de vulnerabilidad por uso del suelo.

Mapa de vulnerabilidad por uso del suelo			
Uso del suelo	Nivel	Calificación	Clasificación por amenaza
Zonas verdes urbanas	Zonas verdes no agrícolas	2	Bajo
Zonas Pantanosas	Areas humedas	3	Medio
Pastos limpios	Pastos	5	Muy Alto
Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo	1	Muy Bajo

Nota. Vulnerabilidad uso del suelo para la localidad de Bosa, Fuente: autor.

Una vez obtenidas las capas utilizadas para la generación de la vulnerabilidad se aplicaron los valores obtenidos en el método AHP, mediante el uso del box Spatial Analyst, herramienta Algebra de Mapas – Calculadora de Ráster para identificar áreas de inundación sobre los terrenos de valle aluvial y planicies.

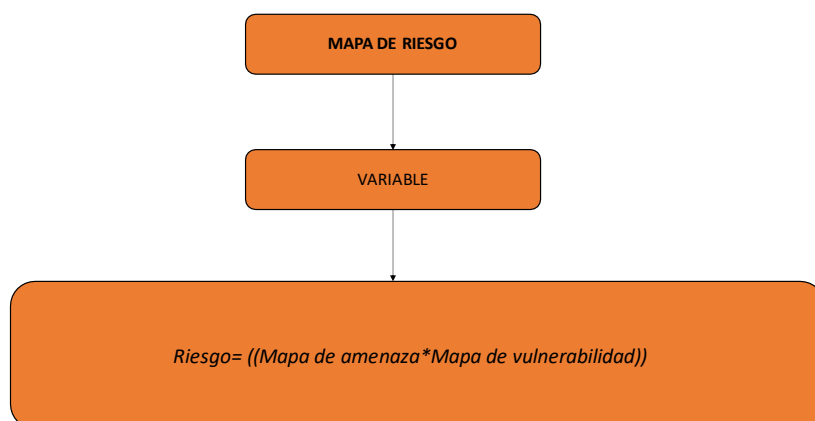
$$\begin{aligned}
 \textbf{Mapa de vulnerabilidad} = & ((\textit{Capa uso del suelo} * 0.07) + \\
 & (\textit{Capa vulnerabilidad de infraestructura} * 0.54) + (\textit{Capa densidad poblacional} * \\
 & 0.19) + (\textit{Capa densidad de predios} * 0.19)). \text{ Fuente: autor.}
 \end{aligned}$$

Mapa de riesgo: para la generación del mapa de riesgo se realizó una unión por medio de la herramienta algebra de mapas de cada capa obtenida, multiplicando la amenaza por la vulnerabilidad, generando el producto final para el sector de El Recreo a escala 1:25.000, superponiendo la infraestructura del área como sistema de servicios de salud, vías, colegios y urbanizaciones residenciales.

$$\text{Mapa de riesgo} = \text{Mapa de amenaza} * \text{Mapa de vulnerabilidad}$$

Figura 19

Zonificación mapa de riesgo de inundación Bosa El Recreo.



Nota. Zonificación mapa de riesgo para la localidad de Bosa sector del Recreo, Fuente: autor.

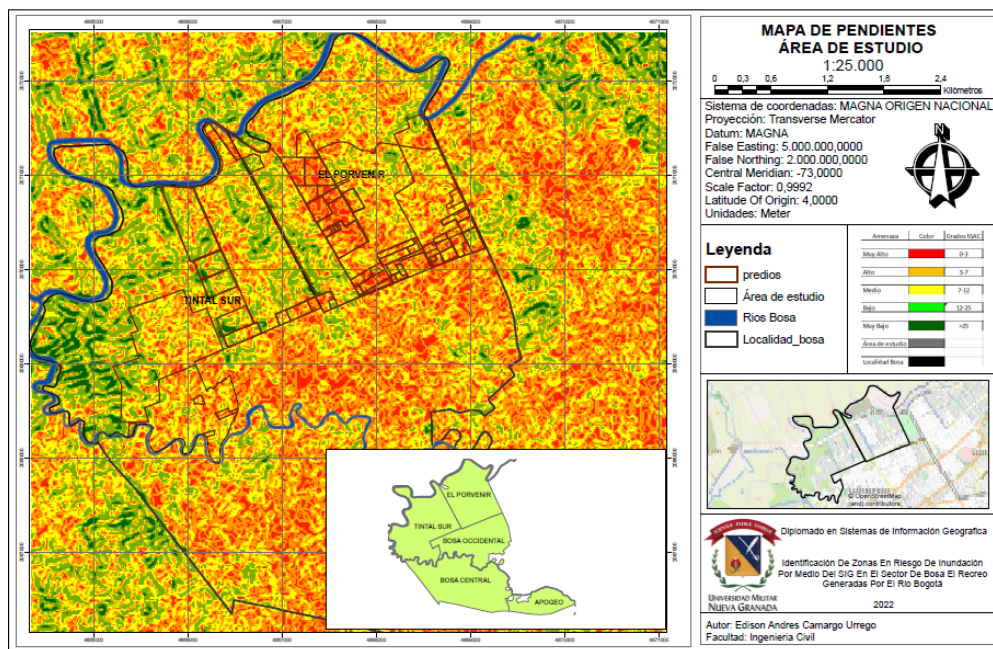
8. Resultado y Análisis de Resultados

A partir de la metodología planteada se obtuvo el mapa de riesgo por inundación para la localidad de Bosa, enfocado en el sector del Recreo, UPZ Tintal Sur. Sobreponiendo la infraestructura actual como capa de vías, red de servicios de salud, colegios y urbanizaciones residenciales obtenidas del IDECA, con el fin de evidenciar la afectación que podría representar una inundación sobre el área de estudio a esta infraestructura existente.

Resultados capas de amenaza

Figura 20

Mapa de Pendientes Clasificado por Amenaza.



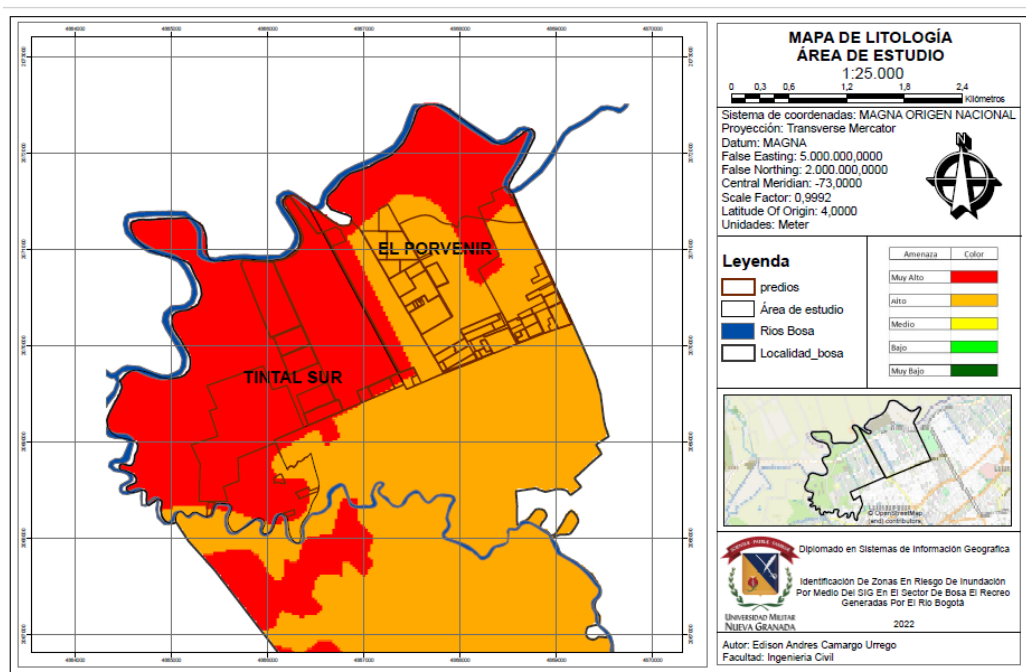
Nota. Mapa de pendientes para la localidad de Bosa, enfoque UPZ Tintal Sur y Porvenir,

Fuente: autor.

En el mapa de pendientes para la localidad de Bosa se puede observar un área plana de poca pendiente, en el cual predomina la amenaza alta y muy alta. Para las UPZ Tintal Sur y Porvenir, donde se encuentra ubicado el sector de El Recreo, se denota un aumento leve en las pendientes del terreno, presentando algunas zonas de amenaza baja, sin embargo, para El Recreo aún persisten los terrenos con clasificación alta y media.

Figura 21

Mapa de Litología Clasificado por Amenaza.

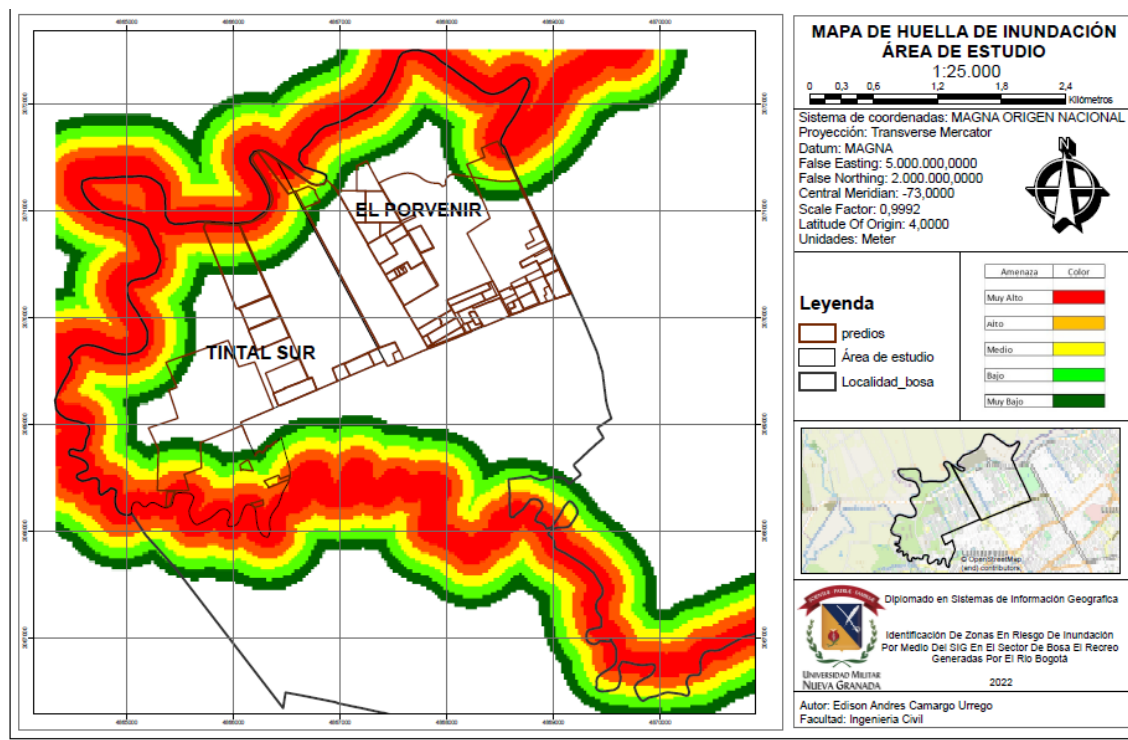


Nota. Mapa de litología para la localidad de Bosa enfoque UPZ Tintal Sur y Porvenir, Fuente: autor.

En el mapa de litología se evidencia que el área de estudio compuesta por las UPZ Porvenir y Tintal Sur son altamente propicias a la presencia de inundaciones, dado que los suelos se caracterizan por ser depósitos clásticos hidrogenéticos de poca permeabilidad. De acuerdo al resultado del uso de la herramienta Field Calculator, en esta capa de litología el área en hectáreas para la localidad de Bosa que se encuentra en amenaza muy alta es de 887,54 Ha, mientras que la amenaza alta se encuentra un total de 1.502,31 que corresponden a las UPZ Apogeo, Bosa Occidental y Bosa Central las cuales poseen suelos de planicie.

Figura 22

Mapa Huella de Inundación Clasificado por Amenaza.

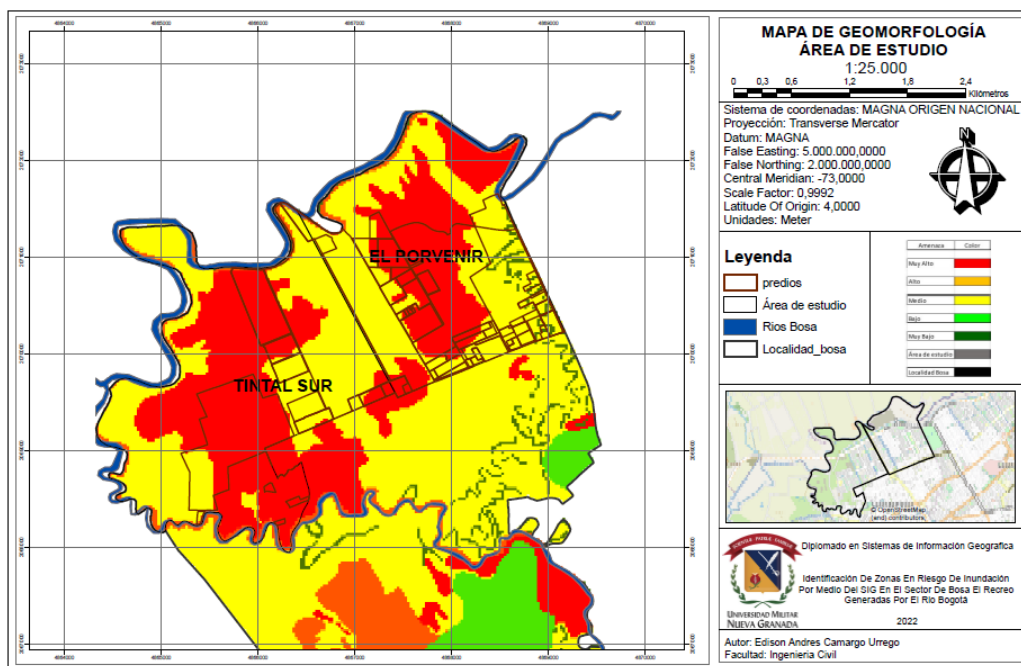


Nota. Mapa de huella de inundación para la localidad de Bosa, enfocado en la UPZ Tintal Sur y Porvenir, Fuente: autor.

En el mapa de huella de inundación se observa el buffer múltiple desarrollado a distancias de 100 a 500 metros sobre el margen de los drenajes dobles existentes en la localidad, río Bogotá y río Tunjuelo. Donde se realizó clasificación desde los niveles de muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo de acuerdo a la distancia.

Figura 23

Mapa de Geomorfología Clasificado por características que benefician la presencia de inundaciones.

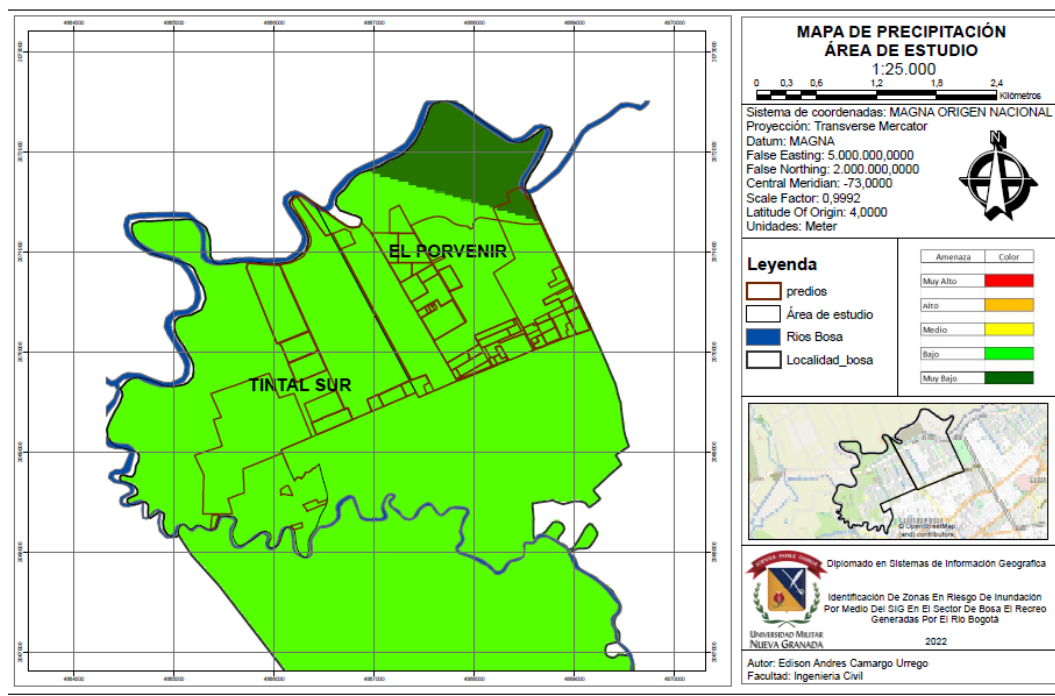


Nota. Mapa de geomorfología para la localidad de Bosa, enfocado en la UPZ Tintal Sur y Porvenir, Fuente: autor.

En el mapa de geomorfología se observa las UPZ Tintal Sur y Porvenir donde se encuentra ubicado El Recreo, con unas características que benefician la presencia de inundaciones. Debido a la composición de los suelos en la zona que se caracteriza por poseer terrenos superficiales de texturas finas, pobremente drenados que generan alta probabilidad de inundación, además de este hace parte las planicies anegadizas y deltas lacustrinos.

Figura 24

Mapa de Precipitaciones o Isoyetas clasificado por su intensidad e influencia para ocasionar inundaciones.



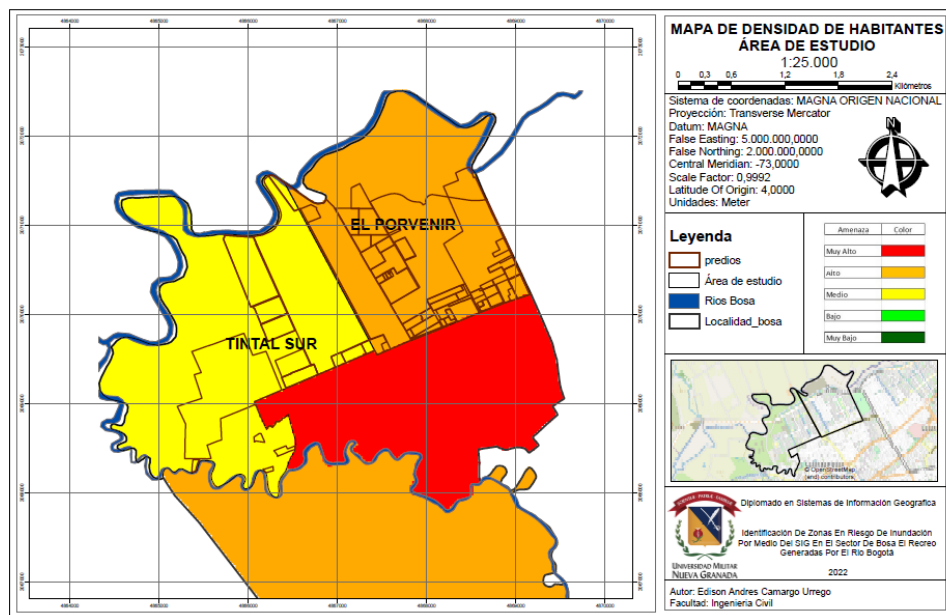
Nota. Mapa de Isoyetas para la localidad de Bosa, enfocado en la UPZ Tintal Sur y Porvenir,
Fuente: autor.

El mapa de precipitaciones para la localidad muestra una intensidad e influencia para ocasionar inundaciones de categoría baja para la mayoría de la localidad con un área de 2279,16 ha, por otra parte, una zona de 109,45 ha perteneciente a la UPZ Porvenir se encuentra con una intensidad categorizada en muy baja.

Resultados capas de vulnerabilidad

Figura 25

Mapa de Vulnerabilidad Poblacional Clasificado por Amenaza de acuerdo a número de habitantes y cercanía al río Bogotá referenciados en la Tabla No. 9.

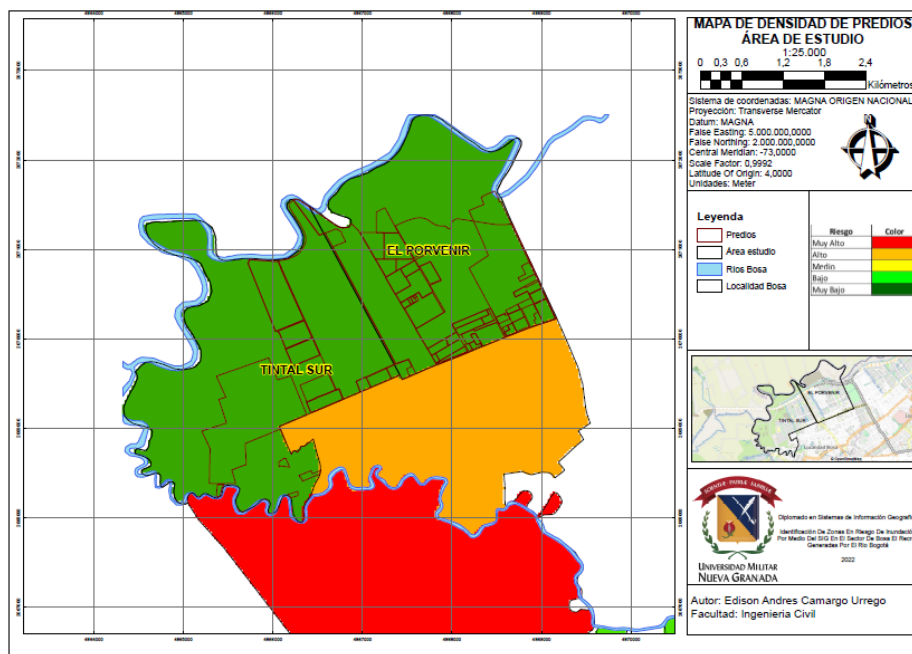


Nota. Mapa de Vulnerabilidad Poblacional para la localidad de Bosa, enfocado en la UPZ Tintal Sur y Porvenir, Fuente: autor.

En el mapa poblacional se observó una vulnerabilidad media y alta para la zona de estudio, esto dado por la densidad de población que sin llegar a ser la más alta de la localidad si presenta una vulnerabilidad por encima de medio dada la cantidad de habitantes de la zona que representan un 36.58% del total de la población de Bosa de acuerdo a datos del censo 2018. Además, para este caso un mayor número de habitantes ubicado sobre la ribera del río genera un índice más alto de vulnerabilidad, esto teniendo en cuenta que en caso de presentarse fenómeno de inundación afectaría mayor cantidad de personas debido a la cercanía con el río.

Figura 26

Mapa de Vulnerabilidad Predial Clasificado por Amenaza de acuerdo a número de predios y cercanía al río Bogotá referenciados en la Tabla No. 10.

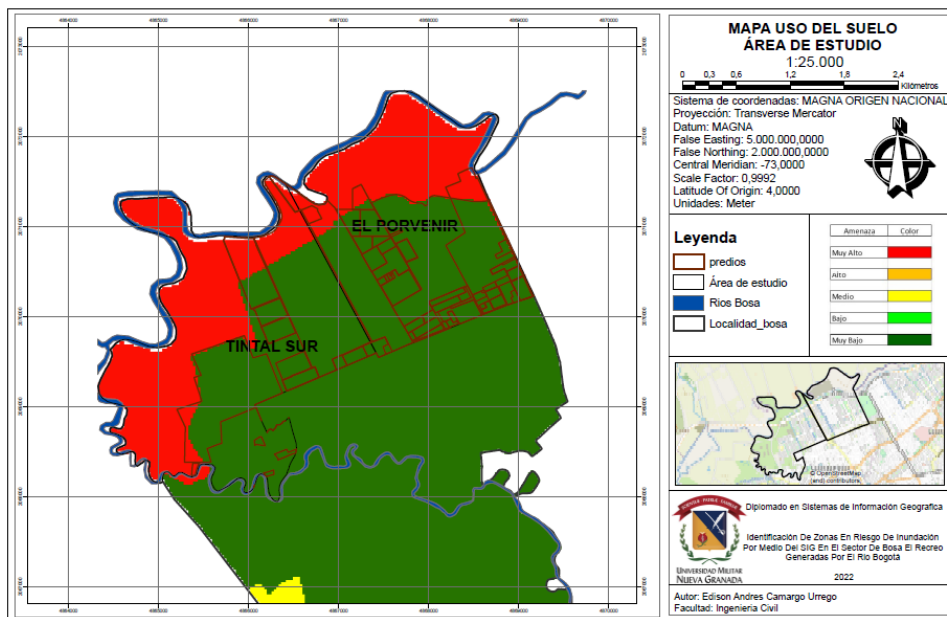


Nota. Mapa de Vulnerabilidad Predial para la localidad de Bosa, enfocado en la UPZ Tintal Sur y Porvenir, Fuente: autor.

En el mapa predial se logra observar una vulnerabilidad muy baja para el área de estudio, esto teniendo en cuenta la cantidad de predios que componen las UPZ Tintal Sur y Porvenir, representando un 12.52% de la totalidad de predios de la localidad de Bosa de acuerdo a datos censo 2018. De la misma forma representan las áreas de menor crecimiento demográfico y habitabilidad.

Figura 27

Mapa de Vulnerabilidad por Uso del Suelo Clasificado por Amenaza de acuerdo a categorización referenciada en la Tabla No. 12.

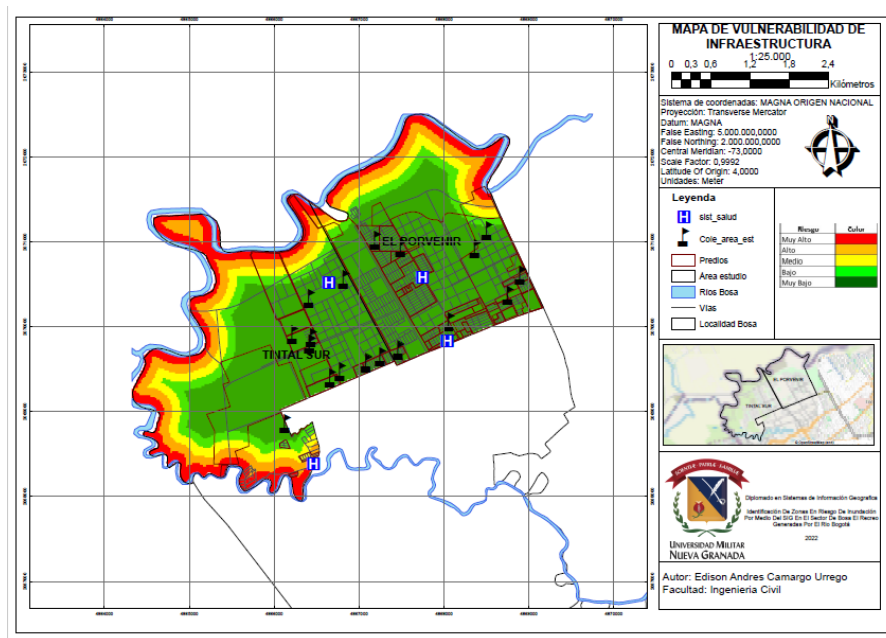


Nota. Mapa de vulnerabilidad por uso del suelo para la localidad de Bosa, enfocado en la UPZ Tintal Sur y Porvenir, Fuente: autor.

El mapa de uso del suelo se evidenció una vulnerabilidad muy alta en la zona norte del área de estudio debido a la cobertura del terreno la cual corresponde a pastos limpios pertenecientes a la planicie de inundación, que por actividades del hombre fueron transformados en zonas urbanas lo cual ocasiono cambios en los servicios ecosistémicos, sin embargo, aún se conserva una parte de estos pastos limpios los cuales en algunos casos son utilizados como zonas de producción agrícola, alterando las propiedades del terreno. Por otra parte, hacia el sur de las UPZ Tintal Sur y Porvenir la vulnerabilidad disminuye a muy bajo teniendo en cuenta que corresponde a suelos de uso constructivo e industrial que no se ubican sobre los pastos limpios.

Figura 28

Mapa de Vulnerabilidad de infraestructura Clasificado por Amenaza.



Nota. Mapa de Vulnerabilidad de Infraestructura para la localidad de Bosa, enfocado en la UPZ

Tintal Sur y Porvenir, Fuente: autor.

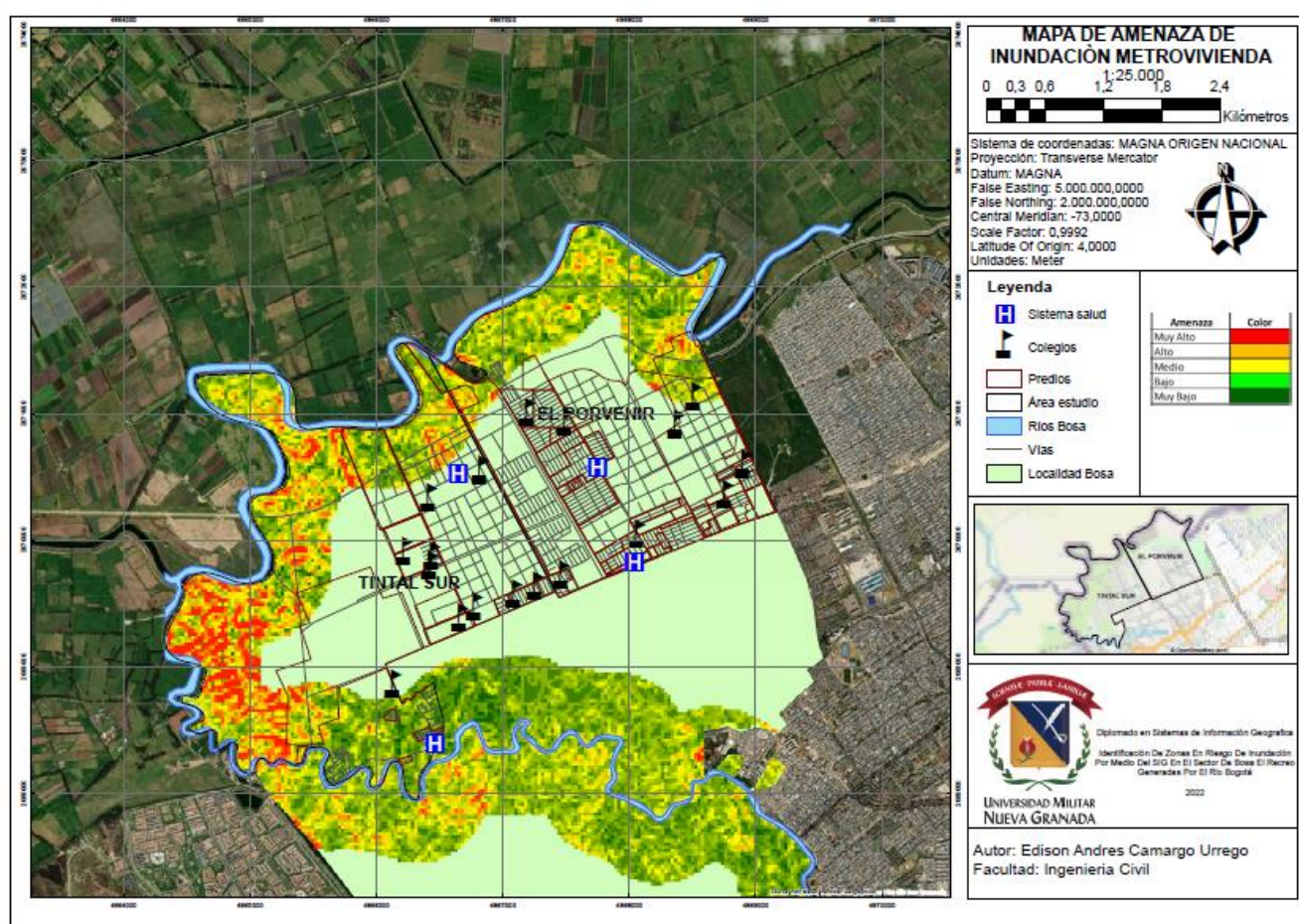
En el mapa de vulnerabilidad de infraestructura se observa el buffer múltiple desarrollado sobre los márgenes de los drenajes dobles existentes en el área de estudio a distancias de 100 hasta 500 metros. Superponiendo la infraestructura de la zona, como lo son vías, red de servicios de salud, colegios y predios pertenecientes al proyecto Metrovivienda. Obteniendo una vulnerabilidad alta en la zona norte de las urbanizaciones debido a su construcción sobre los 200 a 300 metros de la ribera del río Bogotá. De la misma forma, para la unidad de servicios médicos San Bernardino se observó una vulnerabilidad alta, dada su cercanía al río Tunjuelo. Por otra parte, para el restante de la infraestructura como colegios y vías la vulnerabilidad de encuentra en niveles bajos.

Mapa de Amenaza de Inundación para Bosa, sector de Bosa El Recreo.

A continuación, se muestra el mapa de amenaza para el sector El Recreo con la infraestructura de vías, red de servicios de salud, colegios y predios que podría afectar este fenómeno natural en el área de estudio. En este caso se observó una amenaza alta para el sector occidental de la zona de interés donde se ubica la urbanización Campo Verde.

Figura 29

Mapa de Amenaza de Inundación Bosa El Recreo.



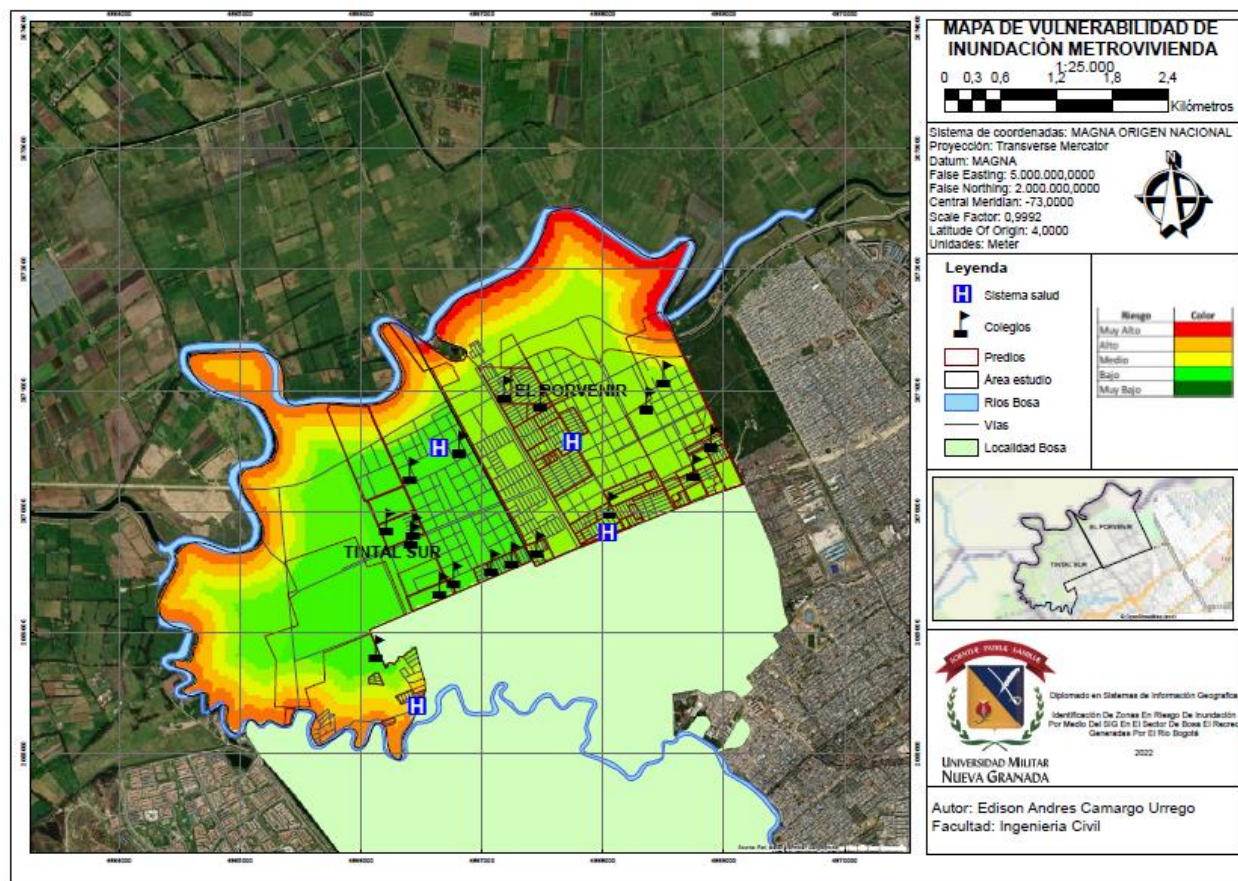
Nota. Mapa de Amenaza por Inundación Bosa El Recreo, Fuente: autor.

Mapa de Vulnerabilidad de Inundación para Bosa, sector de Bosa El Recreo.

Mapa de vulnerabilidad de inundación para El Recreo obtenido después de realizar los cálculos en la herramienta algebra de mapas, adicional, se encuentra superpuesto las capas de vías, red de servicios de salud, colegios y predios que podría afectar este fenómeno natural en el área de estudio. Se observó para la UPZ Porvenir una amenaza más alta especialmente sobre el margen del río, dado que de acuerdo al método AHP se orientó una mayor vulnerabilidad a la infraestructura, por ende, se denota con mayor intensidad el buffer realizado de 100 a 500 metros sobre el margen de los drenajes en el área de estudio.

Figura 30

Mapa de Vulnerabilidad de Inundación Bosa El Recreo.

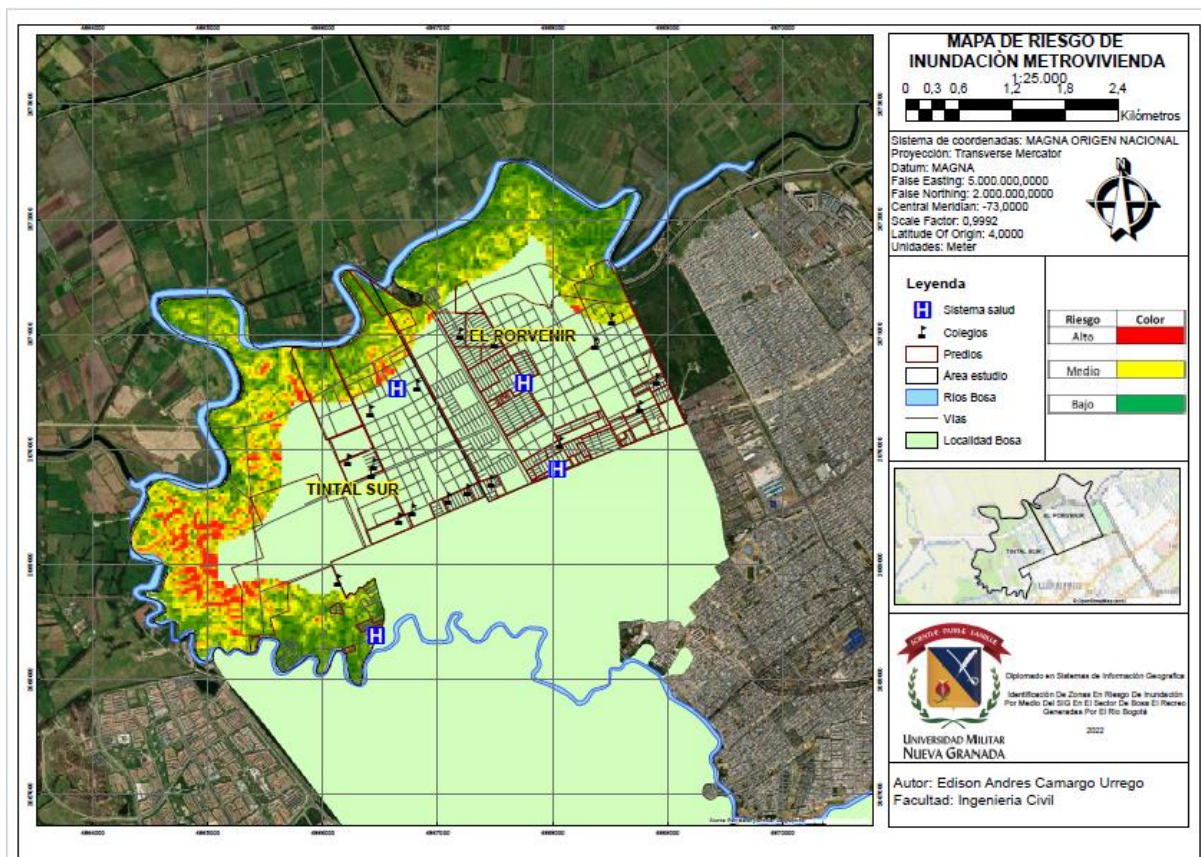


Nota. Mapa de Vulnerabilidad por Inundación Bosa El Recreo, Fuente: autor.

Mapa de Riesgo de Inundación para Bosa, sector de Bosa El Recreo.

Figura 31

Mapa de Riesgo de Inundación Bosa El Recreo



Nota. Mapa de Riesgo por Inundación Bosa El Recreo, Fuente: autor.

Una vez unidos los mapas de amenaza y vulnerabilidad de inundación para el sector El Bosa Recreo, se obtuvo el mapa de riesgo de inundación donde de acuerdo a las capas de infraestructura analizadas se evidenció una predominación del riesgo variable entre alto y medio sobre los conjuntos residenciales Kasay de los Venados II, Reservado, San Ignacio y Santiago de las Atalayas, por otra parte, para el conjunto residencial Villas de Vizcaya se obtuvo un riesgo bajo. Asimismo, para el caso de Ciudadela Campo Verde varía a un riesgo moderado entre variables alto y medio, todas estas urbanizaciones nombradas hacen parte del proyecto Metrovivienda.

Por otro lado, en cuanto al sistema vial se evidenció el riesgo de la avenida Longitudinal de Occidente predominando valores de inundación entre alto y medio por lo cual sería una de las infraestructuras de mayor afectación en caso de presentarse fenómenos como rompimiento de jarillón o reflujo de alcantarillado principalmente por su cercanía con el río Bogotá y Canal Cundinamarca. Otra de las vías de mayor afectación e importancia para el sector es la calle 63 sur la cual permite el ingreso a El Recreo por medio de la avenida Bosa obteniendo valores entre riesgo alto y medio especialmente sobre las inmediaciones del conjunto residencial Reservado.

Por otra parte, para la capa colegios no se evidenció afectación alguna sobre los colegios existentes en la zona, sin embargo, colindantes a la zona de riesgo se encuentran instituciones educativas como el Colegio Carlos Pizarro León Gómez, Liceo Capital, Colegio El Porvenir y Colegio Kimi Pernía Dominico.

En cuanto a red de servicios de salud compuesta por hospitales y centro de atención se observó que ninguno presenta riesgo de inundación, sin embargo, la Unidad de Servicios El Recreo se encuentra limítrofe a la zona de riesgo, por lo que no se puede descartar una afectación indirecta a esta infraestructura.

Comparación con mapa de riesgo de inundación obtenido por FOPAE para el área de estudio.

Se realizó una comparación con el mapa de riesgo de inundación producido en el año 2009 por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) para la localidad de Bosa, en el cual se analizó el área de estudio y se denotó similitudes en cuanto a que las UPZ con mayor afectación de toda la localidad son Tintal Sur y Porvenir donde se encuentran ubicadas las urbanizaciones que hacen parte del sector de El Recreo, observando el riesgo alto sobre la ribera de los ríos Bogotá y Tunjuelo terrenos denominados valle aluvial y planicies

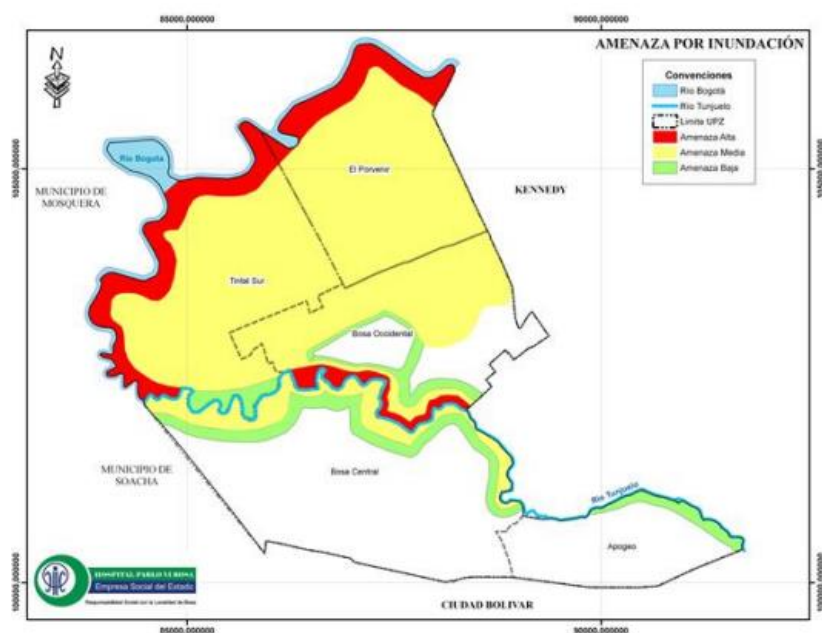
de inundación comprometiendo la integridad de la infraestructura existente en esa zona, además de otros factores como sociales, económicos y de densidad poblacional.

Se denota la desactualización del mapa de la FOPAE debido a que en el año 2017 se realizaron obras de adecuación de la cuenca media del río Bogotá, ampliando su cauce y reconstrucción de jarillones, por lo cual no es posible definir todas las zonas rivereñas al río con un riesgo alto, ya que se obvian valores como las pendientes del terreno y la permeabilidad del mismo, alteradas por los factores constructivos y obras de la CAR.

Por último, se observó que el área delimitada como zona de riesgo alto por la FOPAE correspondió de manera efectiva a las inundadas en el año 2011, especialmente sobre el sector de El Recreo.

Figura 32

Mapa de riesgo de inundación para la localidad de Bosa producido por FOPAE 2009



Nota. Mapa de Riesgo por Inundación Bosa El Recreo FOPAE 2009, Fuente: FOPAE.

Para finalizar se realizó una visita al área de estudio donde se efectuó un sobrevuelo con dron DJI MAVIC MINI reconociendo las condiciones actuales del terreno, donde lo logró

evidenciar la invasión de zonas limítrofes al río por medio de construcciones, áreas agrícolas, zonas deportivas y uso de la vegetación del jarillón como alimento de ganado.

En la figura No. 35 se muestra la proximidad del río con el sector El Recreo encontrándose a una distancia de 300 metros. En varios casos se evidencia construcciones por debajo de la cota del río especialmente en el caso del conjunto residencial Reservado, el cual fue uno de los más afectados con la inundación del año 2011.

Figura 33

Análisis Panorámico área de estudio.



Nota. Panorámica tomada desde dron DJI Mavic mini sector Bosa El Recreo, Fuente: autor

Figura 34

Zona afectada antecedentes de inundación Bosa El Recreo



Nota. Referenciación zona inundada en el año 2011 sector de Bosa El Recreo, Fuente: autor

Figura 35

Urbanización Campo Verde próxima al río Bogotá



Nota. Proximidad Urbanización Campo Verde con el río Bogotá sector de Bosa, Fuente: autor

Figura 36

Afectación sobre los conjuntos residenciales Reservado, Kasay de los Venados II y San Ignacio.



Nota. Panorámica Canal Cundinamarca y zonas más afectadas inundaciones año 2011 producidas por reflujo de alcantarillado, Fuente: autor.

Como se evidenció en el sobrevuelo realizado, en la actualidad se presenta invasión de terrenos correspondientes a planos de inundación y valle aluvial, especialmente para usos de producción agrícola. Se observaron algunas construcciones en límites de los jarillones del río Bogotá, las cuales se encuentran en riesgo alto ante un posible fallo de estos. Por otra parte, de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se denotó la cercanía del sector de El Recreo con el río lo que genera un riesgo alto para la población y predios que lo componen dada su ubicación a distancia aproximada de 200 a 300 metros de la ribera del río.

9. Planificación documentación e impacto.

Durante el desarrollo del proyecto se siguió una planificación de acuerdo a las etapas nombradas en el diseño metodológico, partiendo de la recolección de información pertinente para el desarrollo de la investigación tanto en la teoría como en los datos prácticos, conllevando a la obtención de producto final y cumplimiento de objetivos por medio de la elaboración del Mapa de Riesgo de Inundación para el sector de Bosa El Recreo. Sin embargo, para la producción del mapa final, fue necesaria la elaboración de once (11) mapas adicionales, que contienen las capas utilizadas en el mapa de riesgo, estos documentos se denominaron:

Mapa de amenaza de inundación para Bosa El Recreo.

Mapa de vulnerabilidad de inundación para Bosa El Recreo.

Mapa área de estudio.

Mapa de densidad de habitantes.

Mapa de densidad de predios.

Mapa de Geomorfología.

Mapa de Litología.

Mapa de Pendientes.

Mapa de Precipitación.

Mapa de Uso del Suelo.

Mapa de Vulnerabilidad de Infraestructura.

Mapa de Huella de Inundación.

Por otra parte, el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto se mide a partir diferentes variables como el impacto social, impacto ambiental, impacto a la infraestructura e impacto en el tiempo, descritos a continuación:

Impacto Social

El impacto social del proyecto corresponde a la población beneficiada con el desarrollo del presente escrito por medio del mapa de riesgo de inundación para el sector de Bosa El Recreo, teniendo en cuenta datos del DANE (2018) de acuerdo al último censo en el área de estudio comprendida por las UPZ de Tintal Sur y Porvenir residen un total de 116.068 habitantes, por lo cual, el beneficio del desarrollo del mapa de inundación es de demasiada importancia para este número de personas, que corresponden generalmente a población de bajos recursos económicos y con diversas necesidades en cuanto a acceso a servicios básicos como salud, empleo y seguridad. Teniendo en cuenta los antecedentes de la zona en 2008 y 2011 donde dejó damnificados alrededor de 5.000 personas, con pérdidas de enseres y afectación a pisos, muros, estructura y ornamentación de las viviendas.

Por lo cual, este mapa desarrollado actualiza la zona de El Recreo frente al riesgo por inundación dada la ausencia de información después de las obras de adecuación desarrolladas por la CAR en la cuenca media del río Bogotá en el año 2017. Adicional, teniendo en cuenta que se han llevado a cabo nuevos procesos de invasión de planicie de inundación, desarrollo agrícola en la zona y utilización de los jarillones como alimento para ganado vacuno, por lo cual determina las áreas en riesgo de inundación del sector de El Recreo originadas por el río Bogotá.

Impacto ambiental

En cuanto al impacto ambiental se espera la generación de conciencia en la población perteneciente y circundante al área de interés, dado que en el fenómeno de inundación también intervienen factores humanos, tales como el mal manejo de residuos, contaminación de alcantarillas y arrojo de basuras al Canal Cundinamarca, lo que causa un represamiento del agua, influyendo en el aumento del nivel de esta. Situación agravada cuando se presentan olas

invernales debido al fenómeno de la Niña y la ubicación del país en la zona de convergencia intertropical.

De la misma forma esta contaminación causa un impacto a nivel de las especies de flora allí presentes, de acuerdo con la CAR (2017) hay presencia sobre la ribera del río Bogotá de árboles como el Aliso, Tuno, Cerezo, Chuque, Eucalipto y Arboloco.

Impacto de la infraestructura.

En cuanto al impacto de la infraestructura es uno de los ítems más importantes con el desarrollo del mapa de riesgo de inundación para el sector de El Recreo en Bosa, debido a que aporta datos de interés en cuanto a las edificaciones que se encuentran en riesgo alto y medio de inundación, lo cual permite servir como guía a las organizaciones gubernamentales y locales para idear planes de contingencia y estrategias que permitan mitigar el daño a la infraestructura. De la misma forma, permite observar que Centros educativos, red hospitalaria, vías y urbanizaciones de El Recreo se encuentran en riesgo por inundación, información útil especialmente en épocas de olas invernales.

Impacto en el tiempo

En cuanto el impacto a mediano plazo, se da por la determinación de las áreas susceptibles a inundación y en cómo influye esta sobre la infraestructura básica actual, es decir, brinda un panorama de cómo se podría afectar la zona en todos sus ámbitos tanto sociales, económicos, transporte, servicios, edificaciones y demás. De igual manera, permite priorizar las zonas con mayor riesgo debido a su clasificación en escala de alto, medio y bajo.

De acuerdo con Gordillo (2013) la localidad de Bosa se ha inundado en el año 1993, 1994, 1996, 2007, 2008 y 2011 esto dado por el proceso de expansión, invasión y construcción sobre los valles aluviales, zonas que se encuentran por debajo de la cota de los principales ríos que convergen en la localidad como el Tunjuelito y Bogotá. Por lo cual el mapa a mediano plazo podría ayudar a orientar futuras obras de mejoramiento y prevención de inundaciones.

En cuanto al impacto a largo plazo, el mapa de riesgo brinda información sobre la susceptibilidad a inundaciones de zonas que pretendan ser usadas para el desarrollo obras de infraestructura de la localidad, tales como el Hospital de Bosa Patio Taller Metro Bogotá y avenida Longitudinal de Occidente que en este momento se encuentran proyectadas para ser o terminar su etapa constructiva en el sector del Bosa el Recreo.

Por último, pretende generar conciencia y responsabilidad en el ámbito profesional, debido a la expansión que tiene la ciudad sobre este sector colindante con la sabana de occidente, con el fin de no continuar urbanizando los valles aluviales, debido que al largo plazo esto generaría mayores afectaciones a la población en el ámbito social, económico, salud y de bienestar por ser terrenos susceptibles a inundaciones.

10. Conclusiones.

La información recolectada en el presente escrito permitió obtener un panorama actualizado frente al riesgo de inundación existente en el sector de Bosa El Recreo catalogados en niveles de alto, medio y bajo, lo cual permitió determinar que los conjuntos residenciales Kasay de los Venados II, Reservado, San Ignacio y Santiago de las Atalayas, son las urbanizaciones más propensas a ser afectadas por este fenómeno natural.

Se logra concluir que la UPZ Tintal Sur es la zona más propensa a inundaciones, de la misma forma, aquella que puede tener el mayor número de viviendas afectadas, esto debido a la densidad poblacional y una mayor cantidad de urbanizaciones construidas dentro del sector de Bosa El Recreo.

Por otra parte, para el caso de las urbanizaciones colindantes con Bosa El Recreo se logra determinar que el sector de Villas de Vizcaya obtuvo un riesgo bajo de inundación. Mientras que, para el caso de la Ciudadela Campo Verde varia a un riesgo moderado entre variables alto y medio, siendo este último el de mayor afectación en toda la localidad de Bosa esto debido a factores como la convergencia de los ríos Tunjuelito y Bogotá en ese punto.

Es determinante la elevación del terreno con respecto al río Bogotá, debido a que para el caso de los conjuntos residenciales Kasay de los Venados II, Recreo Reservado y San Ignacio se encuentran contruidos por debajo de la cota del río Bogotá, la cual corresponde a 2.546 metros, mientras que, para el caso de los conjuntos residenciales corresponde a 2.544 metros.

Se concluye que adicional a las cotas del terreno, otro factor influyente es la baja permeabilidad de los suelos presentes en el sector de Bosa El Recreo y en la mayoría de la localidad en sí, debido a que están catalogados como suelos aluviales y lacustres, los cuales se caracterizan por ser suelos con poca capacidad de drenar aguas, esto de acuerdo a la guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos (2013).

Por otra parte, respecto a la infraestructura del sector de Bosa El Recreo se logra determinar que la avenida Longitudinal de Cundinamarca (ALO) la cual se encuentra en desarrollo, tiene un riesgo clasificado en alto y medio durante todo su trazado por la localidad de Bosa y los municipios de Mosquera y Soacha, dada su cercanía a los ríos Bogotá y Tunjuelito.

Realizando la trasposición de la infraestructura básica como centros educativos, red de salud, vías y urbanizaciones, se logra determinar con el mapa riesgo de inundación cual es la infraestructura más susceptible, encontrándose el Colegio Kimi Pernía Doménico, Unidad de Servicios de Salud El Recreo, urbanizaciones de la Ciudadela Campo Verde y la avenida ALO.

Los mapas desarrollados en el presente escrito pretenden servir de elemento orientador para futuras investigaciones o actualización de parámetros que pueden llegar a afectar el sector o la localidad de Bosa.

Es importante tener en cuenta los cambios que con el transcurrir del tiempo se presentan en los suelos, esto debido a factores naturales y artificiales producidos estos últimos por intervención del hombre, lo cual cambia el panorama de riesgo de inundación de la zona.

Se debe recalcar la importancia de restringir el uso del suelo sobre el valle aluvial de ríos y planicies de inundación, esto dado que estos suelos son poca permeabilidad y hacen parte de los ecosistemas naturales de los cuerpos de agua donde son propensos a inundaciones, por lo cual al existir infraestructura desarrollada como viviendas o vías podría generar afectación a vidas humanas, animales y factores económicos.

Es recomendable desarrollar planes de mitigación e impacto en la zona de Bosa Recreo dado los antecedentes de inundación y reflujo de alcantarillado que se han presentado en la zona, eventualidades en las que se observó una desarticulación de las entidades estatales al desbordar la capacidad de las instituciones ante este tipo de emergencias.

La localidad de Bosa es una de las más altas en cuanto a índices demográficos, pobreza, analfabetismo e inseguridad por lo cual inundaciones como las presentadas en el 2008 y 2011 pueden llegar a afectar a un mayor número de población vulnerable, causando riesgo alto sobre el número de viviendas existentes en la zona.

Durante la ejecución del proyecto se logra concluir que las UPZ Tintal Sur y Porvenir son las zonas de mayor riesgo a inundación por su cercanía a los afluentes hídricos río Bogotá y Tunjuelo, además de factores como densidad poblacional y predial al tratarse de urbanizaciones bajo el concepto de supermanzanas sin precedentes en la localidad.

Se concluye que el siguiente escrito funcione como base para incrementar el número de parámetros tales como mapa de eventos, hidrotopografía, series hidrometereológicas, caudales y demás que se consideren necesarios para lograr resultados más específicos sobre el riesgo de inundación que pueda afectar la infraestructura existente.

Por último, se concluye la importancia del método AHP, al generar modelos matemáticos que brinden grados de exactitud altos ante eventos complejos.

10. Bibliografía

Acuerdo 15/1998, de 08 de diciembre, por la cual se crea una Empresa Industrial y Comercial del Distrito Capital, se le asignan las funciones de Banco de Tierras y de Promoción de la Vivienda de Interés Social y se dictan otras disposiciones. Registro Distrital, 1808, de 28 de diciembre de 1998.

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=932>

Bogota.gov.co. (s/f). ¡Bogotá, más cerca de la gente! Recuperado el 8 de julio de 2022 de

Bouzas, V. (2019). Zonas inundables. Importancia y gestión. TYSMAG.

<https://tysmagazine.com/zonas-inundables-importancia-y-gestion/>

Carabias, J. y Landa, R. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad. Biblioteca virtual rs

http://www.bibliotecavirtualrs.com/recursos/agua_medio_ambiente_y_sociedad.pdf

Cepeda, B. Piedra, M.A. y Cordoba, D.E. (2015). *Proyecto Ciudadela El Recreo* –

Metrovivienda [tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio

PUJ. https://issuu.com/barbaracepeda/docs/proyecto_ciudadela_el_recreo_metrov_db138553d9b118

Compilación de la Legislación Aplicable al Distrito Capital -Régimen Legal de Bogotá. (1998).

Recuperado el 8 de julio de 2022, de

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=932&dt=>

Corporación Autónoma Regional (2006). Plan de Ordenación y manejo de la Cuenca

Hidrográfica del Río Bogotá. Corporación Autónoma Regional

<https://www.car.gov.co/vercontenido/41>

Corporación Autónoma Regional. (2017). Biodiversidad del Río Bogotá.

<https://orarbo.gov.co/es3/el-observatorio-y-los-municipios/biodiversidad-del-rio-bogota#:~:text=Corono%2C%20Espino%2C%20Raque%2C%20Array%C3%A1n,Uvilla%20y%20Mano%20de%20Oso.>

Corporación Autónoma Regional. (2018). Vive el río Bogotá. CAR. Recuperado el 16 de julio de 2022 de https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/27

Corporación Autónoma Regional. (s/f). Vive el río Bogotá. CAR. Recuperado el 16 de julio de 2022 de https://www.car.gov.co/rio_bogota

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). Población UPZ Bogotá.

<https://bogota-laburbano.opendatasoft.com/explore/dataset/poblacion-upz-bogota/map/?flg=es&location=14.4.65915,-74.19861&basemap=jawg.streets.>

Gonzales, J. (2014). La gestión del riesgo de desastres en las inundaciones de Colombia: una mirada crítica, Bogotá D.C. [Tesis de grado de especialización, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional.

https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2128/1/Gesti%C3%B3n_riesgo_desastres_inundaciones_%20Colombia_mirada-cr%C3%ADtica.pdf

Gordillo, A. (2013). Análisis de vulnerabilidad y medidas regulatorias para Inundaciones en Bosa. [Tesis de pregrado en ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/921/2/AN%C3%81LISIS%20DE%20VULNERABILIDAD%20Y%20MEDIDAS%20REGULATORIAS%20PARA%20INUNDACIONES%20EN%20BOSA.pdf>

Gutiérrez, J.M. y Mateus, D.A. (2017). Análisis de características fundamentales de construcción de viviendas en riesgo de inundación [tesis de pregrado, Universidad Piloto]

de Colombia]. Repositorio institucional UPC.

<http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004071.pdf>

https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=9249&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME.

<https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/Bosa.pdf>

IDEAM. (2015). Porcentaje de participación de emisiones de GEI en cuatro grandes grupos, según metodología del IPCC para Colombia y Bogotá tomando como referencia el 100% de las emisiones de cada uno [Grafico].

<https://www.idiger.gov.co/rcc#:~:text=Seg%C3%BAAn%20el%20IDEAM%20se%20espera,y%20ancho%20de%20su%20territorio.&text=Se%20proyecta%20un%20aumento%20de,2040%2C%202070%20y%202100%20respectivamente>

IDEAM. (2016, 05 de julio). *Fenómeno La Niña en Colombia* [video]. YouTube.

https://www.youtube.com/watch?v=y-dbLt_zKW0

IDEAM. (2017). Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. 06-07.

http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023774/GUIA_METODOLOGICA_MAPAS_INUNDACION_MARZO_2018.pdf.

IDEGER. (2022). Caracterización General del Escenario de Riesgo por Inundación.

<https://www.idiger.gov.co/rinundacion>.

Ingenieros Asesores. (2020). Arquitectura y edificación. Los daños estructurales por

humedades más frecuentes. <https://ingenierosasesores.com/actualidad/danos-estructurales-por->

[humedades/#:~:text=No%20solo%20la%20seguridad%20se,la%20estabilidad%20de%20los%20edificios](https://ingenierosasesores.com/actualidad/danos-estructurales-por-humedades/#:~:text=No%20solo%20la%20seguridad%20se,la%20estabilidad%20de%20los%20edificios)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2011). Fenómeno Niño y

Niña - IDEAM. (2011). <http://www.ideam.gov.co/web/siac/ninoynina>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (s/f). Amenazas

inundación. IDEAM. Consultado el 02 de agosto de 2022.

<http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2022). *Caracterización General del Escenario de Riesgo por Inundación*. <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2016). *Caracterización General del Escenario de Cambio Climático para Bogotá*.

<https://www.idiger.gov.co/rcc#:~:text=Seq%C3%BAn%20el%20IDEAM%20se%20espera,y%20ancho%20de%20su%20territorio.&text=Se%20proyecta%20un%20aumento%20de,2040%2C%202070%20y%202100%20respectivamente>

Ley 2079/2021, de 14 de enero, por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de vivienda y hábitat. Boletín oficial de Estado.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=160946#>

Meteoblue weather. (s/f). Cambio climático Bogotá. Meteoblue. Consultado el 09 de agosto de 2022. https://www.meteoblue.com/es/climate-change/bogot%C3%A1_colombia_3688689

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2020). VIS y VIP. Minvivienda.

[https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/vis-y-vip#:~:text=Vivienda%20de%20Inter%C3%A9s%20Social%20\(VIS,mensuales%20vigentes%20\(135%20SMLM\)](https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-vivienda/vis-y-vip#:~:text=Vivienda%20de%20Inter%C3%A9s%20Social%20(VIS,mensuales%20vigentes%20(135%20SMLM))

Monroy, Y. Prada, A. (2019). Zonificación de fenómenos amenazantes para la construcción de escenarios de riesgo, como herramienta en la planificación territorial del municipio de

Facatativá Cundinamarca. [Tesis de pregrado en ingeniería ambiental, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2787>.

Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá. (2019). La historia no recordada del río Bogotá. Recuperado 13 de julio de 2022 de

<http://orarbo.gov.co/es7/el-observatorio-y-los-municipios/la-historia-no-recordada-del-rio-bogota>

Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá. (2017 Obras en Cuenca Media del Río Bogotá tienen un avance del 90%

<https://www.orarbo.gov.co/es/con-la-comunidad/noticias/obras-en-cuenca-media-del-rio-bogota-tienen-un-avance-del-90>

Pamplona, N. y Mauricio, H. (2008). Análisis de los efectos en el sistema territorial después de una catástrofe natural, caso de estudio: inundaciones de Bosa y Chía [Trabajo pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional Ucatólica.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/921/2/AN%C3%81LISIS%20DE%20%20VULNERABILIDAD%20Y%20MEDIDAS%20REGULATORIAS%20PARA%20%20INUNDACIONES%20EN%20BOSA.pdf>

Pinzón, J. (2014). ¿Por qué se inundaron ciudadela el recreo y alameda del río? La urbanización de la planicie de inundación del río Bogotá [tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio institucional Universidad de los Andes

<http://hdl.handle.net/1992/12628>

Rodríguez, L. (2022). *Historia del río Bogotá*. Banrepcultural.

[https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Historia del r%C3%ADo Bogot%C3%A1&mobileaction=toggle_view_desktop](https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Historia_del_r%C3%ADo_Bogot%C3%A1&mobileaction=toggle_view_desktop)

Sánchez, A. Barrera, J. (2020). Análisis del riesgo por inundación en el río Tunjuelito en la localidad de Bosa, Bogotá D.C. [Tesis de pregrado en ingeniería ambiental, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/3390>.

Secretaria Distrital de Planeación. (2021, diciembre). Mapa CG.3.3.10 Amenaza por inundación – Decreto 555 de 2021 [Mapa]. Secretaria Distrital de Planeación.

https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/cg-3.3.10._amenaza_inundacion.pdf

Secretaria Distrital de Planeación. (2021, diciembre). Mapa de Amenaza por inundación – Decreto 190 de 2004 [Mapa]. Secretaria Distrital de Planeación.

<https://www.sdp.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/decreto-190-de-2004>

Stouhi, D. (2020). Historia de la Arquitectura: los Megalitos, la Mesopotamia y el Antiguo

Egipto. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/940392/historia-de-la-arquitectura-los-megalitos-la-mesopotamia-y-el-antiguo-egipto>

Universidad de los Andes. (2003). Estimación del efecto de Metrovivienda sobre el bienestar de la población de Bogotá. MetroVivienda.gov.co.

<http://www.metrovivienda.gov.co/httpdocs/images/investigacion1.pdf?phpMyAdmin=7GweAJLSP2alwpNkwXV44AUy5m8>

Zarza, L. (2013). ¿Qué es La Niña? Iagua Respuestas. [https:// iagua.es/respuestas/que-es-nin](https://iagua.es/respuestas/que-es-nin)

11. Anexos

Mapa de riesgo de inundación para Bosa El Recreo en formato PDF.

Mapa de amenaza de inundación para Bosa El Recreo en formato PDF.

Mapa de vulnerabilidad de inundación para Bosa El Recreo en formato PDF.

Mapa área de estudio en formato PDF.

Mapa de densidad de habitantes en formato PDF.

Mapa de densidad de predios en formato PDF.

Mapa de Geomorfología en formato PDF.

Mapa de Litología en formato PDF.

Mapa de Pendientes en formato PDF.

Mapa de Precipitación en formato PDF.

Mapa de Uso del Suelo en formato PDF.

Mapa de Vulnerabilidad de Infraestructura en formato PDF.

Mapa de Huella de Inundación en formato PDF.