

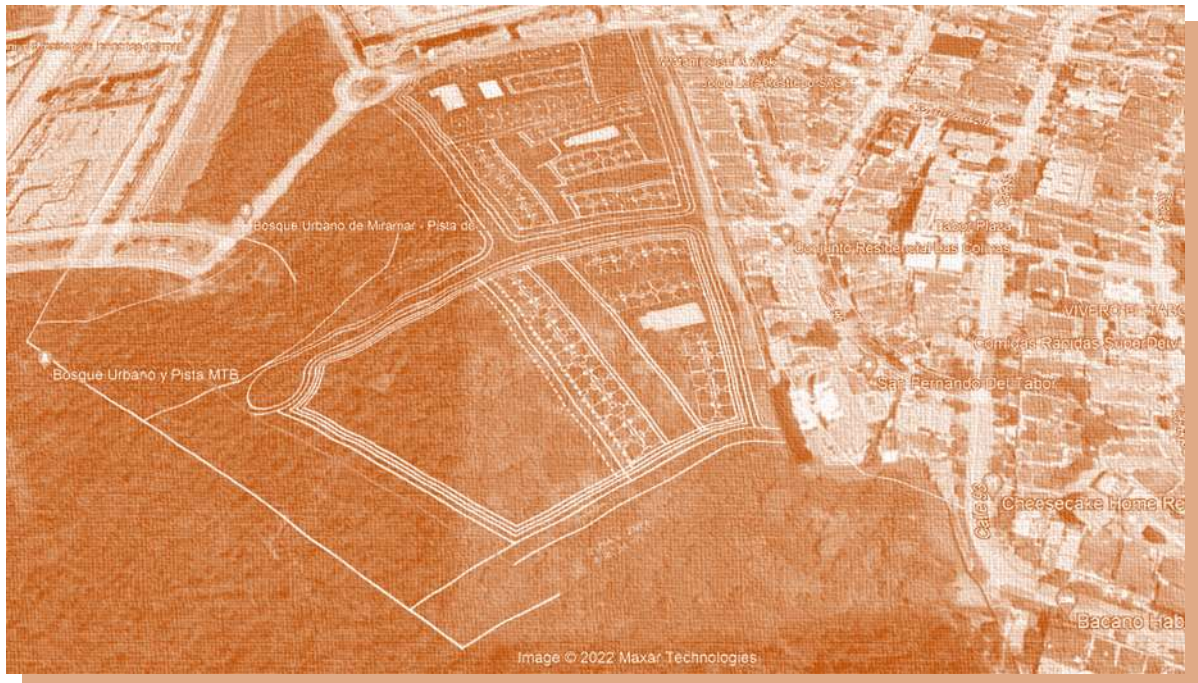
---

Documento Técnico de Soporte - D.T.S.

---

PROYECTO URBANÍSTICO “BOSQUES DE MIRAMAR”

PLAN PARCIAL DE DESARROLLO



PROMOTOR  
**Construcciones MARVAL S.A.S.**  
BARRANQUILLA D.E.I.P. - ENERO 2023

## TABLA DE CONTENIDO

### CAPÍTULO 1: COMPONENTE DE DIAGNÓSTICO PLAN PARCIAL

1. ANTECEDENTES
2. JUSTIFICACIÓN
3. OBJETIVOS DEL PLAN PARCIAL
  - 3.1. Objetivo General
  - 3.2. Objetivos Específicos
  
4. MARCO NORMATIVO
  - 4.1. Normas determinantes del Nivel Nacional
  - 4.2. Normas determinantes relativas a los Planes Parciales
  - 4.3. Decreto 0212 de 2014, Plan de Ordenamiento Territorial
    - 4.3.1. Condiciones de partida y criterios de diseño
  
5. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE PLANIFICACIÓN
  - 5.1. Área de intervención
  - 5.2. Análisis fotográfico del entorno, área de influencia y zonas por fuera de ésta.
  
6. PERTINENCIA Y PROCEDENCIA DEL PLAN PARCIAL
  
7. DIAGNÓSTICO TERRITORIAL -COMPONENTE URBANÍSTICO
  - 7.1. Unidad Predial involucrada
  - 7.2. Análisis de Estructuras Urbanas en el Territorio de Intervención
    - 7.2.1. Estructura Ecológica
    - 7.2.2. Gestión del Riesgo
      - 7.2.2.1. Amenazas
      - 7.2.2.2. Estudio de Riesgo
    - 7.2.3. Estructura Funcional y de Servicios
      - 7.2.3.1.1. Subsistema Vial
      - 7.2.3.1.2. Subsistema de Transporte
      - 7.2.3.2. Sistema de Equipamientos
      - 7.2.3.3. Sistema de Espacio Público
      - 7.2.3.4. Sistemas Generales de Servicios Públicos
        - 7.2.3.4.1. Servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado
        - 7.2.3.4.2. Servicio público domiciliario de energía eléctrica
        - 7.2.3.4.3. Servicio público domiciliario de gas combustible
    - 7.2.4. Estructura Socioeconómica
      - 7.2.4.1. Población

## CAPÍTULO 2: COMPONENTE DE FORMULACIÓN PLAN PARCIAL

### 1. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO DEL PLAN PARCIAL

- 1.1. Descripción general del proyecto propuesto
  - 1.1.1. Determinantes de Infraestructura Vial Principales
  - 1.1.2. Estructura Predial
  - 1.1.3. Categorización del Suelo
  - 1.1.4. Usos Específicos del Suelo

### 2. ESQUEMA URBANÍSTICO

- 2.1. Áreas generales del Plan Parcial “Bosques de Miramar”
- 2.2. Definición y localización de áreas de dominio público
- 2.3. Red vial vehicular y peatonal propuesta
- 2.4. Redes de servicios públicos domiciliarios

### 3. REPARTO GENERAL DE CARGAS Y BENEFICIOS

- 3.1. Definición para el cálculo de las cargas y beneficios
- 3.2. Cargas
  - 3.2.1. Marco general y definición
  - 3.2.2. Identificación y cálculo de las cargas
- 3.3. Beneficios

### 4. DELIMITACIÓN DE LAS UNIDADES DE ACTUACIÓN URBANÍSTICAS

### 5. NORMATIVIDAD DEL PLAN PARCIAL

- 5.1. Condiciones normativas generales
  - 5.1.1. Usos permitidos en el Plan Parcial
  - 5.1.2. Cuantificación general de la edificabilidad permitida en el Plan Parcial
  - 5.1.3. Estacionamientos.

### 6. EVALUACIÓN FINANCIERA PLAN PARCIAL

- 6.1. Costos
- 6.2. Ingresos
- 6.3. Cronograma de ejecución
- 6.4. Presupuesto desglosado

### 7. COORDENADAS

## CAPÍTULO 1 COMPONENTE DE DIAGNÓSTICO PLAN PARCIAL

### 1. ANTECEDENTES.

El ordenamiento del territorio constituye en su conjunto, una función pública para el cumplimiento de los siguientes fines:

- a. Posibilitar a los habitantes el acceso a las vías públicas, infraestructuras de transporte y demás espacios públicos, y su destinación al uso común, y hacer efectivos los derechos constitucionales de la vivienda y los servicios públicos domiciliarios.
- b. Atender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad a la cual le es inherente una función ecológica, buscando el desarrollo sostenible.
- c. Propender por el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación del patrimonio cultural y natural.
- d. Mejorar la seguridad de los asentamientos humanos ante los riesgos naturales.

Dentro de los instrumentos de planificación complementaria de los planes de ordenamiento territorial, consagrados en la Ley 388 de 1997, se encuentran entre otros, los Planes Parciales, y los cuales como instrumento que desarrollan y complementa las disposiciones de los planes de ordenamiento para predios ubicados en suelo urbano y en suelo de expansión urbana.

Por lo señalado anteriormente, y en concordancia con el ordenamiento jurídico vigente, la sociedad Construcciones Marval S.A.S., formula y pone a consideración, este proyecto urbanístico, para ser desarrollado directamente por el sector privado de acuerdo con los parámetros que determino el plan de ordenamiento territorial, este Plan Parcial, denominado “*Bosques de Miramar*” se encuentra ubicado la zona alta del sector de Miramar, en el distrito de Barranquilla, en una zona con tratamiento urbanístico, de Desarrollo nivel Medio, y uso principal de vivienda.

El predio objeto del presente Plan Parcial, tiene un área de 74.950,85 m<sup>2</sup>, ubicado en un sector estratégico para la ciudad, con estándares positivos, de espacio público efectivo, reflejado en el proyecto “*Bosques de Miramar*”, entre otros, así mismo, vías de acceso nuevas y existentes de perfil generoso y gran potencial de valorización y que busca la comodidad, el confort y el

disfrute de la población que a futuro disfrutara de sus beneficios, mejorando su calidad de vida.

## 2. JUSTIFICACIÓN.

El Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Barranquilla<sup>1</sup> establece las políticas que orientan y regulan la urbanización de los terrenos o conjunto de terrenos urbanizables no urbanizados, localizados en suelo urbano o de expansión.

En el marco de lo establecido por la legislación para el ordenamiento territorial a nivel nacional y distrital, y por iniciativa de la sociedad CONSTRUCCIONES MARVAL S.A.S., identificada por el NIT. 890.211.777-9, mediante contrato de mandato con representación, debidamente presentado ante la Notaria Tercera del Círculo de Barranquilla, el 14 de enero del 2021, en el cual la sociedad GRUPO ARGOS S.A., identificada con el NIT. 890.900.266-3; autoriza a la sociedad CONSTRUCCIONES MARVAL S.A.S., a realizar todos los actos necesarios para obtener la aprobación del Plan Parcial, en los términos del Decreto Nacional 1077 de 2015 y demás normas vigentes aplicables, para desarrollar un área de 74.950,85 M<sup>2</sup>, identificado con la matrícula inmobiliaria 040-613314, el cual fue segregado del inmueble de mayor extensión denominado “Globo Numero Uno B (1B)” identificado con la matrícula inmobiliaria 040-390492 y referencia catastral 01.03.0853.0002.000 en jurisdicción del distrito de Barranquilla, lo anteriormente señalado de conformidad a la ESCRITURA PUBLICA N° 957 del 24 de diciembre de 2020, otorgada por la Notaria Octava del Círculo de Barranquilla.

La formulación del presente Plan Parcial además de responder a las exigencias normativas, tiene como objetivo *articularse con las políticas para el crecimiento social, económico y urbano del distrito de Barranquilla (Atlántico)*, mejorando la calidad de vida de la población, ofreciendo a un alto número de habitantes de la ciudad y la región la posibilidad de acceder a un espacio habitable digno, respetuoso y alcanzable. en función de avanzar hacia un modelo de ordenamiento territorial sostenible y competitivo, cumpliendo en concordancia con el Decreto 1077 de 2015, el cual señala, que para la formulación y adopción de los planes parciales se seguirá la siguiente secuencia de tres etapas, conforme con lo dispuesto:

---

<sup>1</sup> Decreto 0212 del 28 de febrero de 2014, Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla.

- a. Etapa de formulación y revisión.
- b. Etapa de concertación y consulta.
- c. Etapa de adopción

### 3. OBJETIVOS DEL PLAN PARCIAL.

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un modelo de planificación sostenible que permita su potencialización económica y social con la promoción de nuevas alternativas para proyectos residenciales, con densidades y niveles de edificabilidad, competitivos, y proyectando valores paisajísticos y ambientales en suelo urbano.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a. Promover el uso eficiente del suelo urbano, para el desarrollo de actividades residenciales, actualizando densidades urbanas, integrando la ciudad a este espacio natural en forma ambientalmente sostenible, particularmente al sector de Miramar.
- b. Planificar el área generando zonas estratégicas para la localización e integración de equipamientos, servicios urbanos y espacio público eficientes, aptos para usos residenciales, la recreación y el esparcimiento, necesarios para presentar nuevos desarrollos urbanísticos.
- c. Incorporar el nuevo sistema vial que permita integrar eficiente y estratégicamente la ciudad consolidada y los nuevos desarrollos, garantizando mayor movilidad y accesibilidad.
- d. Garantizar un modelo de gestión y financiamiento del plan parcial para su ejecución y consolidación en una propuesta de corto y mediano plazo.

### 4. MARCO NORMATIVO.

El rol del Estado como guía de las intervenciones sobre el territorio, se basa en la Ley 388 de 1997, otorgando autonomía a las entidades territoriales, tal como lo señala la Ley Orgánica de los Planes de Desarrollo, promoviendo el uso equilibrado y racional del suelo, garantizando su función social y ecológica e

instrumentando los sistemas de distribución equitativa de cargas y beneficios, señalados en dicha ley.

Sobre esta base, es función fundamental del Estado determinar el destino de los territorios mediante su función pública y participativa, sobre la cual la Administración, define de una manera concertada, las directrices para la transformación y consolidación de un territorio, regulando los usos, sus aprovechamientos, ocupación, entre otros factores que permitirán definir su consolidación futura.

El Decreto 0212 de 2014, por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla, define como mecanismos de gestión a los planes parciales, los cuales pueden ser promovidos por instancias gubernamentales, el sector privado o mixto, y constituyen un mecanismo de gestión que busca propiciar el desarrollo de unidades territoriales específicas, y serán obligatorios en las zonas de expansión urbana, en zonas de desarrollo y en las zonas de renovación según sea el caso, podrán ser solicitados por voluntad de los promotores de un proyecto urbanístico específico, así como en los demás casos establecidos en el POT y en la Ley 388 de 1997.

El Plan Parcial, como instrumento de planificación y gestión para la generación de suelo urbano, permite obtener mejores estándares en espacio público libre y construido, además de las infraestructuras físicas necesarias de movilidad, servicios públicos básicos, centralidades y vivienda dignas para la población, así como genera los soportes fundamentales del desarrollo urbano en equilibrio con el medio ambiente y la esfera de lo social. La aplicación del principio de reparto de cargas y beneficios, en el marco del plan parcial, garantiza socializar los costos y los beneficios del desarrollo territorial.

El Plan Parcial “Bosques de Miramar” como proyecto estratégico, constituye una excelente oportunidad para demostrar las bondades de este instrumento de planificación y gestión para desarrollar una de las principales áreas de desarrollo de la ciudad, con un alto potencial de transformación en su imagen urbana. Se torna en referente espacial para la construcción de nueva ciudad con excelente infraestructura urbana y valoración ambiental para la comunidad que lo habitará.

Los planes parciales y demás instrumentos de planificación y gestión contenidos en la ley y en el Plan de Ordenamiento permiten regular las dinámicas de transformación territorial y direccionar las tendencias de desarrollo en el logro de condiciones óptimas para mejorar la calidad de vida de la población actual y futura.

#### 4.1. NORMAS DETERMINANTES DEL NIVEL NACIONAL.

- a. Ley 388 de 1997 "*Ley de Desarrollo Territorial*"
- b. Ley 1796 de 2016 "*Por la cual se establecen medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda, el incremento de la seguridad de las edificaciones y el fortalecimiento de la función pública que ejercen los curadores urbanos, se asignan unas funciones a la Superintendencia de notariado y registro y se dictan otras disposiciones*"
- c. Ley 9 de 1989 "*Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones*".
- d. Decreto Ley 019 de 2012 "*Por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública*"
- e. Decreto N° 2181 de 2006 "*Por el cual se reglamentan parcialmente las disposiciones relativas a planes parciales contenidas en la Ley 388 de 1997 y se dictan otras disposiciones en materia urbanística*". (Compilado en el Decreto 1077 de 2015)
- f. Decreto N° 4300 de 2007 "*Por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a planes parciales de que tratan los artículos 19 y 27 de la Ley 388 de 1997 y el artículo 80 de la Ley 1151 de 2007, se subrogan los artículos 1°, 5°, 12 y 16 del Decreto 2181 de 2006 y se dictan otras disposiciones.*" (Compilado en el Decreto 1077 de 2015)
- g. Decreto N° 4065 de 2008 "*Por el cual se reglamentan las disposiciones de la Ley 388 de 1997 relativas a las actuaciones y procedimientos para la urbanización e incorporación al desarrollo de los predios y zonas comprendidas en suelo urbano y de expansión y se dictan otras disposiciones aplicables a la estimación y liquidación de la participación en plusvalía en los procesos de urbanización y edificación de inmuebles.*" (Compilado en el Decreto 1077 de 2015)
- h. Decreto 075 de 2013 "*Por la cual se reglamentan los porcentajes de suelo destinado a programas de Vivienda de Interés Social para predios sujetos a los tratamientos de desarrollo y renovación urbana y se dictan otras disposiciones*". (Compilado en el Decreto 1077 de 2015)
- i. Decreto 1077 de 2015, "*Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*"

#### 4.2. NORMAS DETERMINANTES RELATIVAS A LOS PLANES PARCIALES.



Normas determinantes relativas a los Planes Parciales y a intervenciones sobre el territorio que deben ser consideradas y contempladas en la formulación y ejecución de los mismos:

- a. Artículo 19 de la Ley 388 de 1997
- b. Decreto 0212 de 2014, que adopta el POT del Distrito de Barranquilla

#### 4.3. DECRETO 0212 DE 2014, PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

El Decreto Distrital 0212 de febrero 28 de 2014 con el cual la Administración Distrital adoptó el Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla establece en el Artículo 118 que:

Los Planes Parciales son los instrumentos mediante los cuales se desarrollan y complementan las disposiciones de los planes de ordenamiento, para área determinadas del suelo urbano y para las áreas incluidas en el suelo de expansión urbana, de acuerdo con las autorizaciones emanadas de las normas urbanísticas generales.

Mediante el plan parcial se establecerá el aprovechamiento de los espacios privados, con la asignación de sus usos específicos, intensidades de uso y edificabilidad, así como las obligaciones de cesión y construcción y dotación de equipamientos, espacios y servicios públicos, que permitirán la ejecución asociada de los proyectos específicos de urbanización y construcción de los terrenos incluidos en su ámbito de planificación, ya sea en suelo urbano o en suelo de expansión.

Por otra parte, el artículo 355 del mencionado Decreto, establece la obligatoriedad de formular planes parciales como procedimiento previo al trámite de la licencia de urbanización, para áreas sin urbanizar en suelo urbano mayores a cinco hectáreas de área neta urbanizable (5 Ha. de ANU). En el caso específico del Plan Parcial Bosques de Miramar, posee un área mayor a cinco hectáreas en suelo con tratamiento de desarrollo.

##### 4.3.1. CONDICIONES DE PARTIDA Y CRITERIOS DE DISEÑO.

De conformidad por lo señalado en la Ley 388 de 1997, Ley de Ordenamiento Territorial, los municipios y Distritos deben incorporar en el Plan de Ordenamiento Territorial las políticas de mediano y corto plazo sobre uso y ocupación del suelo urbano y de las áreas de expansión, en armonía con el modelo estructural de largo plazo adoptado en el componente general y con las previsiones sobre transformación y crecimiento espacial de la ciudad.

En los Planes de Ordenamiento igualmente se incorporan las normas urbanísticas específicas que se expidan en desarrollo de planes parciales para unidades de actuación urbanística y para otras operaciones como macroproyectos urbanos integrales y actuaciones en áreas con tratamientos de renovación urbana o mejoramiento integral.

Con la regulación específica en el POT sobre Planes Parciales, se requiere la integración normativa de la reglamentación de la Ley 388 de 1997 sobre planes parciales definida por el Decreto Nacional 2181 de 2006 y el Decreto Nacional 4300 de 2007, complementado por el Decreto 1478 de 2013, los cuales fueron compilados por el Decreto 1077 de 2015, con normas que dictan disposiciones relativas a planes parciales, unidades de actuación urbanística, para realizar el procedimiento para la formulación, adopción y contenido del Plan Parcial Bosques de Miramar.

De conformidad con lo señalado en el POT, el área definida como parte del Plan Parcial Bosques de Miramar, se localiza en suelo urbano, tratamiento urbanístico de Desarrollo, y en concordancia con el artículo 123 del mencionado Decreto, dentro de las funciones que establece en la exigencia de áreas de delimitación para el desarrollo de planes parciales, se encuentra que, en suelo urbano con tratamiento de desarrollo, el área mínima para la delimitación de un Plan Parcial será de tres (3) hectáreas y área máxima será de 50 hectáreas.

Por cuanto los propietarios del área de intervención proponen un proceso de planificación para el área, se acogen al numeral dos del artículo 123 del POT, que les permite formular un Plan Parcial de Desarrollo, así como se describió anteriormente.

## 5. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE PLANIFICACIÓN.

El Plan Parcial Bosques de Miramar, se encuentra ubicado al nor occidente del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, en suelo clasificado como urbano y en una zona con predominancia de usos residenciales y de comercio de bienes y servicios, para la cual la Vía Circunvalar es el eje de desarrollo de las actividades, a la vez que sirve de elemento integrador con las demás zonas de la ciudad. El proyecto se ubica en el predio de mayor extensión denominado “Globo Número Uno B (1B)” para desarrollar un área de 74.950,85 M<sup>2</sup>, que será segregada del inmueble

identificado con la matricula inmobiliaria 040-390492 y referencia catastral 01.03.0853.0002.000 en jurisdicción del distrito de Barranquilla.

Por su parte, en la distribución equitativa de cargas y beneficios del Plan Parcial "Bosques de Miramar", se tiene en cuenta que se ubica en tratamiento desarrollo, y teniendo esto en cuenta se realiza el cálculo de proporcionalmente a las condiciones que se establecen para este tratamiento urbanístico.

Para el cumplimiento de las obligaciones mínimas del área de Desarrollo en el predio, se deberá cumplir las condiciones mínimas señaladas en el POT, así:

1. El área máxima de delimitación del área de Plan Parcial en Tratamiento de desarrollo en suelo urbano será de cincuenta (50) hectáreas.
2. Las cesiones urbanísticas obligatorias que deberán realizarse en actuaciones de urbanización en planes parciales o licencias de urbanismo serán del 25% del Área Neta Urbanizable distribuidas así: 20% del Área Neta Urbanizable (ANU) destinado para parques y zonas verdes y el 5% restante del ANU, destinado a equipamiento comunal público.
3. A estas cesiones señaladas se adicionan las cesiones urbanísticas obligatorias para dotar al área respectiva del sistema vial intermedio y local, vehicular o peatonal con sus respectivos andenes y las áreas para redes secundarias de servicios públicos.
4. Se establece para el tratamiento de desarrollo en suelo urbano, mediante plan parcial o proyecto urbanístico de conformidad con lo establecido en la Ley 1537 del 2012, el Decreto Nacional 075 de 2013 y el decreto 1077 de 2015 la obligación de destinar un porcentaje del 20% del área útil residencial del plan parcial o del proyecto urbanístico en predios con tratamiento de desarrollo en suelo urbano y de expansión urbana, para la construcción de Vivienda de Interés Prioritario, VIP. Lo anteriormente señalado, en concordancia con el ARTICULO 2.2.2.1.5.1.1 del Decreto 1077 de 2015, el cual señala; *"para el desarrollo de Programas de Vivienda de Interés Social Prioritaria (VIP) en tratamiento de desarrollo. De conformidad con lo previsto en el artículo 46 de la Ley 1537 de 2012, en el componente urbano de los planes de ordenamiento territorial de los municipios o distritos con población urbana superior a 100.000 habitantes y de los municipios localizados en el área de influencia de aquellos con población urbana superior a 500.000 habitantes conforme los criterios previstos en el parágrafo 1 del artículo 91 de la Ley 388 de 1997, se deberán definir los porcentajes mínimos de suelo para el desarrollo*

de programas de vivienda de interés social prioritaria (VIP)". Así mismo el ARTICULO 2.2.2.1.5.3., establece que; "Para el cumplimiento de la obligación establecida en la presente Sección, el propietario y/o urbanizador podrá optar por una de las siguientes alternativas:

1. En el mismo proyecto.
2. Mediante el traslado a otros proyectos del mismo urbanizador, localizados en cualquier parte del suelo urbano o de expansión urbana del municipio o distrito.
3. Mediante la compensación en proyectos que adelanten las entidades públicas que desarrollen programas y proyectos VIS o VIP, a través de los bancos inmobiliarios, patrimonios autónomos o fondos que creen los municipios y distritos para el efecto."

A su vez, el ARTICULO 2.2.2.1.5.3.2 de la norma Ibidem, señala: "Cuando la exigencia de destinar suelo para VIS o VIP se cumpla al interior del mismo proyecto, la localización y delimitación de las áreas destinadas al cumplimiento de la obligación se hará en los planos que se aprueben con las correspondientes licencias de urbanización.

A su vez, los planes parciales correspondientes determinarán la forma de definir las localizaciones de los terrenos tendientes al cumplimiento del porcentaje expresado, así como las diferentes alternativas para su cumplimiento.

La localización de estas áreas también deberá señalarse en la incorporación del proyecto urbanístico a la cartografía oficial del municipio o distrito.

Parágrafo. Para efectos del control de los compromisos establecidos en el presente artículo, cuando los curadores urbanos expidan licencias de urbanización sobre predios sujetos a la obligación de que trata esta Sección, informarán de esta circunstancia a la oficina de planeación y a los demás curadores urbanos del municipio o distrito. Para el efecto, sin perjuicio de lo previsto en el Decreto número 2150 de 1995 y en el presente decreto, de los primeros diez (10) días calendario de cada mes, se enviará copia de las licencias de urbanización expedidas o, en caso que el correspondiente curador tenga página web, se hará la publicación de las mismas la cual deberá estar disponible de manera permanente para verificar lo previsto en este parágrafo.

ARTICULO 2.2.2.1.5.3.3 Cumplimiento de la obligación mediante el traslado a otro

proyecto. La obligación de destinar suelo para se podrá trasladar a cualquier otra zona urbana o de expansión urbana del municipio o distrito, en terrenos

sometidos a tratamiento de desarrollo o de renovación urbana en la modalidad de redesarrollo.

El área a destinar en el predio donde se origina la obligación será objeto de conversión aplicando la relación que arroje la comparación de los avalúos catastrales del predio en que se debe cumplir originalmente con la obligación y de aquel a donde se trasladará su cumplimiento. Para este efecto, se aplicará la siguiente fórmula:

$$A2 = A1 \times (V1/V2)$$

Dónde:

A2 = Área de VIS o VIP trasladada a otro proyecto.

A1 = Área de VIS o VIP a destinar en el proyecto original.

V1= Valor catastral del metro cuadrado de suelo donde se ubica el proyecto original.

V2 = Valor catastral del metro cuadrado de suelo a donde se traslada la obligación.

Parágrafo 1. Se entiende por valor catastral del metro cuadrado de suelo el resultante de dividir el valor total del predio por su área.

Parágrafo 2. Para efectos de acreditar el cumplimiento de la obligación de que trata este artículo se deberá presentar como requisito para la expedición de la licencia de urbanización ante el curador urbano o la autoridad municipal o distrital competente, la licencia o licencias de urbanización correspondientes al suelo destinado para VIP en otros proyectos, cuyo titular sea la misma persona sobre quien recae la obligación de acreditar el cumplimiento de los porcentajes de suelo destinados a VIP.

Para efectos de verificar el cumplimiento del requisito de que trata el inciso anterior, el curador urbano o la autoridad municipal o distrital competente al expedir el acta de observaciones al proyecto de urbanización requerirá al interesado para que aporte la licencia o licencias de urbanización correspondientes al suelo destinado para VIS o VIP en otros proyectos dentro del término previsto en el artículo 2.2.6.1.2.2.4 del presente decreto.

Parágrafo 3. Los valores catastrales de que trata la fórmula definida en el presente artículo, podrán ser sustituidos por valores comerciales de referencia, siempre y cuando el municipio o distrito cuente con avalúos de referencia por zonas homogéneas tanto para la zona donde ubica el proyecto original como para aquella donde se ubica el proyecto adonde se debe trasladar la obligación.

En ningún caso, se podrá involucrar el valor de la edificabilidad de las áreas sujetas al cumplimiento de la obligación.

Parágrafo 4. La obligación de que trata este artículo también podrá cumplirse en municipios localizados dentro del área de influencia de ciudades con

población urbana superior a 500.000 habitantes, siempre y cuando, previamente los municipios y/o distritos se hayan asociado, celebrado convenios interadministrativos o adoptado cualquier otro mecanismo legal que permita establecer las condiciones recíprocas entre ellos para el cumplimiento y control de esta obligación, de conformidad con lo previsto en el presente decreto.

ARTICULO 2.2.2.1.5.3.4 Cumplimiento de la obligación mediante la compensación en proyectos que adelanten las entidades públicas que desarrollen programas y proyectos VIS o VIP, a través de los bancos inmobiliarios, patrimonios autónomos o fondos que creen los municipios y distritos para el efecto. La obligación de destinar suelo para VIP también se podrá hacer efectiva en los programas o proyectos que adelanten las entidades públicas municipales o distritales, mediante la compra de derechos fiduciarios.

En estos casos, la estimación del área a destinar a VIS o VIP se calculará aplicando la misma fórmula descrita en el artículo anterior, pero el valor de la compra de los derechos fiduciarios se hará sobre el valor comercial del predio o predios donde se desarrollará el proyecto.

Para efectos de verificar el cumplimiento de esta obligación, el curador urbano o la autoridad municipal o distrital competente requerirá al interesado, dentro del mismo término a que se refiere artículo 2.2.6.1.2.2.4 del presente decreto para que aporte la certificación expedida por la sociedad fiduciaria correspondiente en la que conste la compra de derechos fiduciarios de fideicomisos mercantiles constituidos para la ejecución de este tipo de proyectos, conforme lo dispuesto en el inciso final del artículo 36 de la Ley 388 de 1997.

No se entenderá cumplida la obligación de que trata esta Sección cuando se haga efectiva a través de la compra de derechos fiduciarios a terceros que, a su vez, los hayan adquirido para acreditar el cumplimiento de su obligación a destinar suelo para VIS o VIP.

Parágrafo 1. El valor de la compra de los derechos fiduciarios se hará sobre el valor comercial del predio o predios donde se desarrollará el proyecto.

Parágrafo 2. Sin perjuicio de lo dispuesto en este artículo, los municipios y distritos podrán crear fondos para el desarrollo de programas VIS o VIP, como mecanismos de manejo de cuenta sin personería jurídica, que podrán ser administrados mediante contratos de fiducia mercantil. En todo caso, y con el fin de estimar el monto de la obligación de que trata este artículo, las

entidades públicas deberán definir el portafolio de los proyectos VIS o VIP a los cuales se trasladará la obligación de suelo VIS o VIP.

*Parágrafo 3. Sólo se permitirá, de manera excepcional, la compensación en dinero a los fondos de compensación de que tratan, entre otras disposiciones, el artículo 49 de la Ley 388 de 1997 o la norma que lo adicione, modifique o sustituya, como mecanismo para asegurar el reparto equitativo de las cargas y beneficios generados en el ordenamiento urbano, cuando en las normas urbanísticas del componente urbano del plan de ordenamiento contemplen los mecanismos que garanticen que el valor de la compensación al respectivo fondo se pueda materializar en el proyecto original objeto de la obligación de destinar suelo para VIS o VIP o en cualquier otro proyecto del urbanizador responsable del cumplimiento de la obligación.*

*En estos casos, el monto de la compensación se calculará con fundamento en el valor catastral del predio que podrá ser sustituido por valores comerciales de referencia, siempre y cuando el municipio o distrito cuente con avalúos de referencia por zonas homogéneas para la zona donde ubica el proyecto original.*

*En ningún caso, el valor de la compensación podrá involucrar el valor de la edificabilidad de las áreas sujetas al cumplimiento de la obligación.*

*Parágrafo 4. De conformidad con lo previsto en los artículos 70 y siguientes de la Ley 9ª de 1989 y 118 de la Ley 388 de 1997, cuando el municipio o distrito cuente con Banco Inmobiliario, la compensación de suelo para VIS o VIP también podrá efectuarse mediante la compra de suelo, para lo cual la estimación del área a destinar a VIS o VIP se calculará aplicando la misma fórmula descrita en el artículo anterior.”*

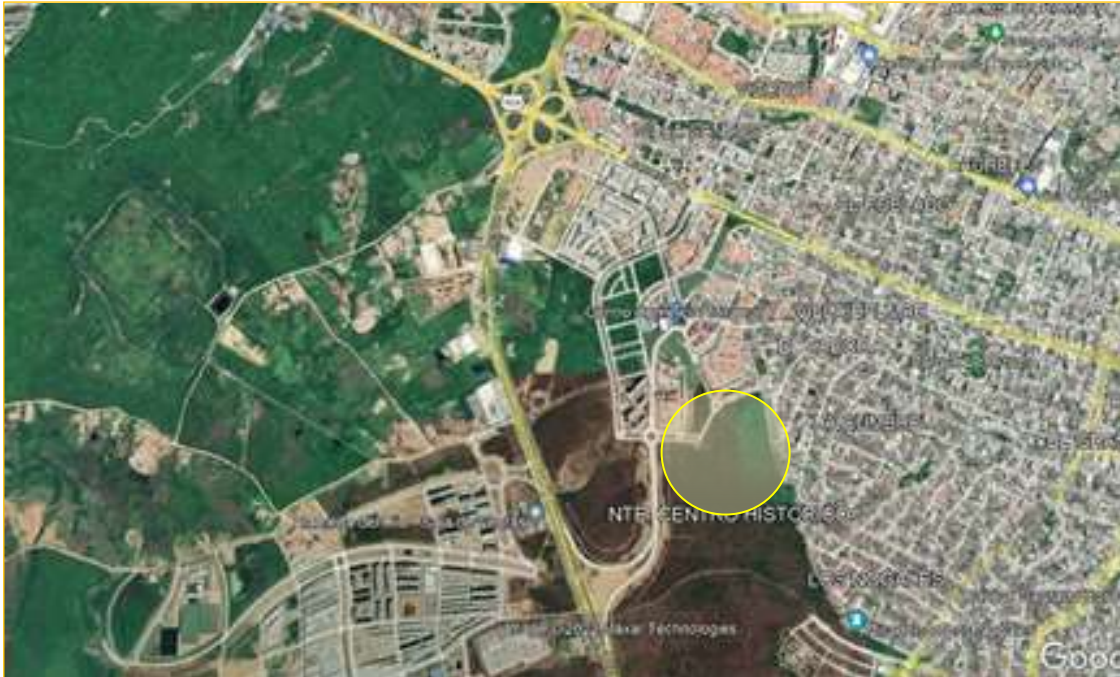
5. El diseño del Plan Parcial deberá cumplir con las condiciones para subdivisión espacial resultante del proceso de urbanización y los diseños viales, así como los lineamientos, dimensiones y especificaciones para las zonas municipales, explicados en el artículo 374 del POT.

5.1. ANÁLISIS FOTOGRÁFICO DEL ENTORNO, ÁREA DE INFLUENCIA Y ZONAS POR FUERA DE ÉSTA.

5.1.1. ÁREA DE INTERVENCIÓN. Con la formulación del Plan Parcial se logra intervenir un área estratégica de la ciudad, que sirve como punto de partida importante para el desarrollo de ésta zona y se constituye en una valiosa oportunidad de aprovechar la colindancia con la Carrera 46 (Av. Olaya Herrera) y la vía La Circunvalar, que hacen que la potencialidad de desarrollo en los predios de este sector sea mayor,

atrayendo áreas residenciales y de actividad comercial y de servicios, que además de otorgar una nueva ventana para la ciudad, también brindan nuevas oportunidades de negocios y actividades productivas beneficiosas para la inversión privada y pública.

Fotografía Satelital 001 – Google Earth Pro



Fotografía Satelital 002 – Google Earth Pro





### 5.1.1. VECINOS COLINDANTES PLAN PARCIAL “BOSQUES DE MIRAMAR”

Vecinos Colindantes Plan Parcial Bosques de Miramar		
Ítem	Dirección	Referencia Catastral
1	K 42F 96 15	0103000005850901900000045
2	C 96 42D 171	0103000005850014000000000
3	C 96 42D 159	0103000005850013000000000
4	C 96 42D 147	0103000005850012000000000
5	C 96 42D 135	0103000005850011000000000
6	C 96 42D 123	0103000005850010000000000
7	C 96 42D 111	0103000005850009000000000
8	C 96 42D 99	0103000005850016000000000
9	C 96 42D 91	0103000005850008000000000
10	C 96 42D 79	0103000005850007000000000
11	C 96 42D 69	0103000005850006000000000
12	C 96 42D 57	0103000005850005000000000
13	C 96 42D 47	0103000005850004000000000
14	C 96 42D 39	0103000005850003000000000
15	C 96 42D 27	0103000005850002000000000
16	C 96 42D 13	0103000005850902900000053
17	C 96 42C 145	0103000005840904900000079
18	C 96 42C 107	0103000005840902900000069
19	C 96 42C 73	0103000005840006000000000
20	C 96 42C 59	0103000005840903900000072
21	C 96 42C 29	01030000058409059000000254
22	T 42F D 100 59 Lt 16	0103000009430001000000000
23	BOSQUE URBANO 1B2	0103000008530004000000000
24	BOSQUE URBANO 1B1	0103000008530002000000000

Imagen Catastral 001 – Catastro + Fácil



## 6. PERTINENCIA Y PROCEDENCIA DEL PLAN PARCIAL.

Dado que de los principales objetivos programados en Plan de Ordenamiento Territorial del distrito de Barranquilla, adoptado mediante el Decreto N° 0212

del 2014, determina la actualización de los criterios fundamentales del ordenamiento, teniendo como uno de los referentes obligados a la globalización de la economía, ampliando la determinación de una nueva estructura urbana en relación con los usos del suelo y la clasificación de las actividades, el Plan Parcial “Bosques de Miramar” de Miramar es procedente en la medida que el sector residencial y comercial se enmarca frente a las nuevas dinámicas de la economía globalizada.

En este mismo sentido el Plan Parcial “Bosques de Miramar” se proyecta de conformidad con su vocación residencial y comercial, cumple con uno de los objetivos específicos en lo económico que proyecta el P.O.T. vigente, en tanto aporta en su posicionamiento como un sector comercial y de servicios, en el marco de un sector residencial, tan importante, como lo es el proyecto urbanístico en el sector de MIRAMAR.

Lo anterior procede de las normas consignadas en el Plan de Ordenamiento Territorial, en los artículos señalados y en la Ley 388 de 1997, según la cual el área delimitada del Plan Parcial “Bosques de Miramar” cumple con los requisitos para su desarrollo, por cuanto hace parte de un suelo clasificado con tratamiento de Desarrollo y Renovación, sobre el cual se reglamentarán sus usos y edificabilidad con base en lo señalado en los Planos G4 y U15\_Poligonos\_Normativos, y U16\_Edificabilidad\_Densidades.

El artículo 355 del POT señala los procedimientos para actuaciones en tratamiento de desarrollo. En su numeral 1, describe el procedimiento mediante plan parcial, como proceso previo al trámite de la licencia de urbanización, para áreas sin urbanizar en suelo urbano mayor a cinco hectáreas de área neta urbanizable.

El predio dispone de las áreas requeridas para el desarrollo del plan parcial, generando una adecuada y generosa combinación de espacios libres y construidos, con respeto al entorno natural y con criterio de sostenibilidad y de protección ambiental.

El predio está afectado por el tratamiento de desarrollo, y según el Plano G4 y U16\_Edificabilidad\_Densidades, para el área delimitada del Plan Parcial “Bosques de Miramar”. Dicha modalidad está definida como aquel que aplica en sectores estratégicos de alto potencial urbanístico y los ejes urbanos próximos a la estructura vial principal proyectada, en donde a partir de dichas intervenciones se presentará una dinámica que conlleva a transformaciones sustanciales en el modelo original de la estructura urbana y de uso e intensidad.

Teniendo en cuenta lo anterior y, considerando que los decretos nacionales señalan que en el Plan Parcial se deben determinar la asignación específica de las intensidades de uso; índices de ocupación y construcción; retiros, aislamientos, empates y alturas, al respecto tenemos lo siguiente:

1. Índice de Construcción. Está constituido por un coeficiente que expresa la relación máxima admisible entre el área total construida de una edificación y la superficie del terreno sobre la cual se levanta, de conformidad con lo señalado en el Glosario de Términos.

2. Índice de ocupación. Es el porcentaje resultante de la relación máxima admisible entre el área construida a nivel de la primera planta y la superficie del lote.

Propuesta Base						
Tratamiento urbanístico	Nivel de Tratamiento	Rango del área del predio (M <sup>2</sup> )	Densidad máx. (Viv/M <sup>2</sup> Área del predio)	Índice máximo de ocupación (I.O.)	Índice máximo de construcción (I.C.)	Altura máxima (Pisos)
<b>Desarrollo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Todos</b>	<b>0.015</b>	<b>0.60</b>	<b>1.5</b>	<b>5</b>

Propuesta Máxima						
Tratamiento urbanístico	Nivel de Tratamiento	Rango del área del predio (M <sup>2</sup> )	Densidad máx. (Viv/M <sup>2</sup> Área del predio)	Índice máximo de ocupación (I.O.)	Índice máximo de construcción (I.C.)	Altura máxima (Pisos)
<b>Desarrollo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Todos</b>	<b>0.030</b>	<b>Resultante de la aplicación de aislamientos</b>	<b>5</b>	<b>8</b>

## 7. DIAGNÓSTICO TERRITORIAL -COMPONENTE URBANÍSTICO.

### 7.1. UNIDAD PREDIAL INVOLUCRADA.

Acorde a lo descrito previamente, el Plan Parcial "Bosques de Miramar" se circunscribe a un predio localizado en suelo urbano en el nor-occidente de la ciudad, sector de Miramar. En el cual el predio ubicado en tratamiento urbanístico desarrollo.

Tabla 1. Identificación del predio del Plan Parcial "Bosques de Miramar"

Identificación del Predio objeto del Plan Parcial				
Matrícula Inmobiliaria	Referencia Catastral	Propietario	Dirección	Área (M <sup>2</sup> )
<b>040-613314</b>	<b>0103000008530005000000000</b>	<b>GRUPO ARGOS S.A.</b>	<b>Volador Urvisa</b>	<b>74.950,85</b>

### 7.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.

La ciudad de Barranquilla geológicamente se encuentra en el Cinturón del Sinú, que está compuesto por rocas de origen marino profundo, con edades

que van desde el Mioceno superior hasta el Pleistoceno – Holoceno y por depósitos Cuaternarios recientes de origen fluvial y denudacional.

Las geoformas dominantes son de tipo denudacional y están definidas por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial, que han remodelado y dejado remanentes de geoformas morfo estructurales preexistentes y creado nuevas geoformas por acumulación de sedimentos. Al occidente de la avenida circunvalar de Barranquilla se presentan zonas desde onduladas hasta muy planas asociadas a depósitos de origen aluvial que cubren niveles de arcillolitas de la formación Las Perdices que están subhorizontales (Ingeominas, 1997).

Según Duque (1984), en el área de Barranquilla convergen dos trenes estructurales: Uno de dirección N 20° E de edad Eoceno medio y otro de dirección N 45°E de edad Plioceno – Pleistoceno, que corresponden a los Cinturones de San Jacinto y Sinú, respectivamente.

De acuerdo a la memoria explicativa del mapa geológico del departamento del Atlántico, escala 1:100.000 (Ingeominas, 2000) y de las planchas 16 y 17 Galerazamba - Barranquilla, escala 1:100.000 (año 2001), también publicadas por el Ingeominas (hoy Servicio Geológico), la geología regional de la ciudad de Barranquilla está constituida por rocas sedimentarias de origen marino, de edad Paleógeno, Neógeno y depósitos cuaternarios litorales y continentales.

Según Molina (1986), el área de Barranquilla se ha comportado como un paleoalto desde el Eoceno inferior (desde hace aproximadamente 55 millones de años), con eventos de sumergimiento asociados a transgresiones marinas durante el Eoceno medio, Oligoceno y Pleistoceno - Holoceno (1 millón de años). Tal dinámica es la responsable de la presencia de materiales arenosos de playa y arcillosos calcáreos intercalados, localmente aún sin litificar, particularmente en los dos últimos millones de años.

Con base en lo anterior y haciendo hincapié en los resultados de los estudios mencionados anteriormente, las rocas que afloran en el área donde se desarrollará el proyecto de vivienda en el lote Volador corresponden a sedimentarias constituidas por depósitos rocas de edad cuaternaria de origen marinos pertenecientes a la Formación La Popa que suprayacen niveles de arcillolitas de la formación Perdices y por depósitos antrópicos constituidos principalmente por estériles producidos por el desarrollo de actividades mineras antiguas y escombros de construcción.

### 7.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

De acuerdo a la información de INGEOMINAS (1997), la disposición geológica del Caribe Colombiano es producto de la interacción tectónica de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica.

Regionalmente el área de Barranquilla se ubica en el llamado Terreno Sinú - San Jacinto constituido por dos cuñas de materiales sedimentarios (cinturones de San Jacinto y Sinú), caracterizado por presentar pliegues anticlinales estrechos y sinclinales amplios, donde también convergen dos trenes estructurales de dirección N20°E de edad Eoceno medio y otro de dirección N45°E de edad Plioceno-Pleistoceno (Duque, 1984).

De acuerdo a los estudios realizados por INGEOMINAS (hoy Servicio Geológico de Colombia), en el sector norte de Barranquilla se presentan plegamientos suaves y amplios en las rocas del Neógeno y fallas normales, observadas en la Formación La Popa, en desarrollo de los trabajos de campo de este proyecto no se observaron fallas.

### 7.4. GEOLOGÍA LOCAL.

Se hace La descripción de la geología de la zona de estudio basados en las observaciones de campo y la consulta de las memorias explicativas de los estudios de detalle realizados en las laderas occidentales de Barranquilla por el INGEOMINAS (hoy Servicio Geológico de Colombia).

#### 7.4.1. FORMACIÓN LAS PERDICES NIVELES DE ARCILLOLITAS (TpNngpac)

Las Perdices es el nombre dado por Anderson (1929) para designar una secuencia de shales, sales arenosos, capas de chert y algunas areniscas observadas al suroccidente y occidente de Barranquilla.

Aflora en una extensa área, principalmente hacia la parte media y baja de las laderas occidentales de Barranquilla y por su litología predominantemente arcillosa, desarrolla morfologías suaves, con un relieve bajo a suavemente ondulado. En el lote Volador esta Formación aflora en el sector sur y occidental donde tiene una morfología de laderas suaves y en algunos sectores es cubierta por bloques angulares de calizas provenientes de la formación la Popa.

La mayor distribución de esta formación está al occidente del predio donde está constituido por niveles de arcillolitas que por su grado de alteración tienen color marrón y también en el sector sur oriental donde se encuentran por debajo de calizas de la formación La Popa que aumentan de espesor gradualmente hacia el sector norte hasta alcanzar más de 15 metros.

De acuerdo a los registros de perforación del sondeo 4 que tiene una profundidad de 12 metros (N:1.708.094, E:917.600) en este sector se encontraron arcillas de color marrón, húmedas con plasticidad alta hasta una profundidad de 7.5 metros y a partir de este sector van disminuyendo su grado de alteración hasta encontrar arcillolitas duras y compactas (Plano 2A).

#### 7.4.2. CALIZAS DE LA FORMACIÓN POPA (Qcp)

Las calizas arrecifales de la formación La Popa son de color amarillo a beige y están compuestas por fragmentos de conchas de bivalvos, interestratificadas, en estratos plano paralelos de calizas con espesor variable entre 2 y 5 centímetros conformando bancos de hasta 5 metros de altura visibles por la carrera 42F con calle 98.

Las calizas arrecifales se encuentran interestratificadas con estratos de hasta 2 metros de conglomerados calcáreos, de granos redondeados de entre 3 y 5 centímetros de diámetro, embebidos en una matriz gravosa, calcárea, de color amarillo parduzco. Los granos están compuestos por cuarzo, líficos de chert y fragmentos de conchas (Bivalvos), gasterópodos, dientes de peces y bioturbación.

También se observan delgadas intercalaciones de areniscas calcáreas, de grano medio a grueso, subredondeados, compuestas por cuarzo, feldespato y en pequeñas proporciones por líficos. Véase la Figura 2.1, la Figura 2.2 y el Plano 2A.

Estas calizas son duras a pesar de tener alto grado de fracturamiento y de acuerdo a los registros de perforación tiene espesor menor a 50 cm en el sector sureste del predio y aumentan gradualmente de espesor hacia el norte donde tienen más de 15 metros en cercanías a la carrera 42F con calle 98.

Figura 2.1 Vista general y detalle de los niveles de calizas arrecifales en el sector de la carrera 42F con calle 98



Figura 2.2 Niveles de calizas arrecifales en el sector central del predio donde pueden tener más de 15 m de espesor



#### 7.4.3. DEPÓSITOS DE TALUS (STTA)

Son depósitos clasto soportados que se encuentran en la zona de cambio de pendiente debido a la acumulación de fragmentos de roca caídos desde la parte alta. Tienen distribución restringida y se caracterizan por presentar cantos y bloques hasta de 2 metros de diámetro de calizas arrecifales y areniscas calcáreas de grano grueso, conglomeráticas compuestas por cuarzo, feldespatos y líticos.

Estos cantos y bloques están embebidos en una matriz arena arcillosa, de color gris oscura, de aspecto terroso y cubren niveles de arcillolitas de la formación Las Perdices (Figura 2.3 y Plano 2A).

Figura 2.3 Depósitos de talus en la zona de cambio de pendiente que marca el contacto entre las formaciones Las Perdices y La Popa



#### 7.4.4. LLENOS ANTRÓPICOS (QAN)

Son depósitos conformados por acumulación de material heterogéneo transportado desde zonas cercanas. Están constituidos por estériles, materiales de descapotes y sobre tamaños producto de excavaciones realizadas en el sector; contienen bloques de calizas de diferente tamaño embebidos en una matriz arenosa.

Se distribuyen en franjas alargadas de entre 2 y 5 metros de ancho donde el espesor puede variar entre los 0.5 y los 2.0 metros, y fueron depositados sin ningún tipo de compactación. Panorama visible en la Figura 2.4 y en el Plano 2A.

Figura 2.4 Llenos antrópicos en la zona central del predio donde tienen espesor variable entre los 0.5 m y los 2.0 m





#### 7.4.5. MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA E INUNDACIONES.

En el predio Volador actualmente no se observan movimientos en masa y la probabilidad de que este tipo de procesos se presenten en los niveles de calizas de la Formación la Popa es muy baja debido a la competencia de los materiales y a la poca altura de los taludes que están sobre la carrera 42F con calle 98.

En los niveles de arcillolitas de la formación perdices se debe tener especial cuidado al hacer corte en estos materiales debido a que estas arcillolitas se alteran fácilmente y pueden dar origen a movimientos superficiales.

Por las condiciones topográficas del terreno no existe la posibilidad de que se presenten inundaciones.

#### 8. HIDROLOGÍA.

Con el fin de caracterizar las condiciones hidrológicas de la zona de estudio, se evaluó el régimen de lluvias del sector, tendiente a caracterizar uno de los agentes detonantes para los fenómenos de remoción en masa; esto con el fin de determinar la amenaza a que se encuentra expuesto el lote. Para tal fin se ha recolectado la información hidrológica de las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio, las cuales han sido procesadas con el fin de obtener las respectivas curvas de intensidad duración-frecuencia. A partir de la anterior información se procederá a realizar una serie de simulaciones teniendo en cuenta el posible frente de saturación del suelo, dada la precipitación, o el aumento del nivel freático, con el fin de evaluar la amenaza por fenómenos de remoción en masa del área de estudio.

Con el fin de dar un marco de referencia a los aspectos hidrológicos e hidráulicos particulares de la zona en estudio, se presenta inicialmente el resultado de la consulta de fuentes secundarias, que permiten visualizar características principales respecto al clima de la zona, y, posteriormente, el análisis de la información primaria para la final caracterización hidrológica.

#### 8.1. CARACTERIZACIÓN DE ATLÁNTICO.

El Departamento de Atlántico cuenta con una privilegiada posición geográfica no sólo por su localización sobre la Costa Caribe al norte de Colombia, sino que además se encuentra bordeado al oriente por el río Magdalena, principal río del país, hasta la desembocadura del mismo en el sector denominado Bocas de Ceniza. Esta ubicación estratégica le permite al departamento contar con una muy importante red hídrica compuesta no solo por el río Magdalena, sino que a él se une el canal del Dique, que se ubica en el extremo sur y que sirve de frontera natural con el departamento de Bolívar, y la gran costa sobre el mar Caribe.

**Figura 3.1 Localización Geodésica Departamento del Atlántico (Fuente Google Earth)**



El departamento del Atlántico está situado al norte del territorio nacional, enmarcado dentro de las siguientes coordenadas: Latitud norte 10° 15' 36" (Sur de San Pedrito) y 11° 06' 37" (Bocas de Ceniza).

Longitud oeste de Greenwich 74° 42' 47" (margen izquierda del río Magdalena) y 75° 16' 34" (intersección Santa Catalina y Arroyo Grande). Véase la Figura 3.1. Respecto al clima, el departamento presenta un CLIMA TROPICAL DE TIPO ESTEPA Y SABANA de carácter árido en la desembocadura del río Magdalena y en los alrededores de Barranquilla; semiárido en las fajas aledañas al litoral y al río Magdalena, y semihúmedo desde el municipio de Sabanalarga hacia el sur.

La humedad del aire, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se ubica entre un máximo de 85.3% y un mínimo de 48.3%, y es mayor en el sur que en el norte del departamento debido a la evaporación de agua de las ciénagas y el embalse del Guájaro y a la dirección e intensidad de los vientos.

El régimen anual de lluvias es bimodal, con dos períodos de lluvia (mayo-junio y agosto-noviembre) alternados con dos períodos secos (diciembre-abril y

junio-julio); el nivel de precipitaciones aumenta de norte a sur. En general, todas las tierras del departamento se encuentran en el piso térmico cálido.

La temperatura media anual es de 27°C, con máximas que sobrepasan los 33.3°C y mínimas por encima de los 21° C.

Finalmente, es de anotar que en el territorio del Atlántico existen dos tipos de paisaje: uno montañoso con serranías y colinas de poca altura, que ocupa cerca del 45% del área departamental, y un paisaje plano de terrazas, llanuras aluviales y ciénagas, que conforman las tierras vecinas del canal del Dique, el río Magdalena y su desembocadura en el mar Caribe. En estos dos paisajes se distinguen cuatro subregiones:

1. La primera está localizada en proximidades del río Magdalena, y es de origen aluvial y tierras bajas e inundables.
2. La segunda, localizada al sur del departamento, comprende un área cenagosa, parcialmente aprovechada en agricultura.
3. La tercera, aledaña al mar Caribe, es de origen sedimentario (fluvial y marítimo) y conforma el litoral y la costa.
4. La cuarta, relativamente montañoso, está situada en el centro y en el oeste del departamento y comprende alturas inferiores a los 500 m sobre el nivel del mar.

Este relieve, que es una prolongación de la serranía de San Jerónimo, puede considerarse como la última ramificación de la cordillera Occidental. En este conjunto orográfico se destacan las serranías de Luruaco, Capiro, El Pajal de la Piedra, Oropapía, Piojó y Santa Rosa.

El litoral no tiene accidentes notables, pero se pueden mencionar el cabo Barro y las puntas Astilleros, Castillejo, Los Manzanillos, Morro Hermoso, Morro Pelado, Piedra y Sabanilla, así como las ensenadas Rincón Hondo y El Puente.

## 8.2. EL CLIMA DE BARRANQUILLA.

Barranquilla se ubica en la zona noroccidental del departamento, a una distancia cercana a los 1.000 km de Bogotá, la capital de Colombia. Se constituye gracias a su ubicación, en un nodo de desarrollo no sólo para todos los municipios del Atlántico, sino también para la gran mayoría de ciudades de la región Caribe de Colombia.

El clima de Barranquilla es TROPICAL CÁLIDO SECO y presenta anomalías y diferencias como consecuencia del sistema meteorológico local y de la

ubicación geográfica. No se generan abundantes selvas características del clima tropical. Por el contrario, es una zona seca, como lo es todo el litoral Caribe colombiano, debido a que los vientos alisios del noreste soplan paralelos al litoral, absorbiendo la humedad y empujándola hacia el interior de la Región Caribe hasta las estribaciones de la cordillera de los Andes, donde producen abundantes lluvias.

Los vientos alisios son secantes y en determinadas épocas del año soplan con más energía, aumentando la sequía en la región. La sequía también se produce por un fenómeno conocido como la "Sombra de sotavento" de la Sierra Nevada de Santa Marta, la cual se constituye en una barrera para los vientos alisios del noreste. Dichos vientos, luego de aridecer la península de la Guajira, alojan toda la humedad del lado de barlovento de la Sierra Nevada produciendo abundantes lluvias, hasta 2500 mm anuales, pero en el lado de sotavento esto es del lado de Barranquilla, lo que genera sequía la cual se prologa hasta el oriente de la ciudad. Es por ello que el promedio de lluvias en la parte oriental de la ciudad (Barrios las Nieves, Rebolo, La Luz, Simón Bolívar) es ligeramente menor que en el occidente y suroccidente de la ciudad.

La atmósfera de la ciudad está condicionada por su ubicación, en una zona intermedia entre dos extremos climáticos: el árido del norte (desierto de la guajira) y la región húmeda al sur que se inicia en el valle medio del Magdalena y recibe la influencia del mar Caribe.

El clima tropical y seco se caracteriza por dos periodos uno seco y otro de lluvias así:

El periodo seco comprende desde diciembre a marzo y se caracteriza porque los vientos alisios del noreste soplan con energía y causan generalmente daños a las viviendas.

- El periodo de lluvias comprende los meses de abril hasta noviembre. El periodo lluvioso se interrumpe por un verano conocido como "Veranillo de San Juan", que se origina como consecuencia de la entrada a la ciudad de los vientos alisios del sureste, los cuales provocan la sequía durante un periodo de tiempo.
- Durante la temporada invernal, la escasez de los vientos y la abundante humedad, produce en la ciudad un ambiente caluroso con características malsanas de selva tropical.

Entre los factores que determinan el clima de Barranquilla están la latitud, la cercanía al mar y el relieve.

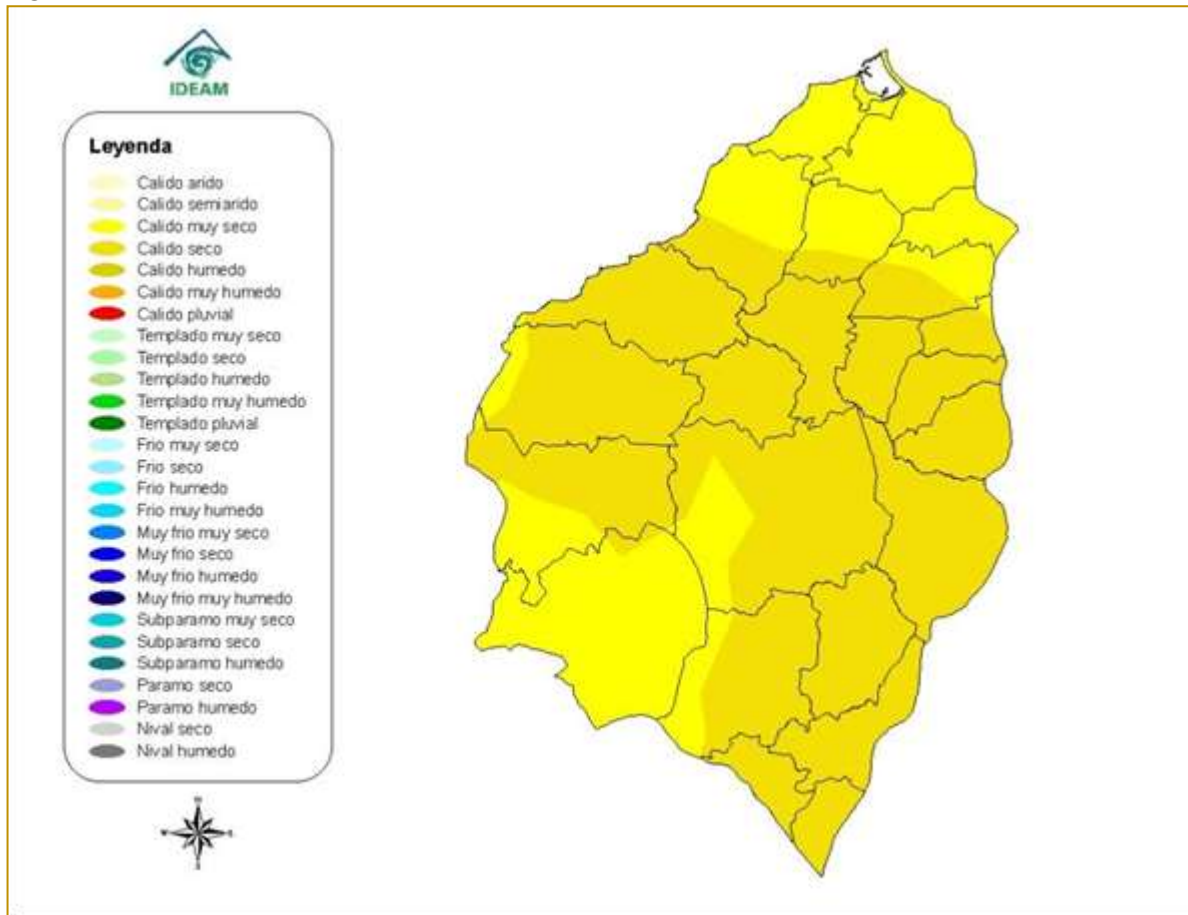
La ciudad está muy cerca del paralelo 0° (línea del Ecuador), por lo cual los rayos del sol caen perpendiculares, registrándose altas temperaturas durante todo el año y el correspondiente registro de brillo solar. Esta localización igualmente ubica a Barranquilla en la Zona Intertropical, la cual se caracteriza por las bajas latitudes, y este factor sumado a su cercanía al mar y a sus tierras bajas, permite una moderación de las temperaturas por la influencia de las brisas marinas. Los vientos alisios del noreste y las brisas marinas, suavizan y refrescan la ciudad.

### 8.2.1. PARÁMETROS DEL CLIMA DE BARRANQUILLA

Dado que el clima es incidente en el comportamiento del suelo y en su conjunto el mismo es una combinación de diversos factores, a continuación, se describen de forma general los parámetros del clima registrados por estaciones pertenecientes al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, como la autoridad en este tema (véase de la Figura 3.2 a la Figura 3.5).

- Radiación Solar: Por las razones antes expuestas, Barranquilla recibe alta radiación durante todo el año, aproximadamente unas 600 cal/cm<sup>2</sup>.
- Brillo Solar: Los valores promedios mayores de brillo solar se presentan en los meses de diciembre y enero con 225.5 y 280.0 horas/mes. Respectivamente. Los meses con menos brillo solar son septiembre y octubre con 164.2 y 163.9 horas/mes; el resto del año oscila entre 183.8 y 245.5 horas/mes.
- Vientos: En Barranquilla predominan dos flujos con direcciones noreste (42.7%) y norte (25%), con predominio de vientos moderados cuyas velocidades medias oscilan entre 3.4 y 7.9 m/s. También se presentan frecuencias relativas al Este, Sudeste y Sur, con 5.8%, 6.1% y 6.1% de observaciones, respectivamente.
- Humedad relativa: Al igual que la temperatura, es muy constante, por lo tanto, la media anual varía entre el 77% y el 82%; en forma general se aprecia que la humedad relativa no baja del 72% ni supera el 87% a lo largo del año.

Figura 3.2 Atlántico - Clasificación Climática



- Evaporación: El mes de mayor evaporación en el año es el mes de junio, con un promedio de 304.1 mm; los meses con más baja evaporación son Septiembre, Octubre y Noviembre, siendo Octubre el de menor evaporación con 122.7 mm.
- Temperatura: Las temperaturas máximas superan siempre los 33.3 °C, mientras las mínimas están por encima de los 21.4 °C hasta los 22.6 °C. El tipo de clima es seco, con gran déficit de agua, y cálido
- Precipitaciones: El período de lluvias es muy definido y va del mes de mayo al de octubre, con precipitaciones que oscilan entre los 60 y los 173 mm/mes, constituyéndose este último como el de más altos índices de pluviosidad. El período seco transcurre entre los meses de diciembre hasta abril, con promedios entre los 1.0 y los 22.0 mm/mes. Así mismo, el número de días con precipitación oscila a lo largo del año entre 0.0 y 14.0 días, mientras que la precipitación máxima en 24 horas durante el año presenta valores entre 1.0 y 47.8 mm.

La duración de los eventos es en general de 90 minutos, con eventos extraordinarios de duración superior a 120 minutos. Las tormentas son de

corta duración, pero de gran intensidad. La hora de iniciación de los eventos está en general, entre las 11:00 a.m. y las 4:00 p.m.

Durante el período de precipitaciones de mayor intensidad el sistema vial de la ciudad transforma sus componentes (calles) en "canales" de drenaje por los cuales se evacúan las aguas lluvias, cuyos efectos restrictivos sobre la circulación vehicular son particularmente notorios.

Durante estos cortos, pero intensos períodos de lluvia, las actividades urbanas se paralizan totalmente.

Adicionalmente, el depósito de basuras en los arroyos urbanos para que sean arrastradas por la corriente da lugar a taponamientos que incrementan el volumen de agua y ocasionan inundaciones en determinados sectores, como también, luego de bajar el nivel de las aguas, estas se esparcen sobre las vías por efecto de la pérdida de la capacidad de arrastre de las aguas, propiciando suciedad y deterioro ambiental de la ciudad.

- **Humedad:** La cercanía al mar, la ubicación a orillas del río Magdalena, la zona del Parque Natural Nacional Isla Salamanca, los humedales del delta de la desembocadura del río Magdalena, hace que esta zona tenga bastante humedad; sin embargo, ésta es modificada por los vientos secantes que la empujan hacia el interior de la región para producir abundantes lluvias en las estribaciones de los Andes.

Mayores niveles de humedad se registran en octubre, el mes más lluvioso con 84%, le siguen septiembre y noviembre con 82%, agosto con 81% y mayo, junio y julio con 80%. Los meses de humedad son febrero y marzo con 77%.

#### 8.2.2. EL SISTEMA HIDROLÓGICO DE BARRANQUILLA.

El sistema hidrológico del Distrito de Barranquilla se direcciona hacia la parte más baja de la Ciudad y en este caso hacia el río Magdalena y está compuesto por una serie de caños que lo alimentan. Entre ellos se tiene: La Ahuyama, Arriba, Los Tramposos y Las Compañías; así como numerosos arroyos los cuales se encuentran en su gran mayoría en la parte urbana y son: Platanal, El Salado, Don Juan, Carreras 8,15 y 19, Rebolo, Hospital, La Paz, Bolívar, Carrera 51, Carrera 53, Felicidad, Carrera 65, Coltabaco, Carrera 58, Carrera 71, Country, Siape, Calle 92, Santo Domingo, Del Bosque y El Salado 2.



El sistema de caños en la zona central de la ciudad presenta severos procesos de deterioro ambiental motivados por años de abandono, tratamientos urbanos inadecuados, vertimientos de residuos sólidos, escasa recirculación del agua, entre otros.

Hacia el occidente de la ciudad existen dos cuerpos principales de agua, denominados arroyo Grande y arroyo León. Estos cursos de agua son intermitentes, dado que solo transportan agua en los períodos lluviosos. En particular, sobre el arroyo León se tiene que su cuenca es de 247 km<sup>2</sup>, la longitud de la corriente principal desde la divisoria de aguas hasta su desembocadura es de 37 km y se parte de la vertiente de la costa, limita con los Cerros de Barranquilla al este y el Cerro Pan de Azúcar al oeste, al norte con un cordón de Dunas y al sur con la terraza de Galapa.

Parte esencial del sistema es el Río Magdalena, que como se mencionó anteriormente, es la principal cuenca hidrográfica del país. Bordea la ciudad de Barranquilla en una longitud aproximada de 19.5 km, presenta pendientes de 0.39 a 0.40%. Así mismo su velocidad promedio está entre 0.4 y 2.2 m/s Sus profundidades (según registros en Calamar 1971 — 1993) presentan el siguiente comportamiento:

octubre, noviembre y diciembre muestran los mayores niveles con 636, 718 y 695 cm. Respectivamente mientras que los menores se dan en febrero y marzo con valores de 336 y 312 cm., respectivamente.

Otro de los ecosistemas destacados en el territorio está constituido por la Ciénaga de Mallorquín, estructura natural construida durante miles de millones de años que está permanentemente sometida a intervención, consciente o inconscientemente, por la ejecución de planes y proyectos de desarrollo regional que causan su degeneración, empobrecimiento y hasta su desaparición en el transcurso de muy pocos años. La Ciénaga de Mallorquín actualmente es un cuerpo de agua somera de 1200 Ha., aproximadamente, comunicada con el mar esporádicamente en períodos en que natural o artificialmente abren una o varias bocas sobre la barra que la separa del mar.

Con la construcción del Tajamar Occidental en Bocas de Ceniza en 1925 – 1935, la ciénaga adquiere su actual configuración dado que anteriormente se trataba de un estuario-deltaico que reunía un sistema comprendido por las ciénagas de Cantagallo, Mallorquín, La Playa, Manatíes con varias bocas. Las obras de bocas de ceniza trajeron como consecuencia un retroceso de la línea de playa al oeste de tajamar occidental.

La profundidad de la Ciénaga no supera el metro, la salinidad varía según se presente o no la apertura de la boca. En su condición serrada la salinidad supera los 75 ppm, después de un largo período de evaporación.

En condiciones abiertas varía de 16 a 35 ppm, sufriendo una fuerte dilución cuando se presentan las lluvias.

### 8.2.3. ÁREA DE ESTUDIO.

Descrita la posición geográfica de la zona de estudio (véase el numeral 1.2), se resalta que, a partir del levantamiento topográfico entregado por el cliente, junto con imágenes satelitales obtenidas del software Google Earth, se hizo un análisis preliminar de la zona de estudio, para identificar los posibles cauces, las zonas altas y bajas, las zonas de bajas pendientes y las posibles direcciones de flujo. Se puede resaltar que las elevaciones del predio varían entre los 85 m.s.n.m. y los 136 m.s.n.m., y que su drenaje es radial.

### 8.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.

#### 8.3.1. INVENTARIO INFORMACIÓN HIDROGEOLOGICA

Para el estudio de la zona de interés fueron consultadas las fuentes oficiales de información. Para tal efecto se realizó la búsqueda y se relacionaron las estaciones más próximas a la zona de estudio, siendo la fuente oficial el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (véase Tabla 3.1 y Figura 3.6).

**Tabla 3.1 Coordenadas de Estaciones Meteorológicas**

Municipio: BARRANQUILLA										
Codigo	Nombre Estación	Tipo	Corriente	Letitud	Tipo	Letitud	Elevación	Corriente	Instalación	Suspendida
2904512	FLORES LAS	CLIMATOLÓGICA PRINCIAL	MAGDALENA	11°2'N	CP	74°45'W	2msnm	MAGDALENA	1/4/1971	No

Municipio: SOLEDAD										
Codigo	Nombre Estación	Tipo	Corriente	Letitud	Tipo	Letitud	Elevación	Corriente	Instalación	Suspendida
2904502	APTO CORTISSOZ	SINOPTICA PRINCIPAL	MAGDALENA	10°53'N	SP	74°35'W	14msnm	MAGDALENA	1/5/1940	No

Municipio: PUERTO COLOMBIA										
Codigo	Nombre Estación	Tipo	Corriente	Letitud	Tipo	Letitud	Elevación	Corriente	Instalación	Suspendida
2904023	PTO COLOMBIA	PLUVIOMÉTRICA	MAGDALENA	10°59'N	PM	74°58'W	5msnm	MAGDALENA	1/4/1974	No

En la *Tabla 3.1* donde se presenta adicionalmente, la localización de la estación suplementaria Aeropuerto Ernesto Cortissoz, la estación pluviométrica de Puerto Colombia y la climatológica principal Las Flores

**Figura 3.6 Ubicación de las Estaciones**



### 8.3.2. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Mediante el procesamiento y análisis de la información adquirida de precipitación total y precipitación máxima en 24 horas, se obtuvieron los resultados presentados en la *Tabla 3.3*, donde se identifica claramente el comportamiento unimodal de las precipitaciones en el sector, con valores máximos desde el mes de mayo a noviembre.

Con relación a las precipitaciones totales anuales, es claro el régimen unimodal de las lluvias en las tres estaciones, sus hietogramas se presentan en la *Figura 3.7* a la *Figura 3.9*. Si bien se adquirieron los registros de más de 30 años, se emplearon las series homogéneas desde 1980 a 2008 para los análisis siguientes. Los meses de septiembre y octubre son los meses de mayores precipitaciones. No obstante, lo anterior, se observa que los valores máximos de lluvia se mantienen en valores similares durante todo el periodo lluvioso (véase *Tabla 3.3*)

La precipitación media en la estación Ernesto Cortizos es mayor que la precipitación de las estaciones Las Flores y Pto Colombia en 199 y 180 mm respectivamente. La precipitación en la zona de estudio podría considerarse promedio entre las tres estaciones, pues su localización geográfica es casi el centro de la triangulación, es decir 751 mm al año aproximadamente.

**Tabla 3.2 Valores de precipitación total mensual**

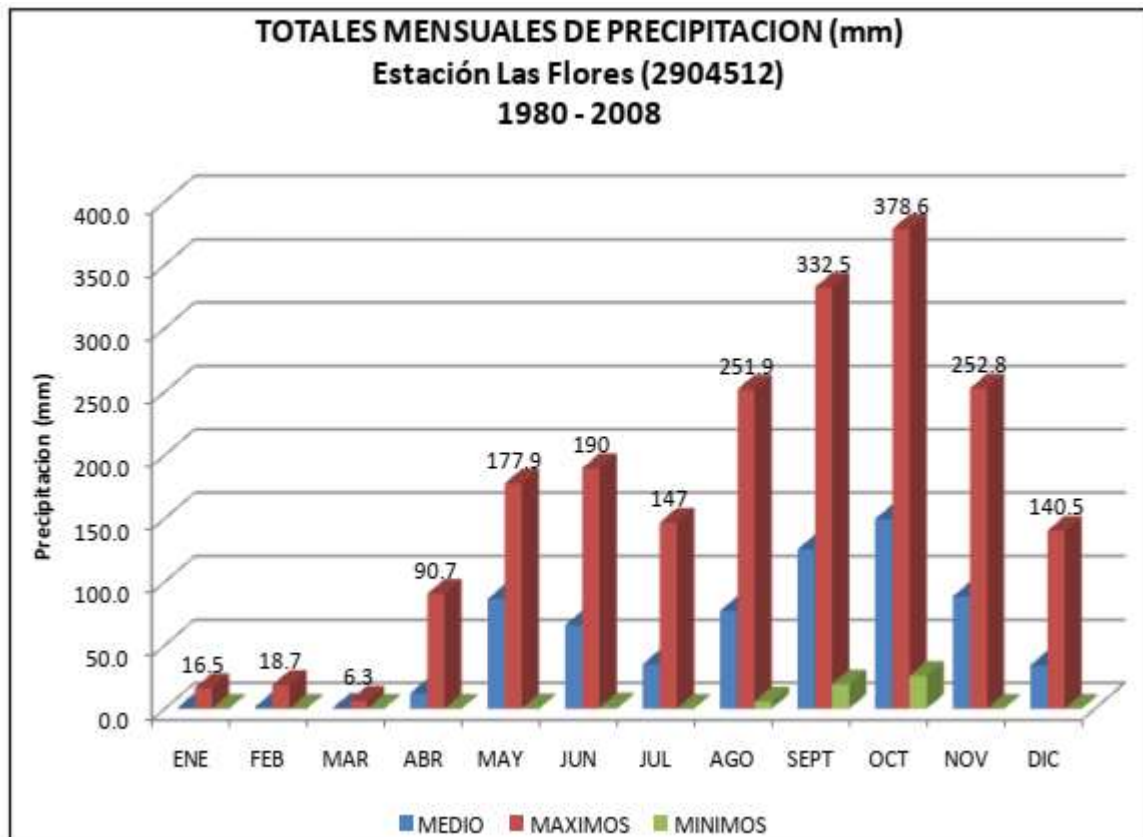
ESTACION LAS FLORES 2904512 TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	0.9	1.5	0.6	12.1	86.7	66.0	35.1	77.3	125.9	149.8	88.5	34.2	678.5
MAXIMOS	16.5	18.7	6.3	90.7	177.9	190	147	251.9	332.5	378.6	252.8	140.5	378.6
MINIMOS	0	0	0	0	0.2	0.9	0	5.7	19.2	25.9	0	0	0

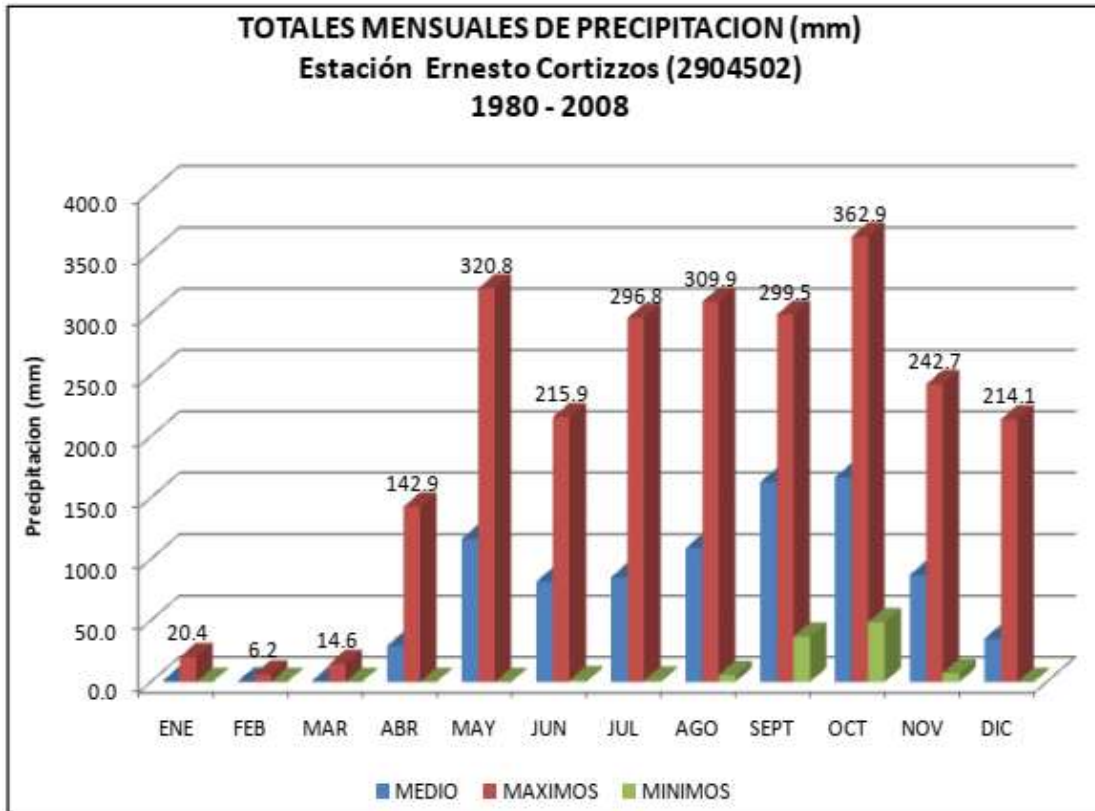
  

ESTACION APTO ERNESTO CORTISSOZ 2904502 TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	1.2	0.5	1.2	29.5	116.6	81.9	85.4	109.2	162.9	166.8	87.1	35.2	877.5
MAXIMOS	20.4	6.2	14.6	142.9	320.8	215.9	296.8	309.9	299.5	362.9	242.7	214.1	362.9
MINIMOS	0	0	0	0	0	1.3	1.1	5.6	36.9	48.7	7.2	0	0

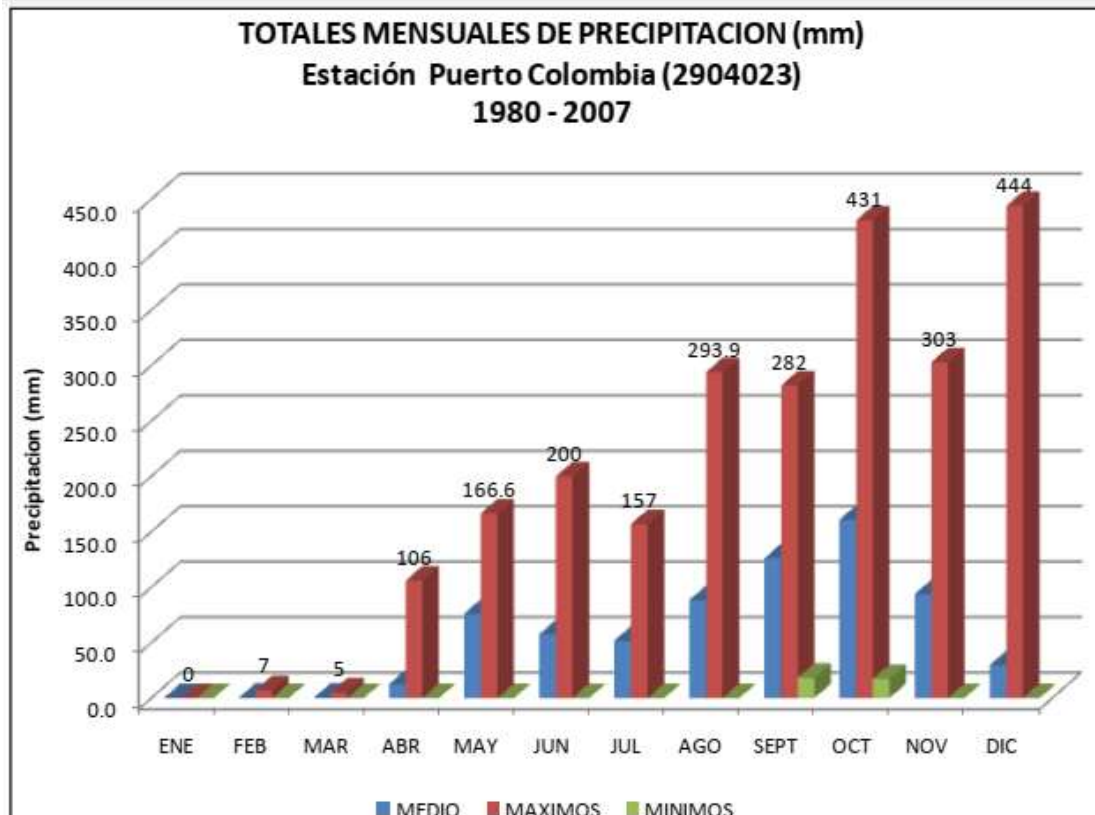
  

ESTACION PTO COLOMBIA 2904023 TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	0.0	0.3	0.3	12.6	76.1	57.5	51.7	88.4	126.2	160.9	93.7	29.6	697.4
MAXIMOS	0	7	5	106	166.6	200	157	293.9	282	431	303	444	444
MINIMOS	0	0	0	0	0	0	0	0	18.2	17.3	0	0	0





*Figura 3.8 Hietogramas Totales Mensuales Estación Ernesto Cortisoz*



*Figura 3.9 Hietogramas Totales Mensuales Estación Puerto Colombia*

Tabla 3.3 Valores de Precipitación Máxima Mensual

ESTACION LAS FLORES 2904512 MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION EN 24 HORAS													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	0.9	1.5	0.6	7.5	51.9	36.2	22.6	52.0	64.2	65.1	43.1	26.9	31.0
MAXIMOS	16.5	18.7	6.3	42	105.6	79.5	77	100.1	121	151.3	88.2	99.5	151.3
MINIMOS	0	0	0	0	0.2	0.5	0	2.8	7.9	8.5	0	0	0

ESTACION APTO ERNESTO CORTISOZ 2904502 MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION EN 24 HORAS													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	1.2	0.5	1.1	17.9	44.2	34.6	40.9	39.2	46.6	51.3	32.5	22.6	27.7
MAXIMOS	20.4	6.2	11.5	56.9	96.7	87.6	100.6	80.7	77.2	103.5	76	118.4	118.4
MINIMOS	0	0	0	0	0	0.7	1.1	5.4	11.3	15.9	3.6	0	0

ESTACION PTO COLOMBIA 2904023 MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION EN 24 HORAS													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	0.0	0.4	0.4	9.3	32.0	33.2	34.6	38.7	51.7	62.5	39.9	17.0	26.6
MAXIMOS	0	7	5	49	70	100.8	80	147.5	143	162.5	120	148	162.5
MINIMOS	0	0	0	0	0	0	0	0	10	16.7	0	0	0

Los valores máximos mensuales están entre los 262 mm y 400 mm. En promedio los valores máximos son del orden de 395 mm en la zona. Los valores promedio de precipitación máxima en 24 horas se encuentran entre 26 y 30 mm, mientras que los máximos alcanzan valores entre 118 y 162 mm.

Comparativamente puede decirse que las precipitaciones máximas en 24 horas son en magnitud casi una quinta o sexta parte de la lluvia total anual, es decir son de alta magnitud. Así mismo, en magnitud pueden representar casi una tercera parte del valor máximo mensual registrado (véase Tabla 3.3); mientras que los hietogramas de máximos en 24h, se presentan de la Figura 3.10 a la Figura 3.12.

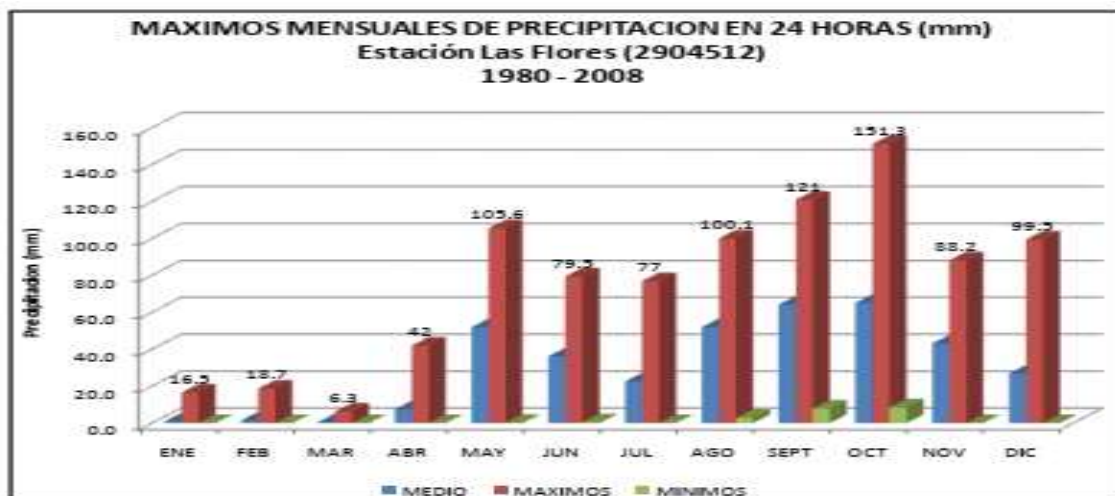
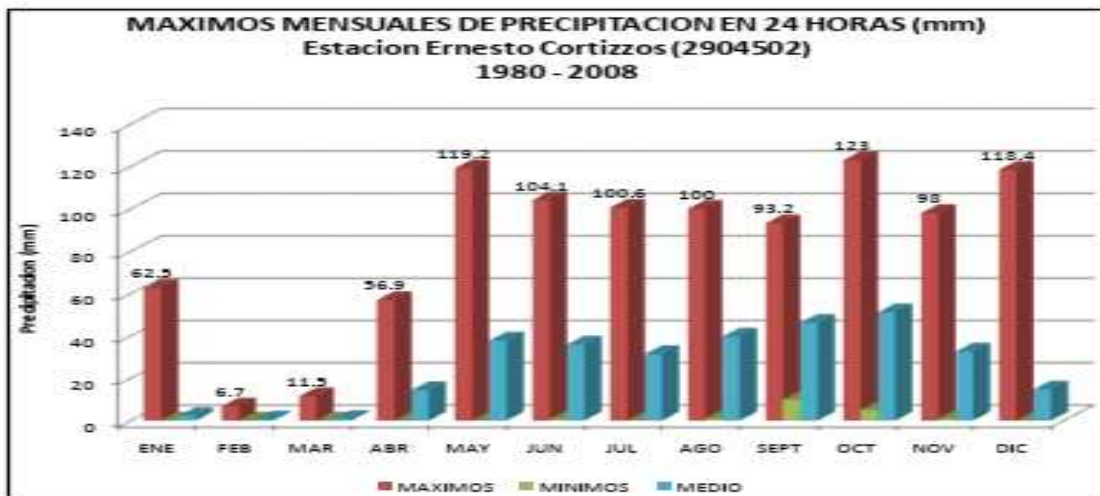
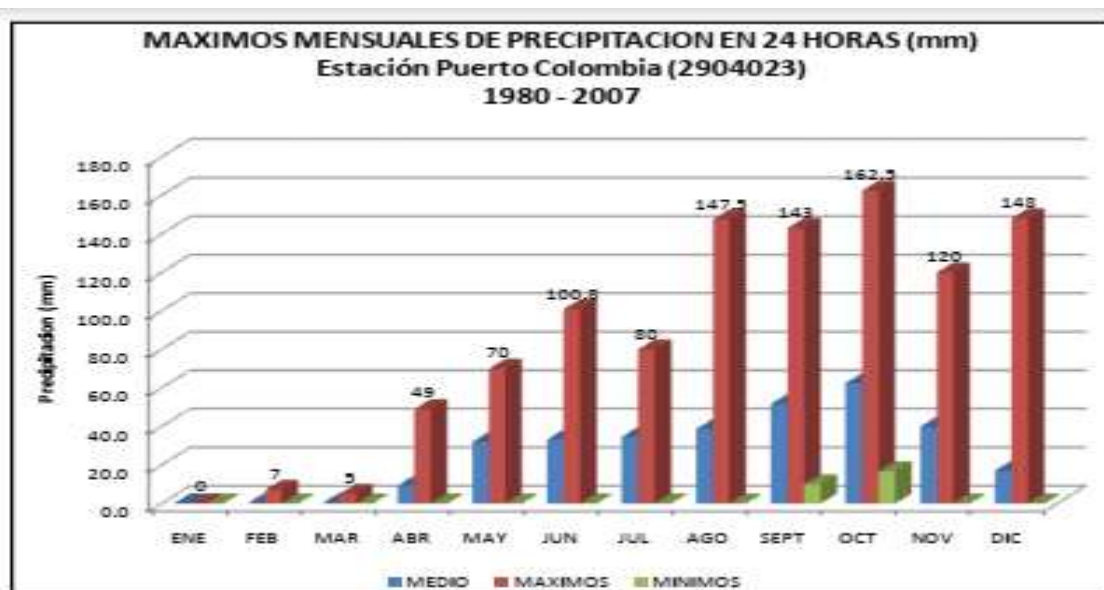


Figura 3.10 Hietogramas Máxima 24h Estación Las Flores



**Figura 3.11 Hietogramas Máxima 24h Estación Ernesto Cortizos**



**Figura 3.12 Hietograma Máxima 24h Estación Puerto Colombia**

### 8.3.3. Curvas IDF

Generalmente las lluvias se consideran uno de los aspectos más influyentes en la estabilidad de las laderas al punto de definirlos como factor detonante, bien sea por causa de un volumen acumulado en largos periodos de tiempo o por su intensidad, comúnmente asociada a cortas duraciones.

Es por esta razón que en los estudios de estabilidad se debe considerar el evento de lluvia dentro de los detonantes de movimientos en masa. De otro lado, las lluvias de corta duración y elevado volumen resultan ser críticas a la hora de realizar un análisis de este tipo dado que esta combinación

incrementa las presiones de poros en los suelos de forma exagerada, debilitándolos de forma casi instantánea contribuyendo así con su falla.

Para el análisis de las lluvias de corta duración se debe recurrir a la obtención de las denominadas Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia), las cuales son de uso fundamental en los diseños de obras hidráulicas. La principal limitante en su construcción radica en la existencia de registros continuos de lluvia en el tiempo, los cuales son generados por estaciones de tipo pluviográfico (PG), y que demandan grandes recursos en operación y procesamiento, razón por la cual su número en una red es limitado.

Como se mencionó anteriormente, las curvas IDF se obtienen a partir de registros pluviográficos donde cada evento de lluvia entra a formar parte de la historia de registro de la estación y es por ello que las curvas ya construidas pueden variar en el tiempo, más aún si eventos extraordinarios de lluvia son registrados.

En el marco regional del análisis inicialmente efectuado, se puede apreciar que la estación más cercana es Las Flores ya que se encuentra en un radio no mayor a 5 km, mientras que las dos estaciones restantes se hallan aproximadamente a 14 km cada una (véase la Figura 3.13).

En este caso, consultada la información de referencia, existen curvas IDF para dicha estación. Así mismo, posee curvas IDF elaboradas.

Existen, sin embargo, diferentes metodologías para la obtención de curvas IDF que permiten suplir la carencia de los registros pluviográficos de la precipitación mediante la utilización de los registros de precipitación máxima en 24 horas, siendo posible elaborar las curvas por ejemplo en estaciones de tipo pluviométrico (PM).

La validación de estas metodologías depende en gran medida del tipo de eventos que se presenten en la zona en comparación con los que fueron base para su construcción. Por esta razón, en el presente estudio se elaboró un ejercicio previo de comparación e ilustración sobre los resultados de generar curvas por dos métodos: Bell (1969) (método tradicional calibrado con las curvas oficiales del IDEAM) y el método tradicional empleado en los estudios de Transmetro para la ciudad de Barranquilla. A continuación, se presentan las



curvas las referidas obtenidas del estudio de Transmetro<sup>2</sup> y las obtenidas mediante el método de Bell (1969).

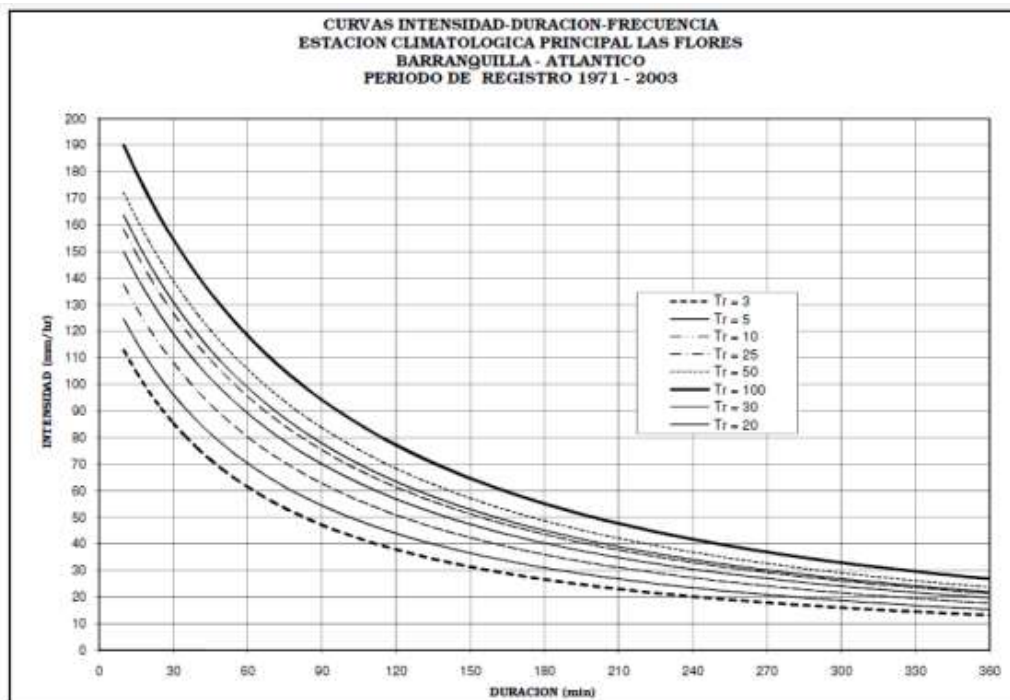


Figura 3.14 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia obtenidas del estudio Transmetro, Estación Las Flores

Tabla 3.4 Intensidades Máximas 10 min - 180 min, Estación Las Flores

CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA ESTACION LAS FLORES 2904512							
Pmax 24h:	88.06	mm	Promedio de las maximas anuales				
Smax 24h:	30.75	mm	Desviación estandar de la serie				
Relacion Cp:	0.8		Reclaion entre horaria y diaria				
Periodo de Retorno TR (años)	Intensidades máximas en mm/hora para duraciones entre 10 y 180 minutos						
	10	20	30	60	90	120	180
2	126.6	102.9	88.9	66.8	55.7	48.7	40.2
5	177.4	144.2	124.5	93.6	78.1	68.0	56.3
10	211.0	171.6	148.2	111.4	92.8	81.2	66.9
25	253.5	206.1	178.0	133.8	111.5	97.6	80.4
50	285.0	231.7	200.1	150.4	125.4	109.7	90.4
100	316.3	257.2	222.1	166.9	139.2	121.8	100.3

<sup>2</sup> Estudios y Diseños definitivos de Ingeniería para Puentes, Pasos a Desnivel y Soluciones Puntuales en las Intersecciones de las Troncales con los Arroyos del Sistema Integral de Transporte Masivo de Barranquilla y su Área Metropolitana (Fase I). TRANSMETRO S. A. Consorcio TMB.

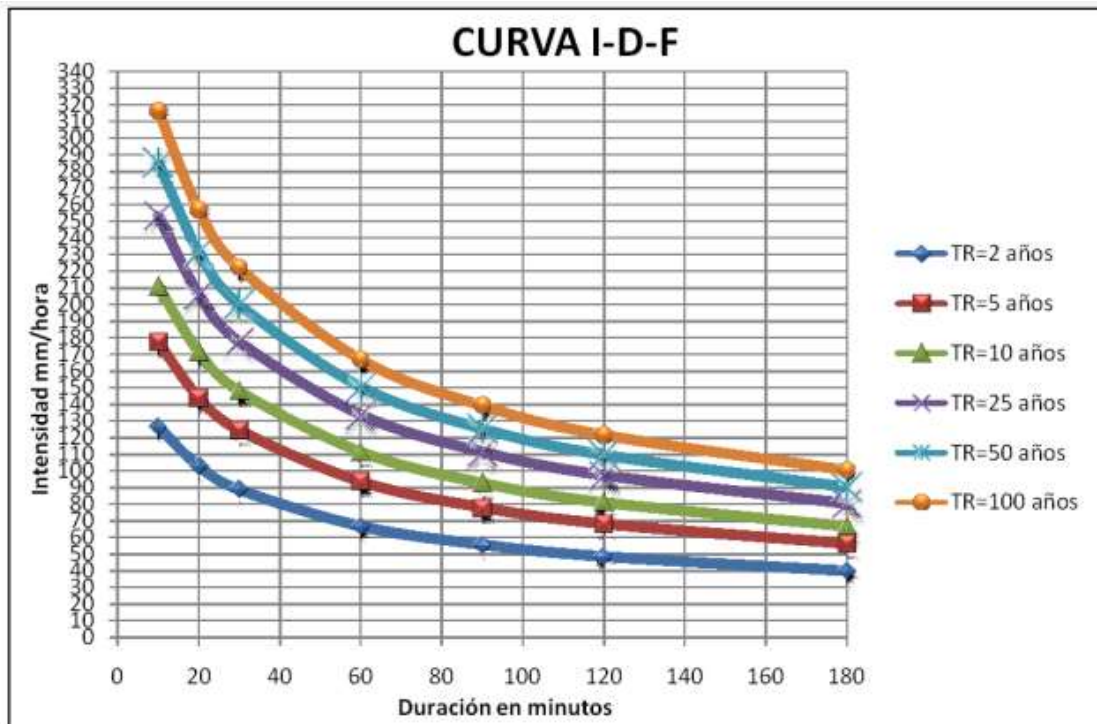


Figura 3.15 Intensidad-Duración-Frecuencia obtenidas por el Método de Bell, Estación Las Flores

Tabla 3.5 Intensidades máximas 10-180 min, Estación Ernesto Cortissoz

**CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA  
ESTACION APTO ERNESTO CORTISSOZ  
2904502**

Pmax 24h: 79.38 mm      Promedio de las máximas anuales  
Smax 24 horas: 16.64 mm      Desviación standard de la serie.  
Relación Cp: **0.80**      Relación entre horaria y diaria.

Periodo de Retorno TR (años)	Intensidades máximas en mm/hora para duraciones entre 10 y 180 minutos						
	10	20	30	60	90	120	180
2	116.6	94.8	81.9	61.5	51.3	44.9	37.0
5	144.1	117.2	101.2	76.1	63.4	55.5	45.7
10	162.3	132.0	114.0	85.7	71.4	62.5	51.5
25	185.3	150.7	130.1	97.8	81.5	71.3	58.8
50	202.3	164.5	142.1	106.8	89.0	77.9	64.2
100	219.3	178.3	154.0	115.7	96.5	84.4	69.6

Tabla 3.6 Intensidades máximas 10-180 min, Estación Puerto Colombia

CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA ESTACION PTO COLOMBIA 2904023							
Pmax 24h:	87.92 mm	Promedio de las máximas anuales					
Smax 24 horas:	33.56 mm	Desviación standard de la serie.					
Relación Cp:	<b>0.80</b>	Relación entre horaria y diaria.					
Periodo de Retorno TR (años)	Intensidades máximas en mm/hora para duraciones entre 10 y 180 minutos						
	10	20	30	60	90	120	180
2	125.7	102.3	88.3	66.4	55.3	48.4	39.9
5	181.2	147.3	127.2	95.6	79.7	69.7	57.5
10	217.9	177.2	153.0	115.0	95.9	83.9	69.1
25	264.2	214.9	185.5	139.5	116.3	101.7	83.8
50	298.6	242.8	209.7	157.6	131.4	115.0	94.7
100	332.8	270.6	233.7	175.7	146.4	128.1	105.6

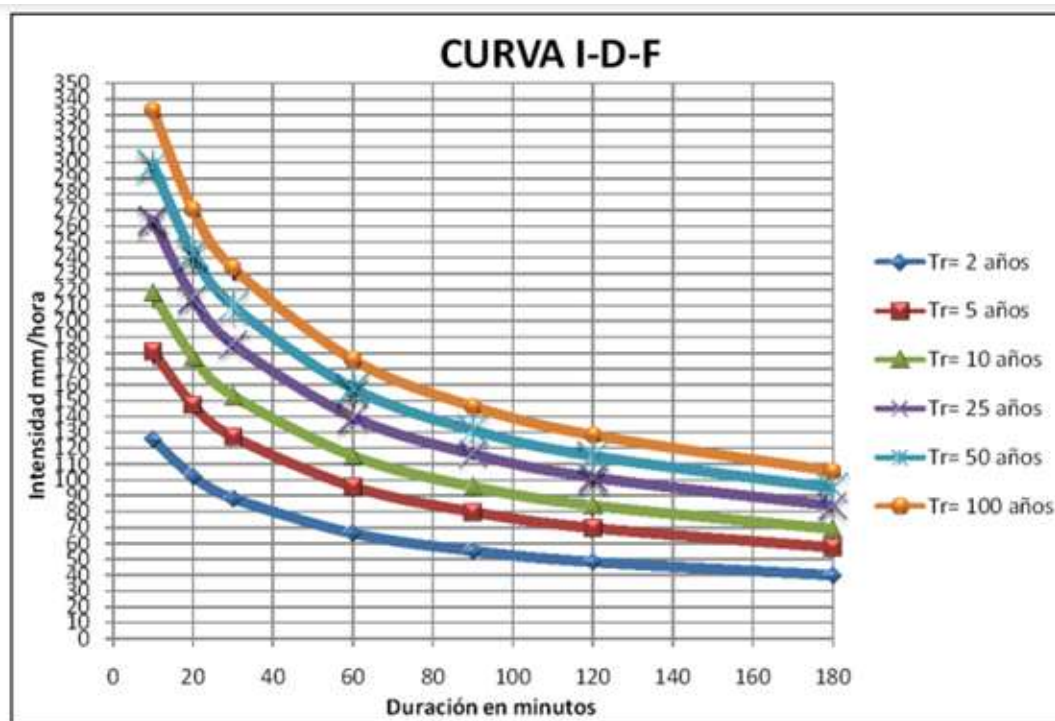


Figura 3.17 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia obtenidas por el Método de Bell, Estación Puerto Colombia

### 8.3.4. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

El presente capítulo muestra la información de la exploración del subsuelo realizada en la zona en estudio, que se planteó con la intención de establecer las variaciones de los materiales de suelo en profundidad, y establecer la posición de los contactos entre los materiales en cada espacio explorado.

Además de esto, el plan busca el muestreo inalterado de los materiales presentes en el área, a fe de obtener testigos óptimos y suficientes para desarrollar el programa de ensayos de laboratorio.

La exploración desarrollada es directa e involucra la ejecución de ocho (8) perforaciones mecánicas, de longitudes que varían entre los 10.5 m y los 16.5 m de profundidad. Dicho plan fue de provecho en la estructuración de los modelos geológico-geotécnicos, que se elaboran, conforme a lo identificable en la zona de estudio, sin considerar traslocaciones sustanciales y asumiendo cierta homogeneidad en los espacios en los que se debe inter y extrapolar la información. Además de las perforaciones ejecutadas por esta consultoría, se dio provecho al plan de exploración realizado por Geopilotaje (2019), que realizó ocho (8) sondeos en el área en estudio.

Así, pues, la exploración logró 112.5 m de perforación distribuidos en los siete sondeos. Estas perforaciones se ejecutan por el sistema Wire Line de diámetro HQ, en el que se procura el muestreo continuo e inalterado de los materiales explorados. Se colectaron los testigos suficientes para realizar los ensayos de clasificación y de estimación de las propiedades físicas (contenido de agua, límites de consistencia, granulometría, peso unitario) y mecánicas (compresión inconfiada y corte directo).

La localización y la profundidad de la exploración ejecutada se resumen en la Tabla 4.1, en la Figura 4.1 y en el Plano2. Los registros de perforación levantados se pueden consultar en el Anexo A, y un ejemplo de ellos es el visible de la Figura 4.2 a la Figura 4.4.

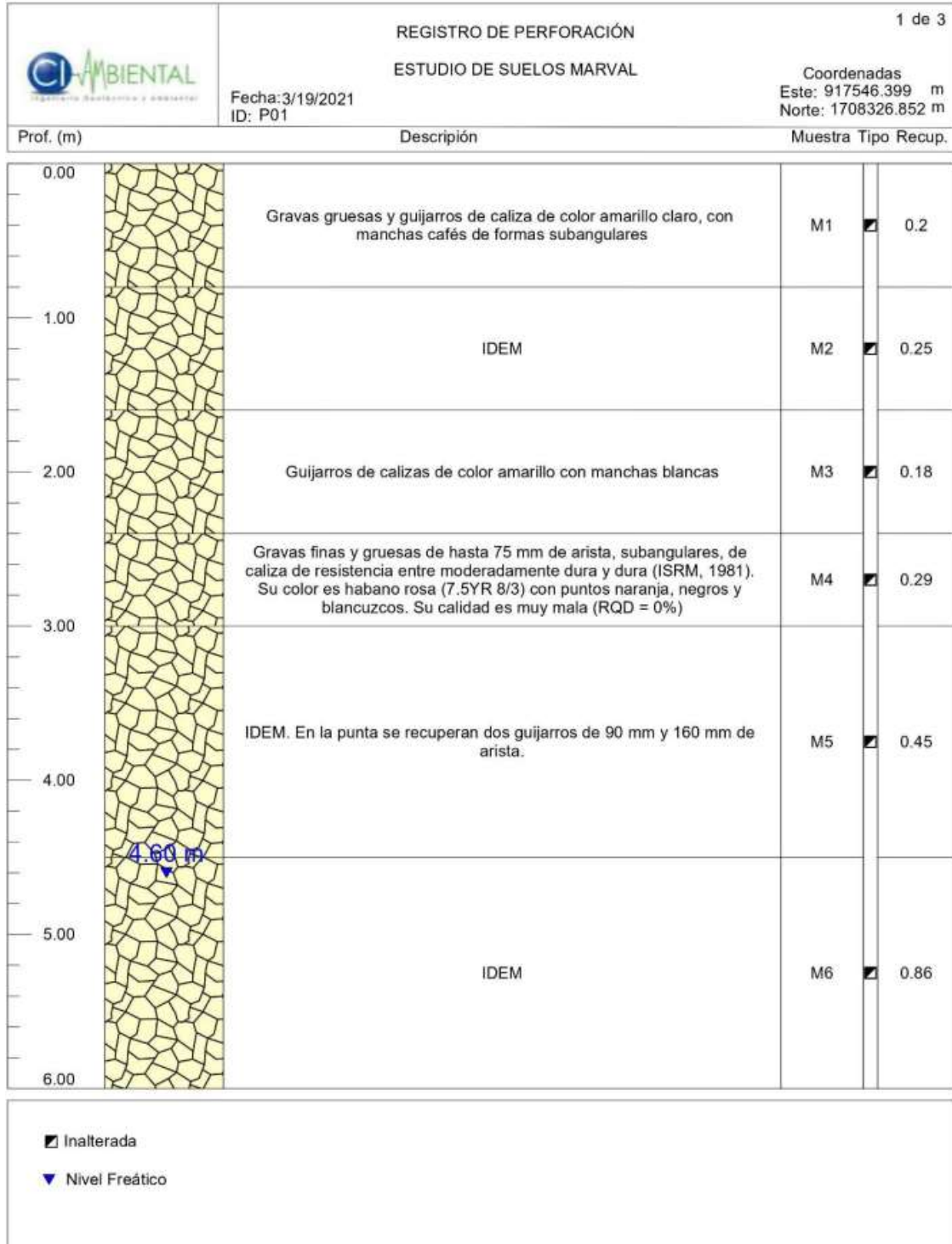
**Tabla 4.1 Exploración Directa Ejecutada**


ID	Coordenadas (m)		Profundidad (m)	Elevación (m.s.n.m.)	Nivel Freático (m)
	Norte	Este			
P01	1708326.85	917546.40	16.00	127.0	4.60
P02	1708237.97	917565.96	16.50	128.4	4.00
P03	1708143.69	917577.09	12.00	127.0	-
P04	1708094.63	917600.39	12.00	121.0	-
P05	1708219.73	917518.18	14.50	130.5	n.e.
P06	1708135.91	917547.78	10.50	128.0	-
P07	1708193.23	917498.08	15.00	133.0	n.e.
P08	1708008.33	917475.70	16.00	105.0	3.80

\* n.e.: No encontrado



*Figura 4.1 Localización de la Exploración Ejecutada*





		REGISTRO DE PERFORACIÓN ESTUDIO DE SUELOS MARVAL		2 de 3	
Fecha: 3/19/2021 ID: P01				Coordenadas Este: 917546.399 m Norte: 1708326.852 m	
Prof. (m)	Descripción	Muestra	Tipo	Recup.	
6.00	Gravas gruesas de caliza de hasta 75 mm de arista, subangulares, de resistencia moderada a dura (ISRM, 1981) de color habano rosa (7.5YR 3/3) con puntos negros naranja de calidad mala o IDEM. Se pierde el lodo desde los 6.20 m	M7	■	0.43	
	Calizas que se recuperan en tamaños que van desde las gravas finas hasta los guijarros de hasta 90 mm de arista, subangulares, de resistencia entre moderada y dura (ISRM, 1981). Su color es habano rosa (7.5YR 5/3) con puntos naranja, negros y blancos.	M8	■	0.45	
7.00	IDEM persiste el material anteriormente descrito.	M9	■	0.47	
	IDEM. Gravas finas a gruesas de hasta 60 mm de arista, subangulares, de caliza de resistencia moderadamente dura o dura (ISRM 1981) de color blanco rosa (7.5YR 8/2) con manchas negras y verdes.	M10	■	0.4	
8.00	IDEM. Gravas finas a gruesas (de hasta 75 mm de arista) de caliza de color blanco rosa. Los fragmentos se exhiben subangulares y de resistencia moderadamente dura (ISRM, 1981).	M11	■	0.3	
9.00	IDEM. En la punta se recupera un guijarro de 170 mm.	M12	■	0.69	
10.00	IDEM. Gravas finas a gruesas de hasta 75 mm de arista, subangulares de caliza de resistencia moderada a dura (ISRM, 1981). Su color es amarillo rosa (7.5YR 8/4) con puntos naranja, negros y blancos.	M13	■	0.69	
11.00					
12.00	IDEM	M14	■	0.73	

■ Inalterada

▼ Nivel Freático

Figura 4.3 Registro de Perforación – Sondeo P-1 (continuación)



		REGISTRO DE PERFORACIÓN <span style="float: right;">3 de 3</span>	
ESTUDIO DE SUELOS MARVAL		Coordenadas	
Fecha: 3/19/2021 ID: P01		Este: 917546.399 m Norte: 1708326.852 m	
Prof. (m)	Descripción	Muestra	Tipo Recup.
12.00			
13.00		M15	0.65
14.00	IDEM. Se recupera un guijarro de 240 mm. En la punta se halla una arcilla de color café amarillento (10YR 6/6), húmeda, plástica o muy plástica, de consistencia blanda (RPI=0,53 kg/cm <sup>2</sup> ).	M16	0.67
15.00	Arcilla con algún contenido de limos, de color café claro (7.5YR 6/4) con algunas manchas grises. Se encuentra húmeda, es plástica o muy plástica y su consistencia es de dura a muy dura (RPI= 3,2; 3,7; 4,3 (kg/cm <sup>2</sup> )).	M17	0.49
16.00	Persiste el material anteriormente descrito de color café claro. RPI mayor a 4,5.	M18	0.45

Inalterada

Nivel Freático

Figura 4.4 Registro de Perforación – Sondeo P-1 (continuación)

### 8.3.5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.

El estudio de las características geomecánicas de los materiales presentes en el subsuelo, permitió obtener una adecuada parametrización física y mecánica de los diferentes estratos identificados, con la cual se realizaron posteriormente los análisis de estabilidad.

Por lo anterior, durante las labores de exploración y posterior a la finalización de las mismas, las muestras obtenidas fueron llevadas y ensayadas en el Laboratorio de Suelos de CI Ambiental en Bogotá, con el fin de realizar los ensayos requeridos para estimar sus propiedades básicas y geomecánicas (resistencia y compresibilidad).

Cabe resaltar que, en la mayor parte del área de estudio se reconoce la presencia de la unidad Qcp – Calizas de la Formación La Popa TpNngpac, seguida por las Arcillolitas de la Formación Perdices (TpNngpac), esta última cubierta por niveles residuales de arcillas de color amarillo café o café claro que, además, subyacen las calizas. Las arcillas son plásticas, se exhiben húmedas, de consistencia modalmente dura o muy dura, pero hay algunos hallazgos firmes y blandos. Sin embargo, este material es altamente susceptible a la acción del agua: cuando se satura, se expande y pierde resistencia de forma sustancial, y favorece la gestación de movimientos en masa. Por esto, se resalta de antemano que el eficiente manejo del agua superficial y subsuperficial es de vital importancia para el desarrollo seguro del sector.

### 8.3.6. ENSAYOS DE LABORATORIO.

El plan de ensayos de laboratorio desarrollado incluye ensayos de caracterización, resistencia y compresibilidad. Dentro de los ensayos de caracterización se realizaron: humedad natural, límites de consistencia, granulometría y peso unitario, los ensayos de resistencia correspondieron a ensayos de corte directo, compresión inconfiada y carga puntual.

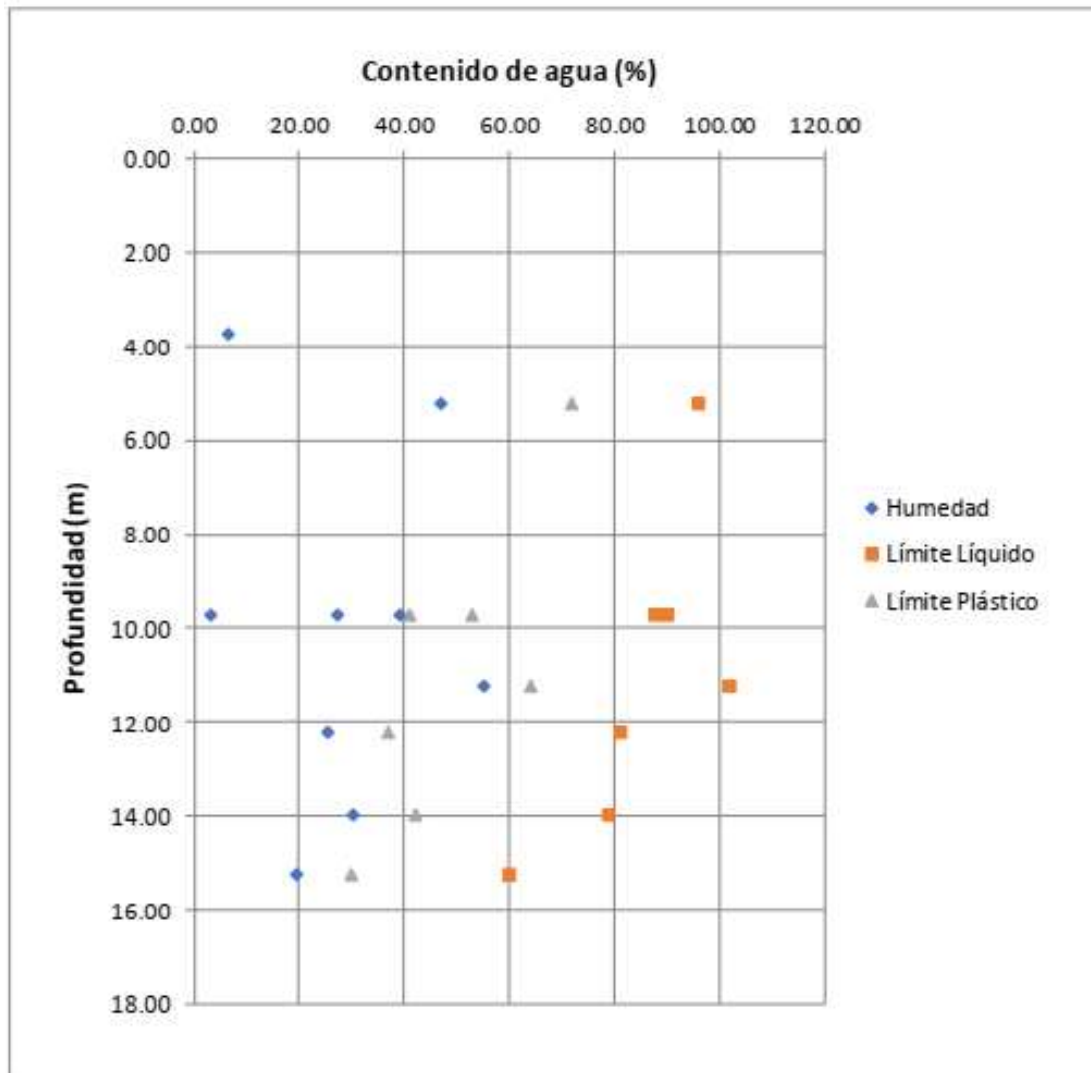
Los ensayos de laboratorio realizados por esta consultoría se pueden consultar en el Anexo B, y el resumen de los resultados se incorpora en la Tabla 5.1.

#### 5.1.1 Contenido de Humedad (I.N.V. E-122-13)

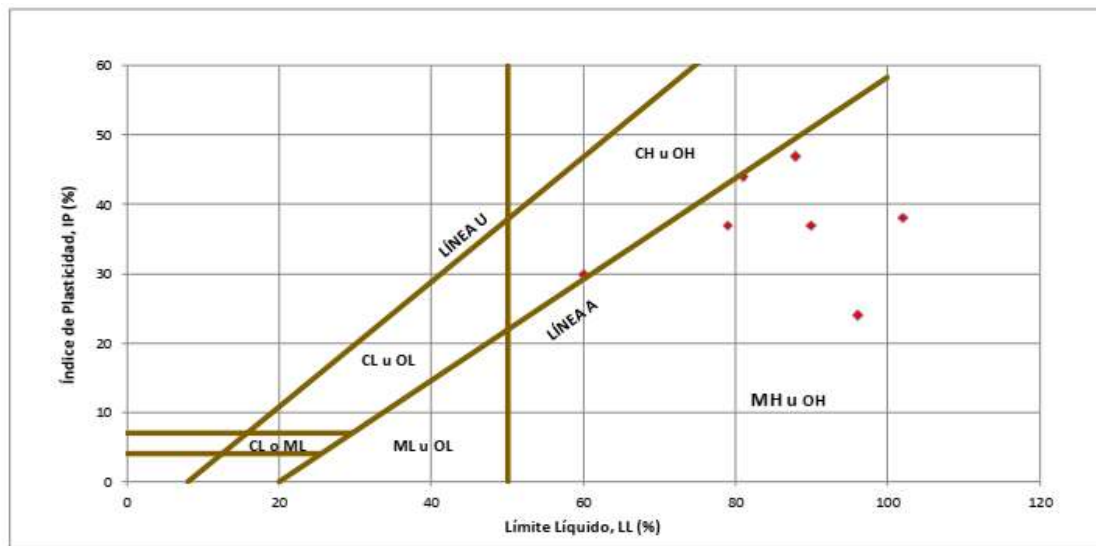
Este ensayo se realiza para determinar el contenido de agua en una muestra de suelo. El contenido de agua del material se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre", en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material (I.N.V.E – 122 – 13).

### 8.3.7. Límites de Consistencia (I.N.V. E –125–13 Y I.N.V. E –126–13)

Cuando se habla de suelos con cantidades apreciables de material fino, es conveniente hablar del efecto que tiene el contenido de humedad en estos respecto al comportamiento físico-mecánico de los mismos. Un contenido mínimo de agua por lo general indicaría un suelo muy duro, y a medida que aumenta el contenido de humedad dicho suelo pasaría por diferentes estados de consistencia que van desde sólido, semisólido, plástico, y líquido.



**Figura 5.1 Resumen de Ensayos de Contenido de Agua**



**Figura 5.2 Carta de Plasticidad**

El ensayo de límite plástico define el umbral de contenido de agua para que un suelo se encuentre entre una consistencia semi-sólida y plástica. Por su parte el ensayo de límite líquido nos permite determinar el contenido de humedad en que un suelo pasa de tener un comportamiento plástico a uno líquido. Estos valores son muy importantes para poder clasificar los suelos, permitiendo inferir el comportamiento de los suelos ante cambios del contenido de humedad, lo que usualmente se asocia a su plasticidad.

En particular de los ensayos realizados a los materiales recuperados (véase el resumen gráfico en la Figura 5.1 y en la Figura 5.2) es posible observar valores del límite plástico que varían entre el 30% y el 72%. Por su parte el límite líquido presenta los siguientes valores, con un valor mínimo del 60% y máximo del 102%; el contenido de agua varía a lo largo de la profundidad con valores entre el 6.40% y el 55.10% siempre por debajo del límite plástico, lo que indica la consistencia muy dura del material. Al graficar estos resultados en la carta de plasticidad se observa que los materiales ensayados varían entre arcillas y limos de alta plasticidad.

### 8.3.8. Ensayo de Corte Directo en Suelos – Consolidado Drenado (I.N.V. E – 154 – 13)

El ensayo de corte directo en suelos corresponde a un ensayo que sirve para determinar la resistencia mecánica de los mismos, particularmente la resistencia al corte. El análisis de resultados de este ensayo está basado en la teoría de Mohr-Coulomb, en que la resistencia mecánica de los suelos (relación entre esfuerzos cortantes  $\tau$  y normales  $\sigma$ ) está gobernada por dos

características de los suelos: la cohesión  $C$  y el ángulo de fricción interna  $\phi$  ( $\sigma = \sigma' \tan \phi + C$ ).

A manera de ejemplo se presenta en la Figura 5.3 la envolvente de esfuerzos para el ensayo realizado a la muestra P4 M3A. En ésta claramente se pueden apreciar las envolventes pico y residual de resistencia, con sus parámetros asociados.

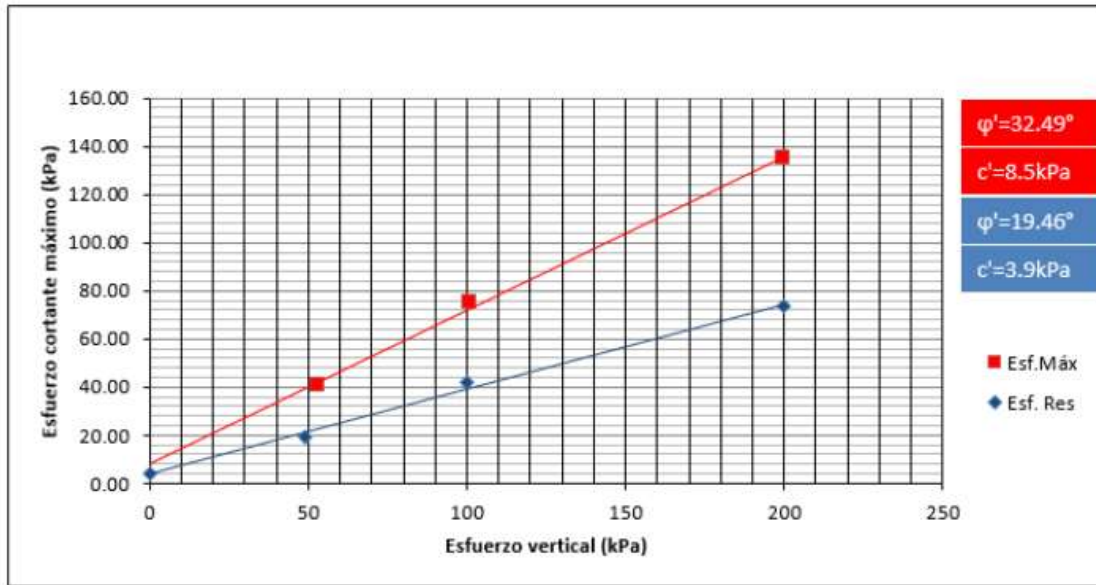
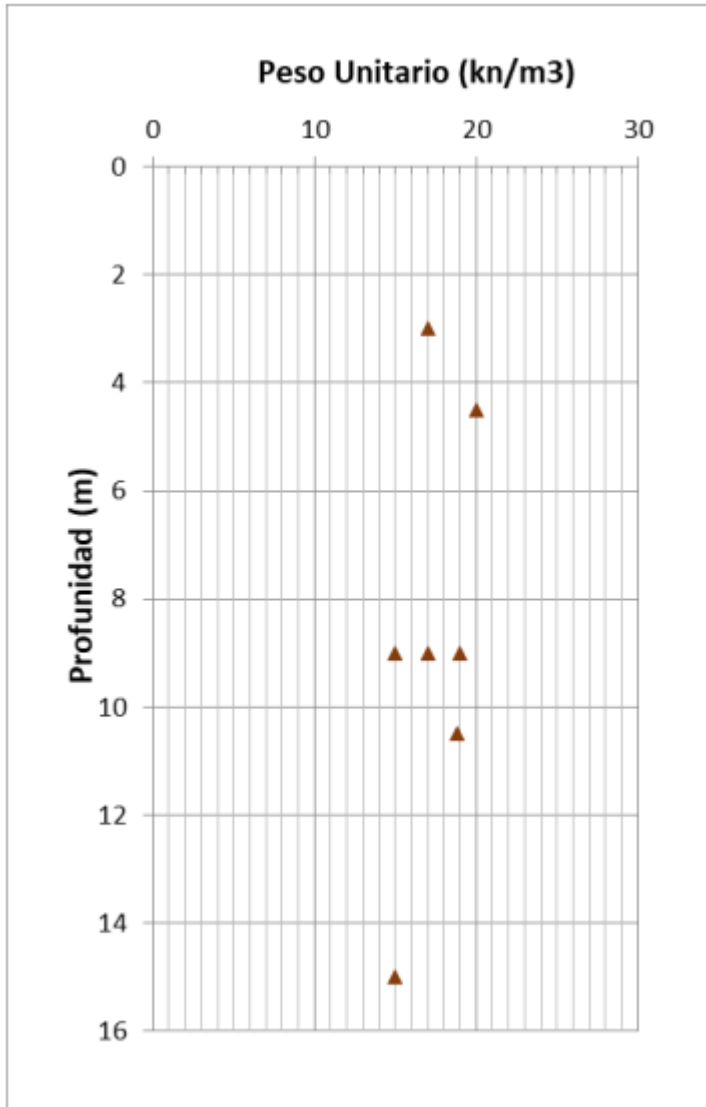


Figura 5.3 Trayectorias de esfuerzo y envolventes de falla para el ensayo de corte de la muestra P4 M3A

ID. ESPERIMENTAL	ID. VOLEDA	PROFUNDIDAD (m)			MATERIAL	PERCENTUAL HUMEDAD (w <sub>p</sub> )	HUMEDAD NATURAL (w <sub>n</sub> )	PESO ESPECÍFICO (γ)	HUMEDAD NATURAL (%)	MAYOR UNIFORMIDAD (%)	LÍMITES DE ATERRANDO				GRANULOMETRÍA	PROM. TÁCTIL (MPa)	COMPRESIÓN INCOMPRIMA	CARGA PARCIAL	CORTES OBJETIVO									
		ENTRADA	HALA	PROFUNDIDAD							LÍMITE DE LIQUIDEZ (%)	LÍMITE DE PLASTICIDAD (%)	LÍMITE DE CONSOLIDACIÓN (%)	CUMPLIMIENTO DE LA FUNCIÓN P <sub>u</sub>					% DE PASAJE N.º 40	% DE PASAJE N.º 60	% DE PASAJE N.º 100	σ <sub>u</sub> (MPa)	σ <sub>v</sub> (MPa)	Módulo (MPa)	Resistencia (MPa)	ÁNGULO DE FRICCIÓN PICO (φ <sub>p</sub> )	COEFICIENTE PICO (β <sub>p</sub> )	ÁNGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL (φ <sub>r</sub> )
P1	17	19.00	18.80	19.20	OTSPGAC-0	1.80	1.80	18.80	60.00	80.00	80.00		CH		80.7%				22.8	28.28	11.82	17.88						
P1	-5	3.00	4.50	1.75	OC	2.18	2.14	6.40								8444.95	3222.47	140.92										
P2	8	8.80	10.80	9.70	OC	2.47	2.40	9.30								57488.4	8764.8	782.86										
P2	8	8.80	10.80	9.70	OTSPGAC-0	1.70	1.87	37.40	89.00	43.00	37.00		NH			88.2%				22.86	32.36	10.27	18.88					
P3	8	10.50	12.00	11.25	OTSPGAC-0	1.80	0.96	35.10	102.00	64.00	38.00		NH			51.8%				17.52	37.22	7.11	20.73					
P4	8	4.80	8.00	9.20	OTSPGAC-0	1.70	1.18	46.00	98.00	72.00	34.00		NH			91.8%				16.28	3.28	18.48	8.88					
P4	8	8.00	10.50	8.70	OTSPGAC-0	1.88	1.35	39.30	90.00	53.00	37.00		NH	36.8	36.4	28.3	24.2%			31.05	7.18	13.08	5.64					
P6	11	11.80	18.00	12.20	OTSPGAC-0	2.00	0.81	26.30	81.00	37.00	44.00		NH	1.79	9.2	89.01	89.0%			20.33	18.77	8.88	18.88					
P7	4	4.50	6.00	5.25	OC													5.2										
P7	11	18.80	14.80	14.00	OTSPGAC-0	1.80	1.80	80.00	78.00	42.00	37.00		NH	1.84	18.08	82				8.88	37.82	6.71	8.28					

Tabla 5.1 Tabla Resumen de Ensayos de Laboratorio Realizados

Por otro lado, el peso unitario varía entre 15 kN/m<sup>3</sup> y 24.7 kN/m<sup>3</sup>. Véase la Figura 5.4.



**Figura 5.4 Resumen de Peso Unitario vs Profundidad**

La Tabla 5.1 presenta una síntesis de todos los resultados de ensayos de laboratorio finalmente realizados, discretizada por perforación y por muestra.

### 8.3.9. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

Obtenidos los resultados de los ensayos, se realiza el análisis de los parámetros geomecánicos de cada uno de los materiales de suelo y roca identificados, a fe de implementar los más propicios en las modelaciones. Producto del estudio geológico y de la caracterización geotécnica que se ha realizado a partir del trabajo desarrollado en la interpretación de los registros de la exploración del

subsuelo, y en el análisis de los resultados del programa de ensayos de laboratorio, se reconocen y parametrizan las unidades de suelo y roca.

Los datos obtenidos del programa de ensayos son procesados no sólo implementando las herramientas estadísticas para el análisis, sino con la pericia, sensibilidad y criterio del profesional. La Tabla 5.1 recopila los parámetros obtenidos en cada ensayo ejecutado sobre las muestras más representativas entre las recuperadas en las perforaciones.

Teniendo en cuenta los diferentes tipos de materiales, y la cantidad de información que se tenía para cada uno de ellos, se definen los parámetros a utilizar en la modelación. Se utilizará una distribución normal de los datos siempre que se cuenten con suficientes datos para generarla (media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$ ) como es el caso del suelo residual de la arcillolita QTpNgpac-sr, mientras que para otros materiales de menor presencia en el área, de los que no se cuenta con una cantidad abundante de parámetros (dadas las limitantes del estudio), se usan los parámetros de  $c'$  y  $\phi'$  y se adopta como media  $\mu$  el valor directo del ensayo y como desviación estándar los valores típicos de coeficiente de variación o covarianza sugeridos en la literatura que corresponden a :  $COV c' = 35\%$  y  $COV \tan \phi' = 10\%$  y  $COV T = 10\%$ . La Tabla 5.2 recopila los parámetros a implementar en el análisis de estabilidad para cada material, y sus respectivas medidas de dispersión.

**Tabla 5.2 Resumen de parámetros mecánicos por material**

Material	Propiedad	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Qans	Peso Unitario (kN/m <sup>3</sup> )	18.0	1.8	0.10
	Ángulo de Fricción (°)	32.0	3.6	0.11
	Cohesión (kPa)	10.0	3.5	0.35
Qcp	Peso Unitario (kN/m <sup>3</sup> )	23.8	1.3	0.05
	Ángulo de Fricción (°)	41.5	5.2	0.13
	Cohesión (kPa)	143.5	40.3	0.28
QTpNgpac-sr	Peso Unitario (kN/m <sup>3</sup> )	18.4	1.8	0.10
	Ángulo de Fricción (°)	21.8	7.9	0.36
	Cohesión (kPa)	18.1	12.2	0.67
TpNgpac	Peso Unitario (kN/m <sup>3</sup> )	39.1	4.7	0.12
	Ángulo de Fricción (°)	66.8	23.4	0.35
	Cohesión (kPa)	22.1	0.2	0.01

### 8.3.10. MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO.

En la Figura 5.5 se muestra la distribución en planta de las secciones seleccionadas para la modelación en dos dimensiones, que se trazan buscando los mayores buzamientos de las laderas, a fe de recrear las situaciones más críticas en el análisis de estabilidad. En la Figura 5.6 se muestran algunos de los modelos geológico - geotécnicos que se logran con la conjunción de la topografía de superficie, de las unidades geológicas superficiales y de la información recavada con el programa de exploración ejecutado.

Este último aporta la información del espesor de cada una de las unidades de suelo perforadas; como es de suponer, con base en las perforaciones los contactos se inter o extra polan entre ellas, según sea el caso. El Plano 2B recopila la totalidad de los modelos en alzado.



Figura 5.5 Secciones de Análisis Para el Lote Volador – Planta



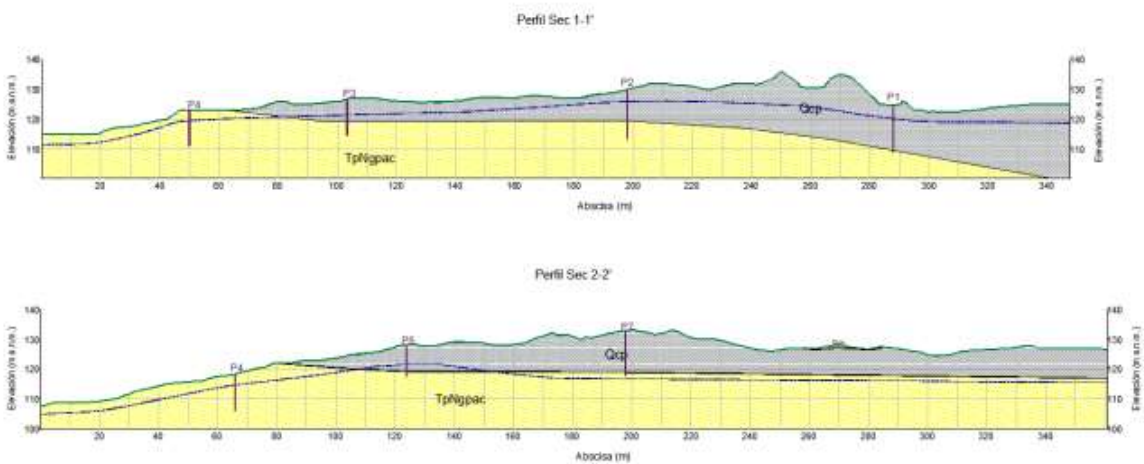


Figura 5.6 Modelos Geológico – Geotécnicos

Si se quiere resumir, el arreglo estratigráfico de la zona de estudio en la parte media y baja de la ladera, hasta las profundidades exploradas, está compuesta por las arcillolitas de la Formación Las Perdices (TpNngpac), suprayacidas por sus niveles residuales (QTpNngpac-sr), que en la mayor parte del predio están cubiertos por las calizas de la Formación La Popa (Qcp).

#### 8.4. EVALUACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.

Para la modelación hidráulica que a continuación se expone, se revisaron las condiciones en la zona de estudio, la información disponible y las condiciones iniciales e hipótesis a considerar para cada una de las opciones posibles.

En cuanto a la información disponible, se cuenta con información topográfica a detalle del predio y un modelo de elevación del terreno para la zona. Adicional a esto, en el capítulo hidrológico se obtuvo la información del régimen de precipitaciones en Puerto Colombia.

De las anteriores condiciones se determinan las siguientes consideraciones iniciales para el modelo:

- El modelo hidráulico se plantea a realizar en un software de modelación de dos dimensiones, como lo es el RiverFlow2D de la casa Hydronia.
- La zona a modelar será el lote completo.

Se contempló llevar a cabo una modelación en dos dimensiones (bajo la plataforma RiverFlow2D®), el cual permite modelar el flujo con dos componentes de movimiento, lo que indica que permite el análisis del flujo saliente.

#### 8.4.1. MODELACIÓN HIDRÁULICA 2-D (RIVERFLOW2D)

RiverFlow2D® es un software de modelación hidráulica, que utiliza el método de elementos finitos, y mediante un poderoso motor numérico permite determinar el comportamiento de un flujo aplicando las ecuaciones diferenciales de Navier-Stokes (conservación de masa y momento), conocida como ecuaciones promediadas de Navier-Stokes como se muestra en las siguientes ecuaciones (Hydronia, 2018):

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = S(U, x, y)$$

Donde el vector de variables observadas con respecto a la altura  $h$  promedio es:

$$U = (h, q_x, q_y)^T; q_x = uh; q_y = vh$$

Los vectores de flujo son dados por las siguientes expresiones:

$$F = \left( q_x, \frac{q_y^2}{h} + \frac{1}{2}gh^2, \frac{q_x q_y}{h} \right)^T; G = \left( q_y, \frac{q_x q_y}{h}, \frac{q_x^2}{h} + \frac{1}{2}gh^2 \right)^T$$

El modelo funciona generando una matriz de elementos a partir de un modelo de elevaciones, asignándoles además propiedades a los mismos, acorde a los parámetros de entrada ingresados, como el coeficiente de Manning, coeficiente de infiltración, precipitación, entre otros.

Como datos de entrada para el montaje de este modelo, se necesitó la información listada a continuación:

- Refinamiento de la malla del modelo.
- Coeficientes de Manning.
- Lluvias críticas.
- Infiltración.

- Condiciones de frontera de la modelación.

#### 8.4.2. REFINAMIENTO DE LA MALLA DEL MODELO.

Para el refinamiento de la malla se consideró que la misma fuera lo suficientemente detallada, por lo cual en estas zonas el elemento promedio fue de 2m.

#### 8.4.3. COEFICIENTES DE MANNING.

El coeficiente de Manning utilizado, acorde al estudio hidrológico y al tipo de coberturas presente en la zona fue de 0.048, correspondiente a cursos naturales en planicie con pastos y piedras.

#### 8.4.4. LLUVIAS CRÍTICAS.

Las lluvias obtenidas a partir de las curvas IDF se utilizaron para estimar los caudales, teniendo en cuenta una lluvia sobre la cuenca. Se consideró un hietograma que involucrara todas las lluvias críticas para un periodo de retorno de 25 años, y duración de 10 minutos a una hora.

Así entonces, para el hietograma resultante, es posible tomar tramos de tiempo que correspondan a precipitaciones de las lluvias críticas de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos.

El hietograma generado a partir de las IDF para el proyecto, se presentan en la Figura 6.1. Por otro lado, en este aparte también se incluye la evaporación, que en este caso se desprecia por criterios conservadores.

#### 8.4.5. INFILTRACIÓN

Se tomó el número de curva definido, correspondiente a  $CN=65$ , considerando la información del estudio hidrológico. Por las condiciones del terreno en el área de estudio, corresponde a un suelo tipo B, en zonas de combinación de pastos y árboles. Se consideró en el modelo que el suelo estuviera recargado por lluvias en días anteriores.

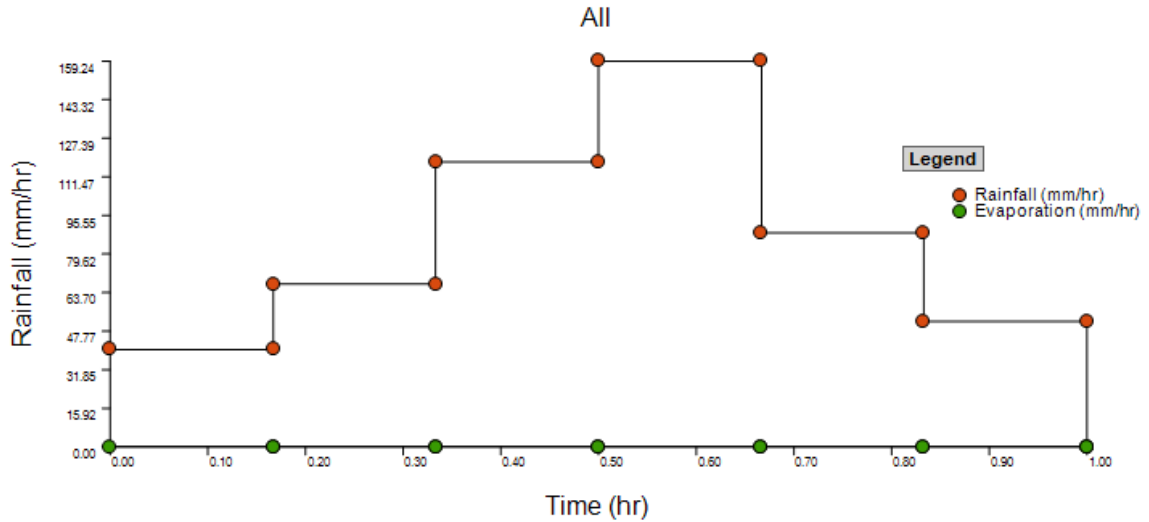


Figura 6.1 Hietograma de lluvias críticas para un  $T_r=25$  años, lote Marval

### 8.5. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

Luego de transcurrida la modelación, se obtienen mapas de resultados por cada celda. Los principales factores a considerar para definir los efectos de la lluvia, dentro de los que se destacan los siguiente:

- Profundidad del agua: Además de indicar las zonas hasta donde corre la lámina de agua ( $P>0$ ), se encuentra que las profundidades de la lámina de escorrentía son en general baja. Esto es a consecuencia de que estas, corresponden a corrientes intermitentes, que permanecen secas la mayor parte del año. En conclusión, estas pequeñas corrientes intermitentes no generarán ningún tipo de problema sobre el problema sobre el proyecto urbanístico que se piensa adelantar. Es altamente recomendable durante el desarrollo del proyecto la construcción de sistemas de cunetas que garanticen una adecuada evacuación de las lluvias de escorrentía provenientes de la parte del lote, que en ningún caso, van a afectar la estabilidad de la obra.
- Velocidad del agua: No sólo la profundidad incide en el comportamiento del flujo, sino que también la velocidad juega un papel importante. Aún si la profundidad es baja, una alta velocidad puede inducir a una amenaza media a alta debido a flujo. Entre más alta la velocidad más les cuesta a las personas, animales, vehículos, etc., movilizarse en la corriente. El gráfico de la velocidad hallada en el modelo, se presenta en la Figura 6.3. En general las velocidades encontradas mediante la modelación fueron bajas ( $<1.0\text{m/s}$ )

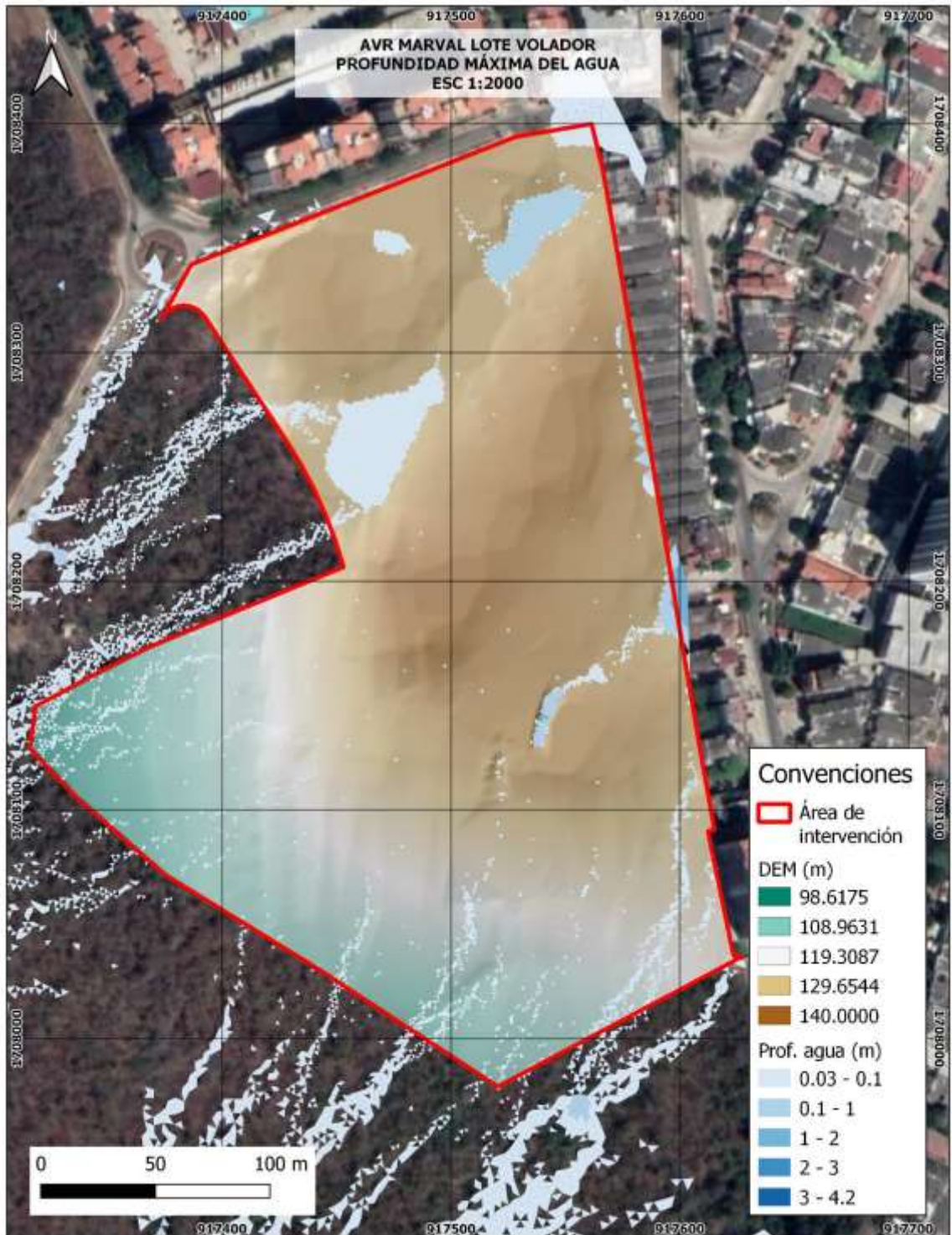


Figura 6.2 Profundidad del Agua – Lluvia Crítica  $T_r=25$  Años

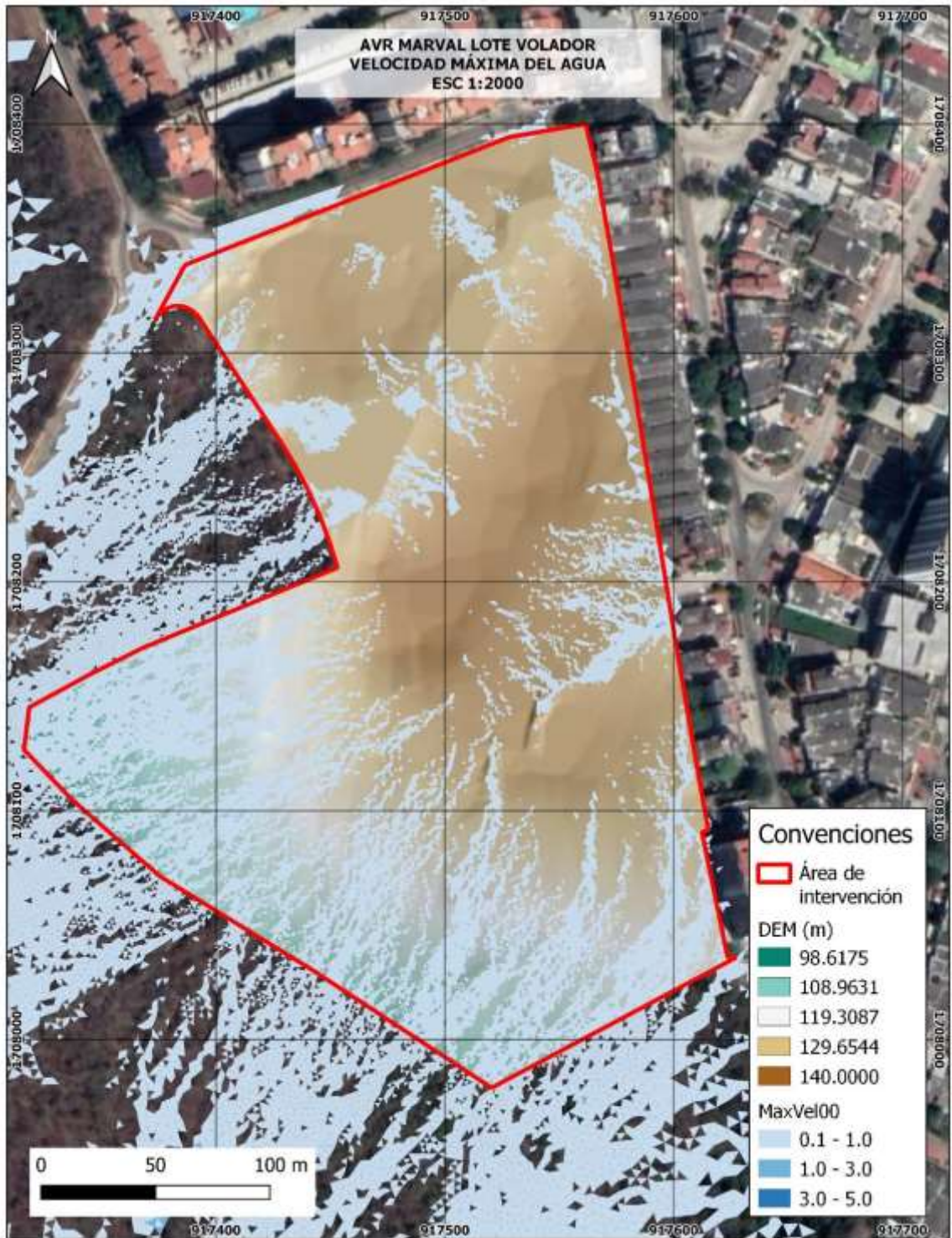


Figura 6.3 Velocidad del Agua – Lluvia Crítica Tr=25 Años

## 8.6. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN.

La zonificación de la amenaza por inundación indica el tipo e intensidad del potencial efecto sobre los elementos expuestos en la zona de estudio, es decir, el grado de amenaza puede variar de acuerdo a las variables mencionadas, velocidad y profundidad o el producto de las dos variables anteriores a efecto de categorización.

Está establecido por la mayoría de organismos internacionales que el grado de amenaza por inundación se obtiene a partir de una combinación de los factores antes mencionados, más que verlos de manera individual. Teniendo en cuenta el tipo de elemento expuesto para la zona de estudio y las condiciones del sector, se optó por acoger la asignación del grado de amenaza definido por la USBR (Oficina de Reclamación de Estados Unidos).

### Grado de amenaza (USBR)

El grado de amenaza corresponde a una simplificación del riesgo potencial de vidas y riesgos económicos producto de un desastre natural, en este caso una inundación. En general los grados de amenaza suelen indicarse como amenaza baja, media o alta, y la implicación de cada uno de estos sería como sigue:

- Amenaza baja: Para la combinación de velocidad y profundidad asociado con un flujo de aguas, se asume que el número de vidas en peligro es igual a cero.
- Amenaza alta: Para la combinación de velocidad y profundidad asociado con un flujo de aguas, se asume que las vidas de las personas estarían en peligro.
- Amenaza media: La amenaza media o zona de juicio, corresponde a un campo intermedio entre los extremos, de cero y muchas vidas en peligro, en este sentido se podría decir que en esta categoría algunas vidas correrían peligro.

Es de resaltar que estas zonas de amenaza baja, media y alta dependen también del elemento expuesto, pues, no es lo mismo que el elemento expuesto sea un adulto o que sea un niño. En este sentido y considerando que los elementos expuestos corresponden a las personas que se encontrarían en una zona urbanizada así como las edificaciones a construir, se adoptó la clasificación para hogares de la USBR (Figura 6.4). Esta clasificación identifica al elemento expuesto como los habitantes de las viviendas en la zona, lo cual va de la mano con la vulnerabilidad propuesta para la zona (vulnerabilidad física o estructural).

Basados en la Figura 6.4 podemos destacar que no importa la combinación, para profundidades mayores a los 1.80 m, a cualquier valor de velocidad, la zona inmediatamente queda en zona de alta amenaza (high danger zone). De manera análoga, se puede apreciar que a medida que aumenta la velocidad, los umbrales de profundidad para los rangos de amenaza media (judgement zone) y alta (high danger zone) cambian de manera inversamente proporcional.

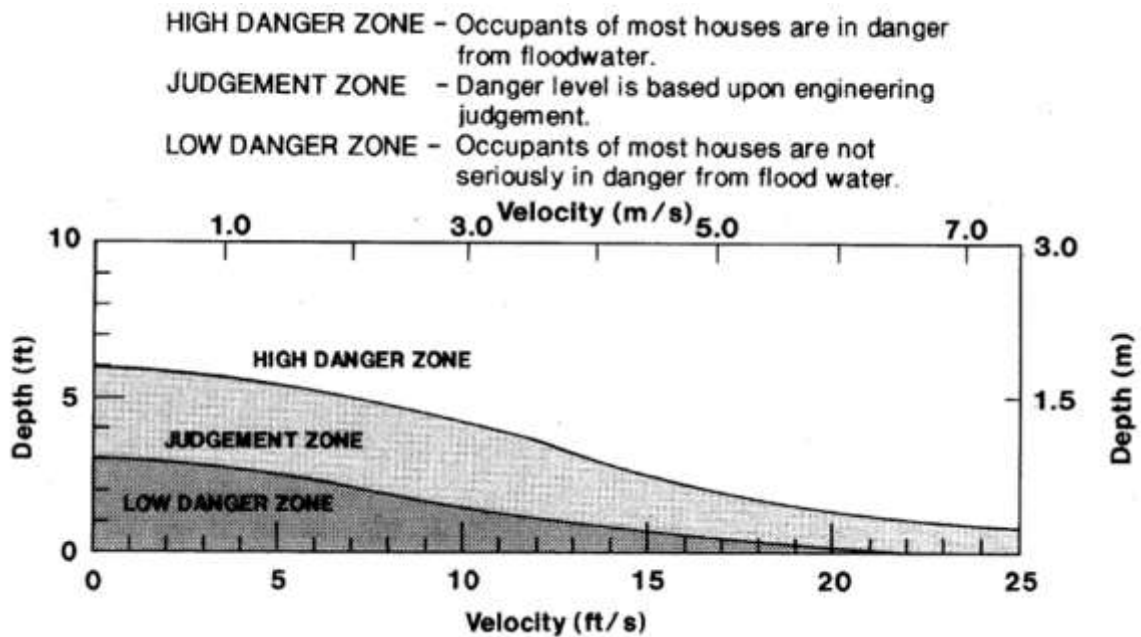


Figura 6.4 Relación Profundidad-Velocidad para determinación del grado de amenaza por la USBR para hogares

Para esta asignación en particular los niveles de grados de amenaza indican lo que se resume en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 Definición de los Grados de Amenaza por Inundación.

GRADO DE AMENAZA	DEFINICIÓN
Amenaza baja	Los ocupantes de la mayoría de las edificaciones no estarían en serio peligro por inundación.
Amenaza media	Nivel de amenaza a juicio ingenieril. Algunos ocupantes de la mayoría de las edificaciones estarían en peligro por inundación.
Amenaza alta	Los ocupantes de la mayoría de las edificaciones estarían en serio peligro por inundación.



Así las cosas, realizando la verificación de velocidad y profundidad del agua celda a celda de los modelos corridos para diferentes periodos de retorno, es posible categorizar espacialmente la amenaza por inundación para el lote. Esta amenaza corresponde a escenarios potenciales de ocurrencia de fenómenos de inundación, según los registros existentes. La Figura 6.5 muestran los resultados de la zonificación de la amenaza por inundación para el área modelada para el periodo de retorno considerado, donde se concluye que la amenaza por inundación del lote es baja.

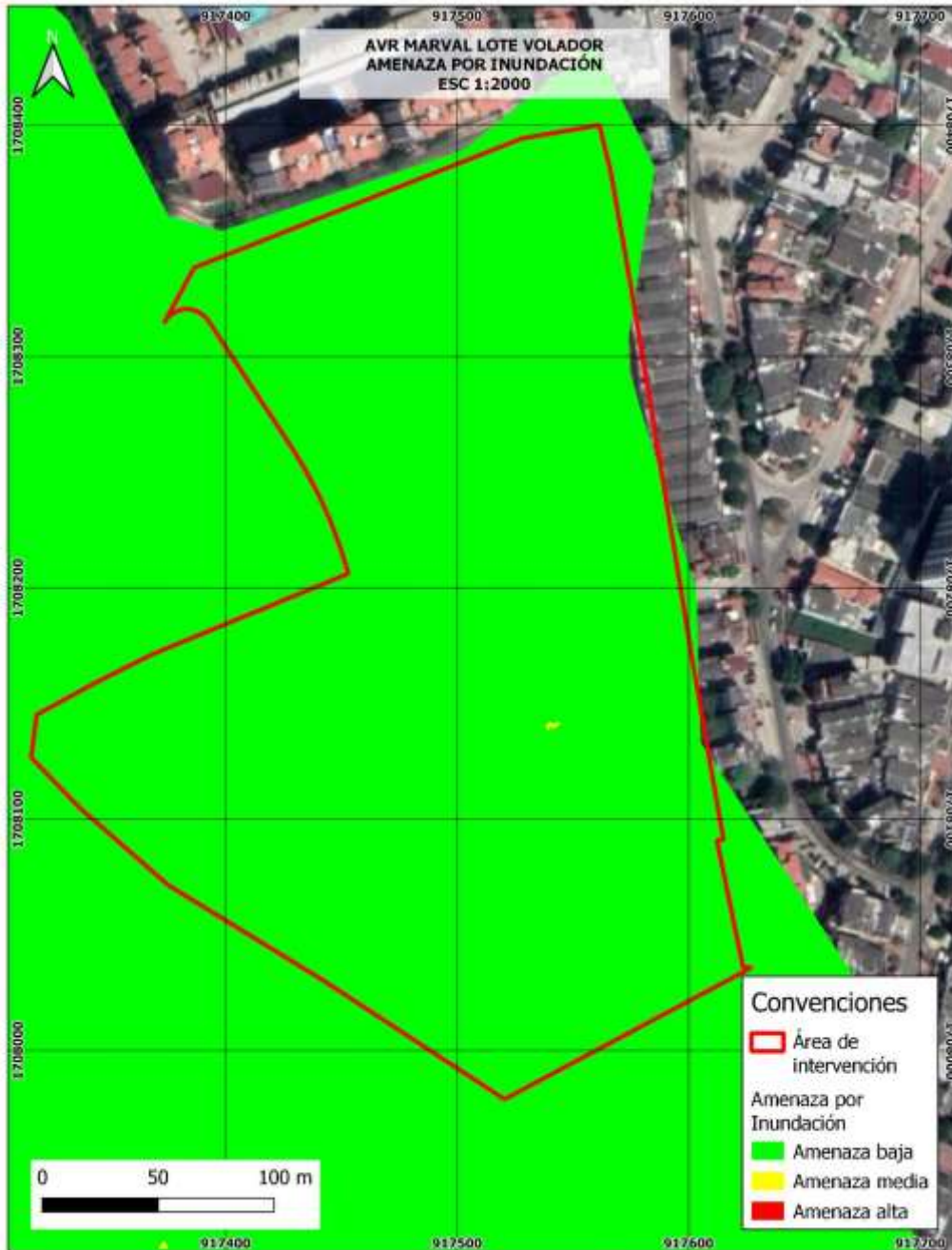


Figura 6.5 Amenaza por Inundación para el lote de estudio.

## 9. EVALUACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.

Este capítulo tiene por objeto recopilar las mayores particularidades de la evaluación de la amenaza por movimientos en masa en el lote Volador. Para tal fin, se realizaron análisis probabilísticos en dos dimensiones por diferentes metodologías de equilibrio límite, en el que se consideran agentes externos como lluvias fuertes y sismos. En lo que sigue se procederá presentar las bases teóricas de la metodología utilizada.

Los análisis de estabilidad se enfocan al estudio de los modos y posibilidades de movimientos a lo largo de los diferentes materiales identificados en la zona de estudio.

El modelamiento de los mecanismos de falla se realiza aplicando los métodos de equilibrio límite, abordando la respuesta pseudo-estática de los estados probables de movilización (según su geometría, el tipo de material, su disposición estratigráfica y las condiciones del drenaje), involucrando las unidades de suelo y roca identificadas, a través de deslizamientos rotacionales y traslacionales. Los resultados de estos modelos estiman la probabilidad condicional de falla, a partir de la cual se establecen los diferentes niveles de amenaza para cada uno de los escenarios y condiciones consideradas de análisis.

### 9.1. METODOLOGÍA

Una vez identificados los probables mecanismos de falla (planar y rotacional), y realizada la respectiva caracterización geotécnica, se construyeron los modelos geológico-geotécnicos, con el fin de estimar la condición de estabilidad. Para efectos de evaluar la estabilidad en el sector en estudio, se procedió a realizar los análisis en función de la probabilidad de falla, para mecanismos de falla rotacional y traslacional.

Por lo anterior, se procedió a analizar el espectro de posibilidades que se pueden obtener variando los parámetros de resistencia de los materiales y el nivel de intensidad de los agentes detonantes considerados (lluvia y sismo). De esta manera, los análisis de estabilidad en términos de probabilidad de falla se tornan más representativos que el reporte de un factor de seguridad, el cual es el simbolismo numérico de uno de los múltiples eventos factibles.

Sin embargo, la deducción de la probabilidad de falla implica conocer la distribución estadística del factor de seguridad (González, 2001), específicamente la de sus dos primeros momentos:  $\mu_{FS}$  y  $\sigma_{FS}$ , es decir, la

media y la desviación estándar. La solución a la relación predictiva entre estas dos variables (Pf y FS) y la obtención de ellas, se plantea aquí con el empleo de métodos aproximados, específicamente mediante el método de Monte Carlo.

En este orden de ideas, la probabilidad de ocurrencia de un evento particular, en este caso los movimientos en masa, se evalúa en términos de sus eventos condicionantes, a través de la ley de probabilidades totales, de tal manera que la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento para eventos definidos de eventos detonantes está definida por la siguiente ecuación:

$$p_f = p(FS \leq 1,0)$$

Ahora considerando los escenarios de los eventos detonantes, en este caso lluvia y sismo, la probabilidad de falla se calcula como la probabilidad de que el factor de seguridad sea inferior a 1, dada la lluvia y sismo determinado, multiplicando por la probabilidad de que ocurran dichos eventos, así:

$$p_f = p(FS \leq 1,0 | h_w | k) p(h_w) p(k)$$

Donde  $h_w$  y  $k$  corresponden a los eventos de lluvia y sismo considerados, respectivamente.

Y finalmente considerando la probabilidad de falla total del talud, combinando todos los escenarios de análisis se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$p_{ft} = 1 - (1 - p_{f1})(1 - p_{f1}) \dots (1 - p_{fn})$$

Dicha probabilidad, como lo expresan sus términos, es función de las probabilidades condicionales de presentarse el deslizamiento para todas las posibles combinaciones de lluvia y sismo, así:

$p_{ft}$ : Es la probabilidad total de falla (probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento).

$p_{fi}$ : Es la probabilidad de falla para el escenario  $i$ . Escenario definido por la combinación de lluvia y sismo.

Con el fin de evaluar la probabilidad de falla del talud, es necesario entrar a evaluar los agentes que pueden afectar la estabilidad de la ladera. Para el desarrollo de este tema se requiere el tratamiento previo de cuatro hipótesis:

- Parámetros de resistencia efectivos para cada material
- Mecanismo de falla
- Método de análisis
- Agentes detonantes

Es importante destacar que la segunda y tercera hipótesis se consideran unidades determinísticas, debido a que son invariables, mientras que la primera y la cuarta están regidas por los principios de la incertidumbre, bien sea por la variabilidad espacial de los parámetros de resistencia o bien por la variabilidad temporal de los agentes detonantes, por lo que se les asignan distribuciones de probabilidad, las cuales se explican a continuación.

## 9.2. MÉTODOS NUMÉRICOS DE ANÁLISIS.

Los métodos de análisis utilizados están basados en la teoría de equilibrio límite. Adicionalmente se utilizó como modelo constitutivo el criterio de resistencia de Mohr – Coulomb para suelos. Para efectos de cálculo, se utilizó el programa Slide 6.0 en la modelación de los movimientos con mecanismo de falla rotacional y traslacional.

Para la obtención de los parámetros geomecánicos que fueron asignados a los diferentes materiales, se utilizaron los resultados del plan de ensayos de laboratorio realizado sobre muestras inalteradas, el resultado de la interpretación y el análisis estadístico de los parámetros de resistencia para cada material.

En particular, en lo que respecta a los parámetros de resistencia, los ensayos consistieron en pruebas de corte directo, las cuales son representativas para la obtención de los parámetros de resistencia en términos de esfuerzos efectivos.

Considerando que en la zona no se observaron evidencias de movimientos en masa, como se menciona en el numeral 2.4, se utilizaron para los materiales involucrados los valores pico para el ángulo de fricción interna y para la cohesión.

## 9.3. AGENTES DETONANTES.

Dentro de los agentes detonantes que pueden tener participación en la condición de estabilidad de las laderas en el área de estudio, se consideraron los eventos sísmicos y la lluvia; esta última traducida como la presencia de agua en el subsuelo.

### 9.3.1. SISMO

Según la zonificación de amenaza sísmica incluida en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010), Barranquilla se ubica en una zona de amenaza sísmica baja, a la que se asigna un coeficiente de aceleración pico efectiva ( $A_a$ , a nivel de roca) de 0.10 para un periodo de retorno de 475 años. Se adopta para este estudio las 2/3 partes de la aceleración a nivel de roca:  $2/3 A_a = 2/3 * 0.10 = 0.067$ .

Lo anterior se soporta en recientes investigaciones geológicas, sismológicas, neotectónicas y de sismicidad histórica a nivel nacional, realizadas principalmente por el Servicio Geológico Colombiano SGC, la Universidad Nacional, la Universidad de los Andes y la Asociación de Ingeniería Sísmica-AIS, entre otros. Además, complementados con los registros instrumentales de la Red Sismológica Nacional de Colombia-RSNC y la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia-RNAC, una y otra operadas por el SGC.

### 9.3.2. LLUVIA

Debido a la dificultad en predecir el real efecto del agua sobre el comportamiento del suelo, se observaron los niveles freáticos una vez realizadas las perforaciones. El tipo de material geológico y las características morfométricas observadas en el área de estudio, indudablemente controlan la profundidad de la tabla de agua existente en el subsuelo, que se puede consultar en los registros de perforación.

Para la modelación se consideraron los escenarios de suelo totalmente saturado, es decir, nivel freático a nivel de terreno, y parcialmente saturado construyendo la tabla de agua con los niveles freáticos hallados durante la exploración del subsuelo.

## 9.4. ANÁLISIS PARA FALLAS ROTACIONAL Y TRASLACIONAL.

Para efectos del análisis de amenaza, se evaluaron distintas combinaciones de sismo y lluvia. El sismo corresponde a escenarios sin sismo y con sismo, este último expresado como la aceleración para el periodo de retorno de 475 años. Por su parte, los escenarios de lluvia corresponden al parcial y al completamente saturado que, como se había mencionado, responden a la tabla de agua trazada: 1) con las lecturas del nivel freático en las perforaciones realizadas, y 2) llevando la cabeza piezométrica a nivel del terreno en los espacios medios y bajos de la ladera, en los que aflora la Formación Las Perdices, dado que en la parte alta están las calizas de la Formación La Popa. Estas últimas son porosas y no se espera que se presuricen,

como puede preverse, además, por los niveles freáticos mayormente profundos registrados en las perforaciones ejecutadas y en las drásticas pérdidas de los lodos de retorno mientras se perforaba este material.

Tabla 7.1 Resumen de Factores de Seguridad, Probabilidades de Falla y Probabilidad Acumulada – Escenario Actual

ESCENARIO ACTUAL SUPERFICIE DE FALLA ROTACIONAL									
Sección	Parcialmente Saturado				Saturado				Dirección de Análisis
	Sin Sismo		Con Sismo		Sin Sismo		Con Sismo		
	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	
1-1'	5.820	0.0	4.113	0.0	3.714	0.0	3.914	0.0	Izquierda - Derecha
	2.714	0.0	1.997	0.0	2.214	0.0	1.649	1.7	Derecha - Izquierda
2-2'	2.272	0.0	1.604	0.6	1.919	0.0	1.385	6.6	Derecha - Izquierda
3-3'	1.924	0.0	1.415	4.9	1.682	0.0	1.241	14.6	Derecha - Izquierda
4-4'	1.996	0.0	1.466	2.4	1.723	0.3	1.271	12.9	Derecha - Izquierda
5-5'	2.135	0.0	1.697	0.0	1.869	1.0	1.427	5.8	Derecha - Izquierda
6-6'	2.380	0.0	2.013	0.0	1.917	0.0	1.605	1.1	Izquierda - Derecha
	3.448	0.0	2.174	0.0	2.733	0.0	1.795	0.5	Derecha - Izquierda

Periodo de Análisis (años)					10		
					1/T	Sí	No
Tr Lluvia Crítica	25	Años	0.04		0.40	0.60	
Tr Sismo Diseño	450	Años	0.0022		0.02	0.98	
P.F. Acumulada para el Periodo de Análisis (%)							
0.000							
0.015							
0.067							
0.195							
0.264							
0.443							
0.010							
0.004							

ESCENARIO ACTUAL SUPERFICIE DE FALLA TRASLACIONAL									
Sección	Parcialmente Saturado				Saturado				Dirección de Análisis
	Sin Sismo		Con Sismo		Sin Sismo		Con Sismo		
	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	
1-1'	3.248	0.0	2.895	0.0	3.037	0.0	2.704	0.0	Derecha - Izquierda
2-2'	4.296	0.0	3.419	0.0	3.373	0.0	2.663	0.0	Derecha - Izquierda
3-3'	4.122	0.0	3.381	0.0	3.734	0.0	3.043	0.0	Derecha - Izquierda
4-4'	3.449	0.0	2.913	0.0	2.751	0.0	2.306	0.1	Derecha - Izquierda
5-5'	3.284	0.0	2.833	0.0	2.666	0.0	2.280	0.4	Derecha - Izquierda
6-6'	4.041	0.0	3.311	0.0	4.041	0.0	3.311	0.0	Derecha - Izquierda
6-6'	3.535	0.0	3.309	0.0	2.992	0.0	2.794	0.2	Izquierda - Derecha

Periodo de Análisis (años)					10		
					1/T	Sí	No
Tr Lluvia Crítica	25	Años	0.04		0.40	0.60	
Tr Sismo Diseño	450	Años	0.0022		0.02	0.98	
P.F. Acumulada para el Periodo de Análisis (%)							
0.000							
0.000							
0.000							
0.001							
0.004							
0.000							
0.002							

De lo dicho se puede resumir que el análisis por equilibrio límite se llevó a cabo para los escenarios actual y futuro (con la incorporación del proyecto urbanístico), en las cuatro combinaciones que se listan:

- Talud parcialmente saturado sin sismo
- Talud parcialmente saturado con sismo
- Talud saturado sin sismo
- Talud saturado con sismo

Con el espectro recopilado, y a partir de los análisis probabilísticos realizados en uso de los métodos de equilibrio límite de Bishop Simplificado, GLE/Morgestern-Price, Janbu Simplificado y Spencer, se ha estimado la

condición de estabilidad del predio recoge la totalidad de las capturas de la interfaz de Slide, de los que se muestran algunos ejemplos de la Figura 7.2 a la Figura 7.25.



Ahora bien, cabe resaltar que para la evaluación de la amenaza futura se consideró la participación de micropilotes (0.30 m de diámetro) como elementos de cimentación para las edificaciones que conforman la manzana sur de Volador, que están situadas sobre las áreas de menor espesor de las calizas e incluso sobre los residuales de las arcillolitas de Las Perdices. Además de esto, se previó una pantalla de pilotes de 0.60 m de diámetro y aproximados 18 m de longitud, coronada con una viga cabezal, situada en la Zona 1 ZMPA (área de cesión tipo A), requerida para favorecer la estabilidad global de este sector en el escenario futuro, y algunos muros de 3 m de altura, con los que se salvan diferencias altimétricas significativas entre las terrazas simuladas que han de albergar las edificaciones.

Una aproximación gráfica de lo que se plantea y evalúa en este escenario, es la visible en planta en la Figura 7.1 y en alzado en los modelos visibles de la Figura 7.4, en la Figura 7.5, en la Figura 7.8, en la Figura 7.9, en la Figura 7.12, en la Figura 7.13, en la Figura 7.16, en la Figura 7.17, en la Figura 7.20, en la Figura 7.21, en la Figura 7.24, en la Figura 7.25.

Tabla 7.2 Resumen de Factores de Seguridad, Probabilidades de Falla y Probabilidad Acumulada – Escenario Futuro

ESCENARIO FUTURO SUPERFICIE DE FALLA ROTACIONAL									
Sección	Parcialmente Saturado				Saturado				Dirección de Análisis
	Sin Sismo		Con Sismo		Sin Sismo		Con Sismo		
	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	
1-1'	2.657	0.0	1.975	0.0	2.168	0.0	1.634	2.5	Derecha - Izquierda
2-2'	2.999	0.0	2.410	0.0	2.343	0.0	1.874	1.0	Derecha - Izquierda
3-3'	4.331	0.0	2.981	0.0	2.411	0.0	3.759	0.0	Derecha - Izquierda
4-4'	2.597	0.0	2.296	0.0	2.070	0.6	1.824	2.3	Derecha - Izquierda
5-5'	2.164	0.0	1.670	0.0	1.907	0.0	1.434	2.6	Derecha - Izquierda
6-6'	5.840	0.0	4.164	0.0	5.137	0.0	3.611	0.0	Derecha - Izquierda

Periodo de Análisis (años)					50	
	1/T			Si	No	
Tr Lluvia Crítica	25	Años	0.04	1	0	
Tr Sismo Diseño	450	Años	0.0022	0.11	0.89	
	P.F. Acumulada para el Periodo de Análisis (%)					
	0.278					
	0.111					
	0.000					
	0.789					
	0.289					
	0.000					

ESCENARIO FUTURO SUPERFICIE DE FALLA TRASLACIONAL									
Sección	Parcialmente Saturado				Saturado				Dirección de Análisis
	Sin Sismo		Con Sismo		Sin Sismo		Con Sismo		
	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	F.S.	P.F. (%)	
1-1'	3.049	0.0	2.687	0.0	2.628	0.0	2.297	0.1	Derecha - Izquierda
2-2'	2.784	0.0	2.388	0.0	2.213	0.1	1.895	1.4	Derecha - Izquierda
3-3'	4.412	0.0	3.627	0.0	3.556	0.0	2.865	0.0	Derecha - Izquierda
4-4'	2.597	0.0	2.296	0.0	2.545	0.0	1.824	2.3	Derecha - Izquierda
5-5'	2.830	0.0	2.399	0.0	2.100	0.3	1.745	2.9	Derecha - Izquierda
6-6'	2.870	0.0	2.510	0.0	2.870	0.0	2.510	0.0	Derecha - Izquierda
	9.966	0.0	9.184	0.0	9.966	0.0	9.184	0.0	Izquierda - Derecha

Periodo de Análisis (años)					50	
	1/T			Si	No	
Tr Lluvia Crítica	25	Años	0.04	1	0	
Tr Sismo Diseño	450	Años	0.0022	0.11	0.89	
	P.F. Acumulada para el Periodo de Análisis (%)					
	0.011					
	0.244					
	0.000					
	0.256					
	0.589					
	0.000					
	0.000					

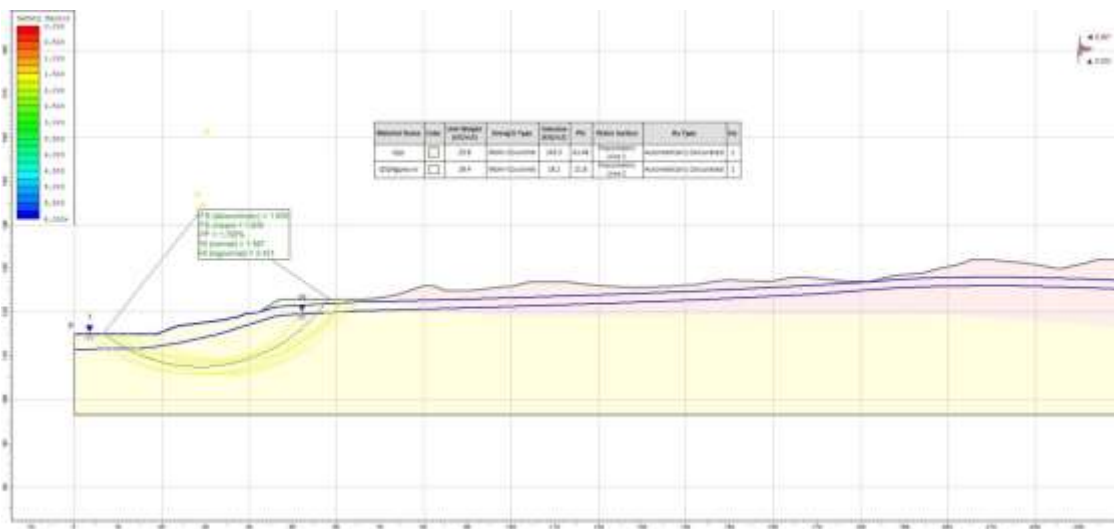


Figura 7.2 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 1-1' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo.





Figura 7.3 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 1-1' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo



Figura 7.4 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 1-1' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

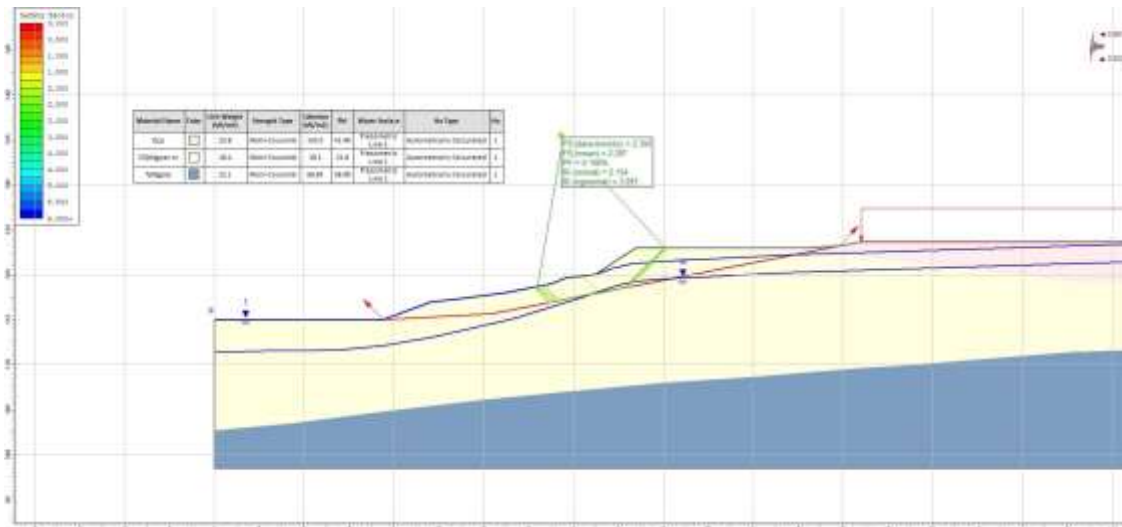


Figura 7.5 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 1-1' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

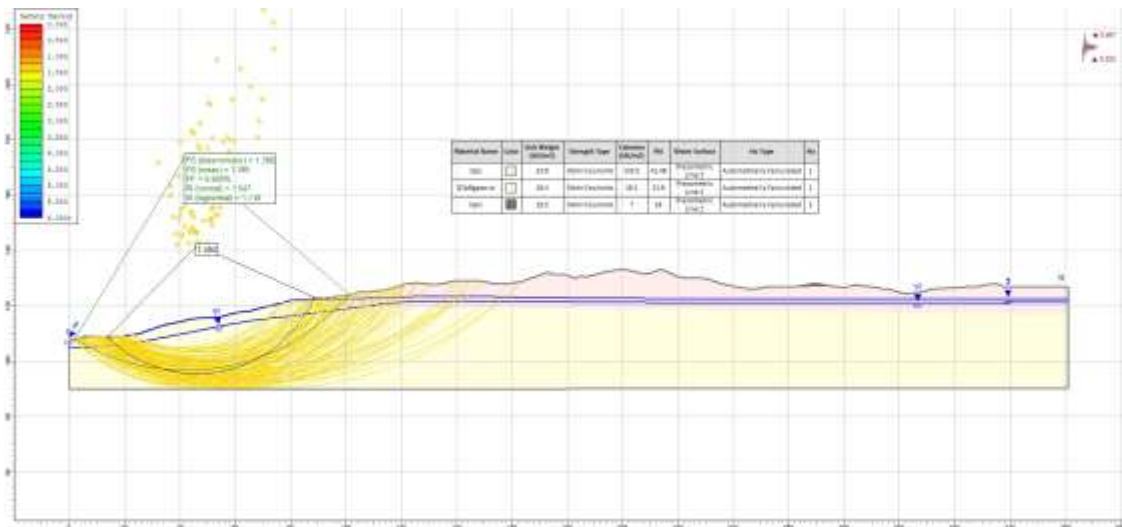


Figura 7.6 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 2-2' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

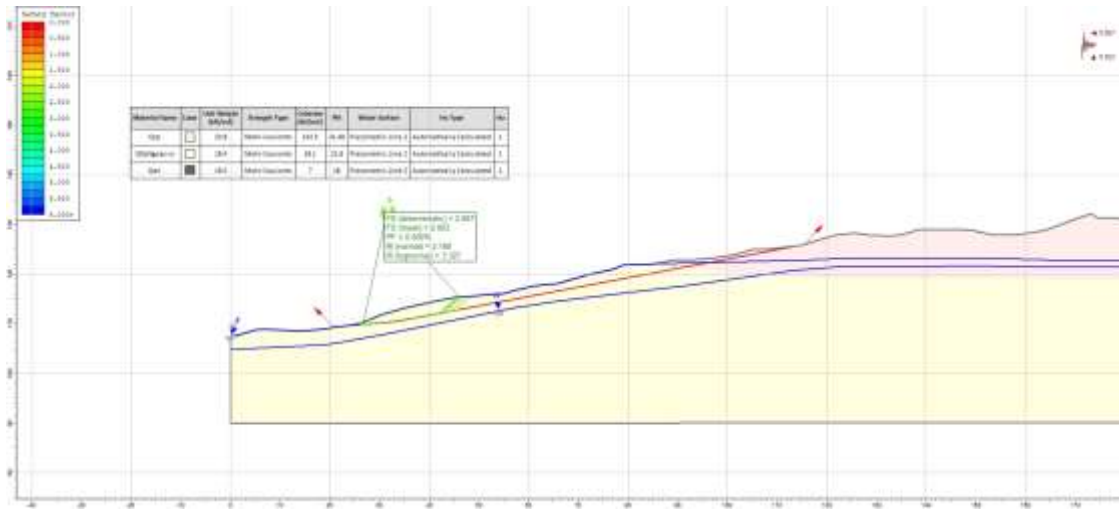


Figura 7.7 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 2-2' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

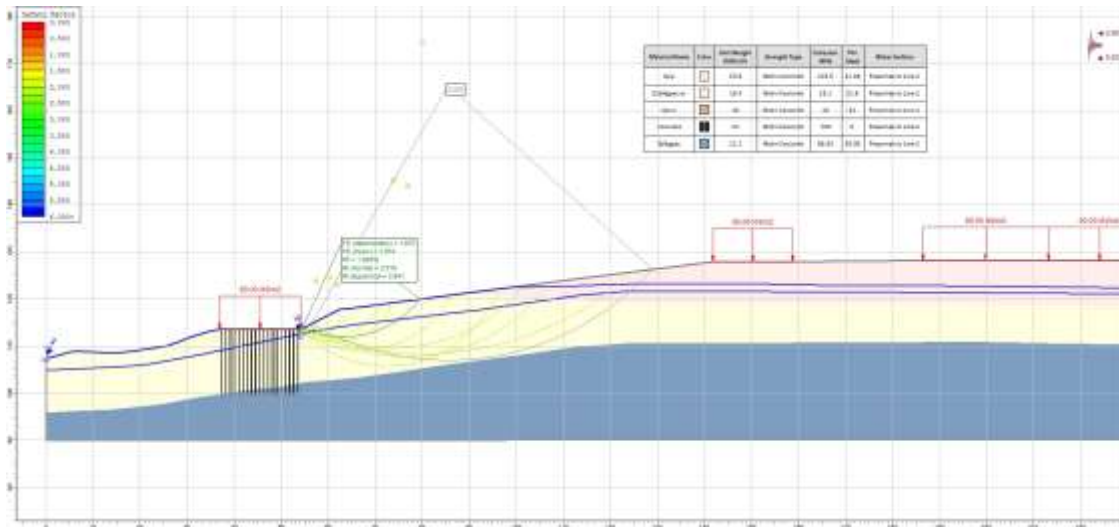


Figura 7.8 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 2-2' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

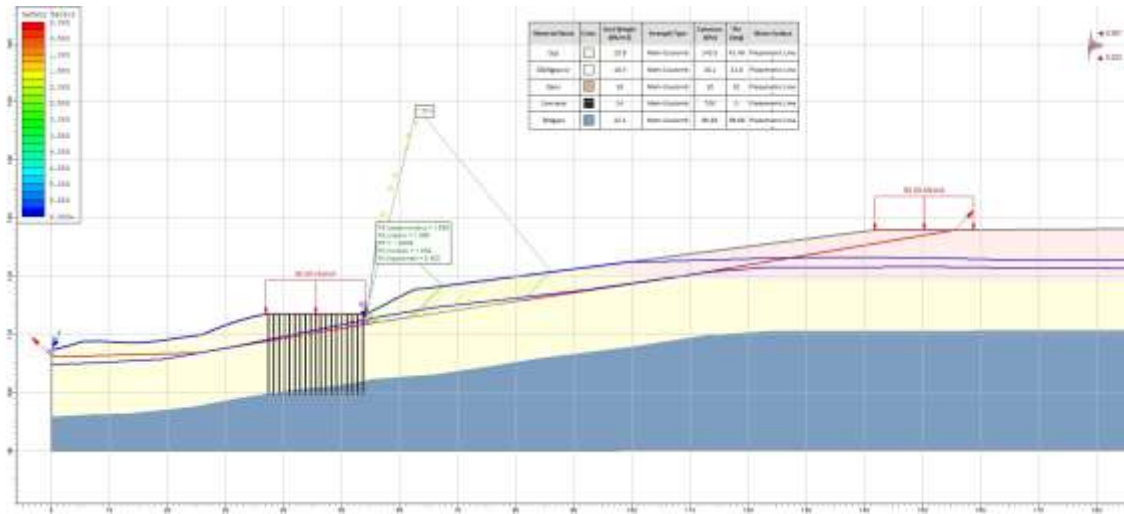


Figura 7.9 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 2-2' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

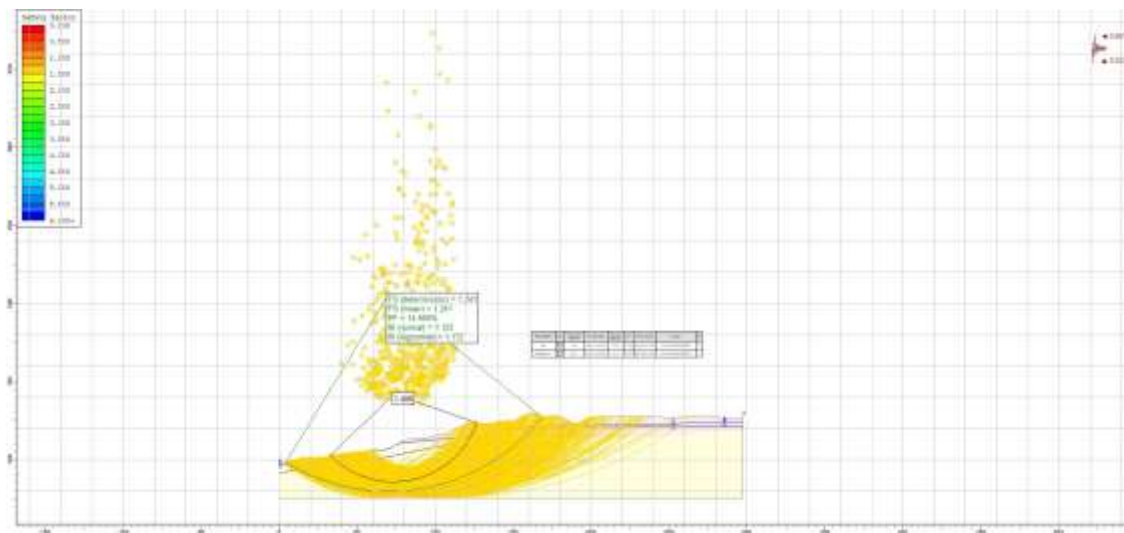


Figura 7.10 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 3-3' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo



Figura 7.11 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 3-3' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

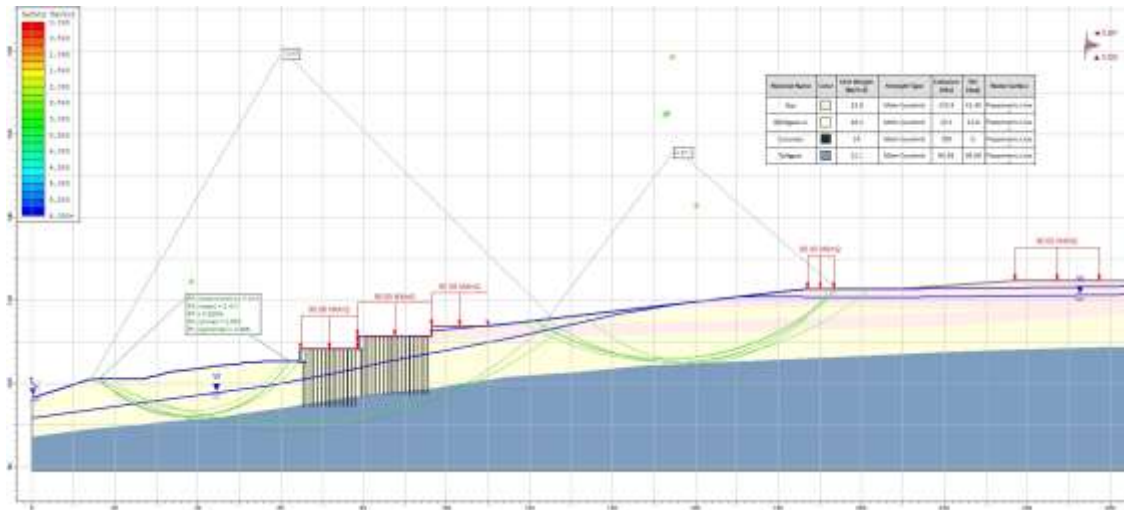


Figura 7.12 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 3-3' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

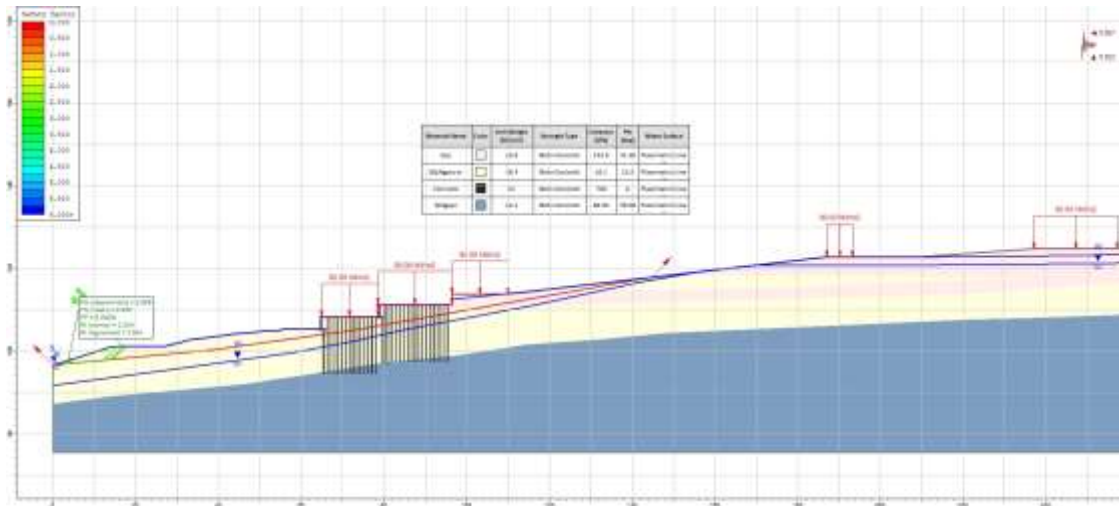


Figura 7.13 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 3-3' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

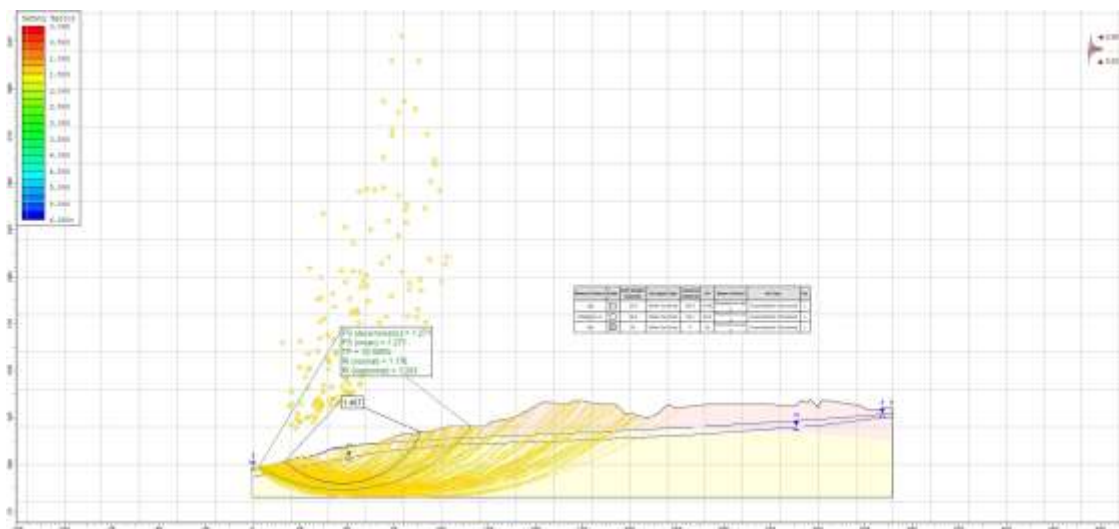


Figura 7.14 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 4-4' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

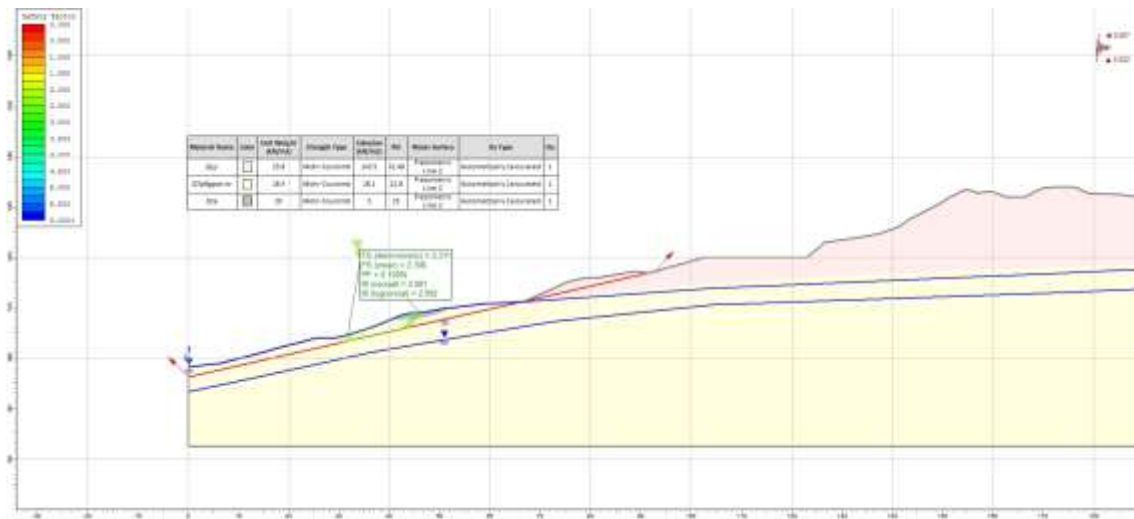


Figura 7.15 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 4-4' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

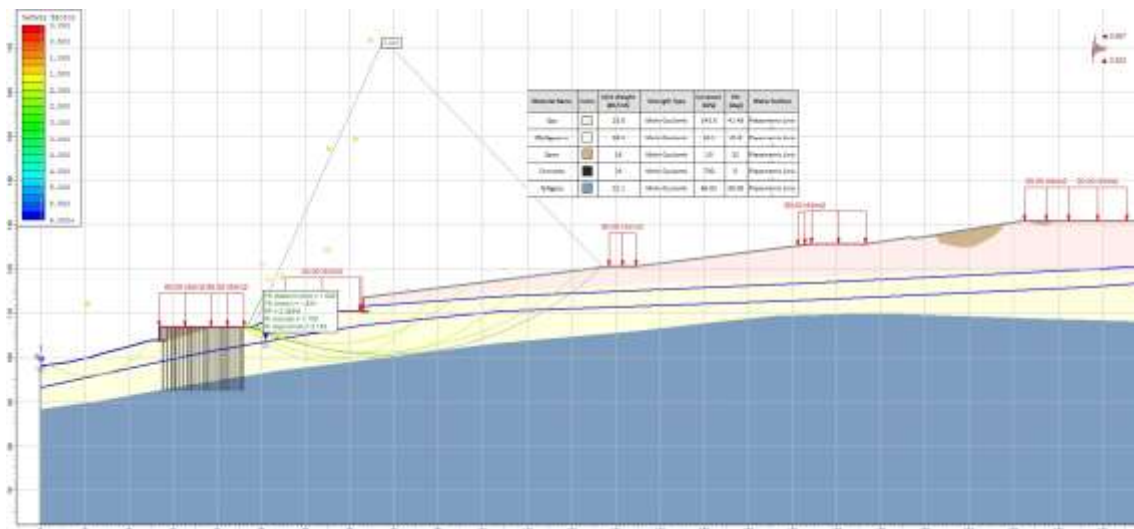


Figura 7.16 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 4-4' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

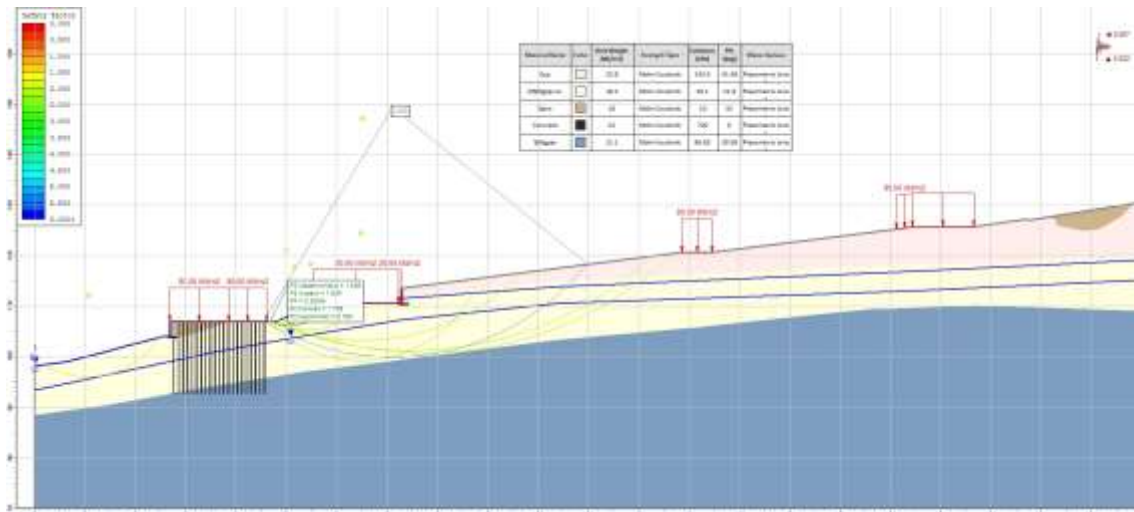


Figura 7.17 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 4-4' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

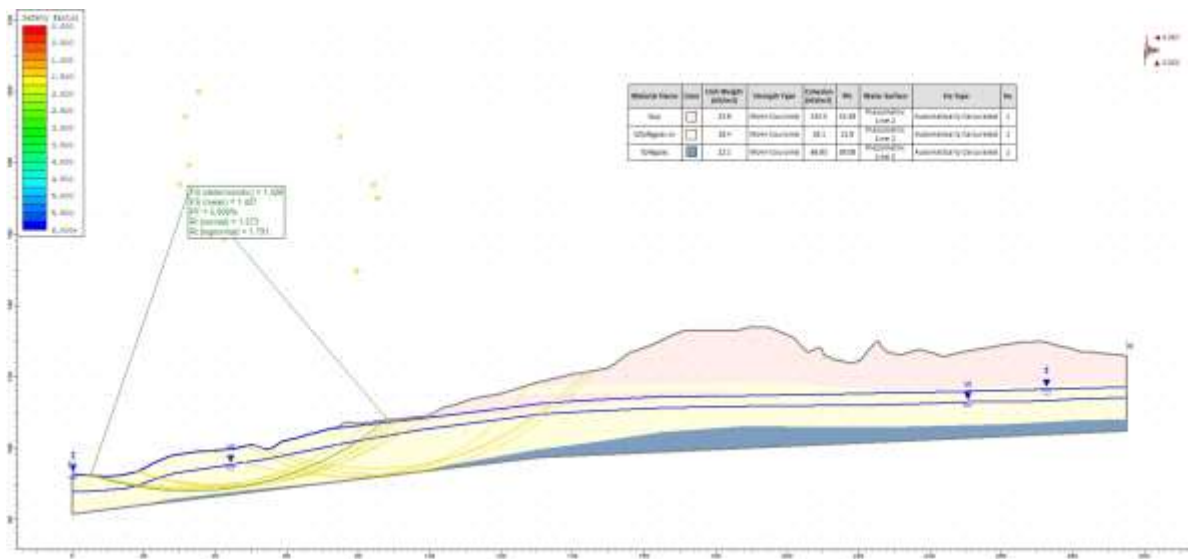


Figura 7.18 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 5-5' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo





Figura 7.19 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 5-5' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

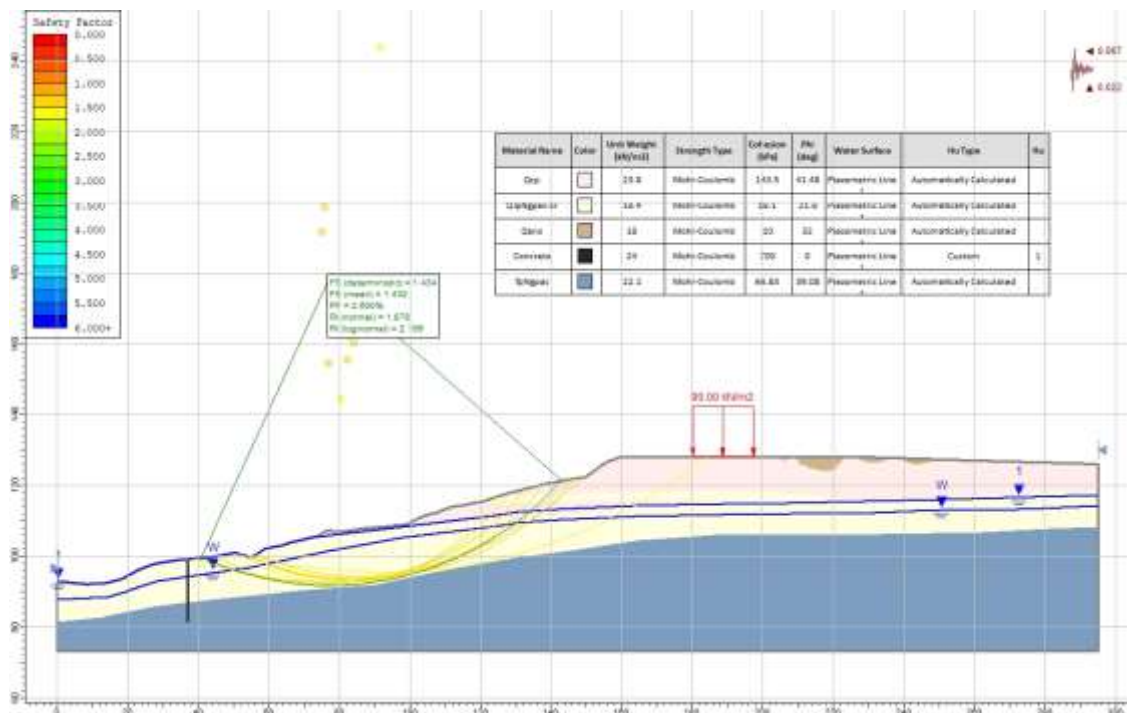


Figura 7.20 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 5-5' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

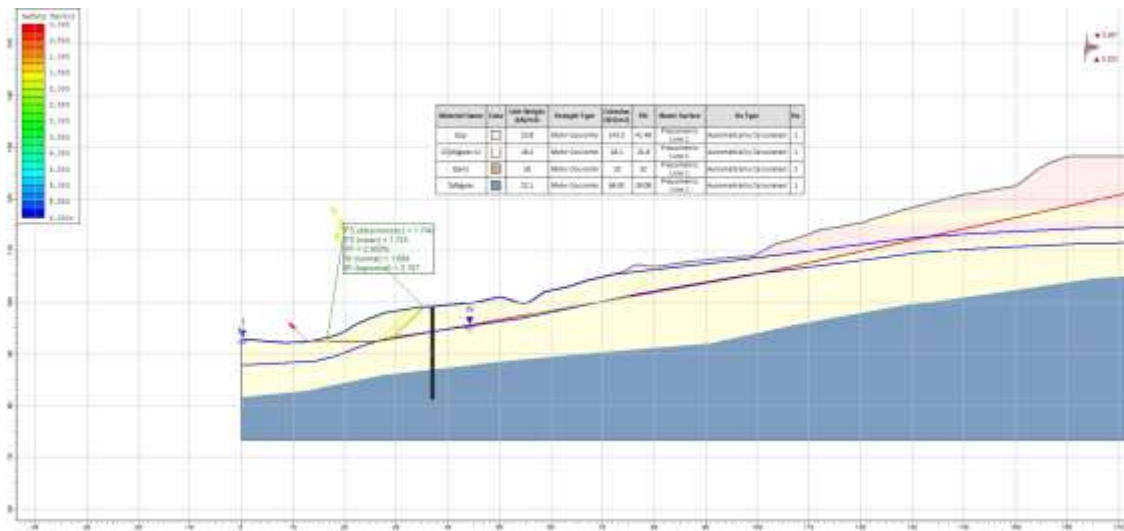


Figura 7.21 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 5-5' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

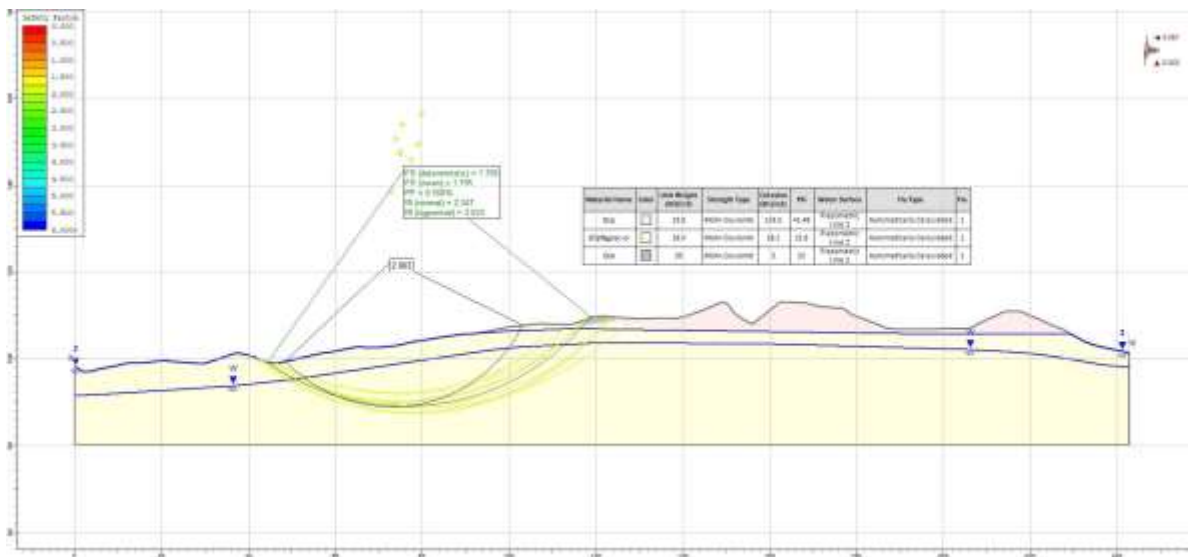


Figura 7.22 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 6-6' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

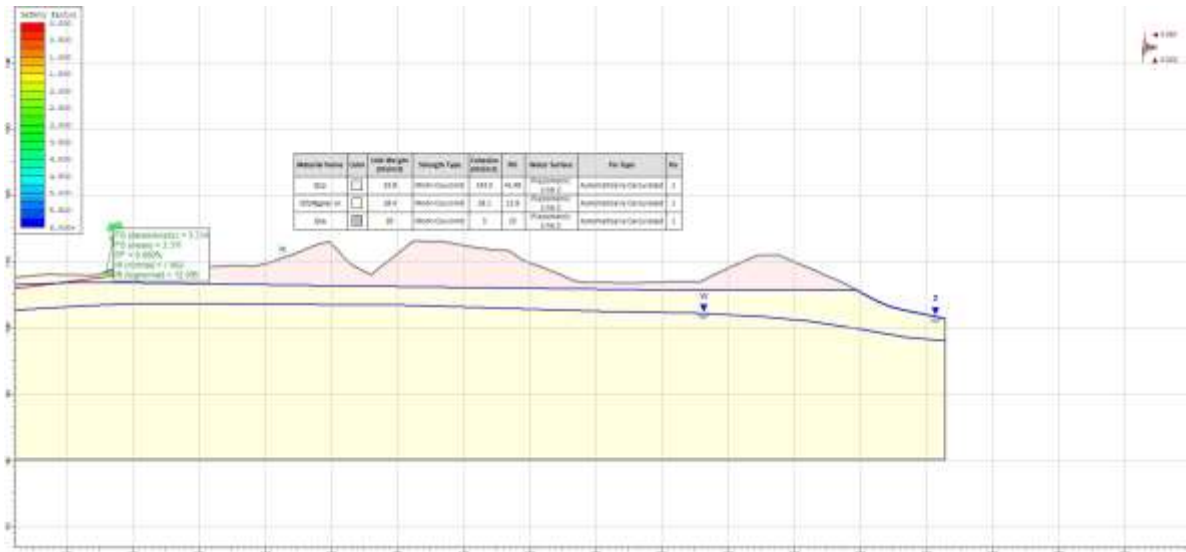


Figura 7.23 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 6-6' Escenario Actual - Talud Saturado con Sismo

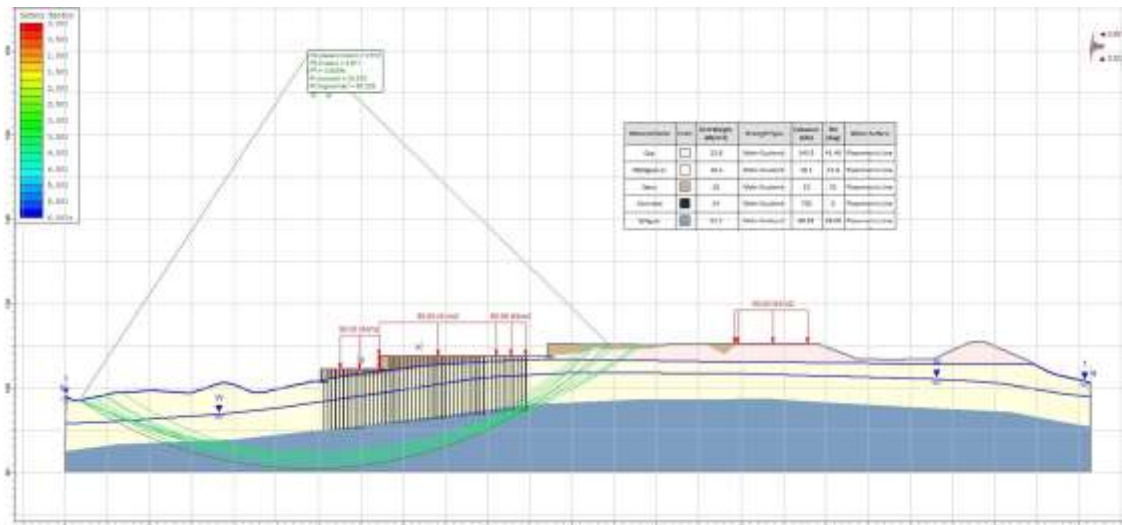


Figura 7.24 Análisis de Estabilidad por Falla Rotacional – Sección 6-6' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

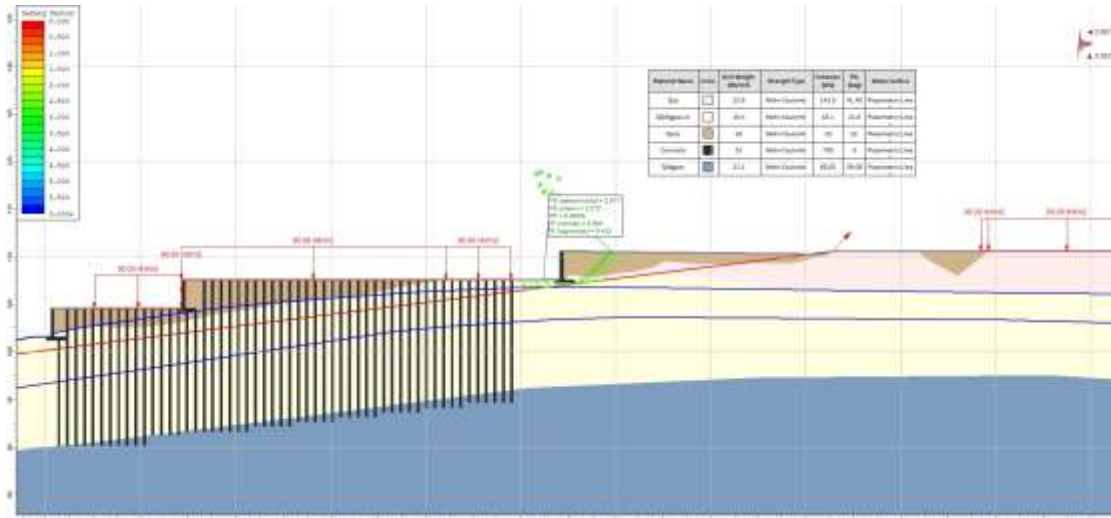


Figura 7.25 Análisis de Estabilidad por Falla Traslacional – Sección 6-6' Escenario Futuro - Talud Saturado con Sismo

### 9.5. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.

A continuación, se presenta la zonificación del nivel de amenaza a que se encuentra expuesta el área de estudio, como la combinación de todos los escenarios de análisis establecidos y mostrados previamente. Los cuales se someten a un proceso de categorización de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano-SGC, 2016.

De esta forma, se obtiene el mapa de amenaza (Figura 7.26) que integra los resultados de los análisis de estabilidad realizados para los mecanismos de falla definidos, sujetos a las condiciones o hipótesis que gobiernan los escenarios evaluados. Dicho de otra manera, el resultado es una zonificación del territorio en función de la categoría de amenaza ante movimientos en masa, correspondiente al escenario de probabilidad total.

Tabla 7.3 Criterio para la clasificación de la amenaza en función del factor de seguridad según criterios tomadas de SGC, 2016

NIVEL DE AMENAZA	PROBABILIDAD TOTAL DE FALLA %
Baja	< 1
Media	1-16
Alta	> 16

En general, en el escenario actual predominan las zonas de amenaza baja, como es de suponer en consecuencia de la buena respuesta mecánica de las calizas y de los niveles residuales de la arcillolita de la Formación Las Perdices (en el estado en el que se hallan ahora). Esto, por demás, de esperar dados los bajos niveles de agua subsuperficial actuales.

En la condición futura, en la que se estima que se efectúa el terraceo de la ladera y se emplazan edificaciones de ocho y nueve pisos de unidades habitacionales, la situación también es prometedora: se prevé una condición de amenaza baja en todo el espacio. Sin embargo, se resalta que:

- 1) Esta condición responde a un terraceo en el que se debe evitar el corte (o la descarga) excesivo primordialmente en la parte baja de la ladera, a fe de favorecer el balance de los esfuerzos a nivel global;
- 2) Es vital el control del agua superficial y subsuperficial, incluyendo la que se pueda aportar desde las redes de acueducto y alcantarillado del proyecto que se materializará, a fe evitar a toda costa la saturación de las arcillas, para evitar los efectos adversos tanto de su condición expansiva como de su sustancial susceptibilidad en condición saturada en la que presenta una significativa pérdida de propiedades mecánicas;
- 3) En ningún caso los materiales provenientes del corte en las arcillas pueden usarse como material de relleno, que deberá ser material seleccionado que cumpla con las exigencias de la normatividad vigente;
- 4) La evaluación efectuada considera la disposición de micropilotes como sistema de cimentación para los edificios de la manzana sur del predio. El estudio de suelos debe considerar la implementación de estos elementos para el diseño de las cimentaciones, teniendo en cuenta que las arcillas residuales de la Formación las Perdices afloran en las franjas sur y suroccidental del predio, y subyacen las calizas de la Formación La Popa que, por demás, se hacen menos espesas conforme se desciende por la ladera.

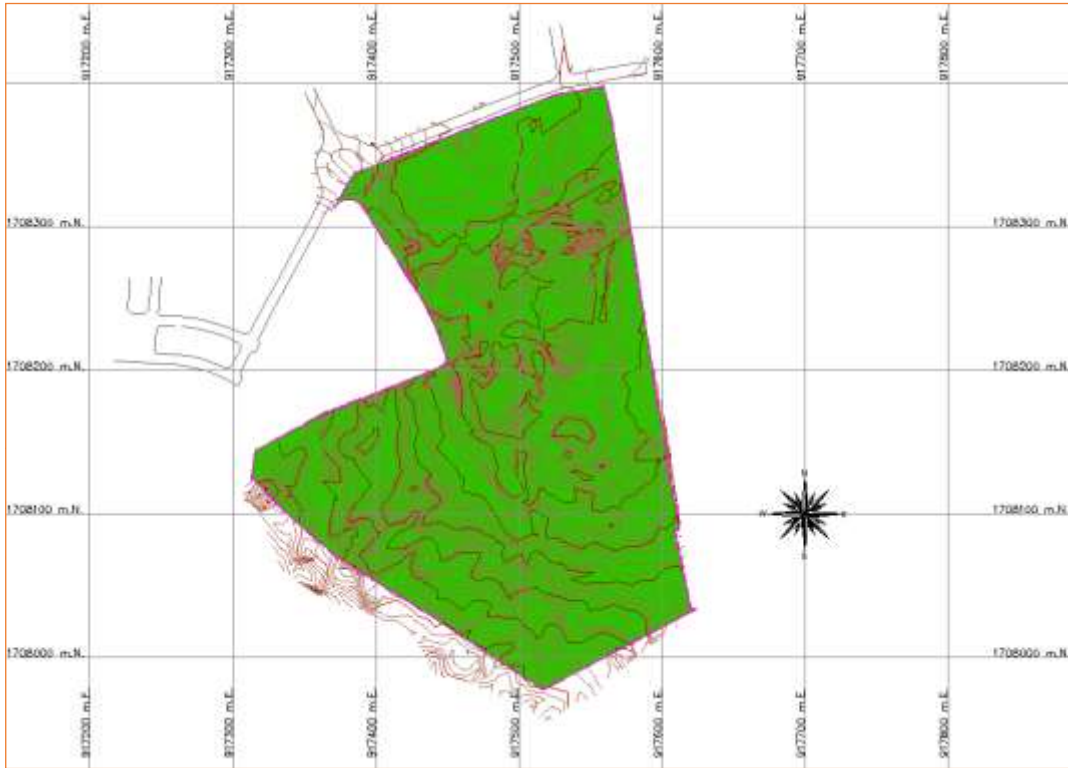


Figura 7.26 Zonificación de la Amenaza por Probabilidad Total – Escenario Actual.



Figura 7.27 Zonificación de la Amenaza por Probabilidad Total – Escenario Futuro

## 10. VULNERABILIDAD FÍSICA POR MOVIMIENTOS EN MASA

La vulnerabilidad, entendida como la predisposición intrínseca de un sujeto o de un elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas (La Red, 2000), o como “el porcentaje de pérdida de un elemento o de un grupo de elementos en un área sometida a una amenaza” (Uzielli et al, 2008), es función de la exposición y de la resistencia, variables dependientes a su vez de la solicitud de un evento.

El grado de severidad de las consecuencias esperadas, es medible. Su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso; en otras palabras, tiene como objetivo analizar la respuesta de los elementos (i.e. las viviendas, las redes de servicios públicos, entre otros) frente a los procesos o eventos, actuales y potenciales, en este caso, movimientos en masa.

Puesto que las edificaciones proyectadas se han de materializar a la luz de la normatividad vigente, su sistema estructura y calidad constructiva auguran que los edificios contarán con niveles de resistencia óptimos. Considerado esto, y dado que la vulnerabilidad física es la conjunción de la capacidad de respuesta de las estructuras y el grado de sollicitación al que los movimientos en masa puedan someterlas, en este caso puntual la resistencia es alta y la sollicitación es baja, lo que se traduce a todas luces como vulnerabilidad baja por movimientos en masa para todas las construcciones proyectadas en el lote Volador. La ilustración de lo expresado es visible en el Plano 7 y en la Figura 8.1.



Figura 8.1. Vulnerabilidad Física por Movimientos en Masa - Condición Futura (con el Desarrollo Urbanístico)

## 10. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA – CONDICIÓN ACTUAL

El riesgo es, en esencia, la pérdida probable que sobre las personas, estructuras o elementos expuestos puede generar la detonación de un evento destructivo. En este caso los eventos analizados son los movimientos en masa con probabilidad de ocurrencia en el área que se ha definido como objeto de estudio, el riesgo se analiza para las edificaciones proyectadas del proyecto urbanístico.

Es importante destacar que la zonificación de riesgo regional ha sido extensamente estudiada (Fell et al., 2008), mientras que el riesgo asociado a fenómenos puntuales es mucho más complejo, esto se debe a la dificultad al tratar de vincular el riesgo al deslizamiento, a su intensidad y a la vulnerabilidad del entorno en donde este fenómeno tiene lugar.



Los estudios de amenaza y riesgo permiten definir, dependiendo de la escala de trabajo y de los resultados, un plan de intervención de medidas que podrían ser tanto estructurales como no estructurales para la reducción del riesgo de ser mitigable, además de servir como base para el planteamiento de acciones sostenibles, desde lo social, ambiental y económico, de mitigación de riesgos (construcción de obras, declaración de suelos de protección a través del ordenamiento territorial, control a la ocupación ilegal y reasentamiento, entre otras) y apoyo técnico a la respuesta a emergencias, por lo que se deben armonizar para prevenir, prioritariamente, la construcción de nuevos riesgos, a fin de que se tengan en cuenta en la toma de decisiones sobre el futuro económico y social de la nación, los departamentos y los entes territoriales municipales.

#### 10.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO FÍSICO DE LAS VIVIENDAS

Para la asignación del riesgo de cada predio se determina la asignación del riesgo como el cruce de los resultados de amenaza por fenómenos de remoción en masa, con los resultados de vulnerabilidad de exposición así:

$$RF = Az(FRM) \times VE$$

Dónde:

$RF$  = Riesgo Físico

$Az(FRM)$  = Amenaza por fenómenos de remoción en masa

$VE$  = Vulnerabilidad

La definición del riesgo, entonces, se realiza mediante un producto matricial (cualitativo) de la amenaza y vulnerabilidad, acorde a la Tabla 9.1.

Para el presente estudio, se definieron las categorías de riesgo alto, medio y bajo, que dependen de las asignaciones de amenaza y vulnerabilidad realizadas previamente. Así las cosas, los niveles de riesgo pueden definirse como es visible en la Tabla 9.2.

Tabla 9.1 Asignación del Riesgo, Basados en la Amenaza y Vulnerabilidad

Riesgo				
		Vulnerabilidad		
		Alto	Medio	Bajo
AMENAZA	Alto	Alto	Alto	Medio
	Medio	Alto	Medio	Bajo
	Bajo	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 9.2 Definición de los Niveles de Riesgo

CALIFICACIÓN DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN
Bajo	Se ubican en esta categoría aquellas estructuras cuyo análisis de riesgo es bajo, lo que se traduce en que la amenaza es baja o medía, su vulnerabilidad física también es baja o medía (exceptuando el caso de que ambas sean medias), y que por lo tanto la probabilidad de que haya pérdida económica es muy baja.
Medio	Aquí el riesgo asociado se encuentra en términos medios, esto se traduce en que la amenaza y la vulnerabilidad asociada es medía, o alguna es alta mientras que la otra es baja. La probabilidad de pérdidas económicas es moderada.
Alto	El riesgo asociado es alto, lo que significa que la vulnerabilidad asociada es medía a alta, y la amenaza es también medía a alta (exceptuando el caso de que ambas sean medias). La probabilidad de pérdidas económicas es alta.

## 10.2. ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA

Como se mencionó previamente, el procedimiento consta de realizar el cruce de la amenaza con la vulnerabilidad para cada tipo de evento. El resultado para este análisis se observa en la Figura 9.1 que ilustra el mapa de riesgo ante movimientos en masa para las edificaciones proyectadas.



Figura 9.1 Clasificación de Riesgo por Movimientos en Masa – Condición Futura (con el Desarrollo Urbanístico)

Como es de esperarse por la expuesta condición de amenaza baja ante los movimientos en masa, y la prevista condición estructural de las edificaciones y su consecuente baja vulnerabilidad física por MM, el riesgo de todas las unidades constructivas es bajo. Se resalta, sin embargo, que este panorama es válido siempre y cuando las edificaciones sean edificadas con la mayor rigurosidad técnica y con óptima calidad constructiva, que deriven en niveles de resistencia satisfactorios, sumados a cortes y rellenos adecuados, a la implementación de las obras de estabilización y cimentación que se sugieren y, de subrayar: a un sobresaliente manejo del agua de escorrentía y subsuperficial, que propenda por evitar que las masas de suelo trabajen presurizadas (saturadas).

## 11. CONSIDERACIONES ESPECIALES.

Si bien los escenarios actual y proyectado evaluados en este estudio resultan muy benéficos, como consecuencia de la buena respuesta mecánica de las calizas y de los suelos residuales muestreados en el programa de exploración del subsuelo que, en términos generales se hallaron casi secos, es fundamental resaltar que dicho comportamiento en estas arcillas responde de forma directa al nivel de saturación en el que se les permita trabajar, pues son expansivas y presentan una pérdida sustancial de resistencia si se les presuriza. Por lo mencionado, esta consultoría resalta la imperiosa necesidad tanto de manejar de la forma más propicia las aguas de escorrentía, a fe de minimizar la infiltración de la lluvia, como de evitar al máximo la posibilidad de algún fallo en las redes de acueducto o alcantarillado pueda convertirse en una fuente de presurización para los suelos. Así, pues, la desatención de las recomendaciones que se listan adelante puede encarnar serias complicaciones al proyecto urbanístico, y desencadenar movimientos en masa en la zona.

En concordancia con el panorama que se ha expuesto, CI Ambiental emite algunas sugerencias que el constructor debe tener en cuenta para propender por la condición estable del proyecto urbanístico.

Las sugerencias abarcan, primordialmente, lo mínimo necesario para evitar la saturación de las masas de suelo y lo recomendable en la reconfiguración de la ladera:

- En términos generales, si bien el material de suelo ha exhibido condiciones mecánicas favorables en las pruebas a las que se le ha sometido, debe hacerse hincapié en que esta respuesta está directamente asociada a los bajos niveles de humedad que exhiben las arcillas en el Volador. En concordancia, cualquier aumento sustancial del contenido de agua subsuperficial puede comprometer seriamente la resistencia de estos cuaternarios.

Pese a parecer repetitivo, una vez más, se recalca que el éxito de la intervención en términos de estabilidad global, recae en gran medida en evitar que los materiales de suelo trabajen saturados. La expansividad de las arcillas y su altísima pérdida de respuesta mecánica en estados presurizados, representan algunos de los más serios condicionantes impuestos por los residuales de la Formación Las Perdices.

- La correcta colección y evacuación del agua de escorrentía en el espacio urbanizado, es fundamental. Con esto se minimiza la infiltración del agua lluvia.
- La reconfiguración definitiva debe realizarse sin efectuar la descarga excesiva de las partes bajas y media de la ladera, a fin de evitar la generación de deslizamientos.
- Los cortes en los suelos deben realizarse dejando pendientes máximas de 2.0H:1.0V, y cuando las exigencias del plan urbanístico no lo permitan, se deben disponer muros en concreto reforzado que permitan salvar las diferencias altimétricas.
- Con la intención de interceptar el agua que alguna hipotética falla en las redes de acueducto o alcantarillado o en las piscinas pueda aportar a los suelos, se recomienda la construcción de filtros con material granular (trincheras drenantes o filtros francés) bajo estas obras hidráulicas. Esto, con la intención de evacuar el fluido hasta los sistemas de drenaje del proyecto.
- Dada la alta susceptibilidad de las arcillas de la Formación Las Perdices, el estudio de suelos para el diseño de las cimentaciones en Volador debe considerar la implementación de elementos como pilotes o micropilotes que evadan estos estratos y permitan la transmisión de las cargas, directamente, a la roca apta.
- Dado que aún no se ha definido el tipo de cimentación que ha de implementarse en Volador, sugerimos que las edificaciones que se ubicarán en la parte baja y media de la ladera (primordialmente, aunque se debe evaluar cada caso, incluso en la parte alta) se cimenten sobre pilotes o micropilotes, que permitan transmitir las cargas a niveles aptos de roca sana, y no a los niveles residuales de Las Perdices.
- Los materiales producto de los cortes en las arcillas deben ser considerados desecho y destinados como tales (en botaderos autorizados), y en ningún panorama pueden ser usados como material de relleno para el proyecto.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El proyecto urbanístico se plantea en el lote denominado Volador, que abarca cerca de 7.5 Ha. del sector Miramar en el norte de Barranquilla, Atlántico. Un referente más preciso es que el acceso al sitio es por su borde noroccidental, constituido por la carrera 42F entre calles 97 y 98. Son cuatro (4) manzanas en las que se construirán catorce (14) edificaciones de entre 8 y 9 pisos de altura, vías vehiculares tipo V-6 y peatonales tipo VP-2, zonas de cesión y otras edificaciones dotacionales.
- La geología del área donde se desarrollará el proyecto de vivienda en el predio Volador de la ciudad de Barranquilla está constituida por niveles de

calizas arrecifales, arenas de grano grueso y en menor proporción arcillolitas de la formación perdices que son cubiertas en algunos sectores por llenos antrópicos de poco espesor. La morfología del terreno es ondulada suave y la posible afectación del predio por movimientos en masa es baja siempre y cuando se haga un adecuado manejo de taludes y aguas de escorrentía.

- La exploración del subsuelo ejecutada en el predio destinado al desarrollo urbanístico permitió la recuperación de muestras inalteradas que fueron aprovechadas en la interpretación del arreglo estratigráfico y en la ejecución del programa de ensayos de laboratorio, para la clasificación y caracterización mecánica de los materiales. Las perforaciones se realizaron por el sistema Wireline, en el que se efectúa el muestreo continuo de los materiales de suelo y roca.

Para el estudio hidrológico se consultó la información disponible en la fuente oficial de esta temática en Colombia: el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Se accedió a los datos climáticos colectados en las estaciones pluviométricas cercanas: Puerto Colombia, Aeropuerto Ernesto Cortissoz y Las Flores.

- El programa de ensayos de laboratorio al que fueron sometidas las muestras obtenidas en las perforaciones abarcó la ejecución de pruebas de clasificación y caracterización mecánica, que permitieron estimar los parámetros más apropiados para la modelación de las laderas en los escenarios actual y futuro (con la inclusión del desarrollo urbanístico), contemplando las combinaciones de presencia o ausencia de los agentes detonantes (lluvia y sismo).
- La condición de amenaza por movimientos en masa se evaluó siguiendo los lineamientos de la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo del Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- Los análisis de estabilidad realizados permiten augurar una condición prometedora de la ladera, dado que los parámetros de resistencia de los materiales de suelo y roca dominantes son favorables. Sin embargo, se ha reiterado que este comportamiento depende de forma directa de que las arcillas permanezcan despresurizadas, por lo que resulta indispensable propender por el buen drenaje superficial y por el subdrenaje en los espacios por los que avancen las redes de abastecimiento o evacuación de aguas limpias y servidas, y en los espacios en los que se prevén piscinas o tanques de almacenamiento.

- Es recomendable (incluso, indispensable) que bajo cada red de acueducto y alcantarillado y bajo cada obra de almacenamiento de agua (piscina o tanque) se construya un filtro francés o una trinchera drenante que favorezca la correcta y segura evacuación del fluido que, en eventual caso, pueda escapar de ellos.
- Se recomienda que el estudio de suelos para el diseño de la cimentación de las edificaciones evalúe el uso de pilotes o micropilotes como elementos de transferencia de las cargas a la roca sana, a fin de evitar la influencia de las arcillas conflictivas (susceptibles ante el agua: se reblandecen y se expanden). Además de esto, el analista debe tener en cuenta que las arcillas de Las Perdices subyacen las calizas de la Formación La Popa en el predio, y que estas últimas son variables en su espesor, pues este se reduce progresivamente desde la parte alta hasta la parte media de la ladera.
- Para la evaluación de la condición de estabilidad futura se ha considerado tanto la participación de una pantalla de pilotes en el área de cesión 1, como la cimentación de las torres de la manzana sur sobre micropilotes.
- Una vez diseñada la cimentación con pilotes o micropilotes de las torres de la parte inferior y el terraceo definitivo, es conveniente volver a evaluar la condición de estabilidad global en la ladera, para establecer la condición en el panorama proyectado.
- La estimación de la vulnerabilidad y del riesgo físicos por movimientos en masa concluyen que las edificaciones que se plantean exhiben niveles bajos de una y otro, como producto de los acojan y los niveles de amenaza permanezcan como se han anticipado.
- Los terraceos que se realicen en Volador, para la implantación de las construcciones, deben efectuarse de manera técnica y cuidadosa, a fin de evitar la gestación de procesos inestables.

Debe evitarse descargar de forma excesiva la base y la zona media de la ladera. Es recomendable que Marval realice un análisis de estabilidad de las laderas en la que se contemplen las construcciones, las cimentaciones y la morfología definitivas, para efectuar su validación.

- En ningún caso aceptable debe realizarse lleno con material producto de los cortes efectuados a las arcillas presentes en Volador. Los llenos deberán hacerse en uso de materiales granulares apropiados como los exigidos por

la normatividad vigente (Invías, 2013), compactados en capas sucesivas de poco espesor.

- Los cortes en los suelos deberán efectuarse con pendientes iguales o inferiores a 2.0H:1.0V (aproximadamente 26.6°), y, de ser necesario, se materializarán muros en concreto que permitan salvar diferencias altimétricas en espacios limitados.

12.1. La localización de las perforaciones en campo fue referenciada a coordenadas con ayuda de un GPS de alta precisión (ref. GARMIN 61s). El siguiente cuadro muestra las coordenadas y cota de la superficie del terreno de cada una de las perforaciones realizadas por nuestra empresa:

VOLADOR URVISA - MARVAL			
SONDEO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS		PROFUNDIDAD (m)
	N (NORTE)	W (OESTE)	
S-1	10°59'59.22"	74°49'57.66"	1,5
S-2	10°59'56.00"	74°49'55.86"	1,5
S-3	10°59'51.55"	74°49'54.72"	4
S-4	10°59'54.48"	74°49'58.65"	2
S-5	10°59'51.09"	74°49'56.83"	3
S-6	10°59'54.62"	74°50'5.44"	3
S-7	10°59'52.23"	74°50'2.08"	1,5
S-8	10°59'49.91"	74°49'59.27"	3

Convenciones: S: Sondeo

La figura 2.0 muestra una vista en planta de la ubicación de las perforaciones realizadas.

Las Perforaciones realizadas con equipos de percusión para la recuperación de muestras. En cada perforación se extrajeron muestras (alteradas e inalteradas) en forma continua para su posterior investigación. Las perforaciones se realizaron con equipos de percusión. Se realizó el ensayo de penetración Normal (Standard Penetration Test S.P.T.) para penetrar un muestreador de tubo partido con el fin de obtener muestras representativas del suelo y una medida de resistencia del suelo a la penetración del muestreador. El ensayo se realizó siguiendo la norma de ensayo ASTM D 1586.





Figura No 2.0 Vista en planta ubicación de sondeos.

12.2. INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO. A las muestras recuperadas en cada perforación se les practicaron ensayos de laboratorio, los cuales fueron de gran ayuda para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Los ensayos realizados se desarrollaron siguiendo las normas exigidas en el título H (H.2.3.1) de las NSR-10. (Normas NTC, ICONTEC, ASTM). A continuación, se dará un listado de los ensayos realizados y cantidades:

<b>Ensayo de laboratorio</b>	<b>Norma aplicada</b>	<b>Cantidad (Und)</b>
Granulometría mecánica (Tamiz)	ASTM D 422	20
Límites de Atterberg (LL y LP)	ASTM D 4318	20
Peso unitario	ASTM D 2937	10
Contenido de humedad	ASTM D 2216	20

### 13. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO.

#### 13.1. GEOLOGÍA LOCAL.

La mayor parte de territorio de Barranquilla según las investigaciones realizadas por el geólogo José Henry Carvajal del INGEOMINAS en el año 2006, se encuentra geológicamente en el llamado Cinturón del Sinú, constituido en este sector de rocas de origen marino profundo, que se extienden en edad desde el Mioceno superior (aproximadamente hace 15 millones de años) hasta el Pleistoceno - Holoceno (hasta hace aprox. 1,6 millones de años). Cubriendo las rocas mencionadas se encuentran depósitos Cuaternarios recientes de origen fluvial y denudacional, asociados con coluviones de deslizamiento y flujos de detritos actuales. En el Área de Barranquilla convergen dos trenes estructurales de direcciones diferentes: uno de dirección N 20° E y de edad Eoceno medio y otro de dirección N 45° E de edad Plioceno - Pleistoceno, que corresponden a los Cinturones de San Jacinto y Sinú, respectivamente.

Geológicamente el área de Barranquilla se ha comportado como un paleoalto desde el Eoceno inferior (aproximadamente desde hace 55 millones de años), con eventos de sumergimiento asociados a transgresiones marinas durante el Eoceno medio, Oligoceno y Pleistoceno- Holoceno (1 millón de años). Tal dinámica es la responsable de la presencia de materiales arenosos de playa y arcillosos calcáreos intercalados localmente aún sin litificar, particularmente en los dos últimos millones de años (Carvajal J., 2006).

En la franja costera de Barranquilla (Bocas de Ceniza y La Playa) y a lo largo del margen del río Magdalena afloran rocas sedimentarias y depósitos sedimentarios, que comprenden edades del pleistoceno (Cuaternario). En la parte occidental del área urbana de la ciudad y parte del área occidental del territorio (Juan Mina) se encuentra una formación que se ubica en el límite geocronológico de los periodos Paleógeno y Neógeno, pero finalmente en su investigación INGEOMINAS (2006) la ubica en la época del Mioceno (Neógeno).

En el mapa geológico de Colombia 2015 del geoportal del Servicio Geológico Colombiano, SGC, se puede observar la geología de Barranquilla con su respectiva nomenclatura estratigráfica.

En la Figura 3.0, se puede observar el mapa geológico de la región en la que se encuentra barranquilla y parte de la zona metropolitana, la cual muestra

de manera detallada las diferentes formaciones y depósitos geológicos del territorio, que comprenden los suelos que son objetivo de la caracterización geotécnica de la ciudad

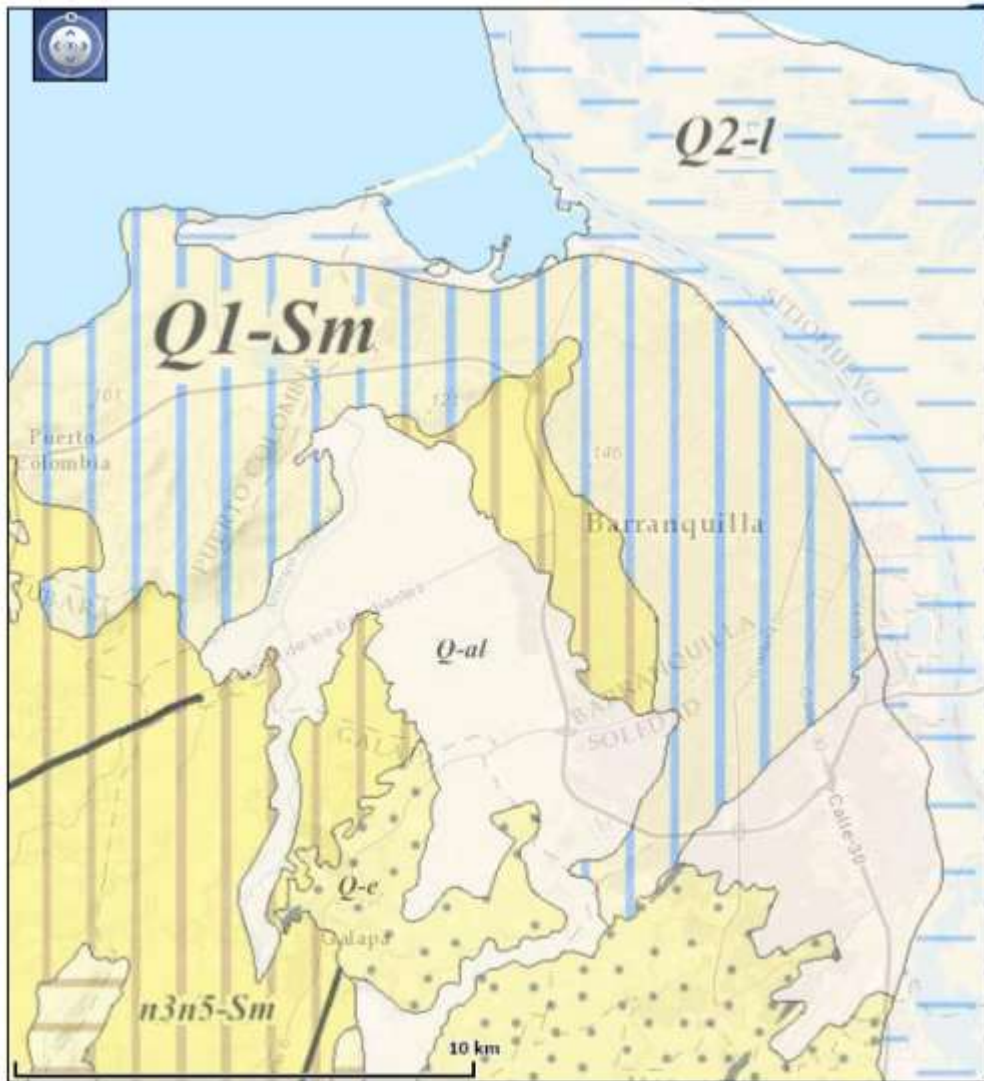


Figura No 3.0 Mapa geológico de la ciudad de Barranquilla (departamento del Atlántico).

### 13.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Tectónicamente, el territorio del Departamento del Atlántico está localizado en la zona de interacción de las placas Suramérica y Caribe, en la parte más norte del Cinturón de San Jacinto (Duque-Caro, 1980), cuyo núcleo es ocupado por la Formación San Cayetano, con evidencias de intenso tectonismo, reflejado en fallamiento inverso, plegamiento estrecho e inversión de estratos. La zona del costado occidental del departamento, es el sector de

mayor presencia de estructuras geológicas, en tanto que hacia el oriente donde se ubica Barranquilla, no se han cartografiado estructuras importantes. Las fallas y los pliegues cartografiados se describen a continuación:

13.2.1. Fallas En general, las fallas y pliegues presentan dos direcciones preferenciales, unas con rumbo entre N10-300E y los lineamientos y fallas transversales N60- 70W.

a) Fallas NE Fallas Banco, Laguna, Henequén, Juan de Acosta - María La Baja, El Playón, Usiacurí, Hibácharo, Fallamiento de Arroyo de Piedra, falla Villanueva - El Totumo y Manzanillo

b) Sistema de fallas transversales El sistema de fallas transversales son fallas con dirección NW y NE. Las que tienen rumbo NW afectan principalmente a las formaciones Hibácharo y La Popa.

Las fallas con dirección NE son las de Mirador y Paloalto que afectan principalmente las formaciones Hibácharo, Tubará y La Popa. La Falla Mirador tiene unos 12 km de longitud, coincide con un abrupto cañón al norte de la población de Tubará. Pone en contacto a las formaciones Hibácharo y La Popa. La Falla Paloalto tiene una longitud aproximada de 4 km, provoca intenso fracturamiento y diaclasamiento en las rocas de las formaciones Hibácharo y Tubará.

13.2.2. Pliegues La mayor parte de los pliegues están localizados en la parte axial del Anticlinorio de Luruaco y están controlados por las fallas.

Los pliegues más importantes se mencionan a continuación. Anticlinal de Sibarco, de Manzanillo y del Morro, Sinclinal de Tubará, Sinclinal de Sabanalarga, plegamiento de Luruaco y plegamiento de San Estanislao.

En la figura 3.2 se presenta el esquema estructural del Departamento del Atlántico, tomado de INGEOMINAS (2000)



Figura No 3.2 Mapa tectónico del Departamento de Atlántico (Tomado de Ingeominas, 2000)

13.2.3. SISMICIDAD DEL ENTORNO Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS SÍSMICOS. De acuerdo a las Normas Colombianas de Diseño y construcción Sismo Resistente, NSR-10, (Ley 400 de 1997, modificada Ley 1229 de 2008, y Decreto 926 del 19 Marzo de 2010), el departamento del

Atlántico está enmarcado dentro de una zona de amenaza sísmica baja.

Para determinar los efectos locales (tipo de perfil del suelo y los valores de los coeficientes de sitio) hay que realizar sondeos con mayor profundidad y debe seguirse el procedimiento indicado en la norma NSR-10 título A.2.4.2 (Tipo de perfil de suelo) y para determinar los parámetros de definición del tipo de perfil del suelo (NSR-2010 A.2.4.3) utilizándose el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar (NSR-2010 Título A.2.4.3.2, inciso a y b).

Por experiencia y por información cercanas de otros proyectos se puede estimar que para efectos de prediseño se recomienda utilizar los siguientes parámetros de diseño:

- a. Aceleración pico efectiva:  $A_a = 0.10$
- b. Aceleración pico efectiva:  $A_v = 0.10$
- c. Perfil de suelo: Tipo D
- d. Coeficiente de amplificación para aceleración:  $F_a = 1.6$
- e. Coeficiente de amplificación para velocidad:  $F_v = 2.4$

### 13.3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.

#### 13.3.1. PROPIEDADES DE LOS ESTRATOS ENCONTRADOS.

La figura No 4.0, 4.1 y 4.2 muestran el perfil estratigráfico del sitio, a lo largo de la zona del lote, a través del corte A-A'. Se realizó 1 corte sobre la zona proyectada para la construcción de la estructura, la distribución del corte se puede observar en la figura No 3.0.

A continuación, se hace una descripción de los suelos encontrados a lo largo del lote investigado, a partir de la investigación de campo y laboratorio realizada. Adicionalmente, se entrega cuadro de valores mínimos y máximos de las propiedades más importantes:

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>RELLENO DE ARENA LIMOSA</b> con fragmentos de roca caliza de color amarillo y gris, humedad media, densidad suelta a muy densa.  SUCS: <b>SM</b> .  Este depósito se encontró en los sondeos: S-2 (0.00-1.50m); S-5 (0.0-1.00m); S-7 (0.0-0.50m).	% Pasa tamiz 200	21	29.2	46.7
	Humedad Natural (W%)	6.1	7.1	8.2
	Límite líquido (LL%)	NP	NP	NP
	Índice plástico (Ip%)	NP	NP	NP
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.68	1.71	1.73
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	8	-	>50
	Clasificación SUCS	<b>SM</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>ARCILLA</b> de color gris y amarillo, humedad media, consistencia firme a dura.  SUCS: <b>CL</b> .  Este depósito se encontró en los sondeos: S-3 (1.00-4.00m); S-6 (0.50-1.50m).	% Pasa tamiz 200	86.1	90.5	94.8
	Humedad Natural (W%)	5.7	7.4	9.1
	Límite líquido (LL%)	42.8	43.8	44.8
	Índice plástico (Ip%)	18.3	18.4	18.5
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.83	1.92	2.0
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	10	-	>50
	Clasificación SUCS	<b>CL-ML</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>RELLENO DE LIMO ARENOSO</b> , con fragmentos de roca caliza, color amarillo y gris, humedad media, consistencia blanda a media.  SUCS: <b>ML</b>  Este depósito se encontró en los sondeos: S-3 (0.0-1.00m).	% Pasa tamiz 200	52.6	52.6	52.6
	Humedad Natural (W %)	5.6	5.6	5.6
	Límite líquido (LL %)	NP	NP	NP
	Índice plástico (Ip %)	NP	NP	NP
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.70	1.70	1.70
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	8	-	8
	Clasificación SUCS	<b>ML</b>	<b>ML</b>	<b>ML</b>

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>RELLENO DE ARENA ARCILLOSA</b> , color habano y gris, humedad media, densidad suelta.  SUCS: <b>SC</b>  Este depósito se encontró en los sondeos: S-4 (0.0-1.00m).	% Pasa tamiz 200	40.7	40.7	40.7
	Humedad Natural (W %)	5.7	5.7	5.7
	Límite líquido (LL %)	29.4	29.4	29.4
	Índice plástico (Ip %)	9.7	9.7	9.7
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.71	1.71	1.71
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	7	-	7
	Clasificación SUCS	<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>SC</b>

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>ARENA ARCILLOSA</b> , color habano, humedad media, densidad media.  SUCS: <b>SC</b>  Este depósito se encontró en los sondeos: S-4 (0.0-1.50m).	% Pasa tamiz 200	45.3	45.3	45.3
	Humedad Natural (W %)	3.5	3.5	3.5
	Límite líquido (LL %)	30.5	30.5	30.5
	Índice plástico (Ip %)	11.15	11.15	11.15
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.72	1.72	1.72
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	7	-	7
	Clasificación SUCS	<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>SC</b>

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>ARENA LIMOSA</b> , con fragmentos de roca caliza en algunos sondeos, color amarillo con vetas grises, humedad media, densidad media a muy densa.  SUCS: <b>SM</b>  Este depósito se encontró en los sondeos: S-4 (1.50-2.00m); S-5(1.00-3.00m); S-7(0.50-1.50m).	% Pasa tamiz 200	27.8	38.3	50.0
	Humedad Natural (W %)	2.0	5.5	7.7
	Límite líquido (LL %)	NP	NP	NP
	Índice plástico (Ip %)	NP	NP	NP
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.80	1.84	1.88
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	16	-	>50
	Clasificación SUCS	<b>SM</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>LIMO ARCILLOSO</b> , color amarillo, humedad media, consistencia firme a dura.  SUCS: <b>MH</b>  Este depósito se encontró en los sondeos: S-6 (1.50-3.00m).	% Pasa tamiz 200	89.4	89.8	90.1
	Humedad Natural (W %)	6.3	7.1	7.9
	Límite líquido (LL %)	50	51.3	52.5
	Índice plástico (Ip %)	19.56	19.73	19.95
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.85	1.85	1.85
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	19	-	49
	Clasificación SUCS	<b>MH</b>	<b>MH</b>	<b>MH</b>

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>LIMO</b> , color amarillo y gris, humedad media, consistencia blanda a dura.  SUCS: <b>ML</b>  Este depósito se encontró en los sondeos: S-8 (0.00-3.00m).	% Pasa tamiz 200	87.8	88.1	88.9
	Humedad Natural (W %)	7.4	8.6	9.5
	Límite líquido (LL %)	45.7	48	49.4
	Índice plástico (Ip %)	18.04	19.21	20.60
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.80	1.80	1.80
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	11	-	>50
	Clasificación SUCS	<b>ML</b>	<b>ML</b>	<b>ML</b>



Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
<b>RELLENO DE GRAVA LIMOSA</b> , con fragmento de roca caliza, color amarillo y gris, humedad media, densidad media a muy densa.  <b>SUCS: GM</b>  Este depósito se encontró en los sondeos: S-1 (0.00-1.50m).	% Pasa tamiz 200	27.2	27.2	27.2
	Humedad Natural (W %)	3.3	3.3	3.3
	Límite líquido (LL %)	NP	NP	NP
	Índice plástico (Ip %)	NP	NP	NP
	Peso unitario, $\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1.90	1.90	1.90
	N° de golpes/pie de campo (obtenido del ensayo de S.P.T.)	42	-	>50
Clasificación SUCS	<b>GM</b>	<b>GM</b>	<b>GM</b>	

#### 13.4. NIVEL FREÁTICO (N.A.F.).

En la fecha de investigación, no se registraron niveles de agua freática y/o niveles de agua colgados hasta la profundidad explorada. Sin embargo, estos niveles pueden aparecer dependiendo de la época del año

#### 13.5. RECOMENDACIONES GENERALES.

El lote en mención se encuentra en zonas de laderas y con pendientes que oscilan entre 15 a 20 grados de inclinación y está enmarcado en zonas de amenazas bajas a medias, solo en un sector muy pequeño se puede observar amenaza alta y muy alta, la figura No 5.0 muestra el estudio de Ingeominas de 2011, en donde se ve el tipo de amenaza mencionado.



Figura No 5.0 Mapa de amenazas (Tomado de Ingeominas, 2011).

El estudio de Ingeominas 2011 expresa lo siguiente “En esta zona se han presentado pocos eventos con actividad reciente (del orden del 10%), lo que la hace calificar con un moderado potencial a la ocurrencia de movimientos en masa. Esta zona se encuentra por lo general en sectores de morfología ondulada. Se esperaría que la severidad de los daños sea de moderada a leve con base en la frecuencia de los procesos”.

De acuerdo a la investigación geotécnica desarrollada preliminarmente se puede observar en las zonas altas del lote predominan arenas arcillosas y suelos calcáreos y en las zonas bajas limo arcillosos y arcillas, características de la formación las Perdices. Aunque no se pudo bajar más de 3 metros en los sectores de arenas arcillosas y calcáreas, se requeriría de equipos de rotación , se puede ver que este lote es la transición entre los suelos calcáreos y la formación las perdices , el espesor de estas arenas o suelos calcáreos no es muy grande , calculamos que máximo debe ser de entre 3 a 4 metros , sin embargo debería realizarse una exploración a mayor escala para determinar con claridad este tipo de mejor característica físico mecánica , en la figura 5.2 se observa las zonas de arenas arcillosas, limosas y calcáreas, espesor máximo investigado 2 metros y la zona de arcillas o limos, correspondiente a la formación las Perdices, cuyo espesor máximo explorado llego a 3 metros ya que en ambos casos se dio la condición de rechazo , tanto para las arenas como para la arcillas.



Figura No 5.2 Zonificación lote Volador Urvisa. Arenas limosas, arcillosas y calcáreas (Amarillo), Formación las Perdices (Verde)

Consideramos que en este lote pueden desarrollarse, proyectos de edificaciones de varios pisos, pero con la condición que esta requiera el uso de pilotes y algunas obras de estabilización. Como se observa la arcilla presenta condiciones de buena resistencia mecánica ya que la cobertura vegetal es alta, apenas se comience con la intervención y deforestación esta comienza a perder sus propiedades mecánicas y de resistencia, por lo tanto es importante que en el desarrollo de algún proyecto se tengan en cuenta la conservación de algunas de estas zonas preferiblemente las que están enmarcadas en los colores rojo y amarillo (amenaza alta y muy alta), también es importante visualizar los caños y arroyos para realizar los drenajes adecuados que no afecten la cuenca y puedan llevarse las aguas a zonas seguras que garanticen la estabilidad al ir desarrollando el sector.

Es importante conocer que hacia la zona donde se encuentra la glorieta se observa en la zona adoquinadas fisuras que demarcan movimientos claros, producto de la reptación del talud hacia zonas bajas.

También es claro ver que justo el lote en la zona debajo de la ladera y que colinda con el investigado se observa que está en color rojo o amenaza muy alta, lo que infiere obras de estabilización, que garanticen el desarrollo de proyectos futuros. Actualmente en parte baja de este lote se construye la prolongación de la carrera 43, con obras de estabilización para estas laderas.

### 13.6. ESTRUCTURA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 56 del POT vigente en el Distrito, la Estructura Funcional y de Servicios la integran el conjunto de sistemas generales que dan vida a la dinámica constante del territorio que se habita, donde se responde a las necesidades de desplazamiento y abastecimiento de servicios públicos, sociales y/o colectivos.

A continuación, se muestran los sistemas de movilidad, equipamientos, espacio público y servicios públicos que se desarrollan en el área de influencia dentro del cual se encuentra el predio del Plan Parcial "Bosques de Miramar" y que conforman dicha estructura.



## SUB-SISTEMA DE TRANSPORTE

CONVENCIONES	LEYENDA		
Arroyos	Vías articulación propuestas	Intercambiadores transporte	
Vías principales	Ciclorutas	<b>SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO</b>	
Caminos	Vías Peatonales		Vías mixtas propuestas
Perímetro urbano	Alamedas		Vías carril exclusivo existentes
Límite distrital	Parques Propuestos	Vías propuestas	
Límite municipios	Espacio Público	Estaciones actuales	
Suelo urbano	<b>SISTEMA METRO - RIO</b>	Portales en operación	
Predios	Estaciones y/o paradas	Portal en construcción	
Cuerpos de agua	Conexión fluvial		

**Fuente: Cartografía POT del distrito de Barranquilla – Mapa U-02 Sub-Sistema de Transporte.**

La función del sistema de movilidad es garantizar la conectividad e integración vial del área de estudio con su contexto inmediato y próximo, además de garantizar el transporte de pasajeros y de carga en el mismo.

De acuerdo con el Artículo 66 del Decreto 0212 de 2014, son componentes del sistema de movilidad, el subsistema vial y el subsistema de transporte.

### 13.7. SUBSISTEMA DE TRANSPORTE

El subsistema de transporte, según lo estipulado en el DTS – Componente Urbano del Decreto 0212 del 2014, lo integran los medios articulados que proporcionan el desplazamiento de las personas, bienes y mercancías entre

los diversos lugares del territorio. A su vez, el subsistema de transporte se encuentra compuesto por la red de transporte masivo y la red de transporte público colectivo, las cuales se caracterizan en el contexto del plan parcial de la siguiente manera:

- Red de Transporte Masivo: integrada por las rutas establecidas del SITP que prestan servicio sobre las principales vías de la ciudad.
- Red de Transporte Público Colectivo: integrado por los diferentes elementos que brindan servicios de transporte colectivo accesible para la población del Distrito.

Para una mejor contextualización, se presenta esta información de forma tabular:

No	VÍA	CATEGORIA (Dec. 0949 de 2013)	TIPO DE VIA		NÚMERO DE CARRILES	ANCHOS (m)		PAVIMENTO	
			SENCILLA	DOBLE CALZADA		CARRILES	SEPARADOR	SUPERFICIE	ESTADO
1	CARRERA 43	II	X		4	3,75	N/A	ARTICULADO	EXCELENTE
2	CARRERA 42H	IV	X		2	3,0	N/A	ARTICULADO	EXCELENTE
3	CARRERA 42G3	IV	X		2	3,0	N/A	ARTICULADO	EXCELENTE
4	CARRERA 42G2	IV	X		2	3,0	N/A	ARTICULADO	EXCELENTE
5	CARRERA 42G1	IV	X		2	3,5	N/A	ARTICULADO	BUENO
6	CARRERA 42F	III	X		2	3,5	N/A	ARTICULADO	BUENO
				X	4	3,5	20	ARTICULADO	EXCELENTE
7	CARRERA 42D	IV	X		2	4,0	N/A	RIGIDO	BUENO
8	CALLE 93	II	X		2	4,0	N/A	RIGIDO	BUENO
9	CALLE 96	III	X		2	3,5	N/A	RIGIDO	BUENO
10	CALLE 94	II	X		2	4,0	N/A	RIGIDO	BUENO
11	CALLE 95	IV	X		2	3,5	N/A	RIGIDO	BUENO
12	CALLE 97	III	X		2	4,0	N/A	ARTICULADO	BUENO
13	CALLE 98	III	X		2	3,5	N/A	ARTICULADO	BUENO
				X	4	3,5	16	ARTICULADO	EXCELENTE
14	CALLE 99A	IV		X	4	3,5	14	ARTICULADO	EXCELENTE

Tabla 1 Cuadro de descripción de vías

### Caracterización del sistema vial de transporte.

Por el sector de influencia del proyecto, se tienen las siguientes rutas de buses con frecuencias desde las 5:00 AM hasta las 9:30 PM, son las siguientes:

No	EMPRESA	RUTA	CIRCULA POR	FRECUENCIA
1	COOLITORAL	A1-4106 ZONA FRANCA-CRA 38-RIOMAR-VIA 40	CL 93	8 min
2	LA CAROLINA	A16-4161 TERMINAL DE TRANSPORTES-CRA 38-MIRAMAR-ALAMEDA DEL RIO	CL 93, CL 96, CRA 42F, CL 97, CRA 42G1, CL 98, CRA 43, CL 99C, CRA 42G2	5 min
3	COOTRANSORTE	A5-4110 URB LA PLAYA-MIRAMAR-SILENCIO-CORDIALIDAD	CRA 42F, CL 97, CL 96, CRA 43, CL 98	8 min
4	FLOTA ANGULO	A7-4112 BARRANQUILITA-ALAMEDA DEL RIO-LA PRADERA	CL 93, CL 96, CRA 43	6 min
5	T. ATLANTICO	A13-4162 CORREGIMIENTO LA PLAYA-GALAN	CL 93	6 min

Tabla 2 Rutas de buses que circulan cerca al proyecto

Identificación de puntos críticos e información secundaria de tránsito.

La intersección de dos o más vías presenta un riesgo potencial, que hará su aparición sólo en caso de falla de los elementos controladores de tráfico o la

falta de prudencia de conductores y/o peatones. En el proyecto se presentan 7 puntos críticos ubicados en las siguientes intersecciones:

1. Glorieta de la Calle 99B con Carrera 42F.
2. Glorieta de la Calle 98 con Carrera 43.
3. Glorieta de la Calle 98 con Carrera 42F.
4. Calle 97 con Carrera 42F.
5. Calle 96 con Carrera 42F.
6. Calle 96 con Carrera 42D y Calle 94.
7. Calle 96 con Calle 93.

En la siguiente ilustración se muestran los puntos críticos mencionados:



Ilustración 20 Puntos Críticos.

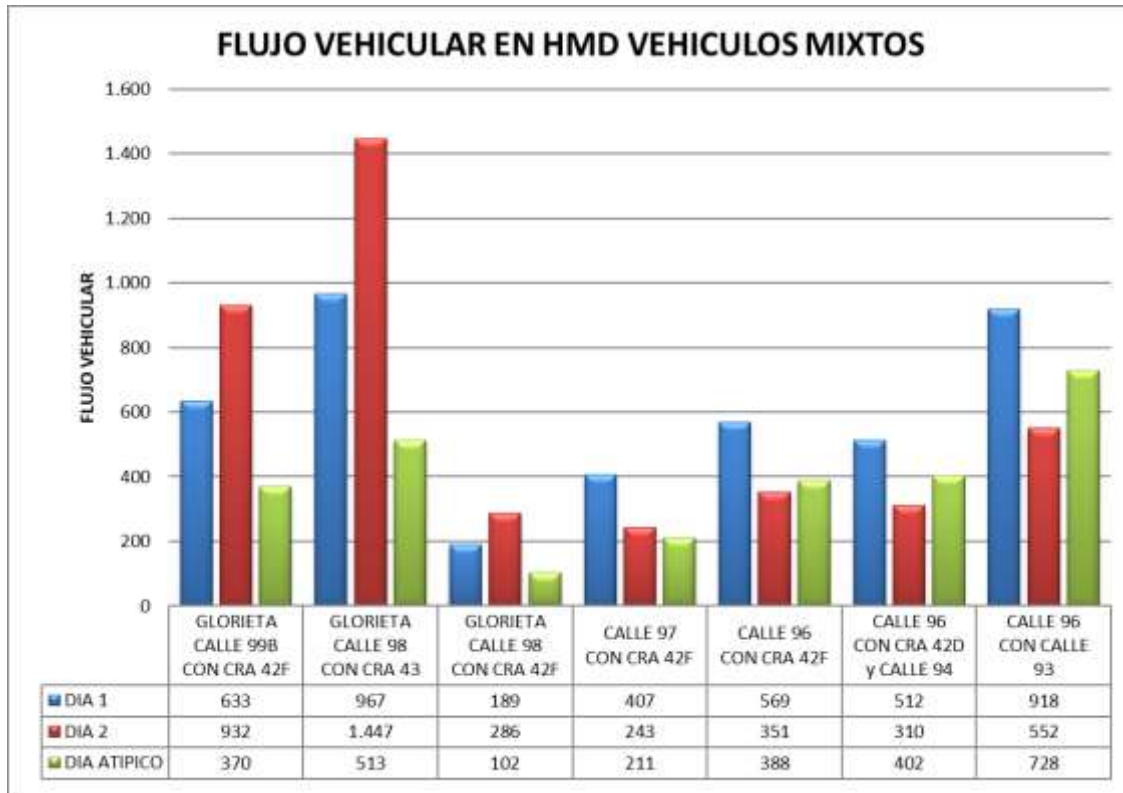


Ilustración 32 Flujo Vehicular mixto por intersección en HMD Aforos



Ilustración 56 Variación volumen horario de aforos día 1-2021.

### 13.8. ASIGNACIÓN DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO EN LAS VÍAS ADYACENTES.

Teniendo en cuenta los flujos vehiculares actuales sobre las vías afectadas por el proyecto, se hizo una distribución proporcional del tráfico atraído y

generado por las mismas intersecciones para que la asignación del tránsito por las vías adyacentes sea el más ajustado a la realidad.

Esto quiere decir que se hace un análisis de la red vial del área de influencia, y se identifican los diferentes puntos de entrada a la red. Una vez identificados estos puntos, se determina cuáles de esos puntos tiene mayor volumen vehicular y de acuerdo a eso se hace la asignación de los volúmenes de tránsito en las vías adyacentes.



Ilustración 1 Asignación de Flujo atraído al Plan Parcial Bosques de Miramar.





Ilustración 71 Asignación de Flujo generado y rutas típicas del Plan Parcial Bosques de Miramar.



Ilustración 72 Flujos peatonales atraídos y generados

El proyecto plan parcial Bosques de Miramar facilitara los desplazamientos peatonales incluyendo dentro de los espacios a desarrollar andenes de hasta

3 metros y una vía exclusivamente peatonal al costado del lote 5 para garantizar la movilidad adecuada de peatones en el área de influencia. Todo lo anterior se complementará con la señalización adecuada tanto para vehículos como para peatones que oriente de forma adecuada la movilidad de cada uno de estos actores.

Al ser este un proyecto compuesto por cinco lotes, con sus propias vías internas y conexiones con el sector de Miramar, se cuenta con diferentes vías de acceso, en este caso se analizan las vías que servirán de entrada y salida a los lotes donde se desarrolla el Plan Parcial. Es importante aclarar que el análisis hecho sobre los accesos a los lotes es preliminar y está sujeto a cambios a partir del desarrollo individual de cada uno de los lotes del plan parcial.

### 13.10. PLAN DE CIRCULACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL TRÁNSITO PEATONAL.

Para el plan parcial Bosques de Miramar, se contará con andenes de 3m de ancho alrededor del plan parcial y con una vía peatonal perimetral a los lotes 4 y 5, para la circulación segura dentro de toda el área del proyecto en evaluación, tal y como se muestra en la imagen siguiente:



Ilustración 73 Vías Peatonales y red de andenes en Plan Parcial Bosques de Miramar.

De acuerdo a los resultados descritos en la anterior tabla cada uno de los accesos a los lotes presento un resultado óptimo en los años evaluados, con niveles de servicio A y B y con demoras por vehículo que en el peor de los casos en el año 20 llegan a los 18 segundos. El buen comportamiento presentado por estos accesos demuestra el buen comportamiento de las vías internas contempladas en el desarrollo del plan parcial. A pesar de este buen comportamiento presentado por los accesos durante los escenarios evaluados, se aprecia un decrecimiento progresivo de los vehículos que acceden a los lotes, especialmente desde el año 15, lo que se explica a partir de la saturación de la red vial que lleva a que no alcancen a llegar la totalidad de los vehículos atraídos por el proyecto. Debido al colapso que presenta la modelación del área de influencia a partir de este año el buen resultado obtenido no se considera un resultado confiable debido a las condiciones presentadas. A partir de los efectos del crecimiento vehicular en la zona resulta pertinente que vías de gran importancia para la zona sean intervenidas por el distrito para permitir una mejora de la movilidad en el área de Miramar con el paso del tiempo.

En cuanto a los resultados iniciales de la modelación es posible determinar que los accesos propuestos para cada lote, así como las vías que conectan el proyecto con las ya existentes, cumplen a cabalidad su propósito, ofreciendo buenos niveles de servicio.

#### 14. SISTEMA DE ESPACIO PÚBLICO

Al igual que el sistema de equipamientos, el sistema de espacio público cumple su función principal al brindar actividades complementarias a la vivienda, conformando los espacios e inmuebles, así como elementos naturales destinados a satisfacer las necesidades colectivas de recreación, integración, ocio y goce en las diversas zonas verdes, parques, plazas, plazoletas y zonas peatonales que lo conforman.

El POT distribuye, de conformidad con el decreto nacional 1504 de 1998, su Sistema de Espacio Público en Elementos Constitutivos y Elementos complementarios.

Los Elementos Constitutivos a su vez se subdividen en naturales y contruidos o artificiales. Los primeros son los que hacen parte de la Estructura Ecológica Principal, que en el caso del Plan Parcial la integran las zonas de manejo y protección de los recursos naturales, localizado en el área de influencia del

plan parcial, así mismo con la vegetación natural e intervenida y el amoblamiento urbano, que en el caso del Plan Parcial lo integran la vegetación existente en el predio.

#### 14.1. SISTEMAS GENERALES DE SERVICIOS PÚBLICOS

El presente sistema se encuentra conformado por el conjunto de infraestructuras y servicios encargados de soportar las necesidades de saneamiento básico, agua potable, electricidad, gas y telecomunicaciones de las diversas áreas de la ciudad.

El POT clasifica los servicios públicos en dos grupos:

- Servicios Públicos esenciales, conformado por el servicio público domiciliario de acueducto, el servicio público domiciliario de alcantarillado, el servicio público domiciliario de aseo, el servicio público domiciliario de energía eléctrica, el servicio público domiciliario de gas combustible y el servicio público domiciliario de telefonía pública básica conmutada.
- Servicios Públicos complementarios, conformado por el servicio público de telefonía móvil celular y el servicio de internet.

En el caso del Plan Parcial se realizó la consulta debida ante las entidades prestadoras de los servicios públicos esenciales, para obtener factibilidad para la prestación de estos servicios y cubrir dichas necesidades. Estos conceptos técnicos emitidos por las empresas mencionadas hacen parte integral del DTS del Plan Parcial y establecen las posibilidades y condiciones técnicas para que se concrete la prestación de los servicios consultados.

#### 14.2. SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Mediante POLIZA 1066241 RADICACIÓN 639718 la sociedad Triple A, empresa prestadora de estos servicios en el distrito de barranquilla, se solicitó el correspondiente estudio de factibilidad de servicios de acueducto y alcantarillado sanitario para un proyecto urbanístico de viviendas en el predio objeto del presente Plan Parcial.

El concepto emitido por la empresa prestadora de servicios con fecha de julio 21 de 2021, manifiesta. "El proyecto se encuentra enmarcado dentro de dos (2) predios con referencias catastrales Nos. 080010103000000050001000000000

y 080010103000000040001000000000 y matrícula inmobiliarias Nos. 040-613314 con área de 7,49 Has y 1,82 Has, respectivamente, el cual se encuentran dentro de una zona urbana, con tratamiento urbanístico de desarrollo, según el Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla, por lo cual se requiere la adopción de un plan parcial, en un todo acorde con lo establecido en el Numeral 2 Artículo 120 y Numeral 2 Artículo 122 del Acuerdo 0212 de 2014 expedido por la Alcaldesa Mayor del Distrito de Barranquilla que adopta el Plan de Ordenamiento Territorial; adicionalmente no se cumple con lo indicado en el Numeral 2.2 del Artículo 2.2.2.1.4.1.3 del Decreto 1077 de 2015 expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y Artículo 19 de la Ley 388 de 1997.

Las condiciones técnicas de la factibilidad para el plan parcial Bosques de Miramar en el Distrito de Barranquilla, para asegurar la continuidad y calidad del servicio de acueducto y alcantarillado queda condiciona a los siguientes requisitos:

**Acueducto:** se deberán desarrollar obras de ampliación de la infraestructura actual y/o redes de conducción, consistente en: 1) Construcción del "Sistema de Acueducto del Norte de Barranquilla y Municipio de Puerto Colombia" que contempla la construcción de una nueva bocatoma, aducción, ampliación de la PTAP Las Flores, nuevo tanque de almacenamiento, impulsiones y conducciones a redes y 2) la instalación de la tubería de agua potable en el diámetro requerido por el proyecto desde la tubería de HD de veinticuatro (24) pulgadas localizada en la Calle 96 con Carrera 42F, nomenclatura de Barranquilla, hasta el predio objeto del plan parcial, para poder suministrar agua potable al proyecto.

**Alcantarillado:** la posibilidad de conexión al sistema de alcantarillado estará condicionada a la construcción de un colector de aguas residuales por gravedad, desde el predio objeto del plan parcial, con el diámetro requerido por el proyecto y capacidad para evacuar todo el aguas residual que se generará en la urbanización, con punto de descarga en el pozo de inspección localizado sobre la carrera 42F con la prolongación de la carrera 43, nomenclatura de Barranquilla, en el cual existe una tubería de PVC de 16 pulgadas.

Es importante mencionar que la localización de las redes de acueducto y alcantarillado que se mencionan en la presente comunicación, se deben confirmar en campo a través de levantamiento topográfico por parte de los interesados.

El Plan Parcial tiene Factibilidad de Servicios en las condiciones que se indican en el presente documento.

Para la etapa de solicitud de Certificación de Viabilidad y Disponibilidad Inmediata de Servicios Públicos requerida para la licencia de urbanismo, se deberá informar por escrito a la TRIPLE A S.A E.S.P., los requerimientos de caudal, de acuerdo con usos del suelo y tipos de actividad definidos por la Secretaría Distrital de Planeación de Barranquilla; presentar un cronograma con las etapas del proyecto indicando número de viviendas a construir, caudal requerido, infraestructura a ejecutar y necesaria para poner en funcionamiento dicha etapa (acorde con las condiciones técnicas establecidas en la presente factibilidad) y fuentes de financiamiento; igualmente deben tener en cuenta la información suministrada en esta comunicación y las indicaciones contenida en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Resolución 0330 de 2017 del MVCT, los cuales dan lineamiento en las normas y actividades de diseño. De igual manera, se debe entregar el decreto de adopción y el documento técnico de soporte del plan parcial Bosques de Miramar y el Solicitante deberá presentar los diseños hidrosanitarios de todo el Proyecto e indicar claramente las etapas del mismo, el cual será revisado y aprobado por Triple A de B/Q S.A. E.S.P. El Plan Parcial deberá contener las obras de ampliación de infraestructura matriz, las cargas y beneficios y las fuentes de financiación.

#### 14.3. ZONAS LIBRES PARA REDES CONSTRUIDAS Y PROYECTADAS

Se deberá contemplar una servidumbre o zonas libres para las redes de acueducto y alcantarillado construidas y proyectadas mínima de 3,0m a cada lado del eje del tubo para un ancho total mínimo de 6,0m acorde con los requerimientos exigidos en las “Especificaciones Técnicas de TRIPLE A S. A. E.S.P.”, para futuros mantenimientos y/o reparaciones.

El Plan Parcial deberá incluir dentro de los costos del proyecto la totalidad de la inversión requerida para la realización de los estudios, diseños y construcción de la infraestructura de acueducto y alcantarillado, identificando cargas locales y generales y las fuentes de financiación a fin de garantizar estos servicios, de acuerdo con los usos del suelo y densidades de población aprobada por la Secretaría Distrital de Planeación de Barranquilla.

#### 14.4. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

A continuación, se relaciona la infraestructura de acueducto y alcantarillado existente y proyectado en la zona del Plan Parcial “Bosques de Miramar”.

Tipo de Servicio	Estado	Diámetro de la Tubería	Localización
Acueducto	Instalada	HD – 24 Pulgadas (600mm)	Tubería matriz sobre Calle 96, acera occidental.
Acueducto	Instalada	PEAD – 400mm	Tubería de conducción sobre Carrera 42F, acera sur. Por ser tubería de conducción no está habilitada para distribución.
Acueducto	Instalada	AC – 12 Pulgadas (300mm)	Tubería de distribución sobre la Calle 96, acera oriental, las cual no tiene capacidad instalada para el caudal solicitado.
Acueducto	Instalada	PEAD – 90mm, 110mm y 160mm	Tuberías de distribución del barrio Tabor, las cuales no tiene capacidad instalada para el caudal solicitado.



Tipo de Servicio	Estado	Diámetro de la Tubería	Localización
Alcantarillado	Instalada	PVC –16 pulgadas	Tubería de recolección del sistema de alcantarillado sobre la Carrera 42F entre calles 99ª Y 100, acera norte.
Alcantarillado	Instalada	PVC –8"	Redes de recolección del barrio Tabor.



#### 14.5. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA FACTIBILIDAD PARA LA EJECUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Actualmente, el Área de Prestación de Servicios (APS) de TRIPLE A DE B/Q S.A. E.S.P., no incluye los predios que conforman el Plan Parcial Bosques de Miramar y el Distrito de Barranquilla no tiene definido un plan sectorial de acueducto y alcantarillado acorde a la clasificación de suelos establecidas en el POT, particularmente para las zonas de expansión Urbana y tratamiento urbanístico de desarrollo.

Por lo anterior, el Plan Parcial, como instrumento complementario del POT, deberá contener los mecanismos que permitan financiar las obras de expansión de la infraestructura de acueducto y alcantarillado, que hacen parte de las cargas generales y locales del plan parcial o el Distrito de Barranquilla gestionar la financiación de las obras requeridas con recursos propios y/o del orden nacional y/o departamental.

La Gobernación del Atlántico está gestionando ante el MVCT un proyecto para la ampliación de los diferentes componentes del sistema de acueducto y expansión de redes matrices, los cuales se encuentran contemplado dentro del proyecto denominado "Construcción del Sistema e Acueducto del Norte de Barranquilla y municipio de Puerto Colombia" que contempla las siguientes obras:

- Construcción de una nueva captación.
- Instalación de una tubería de aducción de 1000mm de diámetro.



- Ampliación de la planta de tratamiento de agua potable de Las Flores.
- Instalación de la línea de impulsión de agua potable de 900mm de diámetro.
- Construcción de tanque de almacenamiento de agua potable de 17.000 M3.
- Instalación de conducciones de agua potable hacia las redes de distribución.

#### 14.5.1. ACUEDUCTO

De acuerdo a la información entregada por el Urbanizador, el proyecto total consta de 2168 apartamentos a construir en una etapa. Según las proyecciones del urbanizador del proyecto, se ha estimado un caudal medio diario para el total de proyecto de 23,3 litros/seg.

La factibilidad establecida para ejecutar la infraestructura del servicio público domiciliario de acueducto, atendiendo al reparto equitativo de cargas y beneficios, que aseguren la prestación efectiva por parte de TRIPLE A DE B/Q S.A. E.S.P. para el suministro de agua potable al proyecto Bosques de Miramar, con el fin de garantizar la continuidad y calidad del servicio, está condicionada a la ejecución de las siguientes obras:

- Construcción, puesta en funcionamiento y recibo a satisfacción por parte de Triple A del proyecto denominado "Sistema de Acueducto del Norte de Barranquilla y municipio de Puerto Colombia".
- Instalación de tubería de agua potable en el diámetro requerido por el proyecto desde el punto de conexión dado hasta el predio objeto de plan parcial.
- La posibilidad de conexión para el acueducto sería la tubería de HD de veinticuatro (24) pulgadas localizadas en la Calle 96 con Carrera 42F, nomenclatura de Barranquilla. El Solicitante, a su costo, deberá realizar el trabajo para extender la red de acueducto, desde la tubería en mención, mediante tubería de PEAD en el diámetro requerido por el proyecto.

Para extender la tubería de PEAD hasta el predio deberá gestionarse los permisos requeridos ante las entidades responsables de las vías para la instalación de la tubería y ante el Distrito de Barranquilla tramitar las servidumbre o permisos necesarios que sean obligatorios y requeridos por las respectivas autoridades.

#### 14.5.2. ALCANTARILLADO

La Factibilidad establecida para ejecutar la infraestructura del servicio público domiciliario de alcantarillado, atendiendo al reparto equitativo de cargas y

beneficios, que aseguren la prestación efectiva por parte de TRIPLE A DE B/Q S.A. E.S.P. para la recolección y transporte de las aguas residuales del proyecto Bosques de Miramar, con el fin de garantizar la continuidad y calidad del servicio, está condicionada a la ejecución de las siguientes obras:

- La posibilidad de conexión para el alcantarillado sería la tubería de PVC de 16 Pulgadas localizada en la intersección de la carrera 42F con prolongación de la carrera 43, nomenclatura de Barranquilla. El Solicitante, a su costo, deberá realizar el trabajo para extender la red de alcantarillado, desde la tubería en mención, mediante tubería de PVC en el diámetro requerido por el proyecto.
- Cumplimiento de las determinantes ambientales establecidas por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA.

El urbanizador debe tener en cuenta que las tuberías deberán ir por los corredores viales existentes y los que se aprueben en el respectivo urbanismo, las especificaciones técnicas de TRIPLE A S.A E.S.P. y las indicaciones contenidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Resolución 0330 de 2017 del MVCT.

El Urbanizador debe tramitar los permisos requeridos ante las entidades responsables de las vías para la instalación de la tubería y ante el Distrito de Barranquilla tramitar las servidumbre o permisos necesarios que sean obligatorios y requeridos por las respectivas autoridades.

Si el urbanizador y/o constructor encuentra dentro de su predio tuberías de acueducto y/o alcantarillado sanitario que estén en funcionamiento y operadas por TRIPLE A DE B/Q S.A. E.S.P., deberán reubicarlas a su costo, con supervisión técnica de la empresa.

#### 14.5.3. LINEAMIENTO REDES INTERNAS

- Las redes internas de acueducto, contra incendio, pluvial y sanitaria son entera responsabilidad del urbanizador, por lo tanto, deberá garantizar dentro del predio la eficiente prestación interna tanto de acueducto como de alcantarillado.
- Las instalaciones internas del servicio de alcantarillado deberán manejarse de forma separada (industrial, sanitaria y pluvial). En todo caso, el alcantarillado sanitario es de uso exclusivo para aguas residuales domésticas, no se permite la descarga de aguas lluvias ni residuales no domésticas sin el cumplimiento de la norma de vertimiento vigente. Cuando la red de alcantarillado no pueda recibir las aguas

residuales por gravedad por estar el drenaje debajo de la cota de la red, se deberá construir una estación elevadora con sus respectivos eyectores para un correcto y buen funcionamiento del sistema.

- Lo correspondiente a la instalación de los medidores tanto totalizadores como de las redes internas de acueducto deberán tener en cuenta las recomendaciones de la TRIPLE A S.A E.S.P.

#### 14.5.4. SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

De igual forma que se solicitó la factibilidad de prestación de servicios de energía eléctrica, se realizó la consulta ante Electricaribe S.A. E.S.P., empresa prestadora del servicio de electricidad en la ciudad.

Es así, que, en respuesta a la solicitud mencionada, Electricaribe mediante oficio relacionado Expediente N° P11102021040032, certifica que: *“está en capacidad de suministrar la carga por usted requerida hasta por un total de 5.000 kVA, TRIFÁSICA, REGULADO, para su proyecto de nombre BOSQUES DE MIRAMAR ubicado en CR 42F # 98 – 1, Barrio El Tabor, Barranquilla, Atlántico, el cual asociamos al Circuito MIRAMAR y Subestación NUEVA BARRANQUILLA según consta en el expediente radicado en nuestro sistema comercial bajo el No. P11102021040032*

*Esta factibilidad de servicio eléctrico tiene las siguientes condiciones:*

1. *Cumplimiento del punto de conexión descrito en el formato anexo de Diagrama de punto de conexión. AIR-E S.A.S. E.S.P. se reserva el derecho de modificar el punto de conexión otorgado al proyecto y de exigir el cumplimiento de las normas necesarias en la red de alta, media y/o baja tensión, de acuerdo con las condiciones del sistema de distribución al momento de solicitar la conexión de la carga. Los costos asociados a la modificación que se presenten deben ser asumidos por el Cliente / Constructor.*

2. *Esta comunicación NO autoriza la conexión de su proyecto eléctrico a la red de distribución de AIR-E S.A.S. E.S.P. para lo cual debe cumplir previamente con las siguientes etapas:*

- *Consultoría de proyecto eléctrico.*
- *Seguimiento y revisión de instalaciones eléctricas de enlace.*
- *Puesta en servicio del proyecto eléctrico, las cuales deben ser gestionadas por un ingeniero electricista con matrícula profesional vigente.*

3. *Este documento no garantiza el cumplimiento por parte del Cliente / Constructor de los requerimientos técnicos y administrativos para la legalización del servicio de los nuevos clientes y/o modificación en las*

*características técnicas de los suministros ante AIR-E S.A.S. E.S.P. Por lo anterior, la presente comunicación no exime al Cliente / Constructor de cumplir con los requerimientos establecidos por parte de Planeación Municipal y entidades ambientales.*

*4. Para el desarrollo de su proyecto eléctrico debe:*

*a. Realizar los diseños, memorias de cálculo eléctrico y la construcción de la obra eléctrica acorde a la Normativa vigente de AIR-E S.A.S. E.S.P. la cual puede consultar en nuestra página web [www.air-e.com](http://www.air-e.com), así como también el cumplimiento del RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas), RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público), Resolución CREG 038/14 y demás Normas que le apliquen."*

Dicha factibilidad de encuentra anexa a el presente DTS

#### 14.5.5. SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE GAS NATURAL.

En cuanto a la disponibilidad del servicio de gas, Gases del Caribe S.A. E.S.P., empresa prestadora de este servicio el día 24 de junio de 2021 y radicada bajo No. WEB 21-012520, nos permitimos confirmar la factibilidad del servicio de gas natural domiciliario para el proyecto "Bosques de Miramar", ubicado en el Lote Globo No. 1B de Barranquilla, Atlántico, donde se realizará la construcción de 2168 Viviendas. El alcance de la presente factibilidad se limita a la posibilidad técnica de extender las redes de distribución y contar con el servicio gas natural, para atender la eventual demanda residencial indicada en su comunicación.

Sin embargo, aclaramos que, la ubicación del proyecto no cuenta actualmente con redes de distribución de gas natural. Por lo anterior, es indispensable que se surtan una serie de requisitos previos tales como; que la zona cuente con estratificación socioeconómica y nomenclatura debidamente aprobadas por la oficina de planeación municipal, tener las condiciones mínimas de desarrollo urbanístico y todos los permisos exigidos por las autoridades competentes.

La acreditación del cumplimiento de estos requisitos permitirá que GASCARIBE S.A. E.S.P., evalúe la inclusión de su solicitud, dentro del plan de expansión de redes del servicio de gas natural dentro de los términos señalados en la regulación vigente, atendiendo los principios de eficiencia financiera.

La vigencia de la presente factibilidad es de noventa (90) días calendarios, contados a partir de la fecha de expedición de esta comunicación, tiempo

en el cual deberá ser confirmada su utilización. Una vez vencido este plazo, deberá solicitar una nueva factibilidad debido a posibles cambios técnicos o nuevos desarrollos, en zonas aledañas que impliquen una nueva revisión por parte de GASCARIBE S.A. E.S.P.

Dicha factibilidad de encuentra anexa a el presente DTS

#### 14.5.6. ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA

La información se construye a partir de los insumos generados por el DANE en el censo 2005, teniendo en cuenta que los resultados de la encuesta más reciente realizada por el DANE aún no se encuentran disponibles en su totalidad, y los documentos y cartografía del Plan de Ordenamiento Territorial Vigente, a través de los cuales se busca caracterizar la situación económica dentro del sector y la dinámica poblacional del mismo, aspectos que influyen en la generación de los diversos modelos inmobiliarios que buscan atender las necesidades de la población presente y proyectada en el sector.

#### 14.5.7. POBLACIÓN

Teniendo en cuenta que los datos poblaciones aún no han sido actualizados, para el presente documento de soporte se tendrá en cuenta las cifras presentadas en el censo del año 2005.

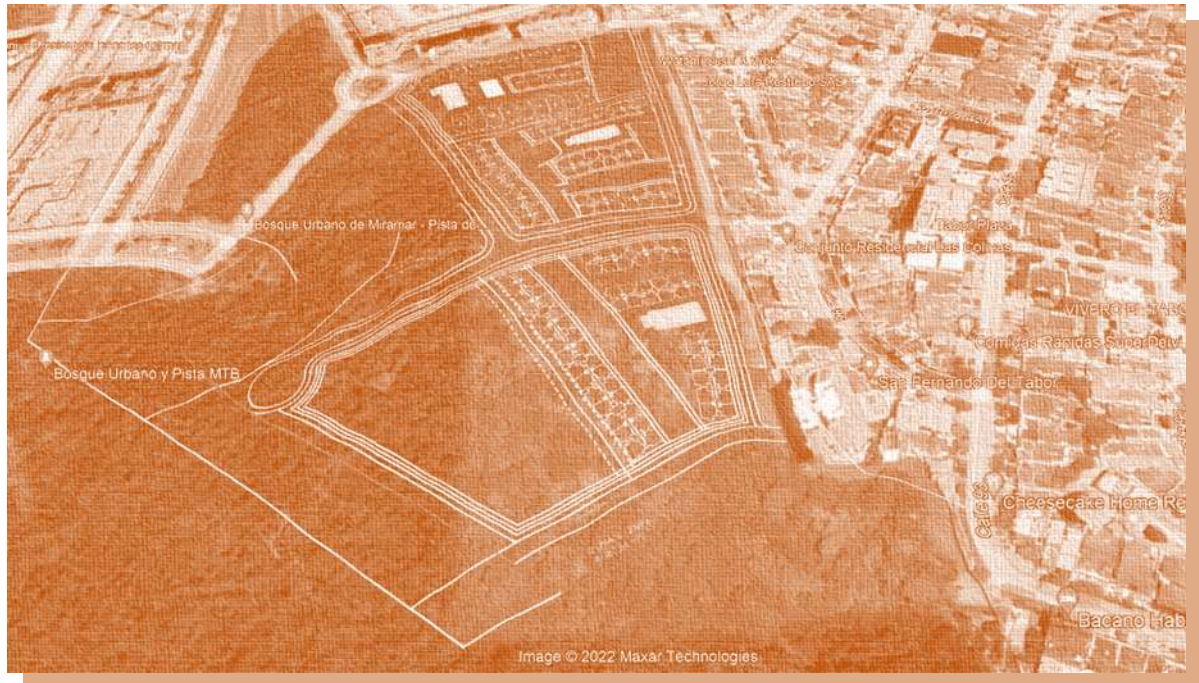
La ciudad de Barranquilla la integran cinco localidades: Norte Centro Histórico, Metropolitana, Riomar, Suroccidente y Suroriente. de las cuales la mayor población se encuentra en Suroccidente contando con aproximadamente 349.330 personas en un área de 1.997 ha.

La localidad con menor población es Riomar contando con 70.193 personas en un área de 1.089 ha.

LOCALIDADES	POBLACIÓN	AREA (HA)
NORTE CENTRO HISTORICO	175,172	2,274 Ha
METROPOLITANA	239,412	1,120 Ha
RIOMAR	70,193	1,089 Ha
SUROCCIDENTE	349,330	1,997 Ha
SURORRIENTE	274,260	1,717 Ha
<b>TOTAL</b>	<b>1,108,367</b>	<b>8,197 Ha</b>

## CAPÍTULO 2

### COMPONENTE DE FORMULACIÓN PLAN PARCIAL BOSQUES DE MIRAMAR



## 1. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO DEL PLAN PARCIAL

El Plan Parcial, como se ha descrito anteriormente, es un instrumento de planificación, para este proyecto en particular, ubicado en suelo urbano con tratamiento urbanístico de Desarrollo, de conformidad con lo establecido por la ley 388 de 1997 y Decreto 1077 de 2015, con base en el cual se permite desarrollar y complementar las disposiciones del Plan de Ordenamiento Territorial, de conformidad con lo establecido, tanto en el Componente General como en el Componente Urbano del mismo POT, adoptado mediante el Decreto 0212 de 2014

El Plan Parcial Bosques de Miramar, objeto de la presente Memoria Justificativa, está orientado a cumplir, entre otros, con los siguientes propósitos:

1. Contribuir en la implementación del eje del Plan de Ordenamiento Territorial, una Ciudad Verde, ambientalmente sostenible y adaptada frente al cambio climático.
2. Materializar nuevas áreas de crecimiento y densificación para el desarrollo de residenciales en Barranquilla con alta calidad urbanística.
3. Incrementar la conectividad del sistema vial de la ciudad, al integrar física, vial y urbanísticamente las nuevas áreas de desarrollo.
5. Contribuir a la generación de nuevo espacio público efectivo para el desarrollo de actividades recreativas y equipamientos comunales públicos.

Por lo tanto, el desarrollo urbanístico del Plan Parcial “Bosques de Miramar” asume como principio fundamental un modelo de intervención que garantice la integración económica y urbanística de los nuevos desarrollos, de manera adecuada con la ciudad, a través de la propuesta de nuevos sistemas estructurantes (espacio público, equipamientos, vial, servicios públicos) generados en el área de intervención.

El esquema urbanístico propende por la sustentabilidad del territorio en suelo urbano, de tal manera que se integre la intervención urbana con el medio natural, cumpliendo con todas las normativas nacionales y distritales de ordenamiento ambiental y territorial.

Bajo estas premisas, el desarrollo urbanístico propuesto para el Plan Parcial generará una mezcla multiescala de actividades principalmente residenciales, con la posibilidad de complementar con comercio de bienes

y servicios existente en el sector a intervenir, con el fin de abrir la posibilidad de consolidar la nueva Visión de ciudad.

De acuerdo con la normatividad urbanística y de planificación procedentes del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, el desarrollo urbanístico y constructivo del predio intervenido debe hacerse por medio de Plan Parcial, fundamentado principalmente en los aspectos señalados en el capítulo “Marco Normativo” que hace parte del diagnóstico de este documento técnico de soporte y que se resume en los siguientes aspectos:

- La zona objeto Plan Parcial hace parte de un suelo en Tratamiento de Desarrollo, definida por el Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla.
- El área se enmarca en las exigencias de los artículos 19, 27, 31, 42 y el Capítulo V de la Ley 388 de 1997;
- El área responde a los lineamientos definidos por el Decreto 2181 de 2006, el decreto 1478 de 2013, los cuales fueron compilados por el Decreto 1077 de 2015

Las condiciones y características urbanísticas, estratégicas, legales, técnicas y de lineamientos de política vigentes como contexto institucional, justifican y soportan la necesidad y la obligatoriedad de planificar integralmente el o los proyectos propuestos, en un área de planificación de 74.950,85 M<sup>2</sup>, en el predio identificado con la matrícula inmobiliaria 040-613314, utilizando el instrumento urbanístico del Plan Parcial.

#### 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO PROPUESTO

El Plan de Ordenamiento Territorial de Barranquilla, al definir los usos generales del suelo de las áreas de desarrollo, en especial, la zona de “Miramar” y tiene unas características que influyen tales como:

La Vía Circunvalar, la carrera 46 (Avenida Olaya Herrera) y la Carrera 43 (20 de Julio) la cual se empalma con la circunvalar. corresponde a la vía principal de acceso y uno de los ejes arteriales principales urbanos que conecta sectores residenciales y comerciales e institucionales consolidados.

#### 1.2. ESTRUCTURA PREDIAL

La estructura predial proyectada para las áreas públicas cumple con los requerimientos establecidos en el Plan de Ordenamiento para los procesos de urbanización señalados en el artículo 356 al 358, según los



cuales existen unas características específicas para la localización, distribución y entrega de las zonas de cesión destinadas a parques y equipamientos comunales públicos.

1.3. Por su parte, las manzanas útiles, las cuales serán destinadas a predios privados y los desarrollos residenciales, deberán cumplir con las condiciones de dimensión y reglamentación para zonas distritales, entre otras, vías, andenes, entre otros, señaladas en los artículos 374 del POT.

1.4. Se propone el desarrollo de manzanas definidas por vías vehiculares y peatonales, que garantizarán la apropiación del espacio urbano y el aprovechamiento de las áreas cesión cerca al proyecto, no solo por y para los habitantes del sector, sino por los visitantes y población flotante que se generara.

#### 1.5. CATEGORIZACIÓN DEL SUELO

El POT de Barranquilla ha determinado que el área objeto del Plan Parcial hace parte del Suelo Urbano y su vocación según las áreas de actividad señaladas en la correspondiente cartografía, que hace parte integral del plan de ordenamiento territorial, señalan el suelo a intervenir, como Área de Actividad Residencial en un Polígono Normativo Residencial 1B (PR-1B).

#### 1.6. USOS ESPECÍFICOS DEL SUELO

De acuerdo con el Polígono Normativo Residencial 1B (PR-1B), en el cual se considera exclusivamente le uso residencial, dentro de los Usos Principales propuestos según el Cuadro Anexo "Usos del Suelo – POT" del Decreto 0212 de 2014, solo permite Vivienda unifamiliar, Bifamiliar, Trifamiliar y Multifamiliar, y sus correspondientes densidades en el anexo Edificabilidad-Densidades del POT.

## 2. ESQUEMA URBANÍSTICO.

El Plan Parcial se desarrolla teniendo en cuenta las vías públicas existentes y proyectadas. Entre las vías públicas existentes que influyen en el desarrollo del Plan Parcial, se encuentra la Calle 96, la Calle 99B entre la Carrera 43 y la Calle 93. A partir de las vías existentes y proyectadas, se propone una distribución de vías locales tanto vehiculares como peatonales, conformando las manzanas del Plan Parcial, que a su vez proveen el acceso a las mismas.

- 2.1. Las manzanas con uso principal residencial se desarrollan en forma equilibrada integrándose con las zonas de cesión, las vías de acceso principales permitiendo generar vida al sector y posibilidad de uso en todo momento del día.



Ilustración 21: Planteamiento urbanístico Plan Parcial "Bosques de Miramar"

Fuente: Elaboración propia.

Convenciones

 Vivienda

 Vivienda de Interés Prioritario (V.I.P.)

## 2.2. CUADRO GENERAL DE ÁREAS PLAN PARCIAL "BOSQUES DE MIRAMAR"

ÁREA	MT2	Ha	%
<b>1. ÁREA BRUTA</b>	<b>74.950,85</b>	<b>7,50</b>	<b>100,00%</b>
<b>2. ÁREA DE PLANIFICACIÓN</b>	<b>74.950,85</b>	<b>7,50</b>	<b>100,00%</b>
<b>3. ÁREA NETA URBANIZABLE</b>	<b>74.950,85</b>	<b>7,50</b>	<b>100,00%</b>
<b>4. ÁREAS DE CESIÓN GRATUITAS PARA ESPACIO PÚBLICO Y EQUIPAMIENTO COLECTIVO (Áreas de Cesión anticipada 18.161,05 M2)</b>			
<b>4.1 Área de Cesión Anticipada</b>	<b>18.161,05</b>	<b>1,82</b>	
<b>4.2 Área de Cesión complementaria</b>	<b>600,04</b>	<b>0,06</b>	
<b>Total Área de Cesión entregada (% del Área Neta)</b>	<b>18.761,09</b>	<b>1,88</b>	<b>25,03%</b>
<b>Distribución de Áreas de Cesión</b>			
4.3. Espacio público: Parques y zonas verdes	15.012,18	1,50	20%
4.4 Equipamiento	3.748,91	0,37	5%
<b>Total áreas de cesión urbanísticas entregadas:</b>	<b>18.761,09</b>	<b>1,88</b>	<b>25,03%</b>
<b>5. SISTEMA VIAL LOCAL</b>			
6.1. Vías vehiculares y Peatonales	15.624,26	1,56	20,85%
<b>Total áreas vías sistema principal y de transporte:</b>	<b>15.624,26</b>	<b>1,56</b>	<b>20,85%</b>
<b>7. ÁREA ÚTIL</b>			
7.1. Área Útil Residencial	46.566,13	4,66	62,13%
a. Lote 01	12.764,85		
b. Lote 02	12.843,38		
c. Lote 03	7.797,48		
d. Lote 04	13.160,42		
<b>Total área útil:</b>	<b>46.566,13</b>	<b>4,66</b>	<b>62,13%</b>
<b>8. SUELOS CON DESTINACIÓN A VIP</b>			
Área destinada para Vivienda de Interés Prioritario (VIP)	12.160,42	1,22	26,11%
<b>Total área VIP:</b>	<b>12.160,42</b>	<b>1,22</b>	<b>26,11%</b>

Ilustración 22: Cuadro General de Áreas Plan Parcial  
Fuente: Elaboración propia.

Distribución de Vivienda por Lote Útil (Densidad 0,03 x M <sup>2</sup> )				
Ítem	Área (M2)	Actividad	Viviendas x Lote	Total, de Viviendas
Lote 1	12.752,68	Residencial	319	<b>2.249</b>
Lote 2	12.829,33	Residencial	517	
Lote 3	9.437,72	Residencial	382	
Lote 4	13.503,88	Residencial	546	
Lote 5	12.159,47	Residencial VIP	485	

Ilustración 23: Cuadro de Área Útil Plan Parcial  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.3. ÁREAS GENERALES DEL PLAN PARCIAL "BOSQUES DE MIRAMAR"

El Plan Parcial "Bosques de Miramar" se circunscribe a un predio localizado en suelo urbano en el nor-occidente de la ciudad, sector de Miramar. En el cual

el predio ubicado en tratamiento urbanístico desarrollo, se identifica catastral y jurídicamente, de conformidad al siguiente cuadro.

Matrícula Inmobiliaria	Referencia Catastral	Propietario	Dirección	Área (M <sup>2</sup> )
<b>040-613314</b>	<b>0103000008530005000000000</b>	<b>GRUPO ARGOS S.A.</b>	<b>Volador Urvisa</b>	<b>74.950,85</b>

Así mismo, se relaciona la entrega del Área Cesión Obligatoria entregada anticipadamente, mediante el Acta del 11 de noviembre de 2020, suscrita por Lizette C. Bermejo Herrera, en calidad de Secretaría Distrital de Control Urbano y Espacio Público de la Alcaldía de Barranquilla y Carlos Abello Vives Representante Legal de la Sociedad Grupo Argos S.A.

Matrícula Inmobiliaria	Referencia Catastral	Propietario	Dirección	Área (M <sup>2</sup> )
<b>040-613313</b>	<b>0103000008530004000000000</b>	<b>Distrito Especial Industrial y Portuario de Barranquilla</b>	<b>Predio "Bosques de Miramar" Urbano 1B2</b>	<b>18.161.05</b>

#### 2.4. DEFINICIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ÁREAS DE DOMINIO PÚBLICO DEL PLAN PARCIAL "BOSQUES DE MIRAMAR"

De acuerdo a lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial, Decreto 0212 de 2014, las cesiones gratuitas obligatorias son aquellas que deben hacer los propietarios de los predios con fines urbanísticos a favor del distrito; dichas zonas se destinan al uso público como vías, parques, zonas verdes, entre otros, sin que para ello medie pago de indemnización por ser un acto de enajenación voluntaria que el Estado puede exigir en ejercicio de sus facultades para dictar normas de planificación urbanística.

Al respecto, el Plan de Ordenamiento de Barranquilla señala que las cesiones urbanísticas obligatorias deberán realizarse en actuaciones de urbanización en planes parciales o licencias de urbanismo que al desarrolladas en suelo con tratamiento de desarrollo al 25% del Área Neta Urbanizable distribuidas así:

20% del Área Neta Urbanizable (ANU) destinado para parques y zonas verdes y el 5% restante del ANU, destinado a equipamiento comunal público, o en el caso de Planes Parciales desarrollados en tratamiento de renovación serán de 13% destinados a parques y zonas verdes.

De acuerdo con su función y características, las zonas de cesión para parques y zonas verdes se dividirán en, tal como lo establece el Decreto 0212 de 2014:

“1. Zonas Verdes: Corresponden a áreas libres públicas, constituidas por franjas predominantemente arborizadas, empedradas y/o ajardinadas, que contribuyen a la preservación de los valores paisajísticos y ambientales de la ciudad. Para su cuantificación se tendrán en cuenta aquellas áreas que garanticen la accesibilidad y estén habilitadas para el goce y disfrute público con usos recreativos de tipo pasivo.

2. Parkway o Separador Ambiental: Se define como un área verde peatonal sobre separadores amplios entre dos vías vehiculares, con mínimo 20 metros de ancho. Las actividades que se pueden realizar son netamente pasivas, de contemplación y disfrute visual. Para su localización, distribución y caracterización, las zonas verdes y parques generadas como parte del proceso de desarrollo del presente Plan Parcial, deberá cumplir con los criterios urbanísticos de las áreas de cesión gratuitas señalados en el artículo 358 del Decreto 0212 de 2014, en el cual se explica que son criterios a cumplir cabalmente por los urbanizadores, promotores y proyectistas que realicen proyectos de urbanización, los siguientes:

1. Respecto de la distribución espacial, el total de cesión exigida en cada proyecto se distribuye en un 50% en un solo globo y el resto en uno o varios globos con área mínima de 1.000 m<sup>2</sup> y en Parkway o separadores cumpliendo las condiciones establecidas en el Tomo II, Componente Urbano, del Documento Técnico de Soporte del presente POT. Se exceptúan los proyectos con un área de cesión total inferior a 2.000 m<sup>2</sup>, en cuyo caso la cesión deberá estar concentrada en un solo globo.

2. Cuando el área de cesión sea menor 500 M<sup>2</sup> deberá pagarse en los términos señalados en el artículo 362 al fondo de compensación de espacio público creado mediante el presente decreto para tal fin.

3. Se permite la cesión del 20% del total de la cesión exigida para destinarlo a la construcción de grandes parques zonales, aunque estos se localicen en proyectos diferentes, previa autorización de la Secretaría de Planeación, siempre y cuando estén ubicados en la misma zona de influencia, en este caso, se deberá ir construyendo el parque zonal, simultánea y proporcionalmente con la urbanización generadora de la cesión.

4. En lo referente a la localización y acceso de estas sesiones, en todos los casos debe garantizarse acceso a las cesiones públicas para parques y equipamientos desde una vía pública vehicular, con continuidad vial.

5. No se permite la localización de las cesiones en predios inundables, en zonas de alto riesgo, zonas de protección por proximidad a lagunas de oxidación, plantas de tratamiento de aguas residuales y/o rellenos sanitarios (zona de mitigación), o en predios con pendientes superiores al 25%.

6. La configuración geométrica para globos de cesión pública, zonas verdes y equipamientos no comprendidos en los literales anteriores, deben tener los siguientes parámetros normativos:

- Todos los puntos del perímetro de los globos de cesión deben proyectarse en forma continua hacia el espacio público, sin interrupción por áreas privadas.
- La relación entre el frente contra el espacio público y la profundidad de los globos de cesión se regulan por las siguientes proporciones:
- Frente entre 20 metros y hasta 50 metros: Profundidad máxima, dos veces y media (2.5) veces el frente y un mínimo de 20 metros.
- Frente de más de 50 metros y hasta 100 metros: Profundidad máxima de cuatro (4) veces el frente y un mínimo de la mitad del frente.
- Frentes con dimensiones superiores a 100 metros, se regulan por las condiciones que establezca el Plan Parcial y/o Licencia de Urbanismo, siguiendo una proporción mínima de 1 de frente por 4 de fondo.

7. Se permite áreas de cesión obligada para espacio público con formas irregulares o proporciones que no obedecen a las previamente reglamentadas, proyectándose éstas siempre en forma continua hacia el espacio público, hasta un área máxima del diez por ciento (10%) del total de las áreas de cesión obligada para espacio público del proyecto.

8. Las áreas de cesión pública para zonas verdes en Parkway no podrán exceder el 30% del total de las áreas de cesión en cada proyecto.

9. Todos los puntos del perímetro de los globos de cesión deben proyectarse en forma continua hacia el espacio público, sin interrupción por áreas privadas.

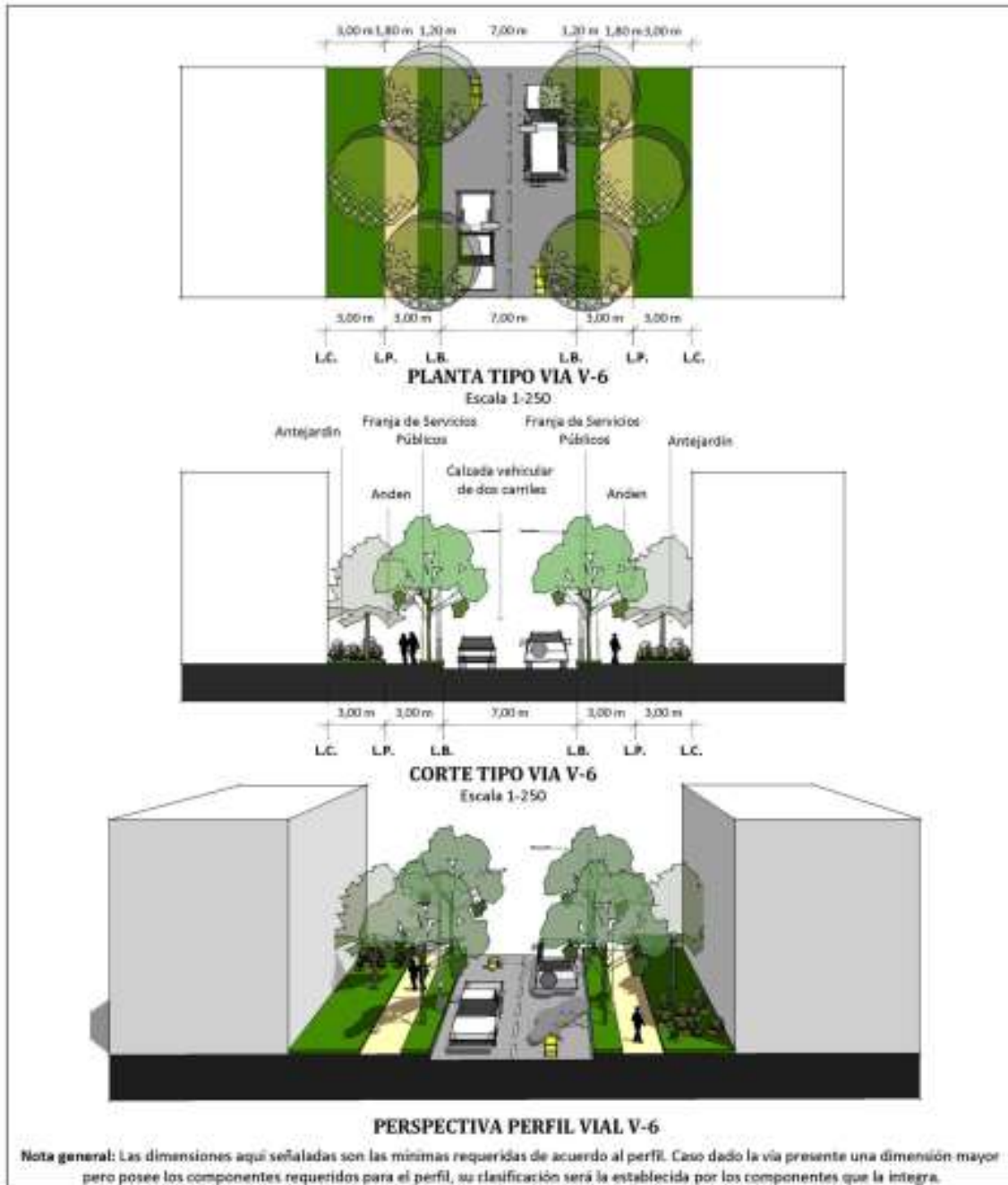
10. No se podrá ubicar las áreas de cesiones en áreas afectadas por vías incluidas en el Plan Vial, áreas de servidumbre por trazado de líneas de energía de Alta tensión, zonas de reserva para futuro transporte masivo y/o servicios públicos."

## 2.5. RED VIAL VEHICULAR Y PEATONAL PROPUESTA DEL PLAN PARCIAL "BOSQUES DE MIRAMAR".

Se proponen las siguientes vía vehiculares y peatonales:

### 2.5.1. PERFIL VIAL V-6:

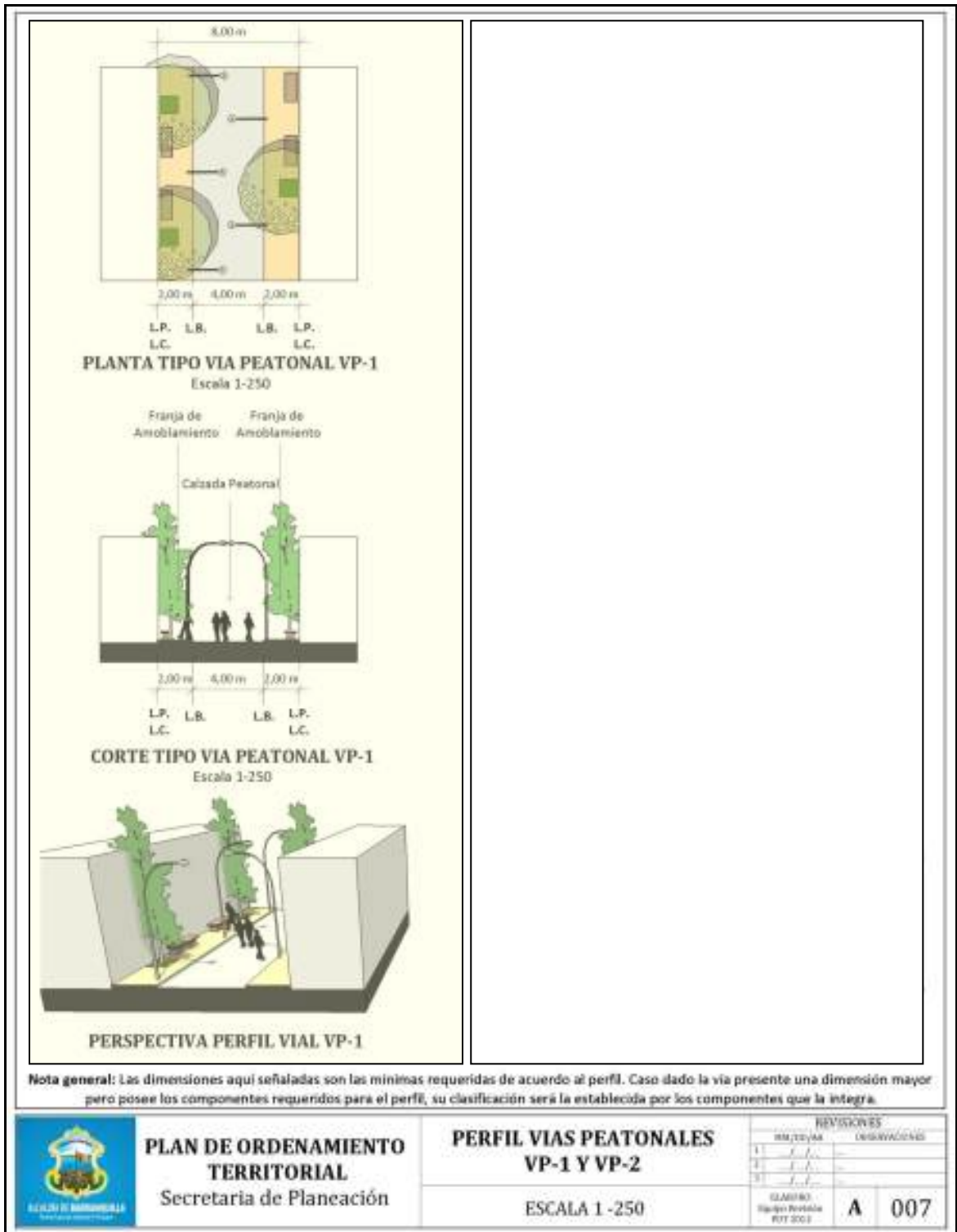
- Calzada = 7.00 ml. (Dos carriles de 3.50 ml. c/u.)
- Andén = 3.00 ml.
- Antejardín = 3.00 ml.



 <p><b>PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> Secretaría de Planeación</p>	<p><b>PERFIL VIAL V-6</b></p>	<p>REVISIONES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>FECHA</th> <th>CONTRATANTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>09/2013</td> <td>Autofinanciada</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>		Nº	FECHA	CONTRATANTE	1	09/2013	Autofinanciada	2	...	...	3	...	...
	Nº	FECHA	CONTRATANTE												
1	09/2013	Autofinanciada													
2	...	...													
3	...	...													
	<p>ESCALA 1 - 250</p>	<p>CLASIFICACIÓN: A</p>	<p>006</p>												

2.5.2. PERFIL VIAL PEATONAL VP-1

- Calzada Peatonal = 4.00 ml.
- Línea de Bordillo a Línea de Propiedad y Construcción = 2.00 ml.





## 2.6. REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DEL PLAN PARCIAL "BOSQUES DE MIRAMAR".

Los servicios públicos domiciliarios son aquellos bienes tangibles o intangibles y prestaciones que reciben las personas en su domicilio o lugar de trabajo, para la satisfacción de sus necesidades básicas de bienestar y salubridad prestados por el Estado o por los particulares mediante redes físicas con puntos terminales en los lugares donde habitan o laboran los usuarios, bajo la regulación, control y vigilancia del Estado, a cambio del pago de una tarifa previamente establecida.

El servicio público domiciliario es entonces, aquel que reciben las personas en su domicilio o lugar de trabajo y sirven para satisfacer las necesidades básicas de bienestar y salubridad de la población.

Con base a lo anterior, en el área de planificación del Plan Parcial, se solicitó ante las entidades competentes factibilidad de servicios, el cual es el documento mediante el cual el prestador de servicios públicos establece las condiciones técnicas, jurídicas y económicas que dentro del proceso de urbanización que se adelante mediante el trámite de plan parcial permitan ejecutar la infraestructura de servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, atendiendo el reparto equitativo de cargas y beneficios. Con base en las factibilidades y condiciones de prestación de servicios de las empresas relacionadas se plantearon esquemas de distribución de redes de servicio de Alcantarillado, acueducto, energía y alumbrado público.

En la Prefactibilidades de servicios públicos se establecen las condiciones técnicas para conexión y suministro del servicio, las cuales desarrollará el urbanizador a través del diseño y construcción de las redes secundarias o locales que estén a su cargo. Una vez se obtenga la licencia urbanística, el urbanizador responsable está en la obligación de elaborar y someter a aprobación del prestador de servicios públicos los correspondientes diseños y proyectos técnicos con base en los cuales se ejecutará la construcción de las citadas infraestructuras.

La ejecución de los proyectos de redes locales o secundarias de servicios públicos las hará el urbanizador en tanto esté vigente la licencia urbanística o su revalidación. Entregadas las redes secundarias de servicios públicos, corresponde a los prestadores su operación, reposición, adecuación, mantenimiento, actualización o expansión para atender las decisiones de ordenamiento territorial definidas en los planes de ordenamiento territorial o los instrumentos que lo desarrollen o complementen.

El urbanizador está en la obligación de construir las redes locales o secundarias necesarias para la ejecución del respectivo proyecto urbanístico y la prestación efectiva de los servicios de acueducto y alcantarillado. En estos casos el prestador del servicio deberá hacer la supervisión técnica de la ejecución de estas obras y recibir la infraestructura. Cuando el proyecto se desarrolle por etapas este recibo se dará a la finalización de la correspondiente etapa.

En el evento en que el urbanizador acuerde con el prestador hacer el diseño y/o la construcción de redes matrices, el prestador está en la obligación de cubrirlos o retribuirlos. En ningún caso las empresas prestadoras podrán exigir los urbanizadores la realización de diseños y/o construcción de redes matrices o primarias. Ver dimensionamiento eléctrico, dimensionamiento hidrosanitario en conjunto con su planimetría alborada para el Plan Parcial, esta información se encuentra anexa al presente DTS.

### 3. REPARTO GENERAL DE CARGAS Y BENEFICIOS

El reparto equitativo de cargas y de beneficios es uno de los principios generales de la Ley 388 de 1997, de forma tal que se considera uno de los pilares fundamentales para enmarcar todas las actuaciones sobre el territorio municipal, siendo su cumplimiento requisito primordial para lograr una adecuada aplicación de la misma ley y por tanto, para el cumplimiento de los objetivos que se ha propuesto el plan de ordenamiento territorial.

#### 3.1. DEFINICIÓN PARA EL CÁLCULO DE LAS CARGAS Y BENEFICIOS DEL PLAN PARCIAL "BOSQUES DE MIRAMAR".

Para la definición de criterios y lineamientos aplicables al reparto de cargas y beneficios, se deberán tener en cuenta las siguientes definiciones:

- Reparto: Es la distribución equitativa entre los propietarios conforme a la tenencia de cada uno de los predios que hacen parte de las unidades de actuación, de las obligaciones urbanísticas en proporción al aprovechamiento medio asignado a cada unidad en índices de construcción o metros cuadrados construidos.
- Carga: Son las obligaciones urbanísticas que deben ser asumidas por los propietarios del suelo a urbanizar en razón de la función pública del urbanismo. Se identifican como cargas todos los componentes del espacio público que deben ser cedidos, adecuados y construidos por los propietarios, tales como: cesión de suelo para vías y construcción de vías, cesión y adecuación del suelo, tanto para construcción de equipamientos como para zonas verdes públicas.

- **Beneficio:** Se determina por la potencialidad de desarrollo derivada de la asignación de aprovechamientos urbanísticos, cuantificados en metros cuadrados de construcción que resultan del aprovechamiento medio, según los usos del suelo definidos para el área de planificación y para cada una de las unidades de actuación. La base de cálculo del reparto equitativo de cargas y beneficios es el aprovechamiento urbanístico.
- **Aprovechamiento urbanístico resultante:** Corresponde a la asignación del índice de construcción resultante según el producto inmobiliario tipo, que asegura la financiación de las cargas locales y las cesiones adicionales de suelo para componentes de cargas generales, así como el cumplimiento del modelo de ordenamiento territorial de la ciudad.

## 3.2. CARGAS

### 3.2.1. MARCO GENERAL

La Ley 388 de 1997, denomina cargas urbanísticas a todas las inversiones tanto en suelo, como en infraestructuras que se deben aportar para garantizar la operación de los desarrollos urbanísticos; son necesarios para que el desarrollo urbano se encuentre soportado en suficientes espacios públicos, en forma de vías, espacios recreativos, redes de servicios públicos y equipamientos públicos. Este grupo de cargas determina un sistema de espacios públicos que deben responder a las normas especificadas en cada Plan de Ordenamiento Territorial o sus normativas complementarias.

Se consideran cargas urbanísticas las inversiones en suelos, igualmente, los costos asociados a la formulación y gestión de los procesos de planificación, tanto materiales, como sociales.

Los principales componentes que intervienen en el diseño e implementación de un sistema de reparto de cargas y de beneficios aplicado en un plan parcial, son:

1. *Los potenciales derechos de participación en beneficios de los propietarios de los inmuebles o lotes involucrados, en proporción al monto y calidad de los inmuebles aportados, de acuerdo con su localización y área y con base en una valoración previamente pactada.*
2. *Los aportes que se efectúan a cargas urbanísticas en cada una de las Unidades de Actuación o de Gestión y en relación a los derechos de propietarios de los lotes y/o inversionistas y promotores involucrados en la unidad, su correspondiente proporción de aporte y responsabilidad.*

3. Los beneficios que se esperan recibir en términos físicos – aprovechamiento, edificabilidad, ocupación privada-, como en sus consecuentes beneficios en términos económicos –participación en utilidades, rentabilidad y retorno de la inversión etc.- presentes en cada una de las unidades y en relación a los derechos de propietarios de los lotes y/o inversionistas y promotores involucrados en la unidad, beneficios que deberán ser adjudicados a estos actores, en estricta proporcionalidad a sus aportes.

### 3.2.2. IDENTIFICACIÓN Y CÁLCULO DE LAS CARGAS

Para el área de intervención del presente Plan Parcial, se presentan el tratamiento urbanístico de “Desarrollo”, el cual genera cargas urbanísticas específicas, así:

- a. Cesión del 25% de ANU para zonas verdes y equipamiento
- b. 20% de área útil para destinar a Vivienda de Interés Prioritario (V.I.P.) que podrá pagarse a un fondo o trasladarse a otro predio.
- c. Cesión y construcción de vías locales.

Las cargas correspondientes al costo de la infraestructura vial principal y redes matrices de servicios públicos se distribuirán entre los propietarios de toda el área beneficiaria de las mismas y deberán ser recuperados mediante tarifas, contribución de valorización, participación en plusvalía, impuesto predial, o cualquier otro sistema que garantice el reparto equitativo de las cargas y beneficios de las actuaciones y que cumpla con lo dispuesto en el artículo 338 de la Constitución Política.

Para el Plan Parcial “Bosques de Miramar” se estiman las siguientes cargas urbanísticas:

El desglose de las cargas se encuentra en la siguiente tabla

**BOSQUES DE MIRAMAR**  
**PRESUPUESTO CARGAS LOCALES URBANISMO**

Actividades	Und	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Vias Locales vehiculares, peatonales	M2	15.575,82	365.350,00	\$ 5.690.625.837,00
Vias Locales Temporales	M2	2.052,22	245.300,00	\$ 503.410.056,60
Nivelación de Manzanas	M2	74.950,85	30.500,00	\$ 2.286.000.925,00
Muros de Contecion Urbanisticos	M3	337,50	2.261.450,00	\$ 763.239.375,00
Redes de Aguas Sanitarias	MI	1.609,53	295.360,00	\$ 475.390.780,80
Redes de Aguas Lluvias	MI	1.214,21	435.250,00	\$ 528.484.902,50
Redes Pozos de Inspeccion	Und	42,00	4.950.600,00	\$ 207.925.200,00
Redes Sumideros Longitudinales	MI	58,00	2.980.630,00	\$ 172.876.540,00
Redes Sumideros Transversales	MI	90,00	3.640.900,00	\$ 327.681.000,00
Redes de Aguas Potable	MI	1.389,50	285.900,00	\$ 397.258.050,00
Redes de GAS	MI	1.349,21	225.200,00	\$ 303.842.092,00
Alumbrado Público	MI	1.612,71	650.000,00	\$ 1.048.261.500,00
Eléctrica Med. y Baja Tensión	MI	1.962,71	790.200,00	\$ 1.550.933.442,00
Parques	M2	14.998,43	185.960,00	\$ 2.789.108.042,80
Zonas Verdes	M2	4.344,25	34.500,00	\$ 149.876.625,00
Equipamiento	M2	3.748,91	267.000,00	\$ 1.000.958.970,00
Personal y Vigilancia	GI	1,00	2.281.500.000,00	\$ 2.281.500.000,00
Preliminares	GI	1,00	1.081.451.700,00	\$ 1.081.451.700,00
Gastos Generales	GI	1,00	1.026.097.606,00	\$ 1.026.097.606,00
Formulación Plan Parcial	GI	1,00	285.000.000,00	\$ 285.000.000,00
<b>TOTAL CARGAS URBANISTICAS LOCALES</b>				<b>\$ 22.869.922.644,70</b>
<b>CARGAS URBANISTICAS LOCALES POR VIVIENDA</b>				<b>\$ 10.168.929,59</b>
<b>CARGAS URBANISTICAS LOCALES POR M2 BRUTO</b>				<b>\$ 305.132,27</b>

**Observaciones:** El costo de las cargas locales de Urbanismo del presente plan parcial es un estimativo preliminar; puede sufrir variaciones debido a los diseños finales de ingeniería y a la ejecución de las obras; podrá ser ajustado posterior a la formulación y adopción del Plan Parcial.

CARGAS GENERALES			
INFRAESTRUCTURA REDES MATRICES DE SERVICIOS PUBLICOS			
DESCRIPCIÓN	Longitud (MI)	VLR Und	COSTO TOTAL
Redes Matrices de Acueducto	560,6	\$685.425	\$384.249.255
Redes Matrices de Alcantarillado	560,6	\$1.780.610	\$998.209.966
Redes Matrices de Energia	560,6	\$1.015.430	\$569.250.058
Redes Matrices de Alumbrado Publico	560,6	\$1.335.600	\$748.737.360
			<b>\$2.700.446.639</b>

**OBSERVACIONES:** Las cuantificaciones y costos de las redes matrices de los servicios públicos, se calcularan según las especificaciones técnicas que cada empresa prestaria tenga para cada servicio publico.

### 3.3. BENEFICIOS

Se identifican como Beneficios urbanísticos, los potenciales aprovechamientos en forma de edificabilidad y usos que permiten las normas urbanísticas consignadas en el POT. Los beneficios deben ser suficientes para permitir el aporte de cargas urbanísticas y generar un desarrollo urbano viable y sostenible económicamente.

Es claro que el mayor beneficio que se deriva del planeamiento es precisamente el aprovechamiento urbanístico que él mismo genera, y que se conforma tal derecho a través de la atribución de las facultades legalmente establecidas, que, en el caso del suelo urbano, vienen concretadas en la terminación de la urbanización y la edificación, posteriores a la aprobación del plan parcial.

Los beneficios se determinan por la potencialidad de desarrollo derivada de la asignación de aprovechamientos urbanísticos, cuantificados en metros cuadrados de construcción que resultan del aprovechamiento, según los usos del suelo definidos para el área de planificación y/o para cada una de las unidades de actuación.









ZONAS BENEFICIARIAS DEL EFECTO DE PLUSVALIA		
DESCRIPCIÓN	UG	CONVENCION
	MT2	
<b>1. ÁREA ÚTIL</b>		
5.1. Área Útil Residencial Lote 01	12.764,85	
5.2. Área Útil Residencial Lote 02	12.843,38	
5.3. Área Útil Residencial Lote 03	7.797,48	
5.4. Área Útil Residencial Lote 04	13.160,42	
<b>Total Areas Utiles</b>	<b>46.566,13</b>	
<b>ZONAS NO OBJETO EFECTO DE PLUSVALIA</b>		
DESCRIPCIÓN	UG	CONVENCION
	MT2	
<b>2. Vivienda de Interes Prioritario</b>		
2.1. Área para Vivienda de Interes Prioritario	12.160,42	
<b>Total Area VIP</b>	<b>12.160,42</b>	
<b>4. ÁREA DE CESIÓN OBLIGATORIAS</b>		
<b>4.1. Áreas de Cesión Obligatoria para espacio publico y equipamiento colectivo</b>		
4.1.1. Área de cesiones urbanísticas obligatorias para zonas verdes, parques y espacio publico	14.412,14	
4.1.2. Área de cesiones urbanísticas obligatorias para equipamiento colectivo.	3.748,91	
<b>4.1.3. Áreas Total de Cesión obligatoria para vías locales</b>	<b>5.372,80</b>	
4.1.4. Áreas de cesión obligatorias para espacio publico, equipamiento colectivo y vías locales	<b>23.533,85</b>	

Ilustración 24: Cuadro de Beneficios x Área Útil Plan Parcial  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4. DE LAS UNIDADES DE ACTUACIÓN URBANÍSTICAS.

El plan parcial "Bosques de Miramar" de conformidad con el artículo 19 del Decreto 2181 de 2006, el cual compilado por el Decreto 1077 de 2015, no se aplicará esta figura de gestión, se propone la aprobación de un proyecto urbanístico general, para desarrollarse y/o licenciarse en una sola etapa, en total concordancia con la norma ibídem.

#### 5. NORMATIVIDAD DEL PLAN PARCIAL "BOSQUES DE MIRAMAR".

##### 5.1. CONDICIONES NORMATIVAS GENERALES

La intensidad de uso, ocupación del suelo y densidad, hacen referencia a las normas sobre edificabilidad, que están conformadas tanto por el porcentaje establecido para ocupar a nivel de terreno un suelo (índice de ocupación o sombra) como por la cantidad de metros cuadrados o pisos que se pueden construir (índice de construcción). Las normas sobre uso y edificabilidad concretan el aprovechamiento del suelo: hasta dónde es ocupado, cómo es construido, qué actividades pueden ser desarrolladas.

Las normas urbanísticas se dirigen a asignar usos (principales y compatibles y/o complementarios) y la intensidad con la cual se pueden desarrollar, así como su escala, en los espacios privados o áreas útiles.

Las normas de usos y edificabilidad son un elemento esencial y dinámico de los sistemas de reparto equitativo de cargas y beneficios, ya que guardan relación directa con la cuantificación de las obligaciones urbanísticas.

##### 5.1.1. USOS PERMITIDOS EN EL PLAN PARCIAL

Los usos y las actividades que se puedan desarrollar en el plan parcial se establecen de acuerdo con los usos previstos en el Plan de ordenamiento Territorial.

Para el caso del Plan Parcial "Bosques de Miramar", el cual se encuentra ubicada en un área exclusivamente residencial, en la cual se permiten la vivienda en todas sus tipologías.

Se propone que el uso residencial, como actividades principales y actividades complementarias, permitidas por el Plan de Ordenamiento Territorial, de conformidad al polígono residencial 1B, (PR1-B).

Decreto 0212 de 2014 – Plan de Ordenamiento Territorial del distrito de Barranquilla			
Suelo:		Urbano	
Tratamiento Urbanístico:		Desarrollo Nivel Bajo	
TABLA NORMATIVA DE USOS DE SUELOS			
Polígono Residencial Tipo 1B (PR-1B)	Uso Principal	Vivienda	Descripción
			VIVIENDA UNIFAMILIAR
			VIVIENDA BIFAMILIAR
			VIVIENDA TRIFAMILIAR
	VIVIENDA MULTIFAMILIAR		
Uso Complementarios	No aplica		

Decreto 0212 de 2014 – Plan de Ordenamiento Territorial del distrito de Barranquilla								
EDIFICABILIDAD								
TRATAMIENTO URBANÍSTICO – NIVEL BAJO								
Propuesta Base					Propuesta Máxima			
Rango del área del predio (M <sup>2</sup> )	Densidad máxima. (Viv/M <sup>2</sup> área predio)	Índice de Ocupación (I.O.)	Índice de Construcción (I.C.)	Altura máxima (pisos)	Densidad máxima. (Viv/M <sup>2</sup> área predio)	Índice de Ocupación (I.O.)	Índice de Construcción (I.C.)	Altura máxima (pisos)
Todos	0,015	0.6	1.5	5	0.030	Resultante de la aplicación de los aislamientos	0,050	8

### 5.1.2. CUANTIFICACIÓN GENERAL DE LA EDIFICABILIDAD PERMITIDA EN EL PLAN PARCIAL

Con los dos tratamientos urbanísticos que permiten desarrollar el predio, con base en el POT, se establecen en el proyecto la ocupación de suelo que regula los procesos constructivos del sector de intervención. La densidad permitida es también una relación que indica la intensidad de uso del suelo, esta se expresa en número de viviendas por área de predio (densidad habitacional).

En cuanto a la edificabilidad, teniendo en cuenta lo establecido en el Decreto 0212 de 20147 Artículo 118:" PLANES PARCIALES. Son los instrumentos mediante los cuales se desarrollan y complementan las disposiciones de los planes de ordenamiento, para áreas determinadas del suelo urbano y para las áreas incluidas en el suelo de expansión urbana, de acuerdo con las autorizaciones emanadas de las normas urbanísticas generales.



Mediante el plan parcial se establecerá el aprovechamiento de los espacios privados, con la asignación de sus usos específicos, intensidades de uso y edificabilidad, así como las obligaciones de cesión y construcción y dotación de equipamientos, espacios y servicios públicos, que permitirán la ejecución asociada de los proyectos específicos de urbanización y construcción de los terrenos incluidos en su ámbito de planificación, ya sea en suelo urbano o en suelo de expansión."

Como también lo reglamentado en el Decreto 0638 del 24 de septiembre de 2014 "Por el cual se definen los procedimientos del sistema de distribución de cargas y beneficios en cumplimiento de las compensaciones por intercambio de edificabilidad, establecidos por el Decreto distrital 0212 de 2014 "por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla 2012-2032", y Decreto 0672 del 23 de octubre de 2017 "Por el cual se reglamentan el artículo 421 y el numeral 3 del artículo 514 del Plan de Ordenamiento Territorial del distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla"

### 5.1.3. ESTACIONAMIENTOS.

En el Plan Parcial "Bosques de Miramar" se contemplará el cálculo de estacionamientos como lo establece el Plan de Ordenamiento Territorial, Decreto 0212 de 2014, del artículo 520 al 525, el cual señala:

"Artículo 525. CUOTAS DE ESTACIONAMIENTO POR USO RESIDENCIAL. En las siguientes tablas se establece la exigencia de estacionamientos por subgrupo para los usos residenciales, para Estacionamientos de visitantes (E.V), y estacionamientos privados (E.P) por cada uso, así:"

**Tabla Exigencia de estacionamiento para usos residenciales**

Grupo		Estacionamientos De Visitantes	Estacionamientos De Propietarios
1	VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y PRIORITARIO (VIS -VIP)	Mínimo: 1 c/5 viviendas	
2	UNIFAMILIAR BIFAMILIAR TRIFAMILIAR	Máximo: 2,5 c/vivienda Mínimo: 1 c/ vivienda	
3	MULTIFAMILIAR (Edificio de Viviendas, Conjunto Residencial, Agrupaciones residenciales)	Máximo: 2,5 c/vivienda	
		Mínimo: 1 c/5 viviendas	Mínimo: 2 c/3 viviendas

## 6. EVALUACIÓN FINANCIERA PLAN PARCIAL “BOSQUES DE MIRAMAR”

En la cuantificación financiera para el Plan Parcial “Bosques de Miramar” se tienen en cuenta estimados de costos, ingresos y tiempos de ejecución del proyecto que muestran la viabilidad del mismo. Dichas estimaciones se deberán revisar conforme al avance del proyecto teniendo en cuenta que pueden existir variaciones a lo largo de su ejecución, sin que se debe aplicar a modificación del Plan Parcial.

### 6.1. COSTOS

Para cumplir con las obras de urbanismo requeridas, que permitan desarrollar la propuesta de usos y edificabilidad permitidas en el Plan Parcial “Bosques de Miramar”, con un Área Neta Urbanizable de 60.683.08 M<sup>2</sup>, se requiere la ejecución de las obras de urbanismo, las cuales comprenden las vías urbanas, redes de acueducto, alcantarillado, pluvial, box culvert, obras de estabilización, redes eléctricas y todas aquellas que permitan la habilitación de tierras, es por esto que se debe realizar un presupuesto de costos para la ejecución del proyecto, un costo total de urbanismo tal como se observa en el siguiente cuadro:

Ítem	Descripción	Subtotal	Total
1	Cargas Locales	\$22.869.922.644,70	\$25.570.369.283.70
2	Cargas Generales	\$2.700.446.639	

### 6.2. INGRESOS

El resultado de un desarrollo constructivo es el beneficio o la pérdida generada por el mismo. Su cálculo evidencia la diferencia entre los ingresos y los egresos vinculados a la ejecución del proyecto, tal como vemos a continuación:

Ventas Unidad de actuación										
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	15%	15%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	5%	5%
CostodeDesarrollo UA1	\$ 54.777.752.758	\$ 54.777.752.758	\$ 36.518.501.839	\$ 36.518.501.839	\$ 36.518.501.839	\$ 36.518.501.839	\$ 36.518.501.839	\$ 36.518.501.839	\$ 18.259.250.919	\$ 18.259.250.919
CostodeLoteBruto UA1	\$ 1.966.428.242	\$ 1.966.428.242	\$ 1.310.952.161	\$ 1.310.952.161	\$ 1.310.952.161	\$ 1.310.952.161	\$ 1.310.952.161	\$ 1.310.952.161	\$ 655.476.081	\$ 655.476.081
<b>COSTOS</b>	<b>\$ 56.744.181.000</b>	<b>\$ 56.744.181.000</b>	<b>\$ 37.829.454.000</b>	<b>\$ 37.829.454.000</b>	<b>\$ 37.829.454.000</b>	<b>\$ 37.829.454.000</b>	<b>\$ 37.829.454.000</b>	<b>\$ 37.829.454.000</b>	<b>\$ 18.914.727.000</b>	<b>\$ 18.914.727.000</b>
<b>INGRESOS</b>	<b>\$ 60.366.150.000</b>	<b>\$ 60.366.150.000</b>	<b>\$ 40.244.100.000</b>	<b>\$ 40.244.100.000</b>	<b>\$ 40.244.100.000</b>	<b>\$ 40.244.100.000</b>	<b>\$ 40.244.100.000</b>	<b>\$ 40.244.100.000</b>	<b>\$ 20.122.050.000</b>	<b>\$ 20.122.050.000</b>
<b>EBITDA</b>	<b>\$ 3.621.969.000</b>	<b>\$ 3.621.969.000</b>	<b>\$ 2.414.646.000</b>	<b>\$ 2.414.646.000</b>	<b>\$ 2.414.646.000</b>	<b>\$ 2.414.646.000</b>	<b>\$ 2.414.646.000</b>	<b>\$ 2.414.646.000</b>	<b>\$ 1.207.323.000</b>	<b>\$ 1.207.323.000</b>
<b>TIREA +10%</b>	<b>10,00%</b>									

### 6.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

COSTOS CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	
Descripción	Valor (\$)
Año 1	\$ 56.744.181.000
Año 2	\$ 56.744.181.000
Año 3	\$ 37.829.454.000
Año 4	\$ 37.829.454.000
Año 5	\$ 37.829.454.000
Año 6	\$ 37.829.454.000
Año 7	\$ 37.829.454.000
Año 8	\$ 37.829.454.000
Año 9	\$ 18.914.727.000
Año 10	\$ 18.914.727.000
	<b>\$ 378.294.540.000</b>

### 7. COORDENADAS.

Todas las coordenadas del proyecto Plan Parcial "Bosques de Miramar" se encuentran georreferenciadas con el siguiente sistema de coordenadas:

Sistema de coordenadas: PCS ATL BARRANQUILLA

Proyección: Transverse Mercator

Datum: MAGNA ATL BARRANQUILLA

False Easting: 917.264,4060

False Northing: 1.699.839,9350

Central Meridian: -74,8343

Scale Factor: 1,0000

Latitude Of Origin: 10,9232

Unidades: Meter

Coordenadas Planos: D-001 y D-002

Cuadro de Coordenadas		
Puntos	X	Y
Pt. 1	917373.23	1708314.32
Pt. 2	917386.43	1708338.45
Pt. 3	917561.45	1708399.98
Pt. 4	917615.09	1708091.21
Pt. 5	917627.30	1708035.94
Pt. 6	917520.44	1708035.98
Pt. 7	917375.35	1708071.42
Pt. 8	917316.04	1708126.66
Pt. 9	917318.31	1708145.17
Pt. 10	917453.02	1708206.19

.....