Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CONTRATO DE CONSULTORÍA
FOPAE N° CONS. 290 DE 2003

CONSULTORÍA PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE,
EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.

INFORME FINAL
VOLUMEN 1
(Capítulos 1 A 11 – Planos)

PSI S.A.
20 años 1983 – 2003

Bogotá, D.C. Marzo 5 de 2004

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES 1-1
1.1 INTRODUCCIÓN 1-1
1.2 OBJETIVO 1-1
1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO 1-1
1.4 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 1-2
1.5 METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES 1-4
1.5.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE 1-4
1.5.2 RECONOCIMIENTOS DE CAMPO 1-4
1.5.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 1-5
1.5.4 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO 1-5
1.5.5 ESTUDIO GEOTÉCNICO 1-5
1.5.6 INVENTARIO DE VIVIENDAS 1-6
1.5.7 EVALUACIÓN DE AMENAZA POR FRM 1-7
1.5.8 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD POR FRM 1-8
1.5.9 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FRM 1-8
1.5.10 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN 1-8
1.5.11 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN 1-9
1.6 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO 1-9

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 2

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DETALLADO 2-1

2.1 OBJETO 2-1

2.2 APOYO TOPOGRÁFICO BÁSICO 2-1

2.3 EQUIPO TÉCNICO 2-1

2.4 LEVANTAMIENTO DETALLADO 2-2

2.5 MOJONES DE REFERENCIA 2-2

2.6 PROCESAMIENTO Y DIBUJO 2-3

ANEXO 2.1

- Plano del Levantamiento Topográfico Reducido a Tamaño Carta
- Figura 2.1 – Nube de Puntos en el Levantamiento Topográfico
- Listado de Coordenadas de la Poligonal Básica
- Certificación del IGAC del Vértice Geodésico Ocupado
- Certificaciones de Calibración de los Equipos Topográficos Utilizados
- Carteras de Nivelación (campo y cálculo)

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 3

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS REGIONALES 3-1
3.1 GEOLOGÍA REGIONAL 3-1
3.1.1 FORMACIÓN BOGOTÁ (TPB) 3-1
3.1.2 FORMACIÓN LA REGADERA (TER) 3-1
3.1.3 FORMACIÓN TILATÁ (TQT) 3-2
3.1.4 FORMACIÓN SABANA (TQS) 3-2
3.1.5 DEPÓSITOS CUATERNARIOS 3-3
3.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL 3-4
3.3 MARCO TECTÓNICO REGIONAL 3-4
3.4 ESTRUCTURAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 3-5
3.5 GEOLOGÍA LOCAL 3-6
3.5.1 FORMACIÓN LA REGADERA (TER) 3-7
3.5.2 DEPÓSITOS COLUVIALES (QCL) 3-10
3.5.3 RELLENOS DE ESCOMBROS (RE) 3-10
3.6 GEOMORFOLOGÍA LOCAL 3-10
3.7 RASGOS ESTRUCTURALES LOCALES 3-12
3.8 PROCESOS MORFODINÁMICOS 3-13

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1 Fotografías Aéreas Consultadas 3-7

Cuadro 3.2 Secuencia Estratigráfica – Formación La Regadera 3-8

Cuadro 3.3 Variación en la Orientación de la Estratificación en el Escarpe bajo estudio 3-9

Cuadro 3.4 Datos de Orientación de la Estratificación en la base de la ladera al Sur-Oeste del Barrio Madrid 3-9

Cuadro 3.5 Unidades Geomorfológicas Locales 3-11

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 4

4. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO 4-1

4.1 INTRODUCCIÓN 4-1

4.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 4-1

4.2.1 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO LOCAL DETALLADO – TRINCHERAS Y ESTACIONES GEOLÓGICAS 4-1

4.2.2 SUELO DE FUNDACIÓN DE VIVIENDAS – APIQUES EXPLORATORIOS 4-2

4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 4-3

4.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO 4-4

4.4.1 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA Y SECTORIZACIÓN DEL ESCARPE BAJO ESTUDIO 4-4

4.4.2 CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO 4-6

4.4.2.1 DISCONTINUIDADES 4-6

4.4.2.2 PROPIEDADES GEOMECÁNICAS 4-10

4.4.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE RELLENO 4-11

4.4.3.1 PROPIEDADES Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 4-11

4.4.3.2 ESPESORES DE RELLENO 4-12

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.1 Relación de Ensayos de Laboratorio realizados 4-4

Cuadro 4.2 Sectorización del Escarpe bajo estudio 4-5

Cuadro 4.3 Familias de diaclasas por sector 4-7

Cuadro 4.4 Familias de diaclasas – Análisis Global 4-8

Cuadro 4.5 Orientación de la estratificación por sectores 4-9

Cuadro 4.6 Familias de diaclasas y Estratificación – Datos análisis global 4-10

Cuadro 4.7 Ensayos de corte directo – Material rocoso 4-10

Cuadro 4.8 Otros Ensayos – Material Rocoso 4-11

Cuadro 4.9 Ensayos de bloque deslizante – Material rocoso 4-11

Cuadro 4.10 Variación de las propiedades geotécnicas básicas del material de relleno 4-12

Cuadro 4.11 Resistencia al corte del material de relleno 4-12

LISTA DE ANEXOS

Anexo N° 4.1 Registros de Apiques y Trincheras – Resultados de Ensayos de Laboratorio

Anexo N° 4.2 Datos Levantamiento Estructural del Macizo Rocoso

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 5

5 EVALUACION DE AMENAZA POR FRM 5-1
5.1 METODOLOGÍA 5-1
5.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO PARA TALUDES EN ROCA 5-3
5.2.1 FAMILIA DE DISCONTINUIDADES 5-3
5.2.2 TALUDES DE ESTUDIO 5-4
5.2.3 POSIBILIDAD CINEMÁTICA 5-6
5.2.4 TIPIFICACIÓN DE TALUDES Y DE MECANISMOS DE FALLA 5-10
5.3 VARIABLES ALEATORIAS: LÍMITES 5-13
5.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 5-16
5.4.1 TALUDES EN ROCA 5-16
5.5 PROBABILIDAD DE FALLA 5-22
5.5.1 MECANISMO DE FALLA PLANAR 5-26
5.5.2 MECANISMO DE FALLA EN CUÑA 5-28
5.5.3 MECANISMO DE FALLA POR VOLCAMIENTO 5-29
5.5.4 MECANISMO DE FALLA ROTACIONAL 5-29
5.6 DISTANCIA DE VIAJE 5-29
5.6.1 CAÍDA DE BLOQUES 5-30
5.6.2 DESLIZAMIENTOS 5-40
5.7 SUSCEPTIBILIDAD DE AMENAZA POR FRM 5-42
5.8 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA 5-48

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1 Localización e identificación de los taludes 5-5
Figura 5.2 Orientación y buzamiento de los taludes de estudio en roca 5-6
Figura 5.3 Resultados del análisis cinemático por talud – SECTOR 2 5-7
Figura 5.4 Resultados del análisis cinemático por talud – SECTOR 3 5-7
Figura 5.5 Resultados del análisis cinemático por talud – SECTOR 4 5-8
Figura 5.6 Resultados del análisis cinemático por talud – SECTOR 5 5-8
Figura 5.7 Resultados del análisis cinemático por talud – SECTOR 6 5-9
Figura 5.8 Distribución de Mecanismos de falla probables 5-9
Figura 5.9 Probabilidad de falla planar 5-27
Figura 5.10 Probabilidad de falla en cuña 5-28
Figura 5.11 Probabilidad de falla rotacional – Distribución Weibull 5-29
Figura 5.12 Secciones de análisis para caída de bloques Sector 2 5-31
Figura 5.13 Secciones de análisis para caída de bloques Sector 3 5-31
Figura 5.14 Secciones de análisis para caída de bloques Sector 4 ,5 Y 6 5-32
Figura 5.15 Sección 10-10 – Caída de bloques con sismo 5-36
Figura 5.16 Sección 9-9 Caída de bloques con sismo 5-36
Figura 5.17 Probabilidad de distancia de viaje Sector 2 – Sección 1-4 5-37
Figura 5.18 Probabilidad de distancia de viaje Sector 3 – Sección 5 5-37
Figura 5.19 Probabilidad de distancia de viaje Sector 3 – Sección 6 5-38
Figura 5.20 Probabilidad de distancia de viaje Sector 3 – Sección 7 5-38
Figura 5.21 Probabilidad de distancia de viaje Sector 3 – Sección 8 5-39
Figura 5.22 Probabilidad de distancia de viaje Sector 4 5-39

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

Figura 5.23 Probabilidad de distancia de viaje Sector 5 5-40
Figura 5.24 Probabilidad de distancia de viaje Sector 6 5-40
Figura 5.25 Dimensiones para el cálculo de la distancia de viaje de deslizamientos 5-41
Figura 5.26 Sectorización Final para taludes en roca 5-50

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1 Familia de Discontinuidades 5-3
Tabla 5-2 Orientación de planos de estratificación 5-4
Tabla 5-3 Tipificación de taludes y mecanismos de falla 5-11
Tabla 5-4 Valores extremos de las variables aleatorias 5-15
Tabla 5-5 Factores de seguridad para mecanismo de falla planar 5-17
Tabla 5-6 Factores de seguridad para Mecanismo de Falla en Cuña 5-19
Tabla 5-7 Factores de seguridad para Mecanismo de Falla por volcamiento 5-20
Tabla 5-8 Factores de seguridad para Mecanismo de Falla rotacional 5-22
Tabla 5-9 Probabilidad total de los mecanismos de falla 5-25
Tabla 5-10 Probabilidad de Distancia de viaje por sección 5-34
Tabla 5-11 Curvas exponenciales para caída de bloques 5-35
Tabla 5-12 Determinación de la distancia de viaje 5-42

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

LISTA DE ANEXOS

Anexo 5-1 Análisis de Discontinuidades por Sector

Anexo 5-2 Datos de Taludes Tipicos e Intersecciones

Anexo 5-3 Resultados Análisis Cinemático

Anexo 5-4 Resultados Mecanismos de Falla y Análisis de Probabilidad

Anexo 5-5 Resultados Caída de Bloques y Análisis de Velocidad

Anexo 5-6 Resultados del Análisis de Amenaza para Taludes en Roca

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 6

6 EVALUACION DE VULNERABILIDAD POR FRM 6-1
6.1 INTRODUCCIÓN 6-1
6.1.1 TIPOS DE VULNERABILIDAD 6-1
6.1.2 LÍNEA BASE PARA EL ANÁLISIS 6-2
6.2 VULNERABILIDAD SOCIAL 6-3
6.3 VULNERABILIDAD FÍSICA 6-6
6.3.1 METODOLOGÍA 6-6
6.3.2 EXPOSICIÓN 6-6
6.3.3 RESISTENCIA 6-7
6.3.3.1 COMPETENCIA ESTRUCTURAL, CE 6-7
6.3.3.2 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE IMPACTO 6-9
6.3.4 CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 6-12
6.4 ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD 6-14

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

LISTA DE FIGURAS

Figura 6-1 Pérdidas sociales 6-4

Figura 6-2 Zonas de exposición para los dos tipos de eventos 6-7

Figura 6-3 Velocidad – Distancia Sector 2 6-10

Figura 6-4 Velocidad – Distancia Sector 3 6-10

Figura 6-5 Velocidad – Distancia Sector 4 6-11

Figura 6-6 Velocidad – Distancia Sector 5 6-11

Figura 6-7 Velocidad – Distancia Sector 6 6-12

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1 Criterios para la calificación de los indicadores de competencia estructural 6-8

Tabla 6-2 Pautas para la asignación de CE 6-9

Tabla 6-3 Matriz de calificación de la vulnerabilidad 6-12

Tabla 6-4 Solicitación vs Calidad Constructiva – Vulnerabilidad 6-13

Tabla 6-5 Evaluación del nivel de daño – vulnerabilidad 6-13

LISTA DE ANEXOS

Anexo N° 6.1 Evaluación de vulnerabilidad

Anexo N° 6.2 Análisis de datos del inventario predial

Anexo N° 6.3 Inventario predial

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 7

7 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FRM 7-1

7.1 METODOLOGÍA 7-1

7.2 VALORACIÓN DEL RIESGO - PÉRDIDAS 7-1

7.3 ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR FRM 7-2

LISTA DE TABLAS

Tabla 7-1 Matriz de valoración del riesgo (pérdida esperadas %) 7-1

Tabla 7-2 Matriz de valoración del riesgo 7-2

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 8

8.1 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN 8-1

8.1.1 ALTERNATIVA 1: REUBICACIÓN DE FAMILIAS – PREDIOS EN RIESGO ALTO – SECTORES 2, 4 Y 5 8-1

8.1.2 ALTERNATIVA 2: CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES 8-1

8.1.3 ALTERNATIVA 3: CONVIVIR CON EL PROBLEMA 8-3

8.2 MODELO DE DECISIÓN 8-3

8.3 COSTO DE FALLA 8-4

8.4 PROBABILIDAD DE FALLA 8-6

8.5 RESULTADOS 8-7

LISTA DE FIGURAS

Figura 8-1 Árbol de Decisión Sector 1 – Amenaza Actual

Figura 8-2 Árbol de Decisión Sector 2 – Amenaza Actual

Figura 8-3 Árbol de Decisión Sector 3 – Amenaza Actual

Figura 8-4 Árbol de Decisión Sector 4 – Amenaza Actual

Figura 8-5 Árbol de Decisión Sector 5 – Amenaza Actual

Figura 8-6 Árbol de Decisión Sector 6 – Amenaza Actual

LISTA DE CUADROS

Cuadro 8.1 Presupuesto aproximado Alternativas de Mitigación – Barrio Madrid

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 9

9.1 OBRAS DE MITIGACIÓN RECOMENDADAS 9-1

9.2 CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA BARRERA DE AISLAMIENTO Y CONTECNIÓN 9-2

9.3 CANTIDADES DE OBRA, PRESUPUESTO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 9-4

9.4 ANÁLISIS Y ZONIFICACIÓN DE AMENAZA CON OBRAS DE MITIGACIÓN 9-4

LISTA DE FIGURAS

Figura 9-1 Sección 1. Cálculo de caída de bloques 0.10 m sin sismo 9-7

Figura 9-2 Sección 1. Cálculo de caída de bloques 0.10 m con sismo 9-7

LISTA DE CUADROS

Cuadro 9.1 Obras y/o medidas de mitigación recomendadas 9-1

Cuadro 9.2 Presupuesto Obras de Mitigación Recomendadas – Barrio Madrid

Cuadro 9.3 Presupuesto Medidas de Mitigación Recomendadas – Barrio Madrid

Cuadro 9.4 Cronograma de Obras

ANEXOS

Anexo 9.1 Especificaciones Técnicas

Anexo 9.2 Memorias de Cálculo (Cuneta y Barrera de Aislamiento y Contención)

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 10

10.1 CONCLUSIONES GENERALES 10-1

10.2 RECOMENDACIONES GENERALES 10-7

CAPÍTULO 11

BIBLIOGRAFÍA

TABLA DE CONTENIDO GENERAL

LISTA DE PLANOS

PLANO N°. 1 PLANO TOPOGRÁFICO DETALLADO

PLANO N° 2 MAPA GEOLOGÍA REGIONAL

PLANO N° 3 MAPA GEOLOGÍA LOCAL

PLANO N° 3 A SECCIONES GEOLÓGICAS

PLANO N° 4 GEOMORFOLOGÍA LOCAL E INVENTARIO DE PROCESOS

PLANO N° 5 LOCALIZACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ZONIFICACIÓN POR UNIDADES LITOLÓGICAS

PLANO N° 6 PLANTAS TOPOGRÁFICAS 1960, 1980 Y 2003

PLANO N° 7 SECCIONES TRANSVERSALES TOPOGRAFÍAS 1960, 1980 Y 2003

PLANO N° 8 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA ESCENARIO ACTUAL

PLANO N° 9 TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS

PLANO N° 10 MAPA DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE VIVIENDAS

PLANO N° 11 MAPA DE RIESGO DE AFECTACIÓN DE VIVIENDAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM)

PLANO N° 12 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA CON OBRAS DE MITIGACIÓN

PLANO N° 13 LOCALIZACIÓN GENERAL DE OBRAS DE MITIGACIÓN

PLANO N° 14 OBRAS DE MITICACIÓN SECTOR 1

PLANO N° 15 OBRAS DE MITIGACIÓN SECTOR 2

PLANO N° 16 OBRAS DE MITIGACIÓN SECTOR 3 A

PLANO N° 17 OBRAS DE MITIGACIÓN SECTOR 3 B

PLANO N° 18 DETALLES GENERALES

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

CAPÍTULO 1

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

CONTENIDO

1. GENERALIDADES 1-1
1.1 INTRODUCCIÓN 1-1
1.2 OBJETIVO 1-1
1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO 1-1
1.4 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 1-2
1.5 METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES 1-4
1.5.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE 1-4
1.5.2 RECONOCIMIENTOS DE CAMPO 1-4
1.5.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 1-5
1.5.4 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO 1-5
1.5.5 ESTUDIO GEOTÉCNICO 1-5
1.5.6 INVENTARIO DE VIVIENDAS 1-6
1.5.7 EVALUACIÓN DE AMENAZA POR FRM 1-7
1.5.8 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD POR FRM 1-8
1.5.9 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR FRM 1-8
1.5.10 ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN 1-8
1.5.11 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN 1-9
1.6 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO 1-9

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE, a traves de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito – DPAE, contrató por medio del Contrato de Consultoría No. Cons 290 de 2003 a la firma PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A. P.S.I. S.A, la elaboración del "Estudio de Riesgo por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar el escarpe del Barrio Madrid, de la Localidad Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá D.C.".

El Acta de Iniciciación de dicho contrato fue suscrita el 16 de Octubre de 2003 y se dio un plazo para la ejecución del estudio de 4 meses.

Para la realización de este estudio P.S.I. S.A. dispuso de un equipo multidisciplinario de profesionales, altamente capacitados y de gran experiencia y trayectoria, quienes a lo largo del proyecto establecieron coordinadamente con la interventoría, realizada por el Ingeniero RAMIRO CASTELLANOS y el Geólogo GUSTAVO MORENO, los lineamientos metodológicos, conceptuales y técnicos para el estricto cumplimiento de los objetivos y el logro de las metas establecidas en los términos de referencia por parte de la DPAE. El fruto de este esfuerzo se refleja en el contenido técnico del presente documento, el cual fue estructurado de manera lógica y consecuente, enmarcado sus alcances dentro de las directrices de la DPAE y las políticas distritales.

1.2 OBJETIVO

Dentro del conjunto de objetivos establecidos para el presente estudio, se consideran como fundamentales, en primer lugar, determinar las medidas, acciones y obras de mitigación, técnica y económicamente factibles, que permitan reducir el nivel de riesgo por fenómenos de remoción en masa (FRM) del barrio Madrid en la zona de estudio y en segundo lugar, realizar el diseño detallado de las obras recomendadas, con fin de que la DPAE, en el momento que lo considere preciso y pertinente, pueda contratar las mismas sin ningún inconveniente.

1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO

Se definen como alcances del presente estudio, los siguientes temas:

- Recopilación y análisis de información disponible.

- Levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio a escala 1:500, tanto del escarpe como de la infraestructura urbana de la misma.

- Exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio.

- Inventario y cartografía de variables como: geología, geomorfología, inventario de viviendas.

- Inventario de los procesos morfodinámicos, con el fin de conocer los mecanismos de falla, los factores condicionantes y desencadenantes de ellos.

- Estudio Geotécnico y Análisis de Estabilidad.

- Análisis de amenaza – vulnerabilidad y riesgo de la zona. Evaluación de la probabilidad tanto de falla de los diferentes mecanimos de inestabilidad existentes en la zona, como de la distancia de viaje de los mismos. Análisis de tipologia de viviendas, condiciones de exposisión y resistencia de las mismas. Análisis de riesgo.

- Determinación y evaluación de alternativas de reducción del riesgo en la zona.

- Determinación de medidas y acciones y diseño detallado de obras para minimizar el riesgo potencial por fenómenos de remoción en masa del barrio Madrid.

- Presupuesto detallado y especificaciones.

1.4 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El barrio Madrid está ubicado en la Localidad Rafael Uribe Uribe, al sur de la ciudad de Bogotá, a la altura de la calle 40 sur con carrera 10, en la base del cerro de Guacamayas hacia su costado occidental.

El barrio Madrid está conformado por viviendas de 1 a 3 pisos de altura y en su gran mayoría construidas por el sistema de pórticos y placas macizas de entrepiso en concreto reforzado, las cuales fueron levantadas en predios de una antigua cantera.

Como hecho particular se pudo constatar que el suelo de fundación de las casas más próximas al antiguo escarpe de explotación (escarpe bajo estudio) está constituido por roca (Arenisca),

mientras que en las casas localizadas hacia la parte inferior de la ladera dicho nivel está constituido por rellenos de material esteril, de muy alta compacidad, conformados durante los procesos de explotación de materiales en la zona.

El área de estudio se ubica aproximadamente entre las coordenadas 96100 y 96350 Norte y 96800 y 96950 Este.

El frente de explotación de la antigua cantera (escarpe bajo estudio) constituye una pendiente estructural, en la que estratos de arenisca y arcillolita, dispuestos alternadamente, buzan en el mismo sentido de la pendiente, con ángulos variables entre 22 ° y 58 ° como consecuencia de micropliegues, acuñamiento de estratos y estratificación cruzada existentes en el cerro debido a fuerzas antiguas de tipo téctónico y quizás también a la dinámica de fallas locales inactivas hoy en día.

Desde el punto de vista de geología estructural, como se verá más adelante, existen a lo largo del escarpe estudiado varias familias de diaclasas, cuya orientación y buzamiento dan lugar a la formación de cuñas, las cuales a su vez generan diversos mecanismos potenciales de falla entre los que se pueden mencionar: falla en cuña, falla planar y volcamiento, siendo los dos primeros los predominantes y los que más aportan a la amenaza por remoción en masa en el barrio Madrid.

Adicionalmente, se presenta también en la zona la caída de bloques, desde la parte media y alta del escarpe, como consecuencia de un severo proceso de meteorización esferoidal que se evidencia en un estrato de arenisca friable, que a su vez es el techo de la Formación La Regadera en este sitio. Este proceso de meteorización esferoidal da lugar a la formación de bloques redondeados y subredondeados, de tamaño variable entre 0,2 y 0,8 metros de diámetro aproximadamente, los cuales, dispuestos aleatoriamente en la cara expuesta del estrato de arenisca, van perdiendo paulatina y progresivamente su soporte por la acción erosiva y constante, tanto del viento como de la lluvia, hasta que finalmente por la acción de la gravedad salen de su sitio rodando ladera abajo y en algunas ocasiones alcanzando las viviendas ubicadas en la base del escarpe.

1.5 METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

1.5.1 Recopilación y Análisis de Información Disponible

Se recopiló y analizó la información disponible sobre cartografía, topografía, geología, geomorfología, fotografías aéreas, geotecnia, usos del suelo y sismología existente en las entidades encargadas de tales estudios, como el IGAC, INGEOMINAS, DPAE y DAPD.

Se consultaron los estudios geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que han sido ejecutados con anterioridad para la DPAE, así como los conceptos de riesgo existentes para el barrio. Se contemplaron además, los resultados del estudio de Evaluación de riesgo por Inestabilidad del terreno en diferentes localidades de Santafé de Bogotá adelantado por la DPAE durante 1998, específicamente en temas como: geología regional e inventario de procesos. El análisis de la información recopilada, permitió obtener una comprensión general de los fenómenos que afectan el sitio, así como de los agentes detonantes de los problemas de inestabilidad activos o potenciales.

Como resultado de esta actividad, se adquirió la información que se estimó conveniente, y se plantearon las actividades que se requirieron para subsanar los impases por información no existente, o se replantearon algunas etapas del desarrollo del proyecto para cumplir con los objetivos propuestos.

1.5.2 Reconocimientos de campo

Una vez analizada la información disponible, se efectuó una visita de reconocimiento general al sitio de estudio con los diferentes profesionales. Durante esta visita se verificaron las condiciones establecidas en la etapa de análisis de la información, se formuló un modelo hipotético del problema, se identificaron los sitios en los que posteriormente se realizó la investigación directa del subsuelo, y se efectuó un planteamiento preliminar de las posibles alternativas de acción para mitigar la amenaza, las cuales fueron confirmadas o ajustadas con los resultados de los trabajos de investigación del subsuelo y análisis geotécnico.

A lo largo del proyecto se realizaron diversas visitas técnicas adicionales para revisión y ajuste de la topografía, de la geología, para revisión de los trabajos del inventario de viviendas y finalmente para el planeamiento y diseño de obras de mitigación.

1.5.3 Levantamiento topográfico

Se realizó un levantamiento topográfico detallado, a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0,5 m. El levantamiento topográfico se llevó a cabo, con los propósitos del análisis, la elaboración de la zonificación por amenaza, vulnerabilidad y riesgo y el diseño de las medidas correctivas. Se hizo énfasis en la zona del escarpe rocoso y en las viviendas con cierto grado de vulnerabilidad ante FRM. El levantamiento fue amarrado a placas del IGAC debidamente certificadas, que sirvieron de soporte para la definición de la poligonal de trabajo, la cual quedó materializada en campo gracias a la construcción de tres mojones en placas.

El barrido altimétrico y planimétrico se ejecutó con la ayuda de una estación total y bajo la aplicación de un procedimiento mixto, es decir tanto con la toma de secciones transversales como con la captura de una nube de puntos; aunque haciendo énfasis en la toma de secciones longitudinales y transversales, dada la sinuosidad y pendiente de la superficie actual en la zona del escarpe.

El barrido con nube de puntos se destinó a la definición de los taludes para análisis cinemático y la determinación de la distancia de viaje de caída de bloques.

1.5.4 Estudio Geológico y Geomorfológico

Con base en la información disponible y en el resultado de la interpretación de las fotografías aéreas de años anteriores, las secciones transversales, el levantamiento topográfico y el trabajo en campo de interpretación, verificación y ajuste, se establecieron los niveles y contactos litológicos y su ubicación espacial. Se identificaron los principales rasgos tectónicos, las formas estructurales, la morfodinámica que muestran los diferentes tipos de erosión, etc. Se enfatizó en la determinación de la geología estructural del macizo rocoso (específicamente orientación de la estratificación o influencia de los planos de discontinuidad), los espesores y grados de alteración de los materiales depositados, la presencia de suelos residuales, y la potencialidad de movimientos en masa. Como resultado de este trabajo, se presentan los planos geológico y geomorfológico local, a escala 1:500, en los que se incluyen los cortes y secciones más relevantes, así como también la geología regional donde se ubica la zona del estudio.

1.5.5 Estudio Geotécnico

El estudio geotécnico se encausa estableciendo un modelo geológico-geotécnico representativo

de ambos tópicos, para el efecto se definen varias secciones de análisis en las que se conjugan la geometría de los taludes y sus tipos de materiales, las cuales se apoyan en la información geológica y de exploración del subsuelo en cuanto a litología y propiedades. De forma paralela, se establece el marco estructural del macizo rocoso expuesto, mediante el levantamiento y procesamiento sistemático de discontinuidades: su orientación y buzamiento y sus propiedades mecánicas con ayuda de investigación del subsuelo y ensayos específicos.

La investigación del subsuelo persigue resolver dos cuestionamientos básicos: los contactos litológicos y las características y propiedades de los materiales existentes en los puntos explorados. Una vez evaluadas las bondades, la relación beneficio-costo y las limitaciones de los diferentes métodos de exploración, se definió un programa de exploración directa basado en apiques y trincheras, con el cual fue posible establecer cada uno de los temas antes mencionados (contactos, materiales, características, etc.).

Simultáneamente se realizó un buen número de ensayos de laboratorio sobre muestras representativas para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas encontrados.

La síntesis del conjunto de información se consolidó en registros y resúmenes gráficos que facilitaron la caracterización de los materiales y su comprensión mediante secciones de análisis geológico-geotécnicas.

Finalmente, la primera etapa del análisis de estabilidad se enfocó al estudio direccional de los modos y posibilidad de deslizamiento a lo largo de los planos de debilidad estructural, en el marco de exposición del macizo rocoso a partir de la aplicación del análisis cinemático (Goodman, 1989 y Hoek and Bray, 1974).

En una segunda etapa se modeló, con la ayuda de los métodos de equilibrio límite, el modo probable de movilización acorde con el tipo de material y la disposición estratigráfica: fallas planares, en cuña y volcamientos para los medios rocosos y fallas rotacionales para los taludes en suelo (Rellenos de la parte baja del barrio Madrid).

1.5.6 Inventario de Viviendas

Esta actividad se adelantó de forma casi paralela al levantamiento topográfico, realizando el inventario para cada residencia, mediante fichas de campo, en las que se consigna información

concerniente a: localización, propietario, número de habitantes, estructura, servicios públicos de que dispone, condiciones del suelo de fundación y estabilidad del mismo, entre otros. Los resultados de este inventario se presenta en un plano, en el cual se clasifican las viviendas de acuerdo con su tipología. Esta información es la base para la evaluación de vulnerabilidad por FRM. En forma directa se inventariaron 130 predios, de los cuales 105 corresponden a casas o casa-lotes y 25 a lotes vacíos, claramente definidos por los linderos de las casas o lotes vecinos. Posteriormente y con base en la información de las Manzanas Catastrales suministradas por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, DAPD, se pudo complementar el inventario en lo que a lotes vacíos se refiere, quedando un total de 27 lotes vacíos y 105 predios entre casas y casa-lotes, para un gran total de 132 predios en el área de estudio.

1.5.7 Evaluación de amenaza por FRM

La amenaza se debe entender como la probabilidad de que ocurra la falla para cualquier mecanismo de inestabilidad. Esta amenaza se relaciona con el sitio puntual de donde se desprenden los materiales, bien sea en la caída de bloques o bien en los eventos rotacionales. No obstante, es innegable que por efectos gravitatorios las masas deslizadas pueden avanzar y eventualmente comprometer áreas adicionales. En el análisis se tuvo en cuenta por una parte, la probabilidad de falla de los materiales y por otra, la probabilidad de que ellos avancen. La conjugación de estos dos elementos permite la definición de franjas de amenaza graduales semi-paralelas a los taludes (hacia arriba y hacia abajo) que tienen que ver con las distancias de viaje y franjas imaginarias perpendiculares a los taludes que involucran los materiales y su resistencia al deslizamiento.

Así pues, la primera etapa consiste en definir por mecanismo de falla, la curva de probabilidad de colapso que es función del factor de seguridad, FS para las 16 (2^2 x 2^2) diferentes combinaciones de variables aleatorias extremas como son: parámetros geomecánicos (c' y ϕ') e influencia de los sismos y las lluvias (Rosenblueth, 1975 y Hart, 1987). La segunda etapa consiste en la definición de las distancias de viaje: como funciones de probabilidad a partir de eventos aleatorios en roca y como valor único en la posible falla rotacional en suelo.

La amenaza se define como nula fuera del área de influencia de los fenómenos de inestabilidad: Hacia delante, más allá de la distancia de viaje de las masas inestables y hacia atrás, en el caso del talud en roca, guardando una distancia prudencial de mínimo 5 m desde la corona donde se considera que no habrá posibilidad de generación de bloques inestables a juzgar por las evidencias de campo, o en su defecto con base en análisis adicionales de estabilidad y

susceptibilidad; en el caso del talud en suelo, hacia atrás, una vez se termina la unidad geomorfológica de ladera escarpada.

1.5.8 Evaluación de vulnerabilidad por FRM

Para evaluar la vulnerabilidad física de las viviendas, únicos elementos de infraestructura considerados en el análisis (donde la unidad mínima es el predio), se requiere en primera instancia establecer su grado de exposición ante los tipos de eventos posibles. Para el efecto se definen zonas posibles de localización del predio con respecto a los mecanismos de falla (cuerpo del deslizamiento y/o distancia de viaje), en función de las cuales posteriormente se establece la vulnerabilidad. Si el lote se encuentra vacío, por no haber elemento físico expuesto, la vulnerabilidad es nula.

En la zona baja del talud rocoso, hacia donde viajarían los bloques, la vulnerabilidad física de las unidades habitacionales, se basa en la comparación de su resistencia, expresada en términos de *velocidad de impacto resistible* – Vr, con la velocidad que pueda tener el bloque en su paso por el predio, es decir la *velocidad de impacto* – Vx. La primera variable, Vr, se asigna de acuerdo con la calidad de la vivienda (competencia estructural) la cual se desprende a su vez de distintos indicadores como tipo de cubierta, daños en los elementos estructurales, etc, mientras que la segunda, Vx, se obtiene de los resultados arrojados por el programa CRSP (Colorado Rock Fall Simulation Program).

Las demás zonas son calificadas cualitativamente según su exposición y su resistencia o competencia estructural.

1.5.9 Evaluación del riesgo por FRM

Como resultado de la superposición de la evaluación de la amenaza y la vulnerabilidad se estimaron los niveles de riesgo existentes por medio de un método semi-cuantitativo y finalmente se cartografiaron a escala 1:500.

1.5.10 Alternativas de mitigación

Se plantearon varias alternativas de mitigación en las que se conjugaron obras de drenaje, protección de taludes, retiro de bloques y material suelto y una barrera de aislamiento y contención. Se estimaron presupuestos para cada alternativa y con base en los análisis de costo

beneficio, riesgo aceptable y los árboles de decisión se seleccionaron las diferentes obras y medidas tendientes a mitigar el riesgo por FRM en la zona. Finalmente, se estableció el mapa de amenaza con obras con el fin de dilucidar el mejoramiento o disminución de los niveles de amenaza inicialmente calculados.

1.5.11 Diseño de obras de mitigación

Para la alternativa de mitigación seleccionada se realizaron los análisis y diseños correspondientes, se establecieron sus cantidades de obra y presupuestos y se determinaron sus especificaciones técnicas pertinentes.

1.6 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

El presente informe se compone de dos volúmenes: el primero (Volumen 1), contiene la parte textual, figuras, cuadros y registro fotográfico de cada uno de los 11 capítulos desarrollados en este estudio, incluye también los 19 planos del mismo; el segundo (Volumen 2), contiene todos los anexos del estudio, capítulo por capítulo.

El informe se compone de los siguientes capítulos:

N°	CAPÍTULO
1.	GENERALIDADES
2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
3.	GEOLOGÍA
4.	ESTUDIO GEOTÉCNICO
5.	EVALUACIÓN DE AMENAZA
6.	EVALUACIÓN DE VULNERABILDIAD POR FRM
7.	EVALUACIÓN DE RIESGO POR FRM
8.	ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN
9.	DISEÑO DETALADO DE OBRAS DE MITIGACIÓN

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

10. CONCLUSIONES

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

y contempla los siguientes planos

PLANO N°. 1 PLANO TOPOGRÁFICO DETALLADO

PLANO N° 2 MAPA GEOLOGÍA REGIONAL

PLANO N° 3 MAPA GEOLOGÍA LOCAL

PLANO N° 3 A SECCIONES GEOLÓGICAS

PLANO N° 4 GEOMORFOLOGÍA LOCAL E INVENTARIO DE PROCESOS

PLANO N° 5 LOCALIZACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ZONIFICACIÓN POR UNIDADES LITOLÓGICAS

PLANO N° 6 PLANTAS TOPOGRÁFICAS 1960, 1980 Y 2003

PLANO N° 7 SECCIONES TRANSVERSALES TOPOGRAFÍAS 1960, 1980 Y 2003

PLANO N° 8 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA ESCENARIO ACTUAL

PLANO N° 9 TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS

PLANO N° 10 MAPA DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE VIVIENDAS

PLANO N° 11 MAPA DE RIESGO DE AFECTACIÓN DE VIVIENDAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM)

PLANO N° 12 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA CON OBRAS DE MITIGACIÓN

PLANO N° 13 LOCALIZACIÓN GENERAL DE OBRAS DE MITIGACIÓN

PLANO N° 14 OBRAS DE MITICACIÓN SECTOR 1

PLANO N° 15 OBRAS DE MITIGACIÓN SECTOR 2

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

PLANO N° 16 OBRAS DE MITIGACIÓN SECTOR 3 A

PLANO N° 17 OBRAS DE MITIGACIÓN SECTOR 3 B

PLANO N° 18 DETALLES GENERALES

CAPITULO 2

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DETALLADO

CAPÍTULO 2

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

CONTENIDO

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DETALLADO 2-1

2.1 OBJETO 2-1

2.2 APOYO TOPOGRÁFICO BÁSICO 2-1

2.3 EQUIPO TÉCNICO 2-1

2.4 LEVANTAMIENTO DETALLADO 2-2

2.5 MOJONES DE REFERENCIA 2-2

2.6 PROCESAMIENTO Y DIBUJO 2-3

ANEXO 2.1

- Plano del Levantamiento Topográfico Reducido a Tamaño Carta
- Figura 2.1 – Nube de Puntos en el Levantamiento Topográfico
- Listado de Coordenadas de la Poligonal Básica
- Certificación del IGAC del Vértice Geodésico Ocupado
- Certificaciones de Calibración de los Equipos Topográficos Utilizados
- Carteras de Nivelación (campo y cálculo)

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DETALLADO

2.1 OBJETO

Se describe en el presente informe los principales aspectos técnicos y los resultados obtenidos con el levantamiento topográfico requerido para realizar los estudios y diseños de las obras recomendadas para estabilizar el escarpe del Barrio Madrid, localidad de Rafael Uribe Uribe, en la ciudad de Bogotá D.C.

2.2 APOYO TOPOGRÁFICO BÁSICO

El enlace del levantamiento topográfico en coordenadas planas y altitud con origen Bogotá, se realizó a partir del vértice geodésico del IGAC No. CD-757 con señal de azimut a la torre de la Iglesia de Monserrrate. La respectiva certificación se adjunta al presente informe (**Ver Anexo 2.1**), siendo las coordenadas planas y altitud del referido punto las siguientes:

MOJÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD
CD-757	96846.229 m	96541.026 m	2688.451 m.s.n.m.

2.3 EQUIPO TÉCNICO

El equipo de medición utilizado en la ejecución de los trabajos topográficos de campo incluyó una estación electrónica total y un nivel automático de precisión, ambos de la marca Topcon, cuyos correspondientes certificados de calibración se adjuntan. Los equipos utilizados y el número de serie de los mismos, son los siguientes:

EQUIPO	MODELO	N° DE SERIE
Estación Total	GTS-212	LH-4337
Nivel Automático	AT-G2	KK-4586

2.4 LEVANTAMIENTO DETALLADO

Para el apoyo y control del levantamiento topográfico se determinó una poligonal cerrada con origen en el vértice del IGAC No. CD-757, poligonal que abarcó la totalidad de la zona de interés. A partir de los vértices de la poligonal se realizó la medición de los detalles topográficos mediante la utilización del sistema de radiación topográfica. El levantamiento incluyó la localización de la totalidad de accidentes y construcciones del sector como son árboles, cercas, vías, andenes, paramentos de las construcciones, todos los elementos de las redes de servicios públicos, etc. En la zona del escarpe, el levantamiento incluyó la determinación de suficientes detalles de terreno para obtener una alta densidad de puntos planialtimétricos (**Ver Figura No. 2.1 en el Anexo 2.1**) para lograr de esta manera una topografía muy confiable del sitio. La precisión en escala obtenida en la poligonal es de 1:67478. Mediante el proceso de nivelación geométrica con el nivel automático de precisión, se nivelaron la totalidad de los vértices principales y auxiliares de la poligonal con el fin de controlar y verificar la altitud del levantamiento detallado. Se anexa el listado de la poligonal y las carteras de nivelación.

2.5 MOJONES DE REFERENCIA

Se determinaron y materializaron en placas de bronce sobre base de concreto, tres (3) mojones topográficos de referencia intervisibles entre si, mojones colocados en el perímetro de la zona levantada, los cuales permitirán el replanteo y control topográfico que se requiera en la etapa de construcción de las obras proyectadas. Las coordenadas y cota de cada uno de los mojones materializados se indica a continuación.

MOJÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD
T-PSI-1	96148.5629 m	96827.7866 m	2677.990 m.s.n.m.
T-PSI-2	96205.8944 m	96767.4438 m	2674.947 m.s.n.m.
T-PSI-3	96270.5577 m	96899.9732 m	2722.048 m.s.n.m.

2.6 PROCESAMIENTO Y DIBUJO

La información de campo obtenida y registrada por la estación electrónica se procesó, calculó y dibujó con la utilización del programa topograph. Con base en la nube de puntos producto de la determinación de los accidentes del terreno, se definieron curvas de nivel con intervalo de 0.50 m se calcularon manualmente las carteras de la nivelación geométrica de precisión. Para la edición del plano a escala 1:500, la información magnética del mismo se transfirió a formato autocad, versión 14. El mapa del levantamiento topográfico detallado se presenta en el Plano N° 1. En el Anexo 2.1, se presentan el listado de coordenadas de la poligonal básica, la certificación del IGAC del vértice geodésico ocupado, las certificaciones de calibración de los equipos y las carteras de nivelación (campo y cálculo).

Secretaría
GOBIERNO

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CONTRATO DE CONSULTORÍA
FOPAE N° CONS. 290 DE 2003

CONSULTORÍA PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE,
EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.

INFORME EJECUTIVO

PSI S.A.
20 años 1983 – 2003

Bogotá, D.C. Febrero 18 de 2004

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVO 1

3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 1

4. RESULTADOS FINALES 1

LISTADO DE CUADROS

Cuadro N° 1 Presupuesto obras de mitigación recomendadas – Barrio Madrid

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1 Plano Topográfico Detallado

Figura N° 2 Mapa Geológico Local

Figura N° 3 Zonificación de amenaza por remoción en masa

Figura N° 4 Mapa de vulnerabilidad física de viviendas

Figura N° 5 Mapa de riesgo de afectación de viviendas por fenómenos de remoción en masa (FRM)

Figura N° 6 Planta General de Localización de obras y medidas de mitigación

Figura N° 7 Zonificación de amenaza por remoción en masa con obras de mitigación

INFORME EJECUTIVO

1. INTRODUCCIÓN

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE, a traves de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias del Distrito – DPAE, contrató por medio del Contrato de Consultoría N° Cons 290 de 2003 a la firma PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A. P.S.I. S.A, la elaboración del "Estudio de Riesgo por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras recomendadas para estabilizar el escarpe del Barrio Madrid, de la Localidad Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá D.C.".

2. OBJETIVO

Como objetivos fundamentales del presente estudio se consideran, en primer lugar, determinar las medidas, acciones y obras de mitigación, técnica y económicamente factibles, que permitan reducir el nivel de riesgo por fenómenos de remoción en masa (FRM) del barrio Madrid en la zona de estudio, y en segundo lugar, realizar el diseño detallado de las obras recomendadas, con fin de que la DPAE, en el momento que lo considere preciso y pertinente, pueda contratar las mismas sin ningún inconveniente.

3. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El barrio Madrid está ubicado en la Localidad Rafael Uribe Uribe, al sur de la ciudad de Bogotá, a la altura de la calle 40 sur con carrera 10, en la base y hacia el costado occidental del cerro de las Guacamayas (Ver Figura N° 1). Este barrio está conformado por viviendas de 1 a 3 pisos de altura y en su gran mayoría construidas por el sistema de pórticos y placas macizas de entrepiso en concreto reforzado, las cuales fueron levantadas en predios de una antigua cantera.

4. RESULTADOS FINALES

Con base en los diferentes temas tratados y desarrollados a lo largo del estudio se llega a las siguientes conclusiones:

- El barrio Madrid, se encuentra emplazado a lo largo de una ladera de pendiente baja (entre 5 y 10 grados de inclinación con la horizontal) en su mitad superior y baja a moderada (entre 10 y 15 grados con la horizontal) en la mitad inferior, la cual conformó hace algo mas de 25 años el patio de maniobras de una antigua cantera, cuyo frente de explotación (escarpe objeto del presente estudio) constituye hoy por hoy el lindero nor-oriental del barrio (**Ver Figura N° 1**).

- Las viviendas localizadas en la mitad superior de la ladera donde se levantó el barrio Madrid, fueron cimentadas directamente sobre estratos rocosos de Arenisca o Arcillolita de la Formación La Regadera, mientras que aquellas ubicadas en la mitad inferior de dicha ladera se cimentaron sobre rellenos antrópicos muy bien conformados con los materiales estériles provenientes de las labores de explotación, principalmente arcillolitas, y cuyo grado de compactación es tan elevado que las viviendas ubicadas en la franja de transición (roca – relleno) no presentan evidencias de daño como consecuencia de estar cimentadas sobre dos materiales completamente diferentes.

- El frente de explotación de la antigua cantera (escarpe bajo estudio) constituye una pendiente estructural, en la que los estratos de arenisca y arcillolita, dispuestos alternadamente, buzan en el mismo sentido de la pendiente, con ángulos variables entre 22 ° y 58 ° como consecuencia de micropliegues, acuñamiento de estratos y estratificación cruzada existentes en el cerro debido a fuerzas antiguas de tipo téctónico y quizás también a la dinámica de fallas locales inactivas hoy en día.

- Desde el punto de vista de geología estructural, existen a lo largo del escarpe estudiado varias familias de diaclasas (Ver Figura N° 2), cuya orientación y buzamiento, junto con la estratificación, dan lugar a la formación de cuñas, las cuales a su vez generan diversos mecanismos potenciales de falla entre los que se pueden mencionar: falla en cuña, falla planar y volcamiento, siendo los dos primeros los predominantes y los que más aportan a la amenaza por remoción en masa en el barrio Madrid.

- Adicionalmente, se presenta también en la zona la caída de bloques, principalmente desde la parte alta del escarpe, como consecuencia de un severo proceso de meteorización esferoidal que se evidencia en un estrato de arenisca friable, que a su vez es el techo de la Formación La Regadera en este sitio. Este proceso de meteorización esferoidal da lugar a la formación de bloques redondeados y subredondeados, de tamaño variable entre 0,2 y 0,8 metros de diámetro aproximadamente, los cuales, dispuestos aleatoriamente en la cara expuesta del estrato de arenisca, van perdiendo paulatina y progresivamente su soporte por la acción erosiva y constante, tanto del viento como de la lluvia, hasta que finalmente por la acción de la gravedad salen de su sitio rodando ladera abajo y en algunas ocasiones alcanzando las viviendas ubicadas en la base del escarpe.

- Como resultado de los análisis de probabilidad de falla y distancia de viaje de los diferentes mecanismos de inestabilidad que se presentan en la zona de estudio, se llegó al mapa de "Zonificación de amenaza por FRM", (Ver Figura N° 3), que se puede resumir así:

Predios	Total	Amenaza Alta	Amenaza Media	Amenaza Baja
Construidos	105	5	13	87
Lotes	27	4	1	22
Total	132	9	14	109

Las viviendas ubicadas en zona de amenaza alta son:

MANZANA	LOTE N°	DIRECCIÓN
4	13	Carrera 8A BIS N° 39D - 03 SUR
15	2	Calle 39D N° 8-08 sur
15	4	Calle 39D Bis N° 8-18 sur
16	5	Calle 39C N° 9-14 sur
16	6	Calle 39C N° 9-08 sur

Para complementar los análisis y la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa del área de estudio y teniendo en cuenta que la mitad inferior de la ladera donde se levantó el barrio Madrid fue objeto de un importante relleno de adecuación (Ver Figura N° 2), por un lado para utilizar y disponer adecuadamente los materiales estériles producto de la explotación minera que se efectuaba en el sitio y por otra parte para ganar espacio hacia abajo, tapando el cauce de una antigua quebrada que transcurría por la base de la ladera explotada, aproximadamente en sentido norte sur y cuyo fondo en uno de sus tramos coincidía con lo que hoy en día es la Calle 40 Sur entre las carreras 9 y 8 Bis, conformando rellenos de espesor variable entre 3 m hacia la parte media de la ladera y 12 m hacia la base de la misma en cercanías a la Calle 39 G Sur, se realizaron análisis de estabilidad de los mismos encontrándose que la probabilidad de falla en estos materiales es definitivamente muy baja, gracias a la excelente calidad y compactación de los materiales que componen dicho relleno, por lo menos en el área bajo estudio.

De igual manera y considerando que arriba de la corona del escarpe de explotación, así como hacia la esquina sur-oriental y hasta el límite del área de estudio, existen sectores de ladera aún no intervenidos por el hombre, y que a su vez las mismas constituyen pendientes estructurales, se llevó a cabo un análisis de susceptibilidad de amenaza por FRM de dichos

sectores y se encontró que la amenaza es alta en cercanías a la corona del escarpe (unos 5 m arriba de la corona del escarpe) y media en el resto del área (Ver Figura N° 3).

- Desde el punto de vista de vulnerabilidad, se llegó a los siguientes resultados: 7 de los 105 predios construidos en el área de estudio, es decir menos del 7 %, corresponden a elementos de vulnerabilidad alta, 34 predios construidos (32%) corresponden a elementos de vulnerabilidad media y lo restante, o sea 64 predios construidos (61%) son elementos de vulnerabilidad baja.

  Los predios construidos que corresponden a elementos de vulnerabilidad alta son:

MANZANA	LOTE	DIRECCIÓN
4	15	Carrera 8A BIS N° 39D – 13 SUR
4	16	Carrera 8A BIS N° 39D – 17 SUR
4	17	Carrera 8A BIS N° 39D – 23 SUR
4	18	Carrera 8A BIS N° 39D – 27 SUR
15	2	Calle 39D N° 8-08 SUR
15	5	Calle 39D N° 8-24 SUR
16	1	Carrera 9ª N° 39B-06 SUR

  En la **Figura N° 4** se puede ver la vulnerabilidad física de viviendas para el área de estudio.

- El análisis de riesgo por fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, arrojó los siguientes resultados: 6 predios de los 105 construidos en el área de estudio, ubicados todos ellos en la base del escarpe del barrio Madrid, son elementos en riesgo alto, con la siguiente ubicación:

MANZANA	LOTE	DIRECCIÓN
4	13	Carrera 8A BIS N° 39D – 03 sur
15	2	Calle 39D N° 8-08 sur
15	4	Calle 39D BIS N° 8-18 sur
15	5	Calle 39 D N° 8-24 sur
16	5	Calle 39C SUR N° 9 – 14
16	6	Calle 39C SUR N° 9-08

  de los 99 predios construidos restantes, 15 han sido catalogado como de riesgo medio y 84 como de riesgo bajo (Ver Figura N° 5).

- Finalmente, el análisis a través de los árboles de decisión, de las diferentes alternativas de mitigación técnica y económicamente factibles, mostró que para mitigar el nivel de riesgo por FRM de los elementos expuestos, en este caso las viviendas del barrio Madrid en el área de estudio, será necesario acometer obras civiles en algunos sectores y poner en marcha de forma inmediata, un programa de reubicación de familias de algunos de los predios catalogados como de riesgo alto. La nueva zonificación por amenaza de fenómenos de remoción en masa (FRM), Una vez aplicadas las obras y medidas de mitigación recomendadas, será como se muestra en la Figura N° 6.

Con base en todo lo anterior, a continuación se formulan las siguientes recomendaciones generales:

- Dar a conocer los resultados del presente estudio a todas las entidades y organizaciones que de una u otra forma están directamente involucradas con el tema de riesgos en la ciudad y que a su vez son las encargadas de poner en marcha y de hacer cumplir algunas de las disposiciones y medidas que aquí se recomiendan, como son:
  - Departamento Administrativo de Planeación Distrital, DAPD
  - Departamento Administrativo del Medio Ambiente, DAMA
  - Curaduría Urbana de la Localidad.
  - Alcaldía menor de Rafael Uribe Uribe
  - Junta de Acción Comunal del Barrio Madrid
  - Comité Local de Emergencias de la Localidad Rafael Uribe Uribe, etc.

- Iniciar tan pronto como sea posible el programa de reubicación de familias que habitan en los siguientes predios catalogados como de riesgo alto:

MANZANA	LOTE	DIRECCIÓN
15	2	Calle 39D N° 8-08 sur
15	4	Calle 39D BIS N° 8-18 sur
15	5	Calle 39 D N° 8-24 sur

- Iniciar cuanto antes el proceso de contratación de las obras civiles recomendadas (Ver capítulo 9 y planos 13 a 18 del informe general), las cuales consisten en la remoción de

cerca de 500 m³ de material potencialmente inestable, el recalce local de bloques con unos 8 m³ de concreto ciclópeo, la instalación de unos 110 m de barrera metálica de aislamiento y contención de 2 m de altura libre y la construcción de una cuneta de drenaje de 140 m de longitud, todo ello por un costo total cercano a los 100 millones de pesos. En la **Figura N° 6,** se presenta la localización de las obras recomendadas y en el **Cudro N° 1,** al final de este informe, el costo de las mismas.

- Prohibir la construcción e iniciar los trámites ante las entidades competentes para el cambio de uso de los siguientes lotes:

MANZANA	LOTE
15	1
15	3

Lo anterior en razón a que dichos lotes, luego de aplicadas las obras civiles de mitigación propuestas en este estudio, continuarán formando parte de las zonas de amenaza alta (**Ver Figura N° 7**) y en consecuencia cualquier tipo de estructura o vivienda construida en ellos de forma automática se convertirá en predios de alto riesgo, a menos que se construyan en este sitio obras de mitigación suficientes para controlar y reducir la amenaza del sector, que en este caso particular y de acuerdo con los análisis realizados, serían obras cuyo valor superaría fácilmente los 200 millones de pesos.

- Exigir los estudios de estabilidad y riesgo por FRM correspondientes para la intervención y/o urbanización de los predios no construidos ubicados en zonas de amenaza media a alta. En especial se señalan los siguientes predios:

MANZANA	LOTE
MZ 142852	Único
MZ 142874	Único
MZ 142812	Único
16	6 (Ampliación parte posterior)

- Tramitar ante la entidad competente (MINISTERIO DE MINAS, DAMA, ALCALDÍA LOCAL, etc) la prohibición rotunda de la explotación de materiales para construcción en la zona objeto del presente estudio.

- De llegarse a construir la vía perimetral de la parte alta del barrio Madrid, tal y como aparece proyectado en las manzanas catastrales existentes en el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, DAPD (Ver Figura N° 1), obviamente bajo las más completas medidas de seguridad y de estabilidad teniendo en cuenta las complejas condiciones geotécnicas de la zona, será necesaria una reevaluación y ajuste tanto de las conclusiones como de las recomendaciones emitidas en el presente documento.

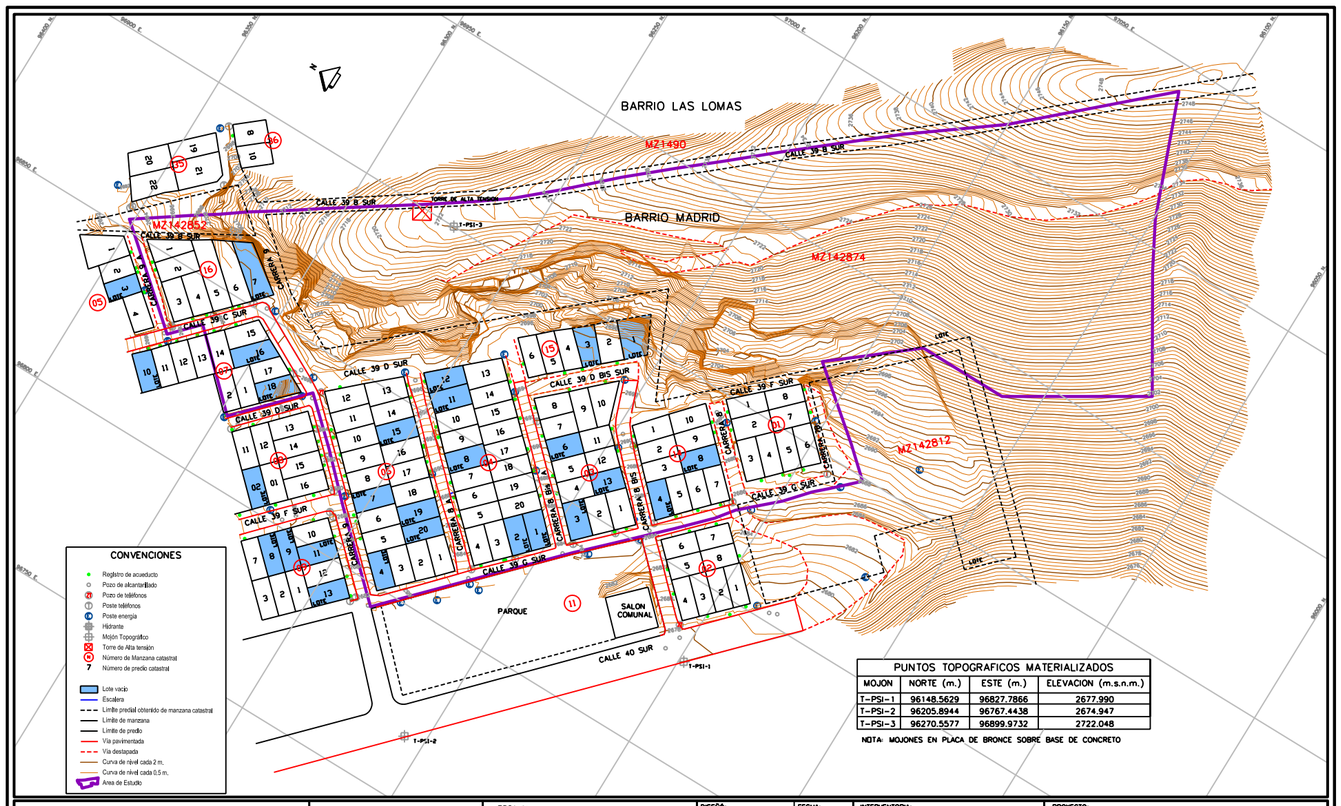
- Por último, se recomienda que la DPAE, a partir de la fecha, mantenga a través de visitas periódicas (por lo menos cada mes en épocas de verano y cada 15 días en épocas de invierno) un permanente seguimiento de la zona con el fin de evaluar el comportamiento general del escarpe, la evolución y progreso de los procesos de inestabilidad existentes en la zona y una vez aplicadas las obras y medidas de mitigación, valorar las bondades de las mismas. Lo anterior permitirá a la Dirección tomar medidas oportunas, no sólo sobre los elementos en riesgo directamente evaluados (viviendas) en el estudio, sino también sobre aquellos elementos ubicados en la cima de la colina como son la torre eléctrica y la línea de alta tensión, los cuales son parte fundamental de la infraestructura de la localidad en general y que, como se puede apreciar en la Figura N° 3, se encuentran situados en una zona de amenaza media.

Atentamente,

LUIS FELIPE SALAZAR FERRO
Director de Proyecto

CUADRO No. 1 PRESUPUESTO OBRAS DE MITIGACIÓN RECOMENDADAS - BARRIO MADRID

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
SECTOR 1				
RETIRO DE MATERIAL POTENCIALMENTE INESTABLE				
Localización y replanteo	GL	1	$ 200.000,00	$ 200.000,00
Retiro de bloques y/o material suelto potencialmente inestable	m^3	40	$ 15.000,00	$ 600.000,00
Acarreo y disposición de materales	m^3	40	$ 20.000,00	$ 800.000,00
			TOTAL SECTOR 1	**$ 1.600.000,00**
SECTOR 2				
RECALCE DE CUÑAS Y BARRERA METÁLICA				
Localización y replanteo	GL	1	$ 200.000,00	$ 200.000,00
Recalce de cuñas en concreto ciclopeo	m^3	8	$ 250.000,00	$ 2.000.000,00
Barrera metálica de aislamiento y contención	ml	25	$ 450.000,00	$ 11.250.000,00
			TOTAL SECTOR 2	**$ 13.450.000,00**
SECTOR 3				
RETIRO DE MATERIAL POTENCIALMENTE INESTABLE Y BARRERA METÁLICA				
Localiziaciòn y replanteo	GL	1	$ 400.000,00	$ 400.000,00
Retiro de bloques y/o material suelto potencialmente inestable	m^3	400	$ 15.000,00	$ 6.000.000,00
Acarreo y disposición de materiales	m^3	400	$ 20.000,00	$ 8.000.000,00
Barrera metálica de aislamiento y contención	ml	62	$ 450.000,00	$ 27.900.000,00
			TOTAL SECTOR 3	**$ 42.300.000,00**
SECTOR 4				
REUBICACIÓN PARCIAL Y BARRERA METÁLICA				
Localizaciòn y replanteo	GL	1	$ 100.000,00	$ 100.000,00
Barrera metálica de aislamiento y contención	ml	25	$ 450.000,00	$ 11.250.000,00
			TOTAL SECTOR 4	**$ 11.350.000,00**
SECTOR 6				
RETIRO DE CUÑAS POTENCIALEMNTE INESTABLES Y PERFILADO GRAN BLOQUE				
Localización y replanteo	GL	1	$ 200.000,00	$ 200.000,00
Retiro de bloques y/o material suelto (incluye perfilado gran bloque aislado)	m^3	75	$ 35.000,00	$ 2.625.000,00
Acarreo y disposición de materiales	m^3	75	$ 20.000,00	$ 1.500.000,00
Cuneta de drenaje	ml	140	$ 25.000,00	$ 3.500.000,00
			TOTAL SECTOR 6	**$ 7.825.000,00**
COSTO DIRECTO TOTAL OBRAS RECOMENDADAS BARRIO MADRID				**$ 76.525.000,00**
ADMINISTRACIÓN (8% del costo directo total)				$ 6.122.000,00
IMPREVISTOS (7% del costo directo total)				$ 5.356.750,00
UTILIDADADES (10% del costo directo total)				$ 7.652.500,00
IVA DEL 16% SOBRE UTILIDADES				$ 1.224.400,00
TOTAL OBRAS RECOMENDADAS BARRIO MADRID				**$ 96.880.650,00**



PUNTOS TOPOGRAFICOS MATERIALIZADOS

MOJON	NORTE (m.)	ESTE (m.)	ELEVACION (m.s.n.m.)
T-PSI-1	96148.5629	96827.7866	2677.990
T-PSI-2	96205.8944	96767.4438	2674.947
T-PSI-3	96270.5577	96899.9732	2722.048

NOTA: MOJONES EN PLACA DE BRONCE SOBRE BASE DE CONCRETO

FOPAE
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORÓ:
PSI S.A
PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A

ESCALA: 0 10 50 m
1:500

Origen de coordenadas y cota:
Vertice geodesico del IGAC No CD 757 con señal azimut a la torre de la iglesia de Monserrate,

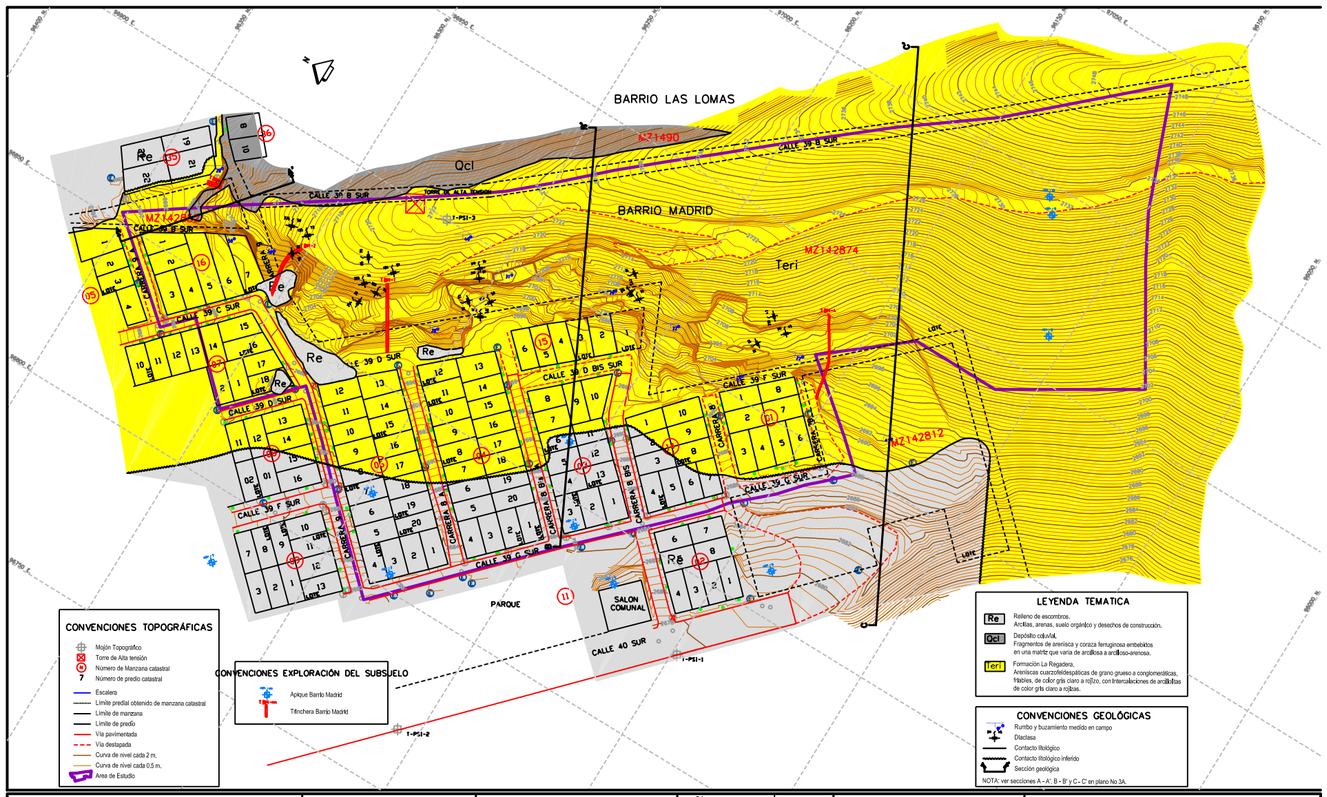
Coordenadas N 96846,229 m, E 96541,026 m, Cota 2688,451 m.s.n.m.

DISEÑO: Ing. Francisco Revelo	FECHA: FEB. 2004	INTERVENTORIA: Ingeniero Ramiro N. Castellanos	
DIBUJÓ: Ana María Cubides A.	FECHA: FEB. 2004	VoBo INTERVENTORIA:	FECHA:
REVISÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: FEB. 2004	ARCHIVO: C290_Topografico_01.dwg	FECHA: FEB. 2004
APROBÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: FEB. 2004	SISTEMA: AUTOCAD V.2000	FECHA: FEB. 2004

PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE, EN BOGOTA D.C.
CONTRATO Nº CONS. 290 DEL 2003

PLANO TOPOGRÁFICO DETALLADO

FIGURA 01



FOPAE
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORO:
PSI S.A
PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A

ESCALA:
0 10 50 m
1: 500

Origen de coordenadas y cota:
Verifice geodesico del IGAC No CD 757 con señal azimut a la torre de la iglesia de Monserrate,

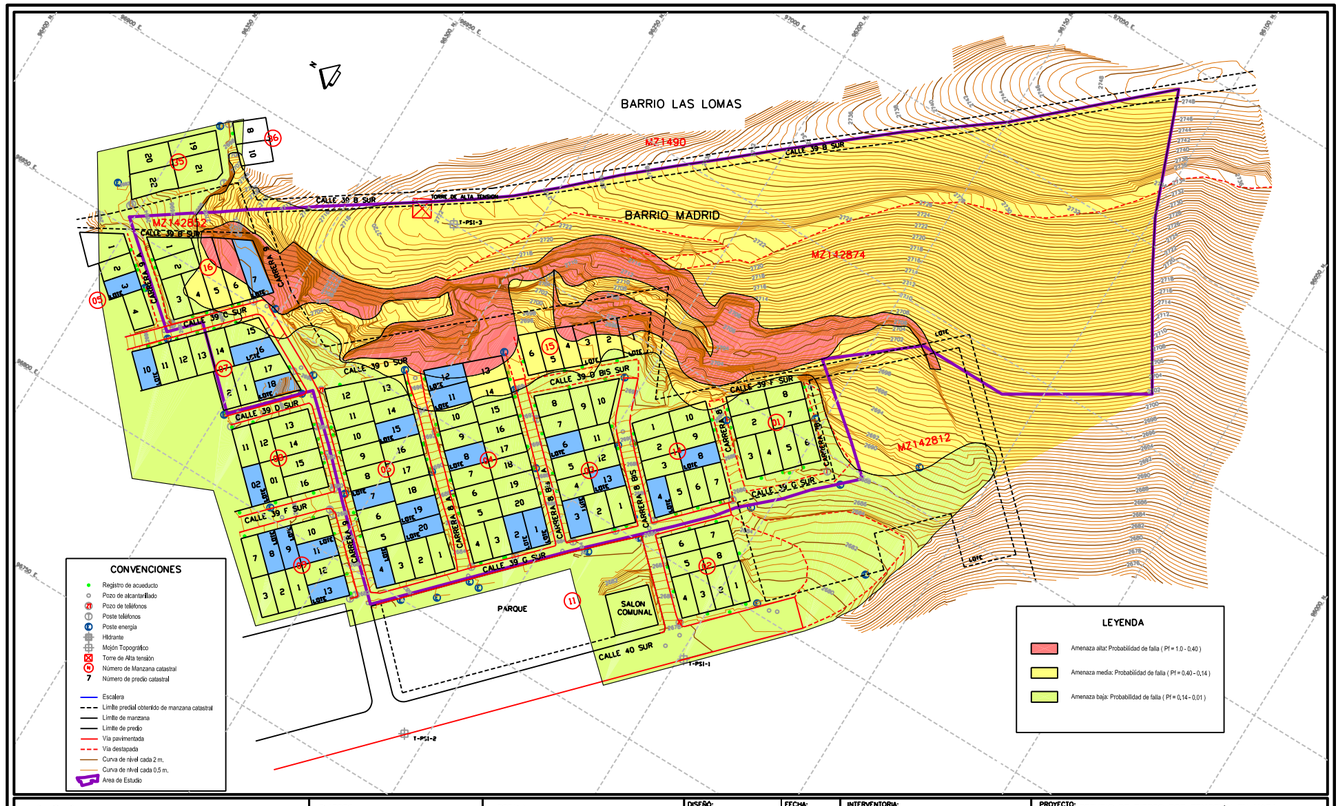
Coordenadas N 96846.229 m, E 96541.026 m, Cota 2688.451 m.s.n.m.

DISEÑO: Geólogo Victor E. Cediel	FECHA: NOV. 2003	INTERVENTORIA: Ingeniero Ramiro N. Castellanos	
DIBUJÓ: Ana María Cubides A.	FECHA: NOV. 2003	VoBo INTERVENTORIA:	FECHA:
REVISÓ: Ing. Danilo Ruiz Piazos	FECHA: NOV. 2003	ARCHIVO: C290_Geologico_Local_01.dwg	FECHA: NOV. 2003
APROBÓ: Ing. Danilo Ruiz Piazos	FECHA: NOV. 2003	SISTEMA: AUTOCAD V.2000	FECHA: NOV. 2003

PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE, EN BOGOTÁ D.C.
CONTRATO Nº CONS. 290 DEL 2003

MAPA GEOLÓGICO LOCAL

FIGURA No 2



FOPAE
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORO:
PSI S.A
PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A

ESCALA:
0 10 50 m
1:500

Origen de coordenadas y cota.
Verifice geodesico del IGAC No CD 757 con señal azimut a la torre de la iglesia de Monserrate.

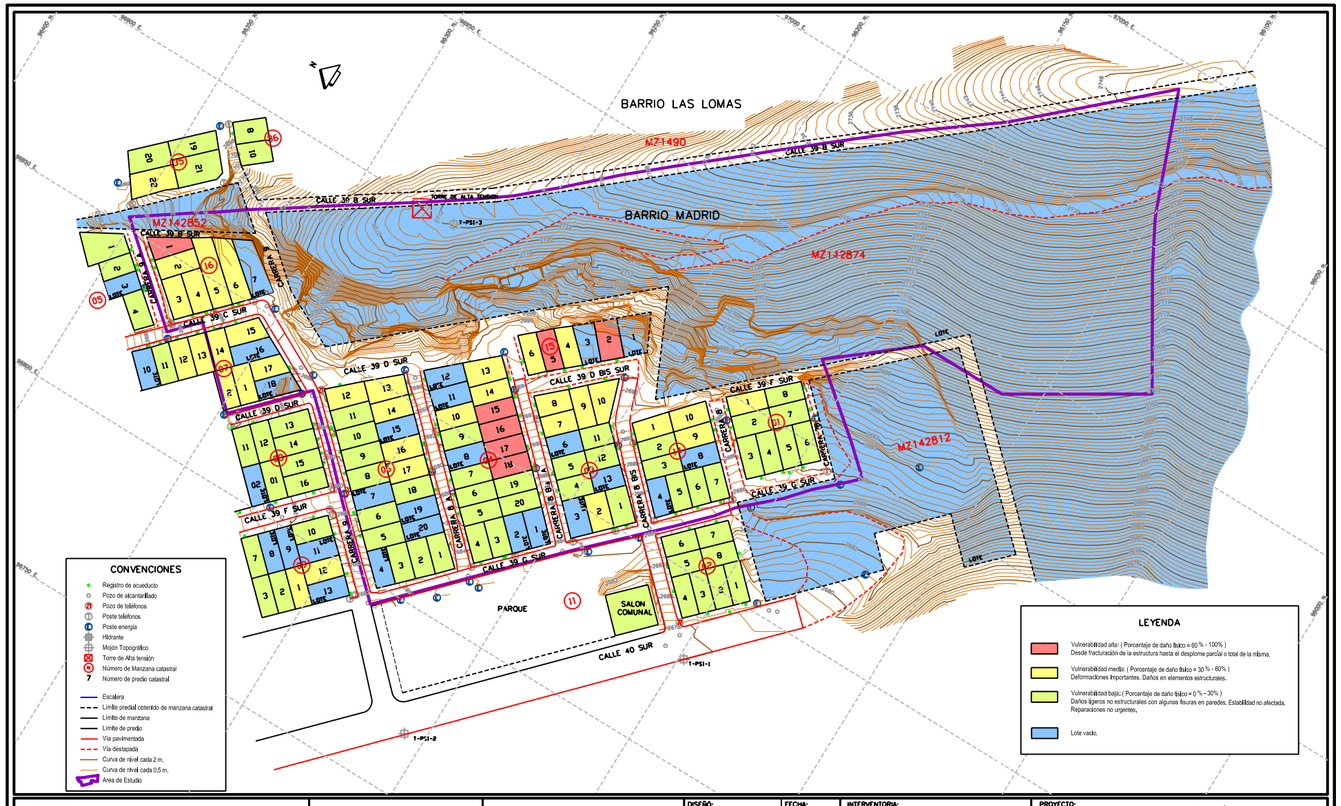
Coordenadas N 96846.229 m, E 96541.026 m, Cota 2688.451 m.s.n.m.

DISEÑO: Ing. Germán D. Tapia M.	FECHA: ENERO. 2004	INTERVENTORIA: Ingeniero Ramiro N. Castellanos			
DIBUJÓ: Ana María Cubides A.	FECHA: ENERO. 2004	VoBo INTERVENTORIA:	FECHA:		
REVISÓ: Ing. Danilo Ruiz Piazos	FECHA: ENERO. 2004	ARCHIVO: C290_Amenaza_01.dwg	FECHA: ENERO. 2004		
APROBÓ: Ing. Danilo Ruiz Piazos	FECHA: ENERO. 2004	SISTEMA: AUTOCAD V.2000	FECHA: ENERO. 2004		

PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE, EN BOGOTÁ D.C.
CONTRATO Nº CONS. 290 DEL 2003

ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA

FIGURA No 3



FOPAE
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORO:
PSI S.A
PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A

ESCALA: 1:500
0 10 50 m

Origen de coordenadas y cota.
Verifice geodesico del IGAC No CD 757 con señal azimut a la torre de la iglesia de Monserrate.

Coordenadas N 96846.229 m, E 96541.026 m, Cota 2688.451 m.s.n.m.

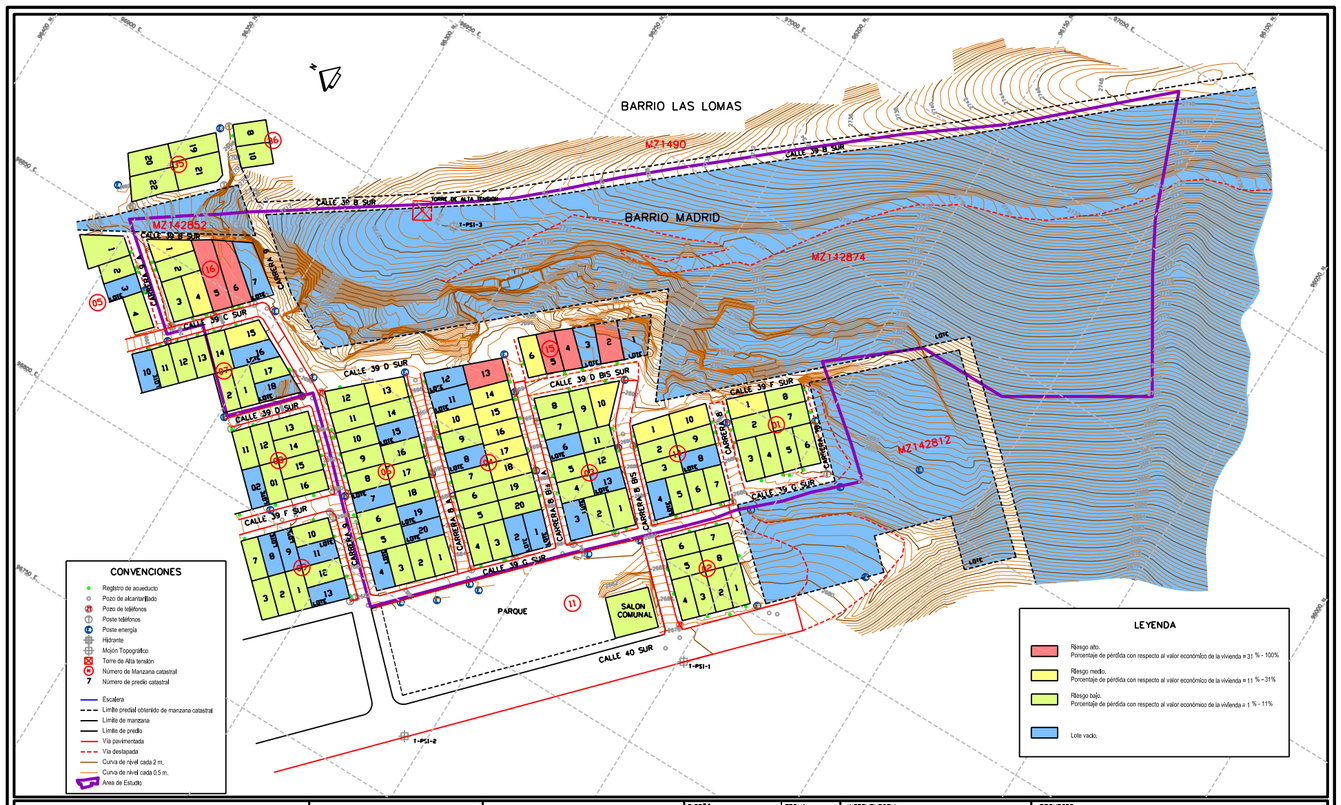
DISEÑO: Ing. Germán D. Tapia M.	FECHA: ENERO. 2004	INTERVENTORIA: Ingeniero Ramiro N. Castellanos			
DIBUJÓ: Ana María Cubides A.	FECHA: ENERO. 2004	VoBo INTERVENTORIA:	FECHA:		
REVISÓ: Ing. Danilo Ruiz Piazos	FECHA: ENERO. 2004	ARCHIVO: C290_Vulnerabilidad_01.dwg	FECHA: ENERO. 2004		
APROBÓ: Ing. Danilo Ruiz Piazos	FECHA: ENERO. 2004	SISTEMA: AUTOCAD V.2000	FECHA: ENERO. 2004		

PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE, EN BOGOTÁ D.C.

CONTRATO Nº CONS. 290 DEL 2003

MAPA DE VULNERABILIDAD FISICA DE VIVIENDAS

FIGURA No 4



FOPAE
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORÓ:
PSI S.A
PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A

ESCALA: 0 10 50 m
1: 500

Origen de coordenadas y cota:
Verifice geodésico del IGAC No CD 757 con señal azimut a la torre de la iglesia de Monserrate.

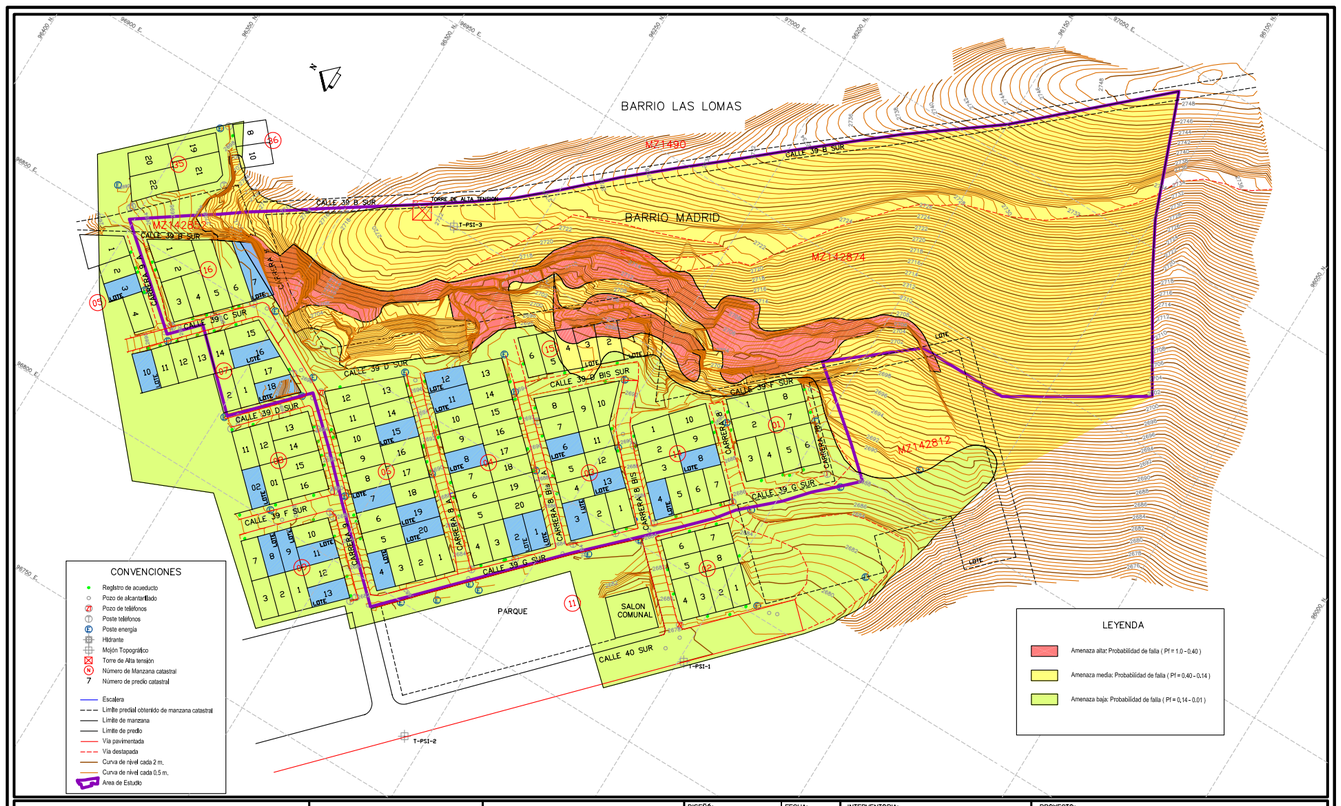
Coordenadas N 96846.229 m, E 96541.026 m, Cota 2688.451 m.s.n.m.

DISEÑÓ: Ing. Germán D. Tapia M.	FECHA: ENERO. 2004	INTERVENTORIA: Ingeniero Ramiro N. Castellanos			
DIBUJÓ: Ana María Cubides A.	FECHA: ENERO. 2004	VoBo INTERVENTORIA:	FECHA:		
REVISÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: ENERO. 2004	ARCHIVO: C290_Riesgo_01.dwg	FECHA: ENERO. 2004		
APROBÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: ENERO. 2004	SISTEMA: AUTOCAD V.2000	FECHA: ENERO. 2004		

PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE, EN BOGOTÁ D.C.
CONTRATO Nº CONS. 290 DEL 2003

MAPA DE RIESGO DE AFECTACIÓN DE VIVIENDAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM)

FIGURA No 5



FOPAE
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORO:
PSI S.A
PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A

ESCALA: 0 10 50 m
1: 500

Origen de coordenadas y cota:
Verfice geodesico del IGAC No CD 757 con señal azimut a la torre de la Iglesia de Monserrate.

Coordenadas N 96846,229 m, E 96541,026 m, Cota 2688,451 m.s.n.m.

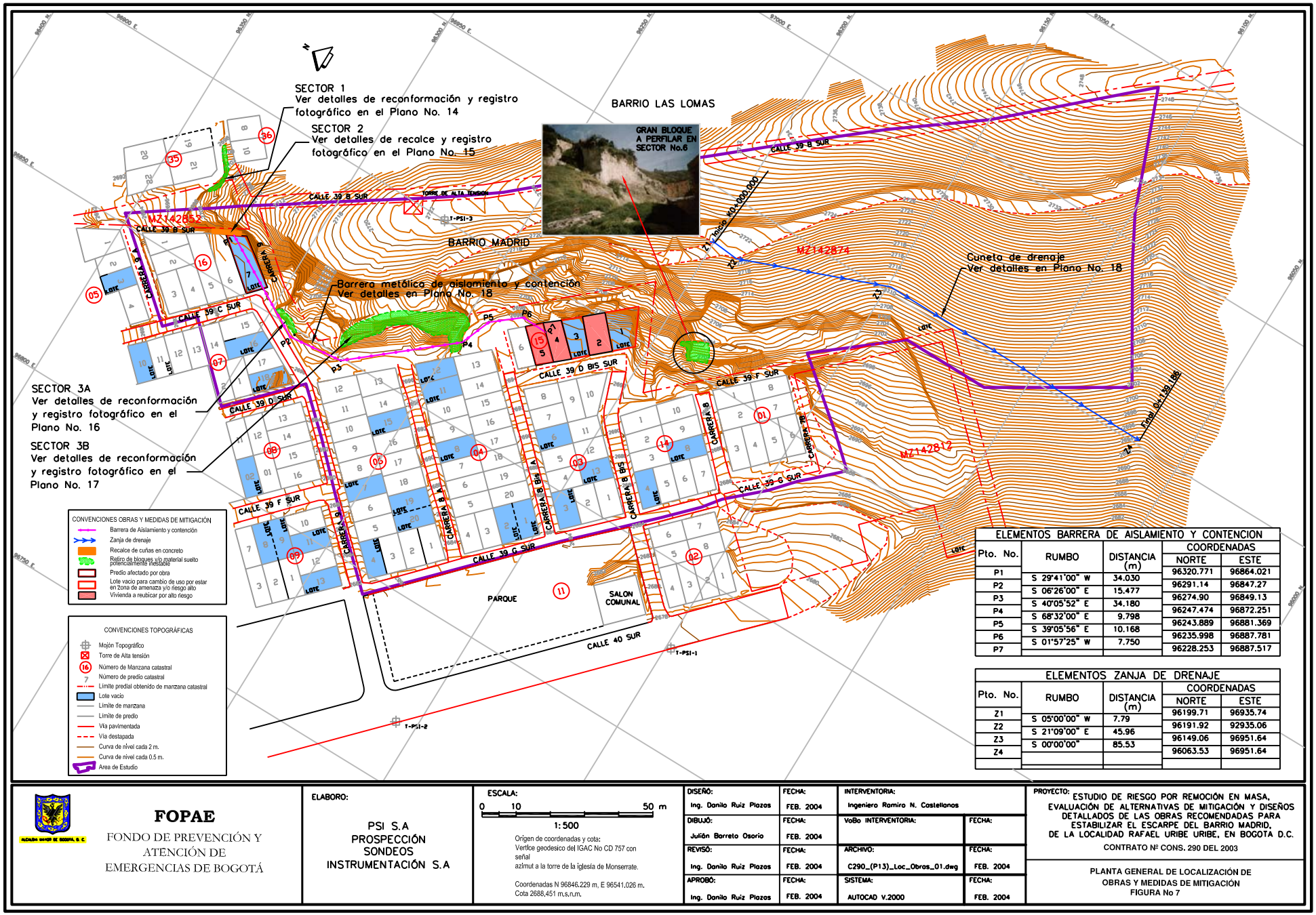
DISEÑO: Ing. Germán D. Tapia M.	FECHA: FEB. 2004	INTERVENTORIA: Ingeniero Ramiro N. Castellanos			
DIBUJÓ: Ana María Cubides A.	FECHA: FEB. 2004	VoBo INTERVENTORIA:	FECHA:		
REVISÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: FEB. 2004	ARCHIVO: C290_(P12)_Amenaza_Obras_01.dwg	FECHA: FEB. 2004		
APROBÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: FEB. 2004	SISTEMA: AUTOCAD V.2000	FECHA: FEB. 2004		

PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE, EN BOGOTA D.C.

CONTRATO Nº CONS. 290 DEL 2003

ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA CON OBRAS DE MITIGACIÓN

FIGURA No 6



ELEMENTOS BARRERA DE AISLAMIENTO Y CONTENCION

Pto. No.	RUMBO	DISTANCIA (m)	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE
P1			96320.771	96864.021
P2	S 29°41'00" W	34.030	96291.14	96847.27
P3	S 06°26'00" E	15.477	96274.90	96849.13
P4	S 40°05'52" E	34.180	96247.474	96872.251
P5	S 68°32'00" E	9.798	96243.889	96881.369
P6	S 39°05'56" E	10.168	96235.998	96887.781
P7	S 01°57'25" W	7.750	96228.253	96887.517

ELEMENTOS ZANJA DE DRENAJE

Pto. No.	RUMBO	DISTANCIA (m)	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE
Z1			96199.71	96935.74
Z2	S 05°00'00" W	7.79	96191.92	92935.06
Z3	S 21°09'00" E	45.96	96149.06	96951.64
Z4	S 00°00'00"	85.53	96063.53	96951.64

FOPAE
FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ

ELABORO:
PSI S.A
PROSPECCIÓN SONDEOS INSTRUMENTACIÓN S.A

ESCALA:
0 10 50 m
1:500

Origen de coordenadas y cota:
Vertice geodesico del IGAC No CD 757 con señal
azimut a la torre de la iglesia de Monserrate.

Coordenadas N 96846.229 m, E 96541.026 m.
Cota 2688.451 m.s.n.m.

DISEÑO: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: FEB. 2004	INTERVENTORIA: Ingeniero Ramiro N. Castellanos			
DIBUJÓ: Julián Barreto Osorio	FECHA: FEB. 2004	VoBo INTERVENTORIA:	FECHA:		
REVISÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: FEB. 2004	ARCHIVO: C290_(P13)_Loc_Obras_01.dwg	FECHA: FEB. 2004		
APROBÓ: Ing. Danilo Ruiz Plazas	FECHA: FEB. 2004	SISTEMA: AUTOCAD V.2000	FECHA: FEB. 2004		

PROYECTO: ESTUDIO DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR EL ESCARPE DEL BARRIO MADRID, DE LA LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE, EN BOGOTA D.C.
CONTRATO Nº CONS. 290 DEL 2003

PLANTA GENERAL DE LOCALIZACIÓN DE OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
FIGURA No 7