

SERIE
CONTRIBUCIONES
TÉCNICAS

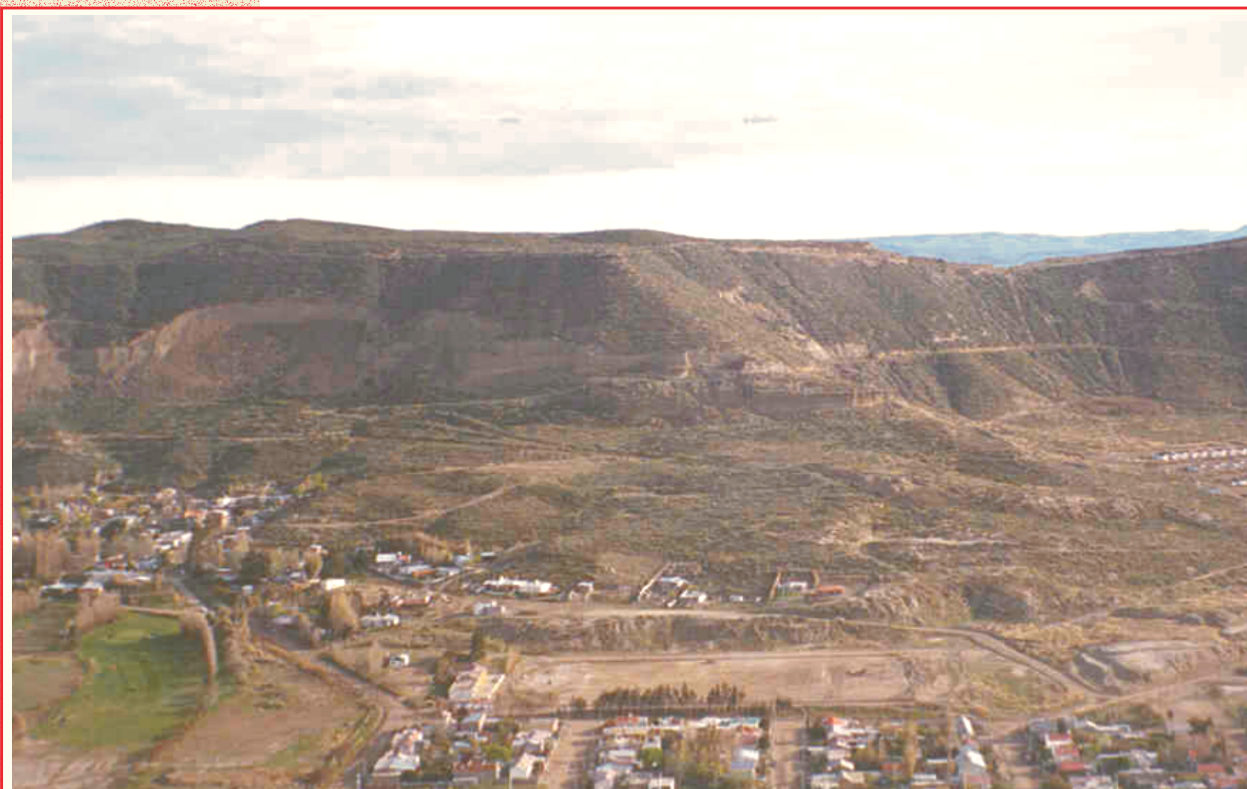
*Peligrosidad
Geológica*

6

Medidas de Mitigación y Prevención en la Ladera Sur del Co. Hermitte

*Comodoro Rivadavia
Provincia de Chubut*

Roberto Cravero



AUTORIDADES

**Presidente del Servicio Geológico Minero Argentino
a/c Ing. JORGE MAYORAL**

**Secretario Ejecutivo del Servicio Geológico Minero Argentino
Lic. PEDRO ALCÁNTARA**

**Director del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Lic. ROBERTO PAGE**

**Director de Geología Ambiental y Aplicada
Lic. OMAR LAPIDO**

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES
SEGEMAR**

Av. Julio A. Roca 651 – 10° piso
1322 Buenos Aires
República Argentina

Es propiedad del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Prohibida su reproducción

ÍNDICE

1. SÍNTESIS GENERAL	1
1.1. Influencia del agua	2
1.2. Presión Demográfica	2
1.3. Actividades de Mitigación y Prevención	3
2. ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN	4
2.1. Control del Agua Subterránea	4
2.2. Aporte de Agua a la cuenca	5
2.3. Forestación	6
2.4. Fundaciones	7
2.5. Excavaciones en área deslizada	8
2.6. Excavaciones fuera de la zona deslizada	9
3. ACTIVIDADES PREVENTIVAS	9
3.1. Sistema de Monitoreo I . Mediciones Geodésicas	9
3.2. Sistema de Monitoreo II . Control del Agua Subterránea	10
3.3. Sistema de Monitoreo III . Colocación de Inclínómetros	10
3.4. Control de Planificación Urbana	11

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN EN LA LADERA SUR DEL C° HERMITTE

**COMODORO RIVADAVIA
- CHUBUT -**

Atendiendo a la solicitud de la Municipalidad de Comodoro Rivadavia, y considerando la necesidad de optimizar la interpretación y potenciar el empleo de la información de referencia presentada, se elabora este informe donde se detalla información complementaria de la problemática geotécnica y de las medidas correctivas sugeridas. Estas están orientadas a brindar mayor seguridad y bienestar de la comunidad, dentro del marco de los rigurosos condicionantes que impone el medio imperante, como de las implicancias económicas.

Se trata de un tema complejo, donde intervienen muchas variables pero trabajando de tal modo que se considere un enfoque integral del problema, atacando paciente y organizadamente todas las variables involucradas, será posible alcanzar condiciones operativas que le permitan a la comunidad tener el problema bajo control.

1. SÍNTESIS GENERAL

La información disponible en la actualidad describe acabadamente el deslizamiento ocurrido, las zonas de influencia y efectos observables en la actualidad. Sin embargo, la falta de datos precisos del perfil geológico en profundidad de la zona deslizada, dificulta cualquier pronóstico sobre las reales condiciones de estabilidad.

El área deslizada se presenta ahora conformada por numerosos bloques movilizados, generando un talud general con baja pendiente, y una importante zona de extensión subhorizontal, que culmina con las citadas crestas de presión.

En consecuencia se debe trabajar tratando de tomar medidas preventivas y de mitigación para minimizar las acciones que actúan negativamente en las condiciones de estabilidad y optimizando las que puedan aportar al control de la situación. Simultáneamente se emprenden acciones para definir cuantitativamente las condiciones de estabilidad del área.

Al efecto de lograr los fines enunciados, se aborda el tema desde una visión integral considerando no sólo todos los factores involucrados en el problema y sino también la

interacción entre los mismos. En función de ello se describen las medidas de prevención y mitigación. De los factores se destacan tres tópicos principales:

- 2.1. Agua
- 2.2. Crecimiento demográfico - urbanización
- 2.3. Técnicas constructivas

1.1. Influencia del agua

El agua es un factor que incide en forma determinante por su efecto desestabilizador tanto en los sectores con alta pendiente en la base de las zonas afectadas por deslizamientos de laderas, como por su efecto en el cambio volumétrico de las arcillas. Por ello el análisis se efectúa en función de su origen:

- a) Agua proveniente de la propia cuenca hidrológica
 - Precipitaciones pluviales y néveas
 - Agua subterránea
- b) Agua Introducida extra-cuenca
 - Suministro de agua potable
 - Aporte para el sistema sanitario
 - Aporte de agua para riego

1.2. Presión Demográfica

Las limitaciones geográficas de disponibilidad territorial, se ven agravadas por un uso del terreno, que implica la construcción de obras de infraestructura y edificaciones, que pueden contribuir a agravar el problema si no son realizadas adecuadamente.

- Urbanización en zonas con pendiente crítica.
- Urbanización en zonas deslizadas.
- Urbanización en zonas con arcillas expansivas

1.3. Actividades de Mitigación y Prevención

Evidentemente ambas se complementan y se retroalimentan, siendo el grado de ejecución y desarrollo determinado según el conocimiento actual del problema y de distintos criterios de prioridad. El que se sugiere considera un balance entre la necesidad de generar una respuesta práctica, su incidencia económica y la factibilidad constructiva de la misma.

a) Actividades de Mitigación

Tratan de definir acciones que permitan materializar la debida interacción entre el conocimiento actual del problema y de las necesidades emergentes que implica toda actividad urbaniza.

- Control de Aporte de agua extra-cuenca: Instalación de caudalímetros
- Adecuación de técnicas constructivas a la zonificación geotécnica
- Planificación urbana
- Forestación

b) Actividades de Prevención

Las mismas actúan tratando generar información adicional, evaluando el problema central como las medidas de aplicación en curso, y tratando de dilucidar las incertezas actuales.

- Sistema de monitoreo I: Mediciones Geodésicas
- Sistema de monitoreo II: Control de la distribución y evolución del agua subterránea.
- Sistema de monitoreo III: Instalación de Inclínómetros
-
- Planificación Urbana

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

2. ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN

Si bien las acciones descriptas se presentan con cierto nivel de agrupamiento, abordan conceptos que interactúan constantemente entre sí, por lo que los efectos son también interactivos.

2.1 Control del Agua Subterránea

Si bien es bajo el nivel de aporte pluvial o néveo, los niveles de areniscas y gravas superiores posibilitan una buena infiltración del volumen recibido hacia el subsuelo, en que se encuentran horizontes arcillosos intercalados, que pueden actuar con acuífugos (base o techo de acuífero), delimitando acuíferos en varios niveles. Además, estos niveles, que tienen la particularidad de alcanzar el nivel de saturación con un reducido volumen de agua, se encuentran en los sectores superficiales o subsuperficiales, son propensos a manifestar importantes cambios la capacidad soporte, como de incremento de volumen, dado que es común la presencia de minerales arcillosos del grupo smectitas.

El objetivo es definir la actual capacidad de recepción de agua del subsuelo y calidad de la misma, antes que la cantidad de aporte de agua de extra-cuenca, comience a incidir en el ascenso del nivel freático, afectando no sólo la capacidad portante por la hidratación de los estratos arcillosos, y generando una disminución de la cohesión del talud, sino que pueden tender a aumentar la salinidad, y con ello quebrar el débil equilibrio de la adaptabilidad de la vegetación al tipo de agua.

Se han detectado vertientes, aunque pequeñas, en el sector Norte del Barrio Los Médanos, como así también zonas de elevada humedad (>30%), como ser el talud Oeste del B° Médanos, e incluso una perforación (N°1) detecta un nivel freático a -5.30m (Universidad Nacional de la Patagonia. Ing. Miura, 2001).

Por lo expuesto es importante la incidencia del agua subterránea, por lo que sería conveniente tener un mejor conocimiento de la distribución y características del flujo y calidad de la misma.

2.2 Aporte de Agua a la cuenca.

La provisión de agua potable resulta de fuentes externas a la cuenca zonal en la que se implanta la Ciudad de Comodoro Rivadavia. Este es un aporte externo constante, parte del cual termina infiltrándose en el subsuelo, con las potenciales consecuencias antes enunciadas.

De modo que el control del consumo de agua potable, mediante la colocación de medidores de agua en cada boca de servicio y los correspondientes en las redes de distribución, tiene efectos múltiples y positivos para el problema que se analiza.

Si la instalación de caudalímetros es precedida por una campaña de información pública acerca de la problemática general, se genera un sentido de pertenencia, donde cada habitante es consciente de lo que consume, a la vez es responsable del costo del uso excesivo o mal uso de un bien tanpreciado como el agua potable.

Simultáneamente, se introduce un control indirecto sobre el sistema sanitario ya sea con pozos absorbentes o sistema cloacal, pues el aporte general de agua es controlado y por supuesto también se logra un control del agua empleada para riego.

Sin embargo, y quizás sea el efecto más importante; es que mediante la colocación de los caudalímetros se tiende a optimizar la eficiencia del sistema de provisión de agua, pues se tiene una herramienta base para detectar pérdidas ya sea en la red pública como privada, que de otra manera sólo son detectadas, cuando sus perniciosos efectos ya se produjeron: Rotura de calles, afectación de edificaciones particulares, recargas innecesarias al subsuelo, ascenso del nivel freático, salinización del agua subterránea, etc. Obviamente, si se evitan estos efectos se traducen en beneficios de toda la comunidad, ya sean en forma directa o indirecta.

El sistema de provisión de agua controlada, debería comenzarse a implementar conforme a prioridades y en función de la peligrosidad, es decir:

- Barrios asentados sobre material deslizado,
- Urbanizaciones a media ladera
- Sectores afectados por las arcillitas expansivas.

Por los ahorros que implican el aumento de la eficiencia del sistema, y por la disminución de gastos por la reparación de daños tanto en la infraestructura pública como en la privada; el sistema de amortiza rápidamente, por lo que la instalación de los medidores puede efectuarse sin cargo para los vecinos. Esto crea condiciones para obtener un apoyo concreto al control y uso racional del agua.

El control de gestión del manejo de agua, culmina con la adecuada implementación del sistema cloacal y de descargas pluviales, de modo que se cumplan dos objetivos:

- a) El reemplazo del sistema de pozos absorbentes por cloacas.
- b) Enviar toda el agua residual a un sector que no implique recarga del subsuelo de las zonas críticas.
- c) Con un adecuado funcionamiento del sistema de recuperación de líquidos cloacales, el agua puede ser reutilizada al menos en riego.
- d) Las lagunas artificiales, implican una recarga al subsuelo, pero a bs efectos de no quitar un elemento positivo en el paisaje, puede ser habilitadas previa impermeabilización de su cuenco mediante un tratamiento con arcillas bentoníticas o con la colocación de geotextiles o membranas plásticas.

2.3 Forestación

Se suele asociar negativamente a la forestación con los deslizamientos de laderas. Se mencionan como efectos negativos de la forestación, la idea que las raíces o el contacto raíz-suelo son una vía de aporte de agua al subsuelo en época invernal, pero ello se produce sólo cuándo se seca el árbol, pero ello es ampliamente neutralizado por la evapotranspiración en conjunto de la vegetación y el constante reemplazo de los individuos secos.

Otra consideración negativa, es la mención del efecto desestabilizador de las raíces. En realidad ello es cierto en basamentos ígneos-metamórficos macizos, muy rígidos, moderadamente fracturadas y laderas subverticales; pero no son éstas las condiciones de la ciudad de Comodoro Rivadavia y menos aún en los sectores deslizados, donde estamos en presencia de un macizo rocoso débil y muy poco competente.

Con la utilización de la forestación se busca utilizar la capacidad de succión que pueden realizar los árboles, especialmente en plena época de crecimiento. La forestación con especies aptas al clima y medio salino permitirá por un lado incrementar el consumo del agua de subsuelo mediante succión y evapotranspiración, por lo que contribuyen a disminuir las presiones neutras y al control del ascenso del nivel friático; lo que puede significar aumento en la cohesión. Simultáneamente el efecto de la incorporación de raíces produce un incremento de la resistencia al corte de la fundación y a vez la cobertura vegetal contribuye al control de la erosión. Es decir, que por múltiples efectos que inciden directamente en el aumento de resistencia al deslizamiento de los taludes, es un método natural utilizado como estabilizador de taludes.

La incidencia del riego, sólo debe tener un volumen mínimo, pues se debe concentrar especialmente en la etapa inicial, al ser plantado y hasta que el árbol se adapte al lugar, para

que luego se desarrolle en función del medio, o en épocas de balance hídrico es muy negativo, sin olvidar la conveniencia de reemplazar el riego por surcos por el sistema de goteo, lo que ya se observa en algunos sectores. La capacidad de evapotranspiración del árbol está vinculada directamente al follaje, de manera que es conveniente buscar un equilibrio entre el porte, follaje y la adaptación al medio ambiente, (suelo, frío, vientos, agua). En estos casos la poda tipo niveladora tiene efectos negativos.

Se debe trabajar con el uso zonificado de la forestación, trabajando con árboles de mayor porte al pie de los taludes, en áreas subhorizontales, y alejados de viviendas. Mientras que en las laderas con pendientes mayores de 30° y muy expuesta a los vientos, es conveniente trabajar con árboles resistentes de bajo porte, aunque con bastantes raíces, complementados con especies arbustivas autóctonas preferentemente. Mientras que en las laderas con pendientes mayores de 30° y muy expuestas a los vientos, es conveniente trabajar con árboles resistentes de bajo porte, ej *Tamarix Galica*, complementados con especies arbustivas y pasturas autóctonas, ej *Stipas*).

A modo meramente indicativo se mencionan algunas especies resistentes a las condiciones planteadas y con porte adaptado a los vientos imperantes y con gran consumo de agua, fundamentalmente en los primeros años de crecimiento. Quizás el tiempo de vida sea reducido por la composición del agua subterránea, fundamentalmente la del nivel freático, de modo que eventualmente se deban ir reemplazando ejemplares a medida que transcurra el tiempo. Ej: *Eucalyptus minimalis*; *Populus Nigra* -Alamo Criollo-; *Populus Alva* - Alamo Plateado -, etc.

Aun cuando las condiciones ambientales no sean las propicias para un gran rendimiento del método, por su aporte positivo y por la innegable contribución paisajística, es un medio que puede brindar buenos resultados. Por ello es necesario coordinar la implementación y selección de las especies con mejor adaptabilidad al medio, con especialistas en Silvicultura.

2.4 Fundaciones

La presencia de areniscas cineríticas de granulometría variable areno-limo-arcillosa y arcilitas con abundantes minerales smectíticos, que le confieren sus característicos altos valores de plasticidad y potencial expansivo, son factores que deben ser permanentemente considerados.

En los lugares donde éste material constituye la fundación, la metodología de reemplazo de suelo, mediante la colocación de una capa de grava y arena, debidamente compactada y como base de apoyo de platea, (como se está realizando en el B° Los Médanos)

constituye una fundación apropiada, la cual es imprescindible combinarla con el servicio de cloacas, que eviten un incremento de aporte hídricos a la fundación. Evidentemente la supresión de los sistemas sanitarios particulares, es otra necesidad y esto se vincula con lo mencionado anteriormente respecto al sistema de provisión medido de agua.

2.5 Excavaciones en área deslizada

Lo referido a las excavaciones es conveniente adoptar momentáneamente y hasta que se tengan resultados concretos del monitoreo de la zona, las siguientes alternativas técnicas:

En la **zona con material deslizado**, delimitada en el Mapa N° 3 del informe de referencia, tomar las siguientes precauciones:

- a) Las grietas y oquedades que se encuentran especialmente en el sector superior del deslizamiento, actúan como vías de recarga directa en macizo deslizado, por lo que es necesario neutralizar estos efectos mediante su colmatación con material de las inmediaciones a las mismas, tratando de facilitar la reinserción de la vegetación arbustiva y facilitando el drenaje hacia aguas abajo. A los efectos de mejorar la penetrabilidad del material en las grietas y oquedades menores, se debe emplear arena fina y seca, mezclada con 6-10% de Oca hidratada.
- b) En el área con una pendiente general menor a 25°, que representa la base o sector resistente del deslizamiento, la que ya se ha visto afectada con distintos grados de urbanización, se debe evitar la realización de excavaciones, que impliquen pérdida de masa en el sector. Si lo que se desea es nivelar sectores, se lo debe realizar con un balance positivo de masa. Es decir, que el aporte material predomine sobre lo excavado, con lo que se incrementa la masa, en el pie de la zona.
- c) En el caso de las excavaciones ya practicadas como son las excavaciones en la cresta de presión. Tratar de reducir el ángulo del talud subvertical al menos a una pendiente general de 50°, en forma directa o con bermas intermedias para posibilitar una excavación más simple. En estos lugares es necesario, además, tener precaución con la actividad a realizar en los sectores cercanos al borde nivel superior del talud, desagües superficiales, edificación, etc.
- d) Sería conveniente analizar la red de drenaje de la cuenca aguas arriba del C° Hermitte, para evaluar la magnitud de su incidencia de como recarga de esta zona.

2.6 Excavaciones fuera de la zona deslizada

En las excavaciones efectuadas fuera del área de deslizamiento, es conveniente adecuar el ángulo de excavación de los taludes en función de las características estructurales de los mismos. Concretamente en el talud que limita el sector Sudoeste del Barrio Médano, se puede mejorar las condiciones de seguridad del talud, el que se presenta con abundantes discontinuidades con pátinas de óxidos, rellenos de yeso y un importante contenido de humedad, mediante la corrección del tercio superior a una inclinación similar a la que presenta la estratificación.

En estos sectores, en los que se descubre el substrato rocoso dejando libres las fisuras, es conveniente disminuir la permeabilidad de la zona cubriéndola con una capa del mismo material de regolito, o protosuelo que se excava del sector superficial, recuperando los primeros veinte a treinta centímetros superficiales, que actúan como restauradores de pasturas autóctonas a las que se pueden incorporar semillas de stipas, o similar adaptado a la región.

Esto actuará mejorando la integración paisajística del talud, disminuyendo las vías de infiltración superficial y controlando la erosión del sector superficial con el crecimiento de las pasturas naturales.

3. ACTIVIDADES PREVENTIVAS

3.1 Sistema de Monitoreo I. Mediciones Geodésicas

Como una medida de control de toda el área afectada, que pueda ser aplicable y perdurable en el tiempo, se puede recurrir a un sistema de monitoreo general, mediante mediciones geodésicas, trabajando con precisión del orden del milímetro.

Las mismas se pueden realizar empleando estaciones totales que permite mediciones de larga visual la con precisión requerida. La red de medición debería constar de al menos dos puntos fijos de referencia general, los que pueden ser a las bocas de las perforaciones de petróleo abandonadas, por ej CH767, ubicada al NW del B° Medanos, las que a la vez pueden ser vinculadas a un mojón del IGM. El resto del área debe ser cubierto con varios puntos de control, colocados estratégicamente en las laderas deslizadas, el sector del pie subhorizontal, la cresta de presión y zona urbana.

Los puntos que auscultan el macizo deslizado se materializan con la instalación de una barra de 25 mm de diámetro y al menos 1.5 m de longitud, convenientemente anclada en el macizo, colocando sobre el extremo superior de la misma una placa soldada horizontal

adecuadamente identificada, sobre las que se efectuarían las mediciones. Se pueden complementar con puntos ubicados en algún edificio, con cimentación profunda.

Las mediciones se podrían efectuarse según una secuencia:

- a) Lectura inicial y cinco semanas consecutivas.
- b) Luego cinco lecturas mensuales
- c) Luego cinco bimensuales.

En este periodo se podrá haber verificado la existencia o no de movimientos, donde están localizados, en consecuencia poder realizar una zonificación del área y definir la secuencia y periodicidad de lecturas.

3.2. Sistema de Monitoreo II. Control del Agua Subterránea.

El conocimiento del agua subterránea es muy importante, por lo que es conveniente contar con al menos seis perforaciones, para evaluar la distribución y evolución del nivel freático en la base del deslizamiento.

En el caso que no existan perforaciones disponibles, es oportuno emprender la perforación de las mismas con una profundidad mínima de diez (10) metros, realizando simultáneamente la descripción petrológica del perfil. Lo ideal sería que alguna de las perforaciones fuera hecha a rotación con extracción de testigos. Las zonas de control se indican en el Mapa N° 3 adjunto, en la que se incluye la perforación que se estaba ejecutando en el predio del Club de Golf.

3.3 Sistema de Monitoreo III. Colocación de Inclinómetros.

En razón de ser éste una herramienta costosa, se puede recurrir a ella en función de los resultados medidos por geodesia. Si las mediciones, verifican algún movimiento, en función de la magnitud y ubicación del mismo se deberá analizar la posibilidad de realizar la instalación de inclinómetros.

Ello significa ejecutar una perforación, con extracción de testigos, a los efectos de conocer acabadamente la litología y estructura en profundidad del macizo inestable, y proceder a la instalación de un inclinómetro, el que permitirá medir desplazamientos tridimensionales que ocurran a lo largo de toda la longitud de la perforación, la que debe ser tal que atraviese todo el material movilizado por el deslizamiento. La boca del inclinómetro será un nuevo punto de las mediciones geodésicas, que deberán continuar paralelamente a las mediciones del inclinómetro.

3.4 Control de Planificación Urbana

Las medidas precedentes pueden ser potenciadas si se genera simultáneamente un marco legal que facilite la planificación y control urbano a largo plazo. Las medidas correctivas enunciadas en el punto 2.5, se deberían complementar con otras de carácter preventivo, de las que se destacan:

- a) Evitar el avance de la urbanización y de la ejecución de nuevas excavaciones, inclusive caminos o sendas secundarios, en las laderas con una **pendiente superior a 25°** en toda la zona con material deslizado, indicada en el Mapa N° 3 y extendiéndola por razones preventivas hacia el sector Oeste cubriendo la ladera Norte inmediata al Barrio Médanos.
- b) A los efectos de preservar esa zona de eventuales acciones futuras, todo ese sector, incluyendo una franja de aproximadamente 100 m desde el borde de la ladera, en la meseta del C° Hermite, como está indicado en el mapa adjunto (Fig. N°3), debería quedar amparado bajo una norma legal de orden municipal, mediante la cual la zona sea declarada como "**patrimonio cultural**", de esta forma se inhibe cualquier actividad privada sin debida regulación oficial.

Finalmente, se resalta que todas y cada una de las actividades propuestas, deben ser consideradas con su alto nivel de interacción, de modo tal que la eficiencia de cada medida es en cierta forma dependiente de las otras, pero a la vez el resultado final puede ser magnificado por la acción en conjunto de todas ellas.-