

**GP-22**

**MOVIMIENTOS GRAVITACIONALES EN LLANURAS Y AFECTACIONES A CONSTRUCCIONES. MUNICIPIO PLAZA DE LA REVOLUCIÓN. CUBA .CASO DE ESTUDIO.**

**MSc. Hilda M Alfonso de Anta<sup>1</sup>, Dra. Mercedes Ferrer Gijón<sup>2</sup>, y Dr. Carlos Llanes Burón<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Geografía Tropical [hilda@geotech.cu](mailto:hilda@geotech.cu)

<sup>2</sup> Instituto Geominero de España

<sup>3</sup> Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría

**RESUMEN**

Los movimientos gravitacionales son frecuentes en la zona tropical americana inducidos por lluvias intensas, movimientos sísmicos y erupciones volcánicas los cuales ocasionan pérdidas hasta de vidas humanas. En Cuba se han reportado principalmente en laderas montañosas y generalmente son desencadenados por las lluvias intensas y los movimientos sísmicos. En la investigación se evalúa la susceptibilidad de peligros a estos movimientos mediante los factores condicionantes en este territorio conformado por llanuras, pero su acción en el tiempo provoca asentamientos diferenciales, grietas de tracción y otras a las construcciones antiguas y obras. Son cartografiadas las formas de relieve, los principales movimientos de remoción y las construcciones agrietadas. Se realizan operaciones entre capas de una aplicación SIG integradas por el mapa geomorfológico, el litológico y el hidrogeológico. Como resultados se obtuvo el mapa de susceptibilidad de peligro, las construcciones afectadas y expuestas, proponiéndose medidas de prevención. Se cartografiaron estos movimientos en laderas, escarpes y taludes de terrazas de la parte central meridional y occidental, asociados a rocas menos resistentes, inducidos por las precipitaciones intensas. Predominan los deslizamientos superficiales, rotacionales, pequeños y lentos, aunque existen caída de rocas y reptaciones. La erosión y el carso también se encuentran asociadas a estas afectaciones a construcciones las cuales implican pérdidas económicas.

**ABSTRACT**

The main objective of the investigation is to know the susceptibility of hazard by removal of masses in the territory and its affectations of buildings for measures prevention proposals. The methodology get two analysis together. The relief shapes, the active processes and removal main movements and the crackeed buildings were

cartographed. The maps of conditioning factors of former maps with the results of adecuaciones of the Geominig Institute of Spain methodological., geomorphologic cartography and As a result was obtained a susceptibility of hazard in these movements map, the affectation by these proceses map, the buildings exposed to these dangers, and measures prevention proposals.

At the conclusions it is shown the local distribution of these movements mainly in the meridional, central and western part associated to hillsides slopes and taluses of terrazas and rocks less resistant or reactivated by intense rains. Among them are the shallow, rotacional, and small slides although the rock falls are present. The influence is corroborated through the affectations in ancient buildings of the removal movements, erosion and the carst at which, although they are slow, produce the differential settings and draft cracks which give way to economic looses.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los movimientos gravitacionales o de remoción de masas son procesos geológicos provocados por la fuerza de la gravedad, reactivados e inducidos tanto por movimientos sísmicos, lluvias intensas de los huracanes tropicales como por excavaciones al pie del talud y grandes cargas. Ellos son relativamente abundantes y en algunas zonas urbanizadas pueden contribuir al deterioro del medio ambiente construido que se encuentra en zonas cercanas a los mismos. No obstante sus efectos adversos pueden ser mitigados con la adopción de medidas de prevención en las etapas de proyección.

La investigación tiene como objetivo presentar los resultados de la evaluación de la susceptibilidad al peligro de los movimientos gravitacionales de las construcciones del Municipio Plaza de la Revolución y sus afectaciones. Se integra el análisis de estabilidad de laderas con el de las afectaciones a las construcciones. Este enfoque no es frecuente en las investigaciones de geociencias aplicadas a la temática de peligros y riesgos naturales y por otra parte los estudios de patologías de construcciones son ejecutados desde el punto de vista ingenieril para restaurar obras específicas.

El análisis de la estabilidad de las laderas y su pronóstico se aborda mediante el análisis de susceptibilidad de forma cualitativa con la cartografía de los factores condicionantes apoyados en la cartografía e inventario de los movimientos, fuentes cartográficas y adecuaciones metodológicas precedentes. En el mapa de susceptibilidad se regionalizan la susceptibilidad a estos peligros donde se proponen medidas de prevención y sugerencia a limitaciones de uso condicionadas a estudios geotécnicos. Aunque es de esclarecer que los resultados no comprende propiamente una evaluación de los movimientos de laderas ni un estudio de la patología de las

construcciones afectadas.

En el territorio nacional han sido reportados movimientos de laderas en la Sierra Maestra, Sierra de Boniato y Montañas de Guamuhaya en la Sierra de Caujerí por Hernández, 1989, Iturralde Vinent, 1991 y Magaz et al 1991 en Colectivo de autores, 1991, Lilienberg et al 1993 y Castellanos, (2001). Estos movimientos son más activos en las laderas montañosas, debido entre otras causas a las mayores pendientes de las laderas. Por lo cual los efectos y las afectaciones son más evidentes, pero no son exclusivos de estos territorios. En el municipio Plaza de la Revolución se han identificado deslizamientos en informes geológicos inéditos de la ENIA. En general han sido detectados en el transcurso de la ejecución de las obras o como consecuencia de la ejecución de estas. Los mismos coinciden con las terrazas marinas fósiles de parte central del territorio y litologías menos resistentes.

En relación al medio ambiente constructivo del territorio se puede constatar que coexisten inmuebles de diferentes épocas constructivas y remodelaciones de antiguas viviendas unifamiliares convertidas en ciudadelas, escuelas u otras. En general el estado técnico es aceptable a pesar de estar expuestas a peligros hidrometeorológicos y geológicos y algunas deficiencias en la política de conservación y mantenimientos. Se aprecian asentamientos diferenciales y grietas en elementos lineales verticales de construcciones cercanas a laderas inestables y taludes de terrazas y de antiguas canteras suavizados por rellenos

La investigación se enfocó hacia la cartografía de estos movimientos en las formas geológicas menos estables y evidenciar afectaciones sobre el medio ambiente construido. Se corrobora la efectividad de la secuencia metodológica. Son cartografiados movimientos en laderas y taludes con condiciones geológicas favorables los cuales son inducidos o reactivados por las precipitaciones intensas de eventos hidrometeorológicos y acciones humanas. Entre los movimientos predominan deslizamientos pequeños relacionados espacialmente con la erosión y la carsificación.

## **2. DESARROLLO**

En la investigación tiene como antecedentes los contenidos metodológicos y los análisis de susceptibilidad de peligros por estos movimientos efectuados por Ferrer, 1995, 2000, González de Vallejo, L.I, Ferrer, M, Ortuno, L. y Oteo, C, 2000 , Ayala y Corominas, 2003 y Chacón, 2005. Entre los estudios de peligro y riesgos por estos eventos en Cuba se tienen las investigaciones a escala media de Febles y Rodríguez, (2005), Cuevas et al (2007) y Castellanos, 2009 para toda Cuba ó para diferentes regiones. Por otra parte se cuentan con estudios de patologías en diferentes obras e investigaciones de movimientos de laderas locales realizados por las unidades de la

Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas del Ministerio de la Construcción (ENIA), la Facultad de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico, Guardado y Almaguer, 2001 y el CENAIS. Se utilizaron el mapa geológico del Instituto de Geología y Paleontología, el mapa ingeniero geológico de Iturralde Vinent en Albear e Iturralde Vinent, 1985 y datos de informes de la ENIA.

Se consideran los procesos de remoción de masas como resultante de la combinación de factores con similar peso y se retoman ideas del análisis de susceptibilidad, el mapa inventario y la cartografía de unidades geomorfológicas homogéneas de Ferrer, 1995 y 2000, Ayala y Corominas, 2003 y Chacón, 2005 y otros, incorporándose en el análisis en el contenido de los mapas criterios personales. Se identifican los procesos mediante criterios geomorfológicos e investigaciones precedentes (Liner, 1975), (Pisof, 1984) y (Alfonso y Carballo, 1999) e índices indirectos y los mismos se presentan con límites aproximados.

En el análisis de la distribución de las afectaciones o lesiones a las construcciones, se prioriza la observación en construcciones ancianas (construcciones mayores de 50 años) ubicadas en zonas de peligro de elementos exteriores como muros y fachadas) por la posibilidad que brindan de ser observados sin molestar a los moradores. En este sentido se investigan los pisos de portales, las aceras y calles cercanas y se utilizaron mapas del Informe del Proyecto Riesgos Naturales en Municipios de Ciudad de La Habana.

Son cartografiados en el terreno los movimientos de laderas y las construcciones afectadas lo cual y se representan en el mapa geomorfológico, el mapa inventario y en el mapa de unidades geomorfológicas homogéneas. Los mapas de los factores condicionantes son elaborados a partir de los mapas anteriores y mapas precedentes reelaborados. Se evalúan cualitativamente las inestabilidades de las laderas del territorio actuales y las zonas susceptibles. En el análisis se utiliza una aplicación SIG a partir del mapa inventario y reclasificaciones de los mapas ingeniero geológico, geomorfológico y el esquema hidrogeológico. Como resultante de operaciones entre capas se obtiene la susceptibilidad del territorio a estos movimientos (Ver fig.5).

Como resultante de la superposición del mapa de inventario, el mapa de susceptibilidad y el mapa de viviendas en mal estado se obtiene el Mapa de Afectaciones por Movimientos de Remoción de Masas (Ver fig.7) donde se representan las construcciones agrietadas y las expuestas al peligro. Para valorar los nexos existentes entre las lesiones y las inestabilidades de las laderas son utilizados.

### **3. RESULTADOS**

En la investigación se sintetiza la información procedente de reportes y mapas del Instituto de Geología y Paleontología (IGP), la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA), mapas del Informe del Proyecto Riesgos Naturales en Municipios de Ciudad de La Habana así como de los itinerarios efectuados.

### **Factores condicionantes a los movimientos gravitacionales.**

Se encuentran condicionados por las propiedades físicas y resistencia de las rocas, características morfológicas e hidrológicas, la altura e inclinación de las escarpas y taludes de las colinas y terrazas. Entre los factores del territorio intervienen:

#### Litologías de rocas poco resistentes

Entre ellas formaciones carbonatado-terrígenas y terrígenas y presencia de grietas y alineamientos tectónicos.

Profundidad del nivel freático. Según informaciones de la ENIA a menos de 5-10 metros.

#### Morfologías inestables

Colinas con laderas abruptas y escarpes y taludes de terrazas y los taludes de depresiones cárnicas y canteras.

Un ejemplo es el talud meridional de la Colina Príncipe donde se aprecian sedimentos, rocas y árboles inclinados por los movimientos y evidencia la inestabilidad de la ladera (Ver fig. 1)



Fig. 1 Ladera meridional de la Colina Príncipe. Obsérvese su inestabilidad

Se cartografiaban los movimientos actuales donde se evidencia la relación de los movimientos con formas inestables como las colinas, laderas y taludes así como escarpes y taludes de terrazas marinas y erosivas.

En el mapa de susceptibilidad (Ver fig.2) se pronostican las zonas susceptibles a estos movimientos, aunque no se hallan presentado con restricciones de uso condicionado a estudios geotécnicos. Presenta cuatro categorías de susceptibilidad; las categorías alta y media de color rojo se encuentran en la parte central meridional correspondiente con las colinas y sus laderas, favorecidas por litologías poco resistentes y agrietadas en algunos casos. Hacia el norte se encuentra una categoría menor de susceptibilidad de peligro donde existen muy pocos factores condicionantes que favorezcan a los movimientos. No obstante se advierte que las excavaciones de los taludes de depresiones cársticas y canteras y movimientos de rocas en general, favorecen la pérdida de la estabilidad cuando se incumplen los ángulos de pendientes calculados para los taludes. En la zona más septentrional se señala la presencia del carso con oquedades superficiales y subterráneas y la intrusión salina.





Fig.2 Mapa de Susceptibilidad

### Características de los movimientos gravitacionales en el territorio

- Están asociados a laderas, escarpes y taludes de colinas, terrazas, depresiones cársticas y canteras.
- Se relacionan con litologías carbonatadas terrígenas y terrígenas.
- Predominan los deslizamientos. La caída de bloques derrumbes y reptaciones están más restringidos a al suroeste de las Colina Príncipe y Almendares.
- Son reactivados por las precipitaciones intensas de los huracanes tropicales.
- El agrietamiento, la carsificación y la erosión preparan los materiales de las laderas para su desplazamiento.

Se debe reiterar que estos procesos están interrelacionados a la erosión en las zonas más elevadas y a la carsificación en las partes menos elevadas.

### Afectaciones por movimientos gravitacionales

En los recorridos efectuados por las zonas de peligro se encontraron grietas y asentamientos diferenciales en elementos exteriores de construcciones transversales a los escarpes y taludes de terrazas y de las colinas. Siendo evidente la relación espacial

entre los movimientos o las zonas de mayor susceptibilidad y la ubicación de las construcciones agrietadas.

En las afectaciones se encuentran grietas de diversos tipos con predominio de las verticales y las curvas, generalmente tienen lugar en viviendas o edificaciones ancianas (de más de 50 años). Entre los ejemplos de afectaciones se pueden citar las grietas de las viviendas en la Zona SW de la Colina Almendares, grietas curvas en escaleras de acceso a edificios por calle L y 25 (foto de figura 3) y en viales.



Fig.3 Afectaciones de construcciones por los movimientos y otros procesos geológicos.





Fig.4 Mapa de Afectaciones

De lo que resulta que parte del medio ambiente construido se encuentra expuesto a estos peligros y a pesar de su pequeña actividad en su tiempo de exposición provocan asentamientos diferenciales y tensiones acumulativas. Las mismas generan grietas en elementos lineales de construcciones transversales a los movimientos y se evidencian mejor en las construcciones ancianas (de 50 años o más). No obstante es de destacar las edificaciones en zonas de peligro del reparto Kohly en las cuales existen escasas lesiones.

## **CONCLUSIONES**

Como resultado de la aplicación de la secuencia metodológica aplicada se han obtenido los movimientos gravitacionales existentes en el territorio, las zonas susceptibles a los mismos y las afectaciones provocadas por ellos.

Se corrobora la ocurrencia de movimientos gravitacionales en laderas y taludes del territorio ante determinados factores geólogo- geomorfológicos favorecedores. Siendo los mismos inducidos y/o reactivados por las precipitaciones intensas y determinadas acciones humanas.

Entre los movimientos inventariados predominan los deslizamientos superficiales rotacionales, de poca intensidad y pequeños. Además se encuentran, caída de rocas y reptaciones en los taludes meridionales.

Las afectaciones a las construcciones en el territorio están originadas por un conjunto de procesos; entre ellos los movimientos gravitacionales relacionados con la erosión y el carso. Estas son más evidentes en las construcciones ancianas.

Parte del medio ambiente construido se encuentra expuesto a los movimientos gravitacionales, que aunque poco activos, en el tiempo de exposición provocan grietas y pérdidas económicas por las reparaciones.

## REFERENCIAS

Albear F e, M Iturralde Vinent, (1985): Contribución a la Geología de las provincias de la Habana y Ciudad de la Habana Instituto de Geología y Paleontología. Academia de Ciencias de Cuba Editorial Científico Técnica, 155 pp. pág. (24 a 53) y (136 a 143) .

Alfonso H y O,Carballo, 1999: Estudio de Suelo .Microlocalización con Código 2711/1784/98. Archivo Empresa Geocuba Geodesia Agencia. Ciudad Habana. (Inédito)

Almaguer Y y R, Guardado La Caba, (2007): Evaluación de la Susceptibilidad por Deslizamientos en el Yacimiento Punta Gorda .Ponencia presentada en el evento Geociencias 2007, GEF4- P35 ISBN 976-959-7-117-16-2.

Arango, E.; B, Fernández, B.y C, Reyes, (2000): Peligro geológico de la ciudad de Santiago de Cuba y poblados aledaños CENAIS. PNCT “Perfeccionamiento de las medidas de la Defensa Civil para la protección de la economía y la población” AMA CITMA (inédito).

Ayala Carcedo F.J y J Corominas, (2003): Mapas de susceptibilidad a los movimientos de laderas con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España, 191pp (7-20). IGME. Madrid 2003, ISBN 84-7840-466-X .

Castellanos, Abella, E Westen C, J. Van (2001): Landslide Hazard Assessment using the Heuristic Model. IV Taller Internacional de La Tierra y Medio Ambiente IV CONGRESO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA ISBN 959-7117-10-X.

Chacón, J (2005): Mapas de Zonas Inestables y Sistemas de Información Geográfica (SIG).VI Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables Valencia, 21-24 de Junio de 2005.

Colectivo de autores, 1991: Morfotectónica de Cuba Oriental, Editorial Academia. 46pp. Cuevas JL, M Fundora; B Polo; I Pedroso y B Gonzáles (2007): Riesgos geológico geofísicos y tecnológicos inducidos por deslizamientos e inundaciones, lluvias y sismos en condiciones de montañas y valles colindantes: Guamuhaya. Cuba. Geociencias 2007, GEF 2-P9. ISBN 976-959-7-117-16-2.

Colectivo de autores, (2006): Estudio de Riesgos de la Ciudad de La Habana por fuertes vientos, inundaciones costeras por penetraciones del mar e inundaciones por intensas lluvias, AMA, Ciudad de La Habana, 35 pp.

Febles D y Rodríguez, J (2005): Mapa de Susceptibilidad a los Deslizamientos de la República de Cuba. Geociencias 2005, ISBN 959-7 -117-03-7.

Ferrer Gijón, M (1995): Los movimientos de Laderas en España en Reducción de Riesgos Geológicos en España. Editorial TIEASA GRAFICA MADRID ITGE Y REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, 202 pp. PAG (69-82).

González de Vallejo, L;M, Ferrer; L, Ortuño y C Oteo, 2000: Ingeniería Geológica. Prentice Hall. Madrid. 695 pp. ISBN:84-205-31104-9 .

Guardado, R y Y Almaguer, (2001): Estudio de la Peligrosidad por Deslizamiento en La Mina del Yacimiento Punta Gorda, Empresa Ernesto Che Guevara de Moa. Departamento de Geología, Facultad de Geología y Minas, ISMM Moa. GEOMIN 2001.

Hernández, JR, (1989). Geomorfología estructural del sistema montañoso de la Sierra Maestra y de las depresiones Graben adyacentes. La Habana, Edición Academia. Instituto de Geografía. 41 pp.

Lilienberg D. A, L. R Hernández, M. E. Marques y J. L Álvarez, (1993): Movimientos tectónicos recientes en Cuba. Editorial Academia la Habana, 453pp. (Páginas 141-142).

Linier, R, (1984): Informe geológico sobre estabilidad del talud del Hospital Calixto García (Inédito). Fondo de documentación de la ENIA.

Pisof, J (1984): Informe Geológico sobre estabilidad del talud (inédito). Fondo de documentación de la ENIA.