

RIESGO GEOTÉCNICO DE LAS ASOCIACIONES DE VIVIENDA SOL NACIENTE Y DOS DE FEBRERO, CIUDAD NUEVA-TACNA.

GEOTECHNICAL RISK OF THE HOUSING ASSOCIATIONS SOL NACIENTE AND DOS DE FEBRERO, CIUDAD NUEVA-TACNA.

Fredy C. Cabrera Olivera¹

Presentado: 04/08/2018
Aceptado: 03/09/2018
Publicado online: 27/12/2018

RESUMEN

Objetivo: Realizar un análisis de riesgo geotécnico del sector del cerro Intiorko donde se encuentran emplazadas las Asociaciones de Vivienda Sol Naciente y Dos de Febrero ubicadas en el distrito de Ciudad Nueva, con el objetivo de prevenir asentamientos y colapso de las viviendas ubicadas en la zona de estudio. **Metodología:** Se utilizó un diseño correlacional – cuantitativo, empleando la revisión documental de los estudios realizados en la zona de estudio, así como entrevistas realizadas a los pobladores del área involucrada. Se realizaron las investigaciones de campo pertinentes para su procesamiento, análisis e interpretación en gabinete lo que permitió elaborar el informe final de la tesis. **Resultados:** Los factores geomorfológicos-geológicos como: la ladera de pendiente media y las características del depósito Coluvio-Deluvial y Tecnógeno, son las variables que han creado condiciones para que las características geotécnicas del suelo de cimentación no sean las más adecuadas para el emplazamiento de vivienda en dicha zona. **Conclusión:** Las condiciones geológicas-geotécnicas del suelo de cimentación no son las adecuadas para el emplazamiento de viviendas en esa zona del cerro Intiorko.

Palabras clave: Factores geomorfológicos-geológicos, condiciones geológicas-geotécnicas

ABSTRACT

Objective: Carry out a geotechnical risk analysis of the Intiorko hill sector where the Sol Naciente y Dos de Febrero Housing Association is located in the Ciudad Nueva district, with the objective of preventing settlements and collapsing homes located in the study area. **Methodology:** A correlational -

¹ Magíster en Ingeniería Civil con mención en Geotecnia.

quantitative design was used, using the documentary review of the studies carried out in the study area as well as interviews with the inhabitants of the area involved. The relevant field investigations were carried out for its processing, analysis and interpretation in the cabinet, which allowed for the final report of the thesis. Results: Geomorphological-geological factors such as: the slope of the medium slope and the characteristics of the colluvial-deluvial deposit are the variables that have created conditions so that the geotechnical characteristics of the foundation soil are not the most suitable for the placement of housing in that zone. Conclusion: The geological-geotechnical conditions of the foundation soil are not adequate for the placement of houses in that area of the Intiorko hill.

Keywords: Geomorphological-geological factors, geological-geotechnical conditions

INTRODUCCIÓN

Después de ocurrido el terremoto del 23 de junio del 2001, se realizó una evaluación de las viviendas construidas en el valle de Tacna tanto en la zona llana así como en la ladera del cerro Intiorko, detectando que los mayores daños se produjeron en dicha ladera debido a su constitución litológica [CITATION Ind01 \l 2058]. En el año 2002 se realiza el mapa de peligro de la ciudad de Tacna, que confirmó dicha evaluación preliminar, ya que se consideró de manera general que la zona llana poseía mejores condiciones geológicas geotécnicas. La expansión urbana de la ciudad de Tacna ha generado que zonas como la del presente estudio, fuera invadida en los años posteriores al sismo del 2001, generando gran preocupación, en vista que constituye una zona de riesgo ante una eventual acción sísmica o erosión hídrica ante la ruptura del sistema de desagüe, debido a la precariedad de las condiciones geológicas-geotécnicas de dicho lugar. La zona de estudio se encuentra ubicada en la ladera del cerro Intiorko que constituye el flanco derecho del valle del río Caplina, donde en el pasado se sucedieron una serie de derrumbes a expensas de las rocas volcánicas y sedimentarias de las formaciones Huaylillas y Moquegua. Dicho derrumbe, geológicamente constituye un depósito Coluvio Deluvial de más de 100 m. de espesor y que granulométricamente está constituida por arenas limosas en estado suelto y que según SUCS se le clasifica como SM, por lo tanto dicho suelo presenta características geotécnicas deficientes. Así mismo, el riego de árboles y arbustos que se observan en dicho lugar, generaron un incremento en la humedad de los suelos, lo cual originó, en algunas áreas, la desestabilización de los mismos.

Según [CITATION Tav04 \t \l 2058] el Perú está ubicado en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico presenta un alto potencial sísmico debido ello al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Según [CITATION Bla04 \l 2058], las viviendas se hacían con muros de albañilería confinada, pues este sistema estaba difundido en nuestro país. Pero, a partir del año 2001 se comienza a usar el sistema de muros portantes, pero con muros de concreto armado de ductilidad limitada. El D.S. N° 111-2012-PCM que incorpora la Gestión de Riesgo de Desastres como Política Nacional y cumplimiento obligatoria para las entidades del Gobierno Nacional (2012). Diversas experiencias a nivel nacional y mundial han demostrado que las acciones de prevención y mitigación son de mayor costo – beneficio que las acciones post – desastre [CITATION Ind1 \t \l 2058]. En este contexto es que se desarrolla el presente

estudio, teniendo como meta la identificación de acciones y proyectos de mitigación de peligros para la ciudad de Tacna. El espectro de peligro sísmico para Tacna se ha determinado a partir de un estudio de peligro sísmico el mismo que fue evaluado probabilísticamente con el método desarrollado por [CITATION Cor68 \l 2058]. Incorpora los efectos de todos los sismos de las fuentes sismogénicas considerando las características tectónicas en el entorno del sitio, los valores de magnitud máxima, la relación frecuencia-magnitud y las distancias al sitio medidas desde todos los puntos dentro de cada una de las fuentes, de esta forma se logra considerar la probabilidad de ocurrencia de diferentes sismos. La ingeniería geológica, como ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas producidos por la interacción entre el medio geológico y la actividad humana, tiene una de sus principales aplicaciones en la evaluación, prevención y mitigación de los riesgos geológicos, es decir, de los daños ocasionados por los procesos geodinámicos. Peligrosidad es “la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de un nivel de intensidad determinado, dentro de un período de tiempo determinado y dentro de un área específica” [CITATION Var84 \l 2058]. Vulnerabilidad es el grado de daños o pérdidas potenciales de un elemento o conjunto de elementos, provocado por la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. (Acosta, 2011) describe las diferentes unidades geomorfológicas y geológicas presente en el cuadrángulo, donde se han determinado geoformas llanas muy amplias denominadas como Pampa Costanera, el Flanco Disectado de los Andes y la Puna; las cuales fueron incididas por factores tectónicos y erosionales las que actuaron sobre rocas sedimentarias y volcánicas, así como en sedimentos granulares y finos.

En nuestra zona de estudio gran parte de la Pampas Costanera han sido erosionada por los ríos Caplina, Uchusuma y otras quebradas que se han instalado en forma paralela y en dirección NE a SW, restos de esta unidad geomorfológica lo constituyen los cerros Arunta, Malos Nombres, Los Churcos, Hospicio Antiguo, Los Escritos, etc., en el lado Oeste del área de estudio esta superficie es más amplia y forman los cerros Intiorko, Lomada La Cruz, cerro Para, cerro Magollo, etc. Los rasgos geomorfológicos que se observan en el sector de la lomada Intiorko corresponden a la actividad tectónica y geomorfológica y que son típicos de Valles de la Costa con laderas empinadas moldeadas en rocas sedimentarias y volcánicas, una zona de terrazas estructurales horizontales a subhorizontales producto de la tectónica, del desgaste del intemperismo, de la erosión fluvial y la zona conocida como cañón de erosión que constituye el desgaste producto de la avenida del río.

OBJETIVOS

- a. Caracterizar Geomorfológica y Geológicamente el área de estudio para determinar si se producirán derrumbes en los taludes de corte donde se han emplazado las viviendas.
- b. Caracterizar los suelos de cimentación para determinar la capacidad portante y analizar la estabilidad de los taludes de corte en condiciones pseudoestáticas y conocer si las viviendas colapsarían frente a la ocurrencia de un sismo.
- c. Analizar el tipo de suelo, granulometría y densidad natural de campo para determinar su resistencia a la erosión hídrica

METODOLOGÍA

Investigación aplicada, propositiva, en la modalidad de experimentación. La población sujeta de estudio es la Asociaciones de Vivienda Sol Naciente y Dos de Febrero ubicadas en el distrito de Ciudad Nueva. Se ha utilizado laboratorio de campo y laboratorio de Mecánica de Suelos como: Cono de Arena para determinar la densidad de campo. Norma NTP 339.143:1999, Mallas para análisis granulométrico, equipo automático para ensayos de corte directo y residual. Se ha utilizado el software para el cálculo de la capacidad portante y estabilidad de taludes Loadcap y cálculo con Excel para determinar la capacidad portante de los suelos y SLIDE para calcular el factor de seguridad de los taludes de corte. Se desarrolló la exploración del área donde se desarrolló el estudio y ubicación de dos calicatas. Excavación de tres calicatas y dos trincheras hasta una profundidad de 2,00 m. Extracción y rotulado de muestras, identificación visual de los suelos y elaboración de los respectivos perfiles estratigráficos. Prueba de densidad de campo y ejecución de ensayos de laboratorio y determinación de las características físicas y mecánicas de los materiales que conforman el terreno de cimentación donde se encuentran emplazadas las asociaciones de vivienda.

Para efectuar las mediciones de campo,, se somete al subsuelo a una corriente continua mediante dos electrodos (de emisión). A continuación, se mide la intensidad de campo I, la diferencia de potencial Δv , utilizando otros dos electrodos (de recepción) dentro de los anteriores (según la configuración Schlumberger) lo que permite, además de la constante de instalación K, obtener un valor de resistividad del horizonte involucrado. Estos valores de resistividad aparente se van graficando en el campo, a medida que se obtienen; a fin de controlar la evolución de la curva resultante y efectuar las correcciones necesarias. Se utilizó un papel logarítmico, indicándose en las abscisas, las semilongitudes de las líneas de envío (AP/2), y en las ordenadas, las resistividades aparentes (Pa). Se efectuó un total de 03 Sondajes Eléctricos Verticales (SEV). Se realizó un sondaje eléctrico vertical (SEV 03) paramétrico o de contraste al costado del pozo existente.

RESULTADOS

En la tabla 1 adjunto se muestra el resultado de la interpretación cuantitativa de los SEVs efectuados, en términos de resistividad verdadera, y el espesor de los diferentes horizontes geoelectricos identificados.

Tabla 1
Sección Geoelectrica A – A'

SEV	R ₁ (Ω -m)	E ₁ (m)	R ₂ (Ω -m)	E ₂ (m)	R ₃ (Ω -m)	E ₃ (m)	R ₄ (Ω -m)
01	322/1366/287	0,2/3,0/3,0	43/61	11/11	10	75	370
02	6/214	0,28/9,0	28	34	3	76	287
03	114/39/103	1,0/2,0/4,0	30/15/28	33/45/8,0	2	54	464

Sección geoelectrica correlacionada con el modelo geológico:

- **El Primer Horizonte Geoeléctrico H1**, Corresponden a depósitos Tecnógenos provenientes de la excavación de la ladera para conformar plataformas para emplazar las viviendas
- **Segundo Horizonte Geoeléctrico H2**, Depósito Coluvial a expensas de las tobas volcánicas y areniscas tobáceas de la formación Huaylillas
- **Tercer Horizonte Geoeléctrico H3**, Depósito Coluvial proveniente principalmente de las tobas finas de la formación Huaylillas
- **Cuarto Horizonte Geoeléctrico H4**, Formación Huaylillas constituida probablemente de areniscas tobáceas muy fracturadas altamente fracturadas.

Se aperturaron 03 calicatas y 02 trincheras (tabla 02):

Tabla 2

Parámetros geotécnicos de la zona de estudio.

CALICATA	ÁNGULO DE FRICCIÓN	COHESIÓN (c) kg/cm²	DENSIDAD SECA (γ) gr/cm²
C-01	26,78	0,058	1,35
C-02	27,07	0,032	1,29
C-03	26,62	0,057	1,748
Bloques de roca	41	0,27	2,75

Los suelos de cimentación areno limosos (SM) presentan una densidad natural de campo entre 1,270 a 1,456 gr/cm³ y densidad seca entre 1,176 a 1,348 gr/cm³ y cohesión entre 0,057 a 0,058 kg/cm² y un ángulo de fricción entre 26, 62° a 26, 78°. Respecto a la capacidad admisible de los depósitos coluvio-deluvial, se determinó la densidad natural en 1,359 gr/cm³ y una densidad seca de 1,294 gr/cm³ y una cohesión de 0,032 kg/cm² un ángulo de fricción 27,07°, obtenidos de la prueba de corte directo. **El depósito Coluvial** constituido por bloques y cantos rodados subangulares y de acuerdo al mapeo geomecánico tiene un RMR de 25, por lo tanto, se le asignó las constantes $m = 0,069$ y $s = 0,000003$, la roca presenta una resistencia a la compresión simple de 10 mPa y de acuerdo a la formulación de Hoek Brown la capacidad admisible de la roca es de 10 kg/cm². Con toda la información obtenida se procedió a elaborar el mapa MRG-04 de Capacidad Admisible para la zona de estudio. Los Factores de Seguridad obtenidos para los taludes de la sección A-A' se presentan en la siguiente Tabla 8.

Tabla 3

Factores de Seguridad obtenidos para la sección A-A'

Nº de Talud	Factor de Seguridad
Talud 1	1,42
Talud 2	0,89
Talud 3	1,19

Determinación de la Vulnerabilidad (Condiciones Seudoestáticas)

La vulnerabilidad constituye el grado de pérdida provocado por la ocurrencia de un fenómeno o proceso geológico, para que exista vulnerabilidad debe existir un elemento bajo riesgo. Los elementos bajo riesgo identificados son los siguientes.

- Calles y Pasajes
- Viviendas

Las zonas donde no existe ninguno de estos tres elementos se han considerado de vulnerabilidad nula

Tabla 1

Grado de Vulnerabilidad de los Elementos Bajo Riesgo al Proceso Geológico

PROCESO GEOLOGICO	Deslizamientos de Suelos	Asentamiento o Hundimiento	Erosión Hídrica
Viviendas	<p>Aprovechamiento de laderas para fines de vivienda:</p> <p>Las zonas de vivienda que se encuentra en pendientes entre 15° a 30° donde han emplazado terrazas no han sido reforzadas. Constituye una zona inestable en un 80%</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Alta</p> <p>Las zonas de vivienda que se encuentra en pendientes mayores a 30 ° en roca</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Baja</p>	<p>Aprovechamiento de laderas para fines de vivienda:</p> <p>Las zonas de vivienda que se encuentra emplazada donde el suelo de cimentación presenta baja capacidad admisible en 90%</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Media</p> <p>Mientras que las condiciones mejora en la zona aflora la roca volcánico sedimentaria</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Baja</p>	<p>Aprovechamiento de laderas para fines de vivienda:</p> <p>Las zonas de vivienda que se encuentra emplazada en arenas limosas en estado suelto 90% fácilmente erosionable ante la acción del agua</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Alto</p> <p>Mientras que las condiciones mejora en la zona aflora la roca volcánico sedimentaria</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Baja</p>
	<p>Calles y Pasajes</p> <p>Las zonas donde se emplazan las calles y pasajes en terrazas que constituidas por arenas arcillosas en estado suelto. Constituye una zona inestable en un 80%</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Alta</p>	<p>Las zonas donde se emplazan las calles y pasajes en terrazas que están constituidas por arenas arcillosas en estado suelto de baja capacidad admisible. Constituye una zona inestable en un 80%</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Alta</p>	<p>Aprovechamiento de laderas para fines de vivienda:</p> <p>Las zonas de vivienda que se encuentra emplazada en arenas limosas en estado suelto 90% fácilmente erosionable ante la acción del agua</p> <p>Grado de Vulnerabilidad: Alta</p>

El comportamiento de cada elemento frente al proceso geológico dependerá de las características del elemento y de la intensidad del proceso. En la Tabla 1 se muestra la clasificación y la calificación de grados de vulnerabilidad otorgada para cada elemento bajo riesgo con respecto al fenómeno geológico las cuales han sido estimadas mediante observaciones realizadas en campo. Para un análisis más detallado de la vulnerabilidad, es necesario realizar ensayos de laboratorio (medidas de porosidad, permeabilidad, etc.), tener información de las características de las edificaciones (cantidad de edificaciones nuevas y antiguas, naturaleza de los materiales, etc.).

En las Tablas 2, 3, 4 se muestra los valores de riesgo total obtenidos para los diferentes valores de peligrosidad y de Vulnerabilidad.

Tabla 2

Riesgo Total Obtenido para Valores de Susceptibilidad Baja

SUSCEPTIBILIDAD BAJA			
PROCESO GEOLÓGICO	Deslizamiento de Suelos	Asentamiento o Hundimiento	Erosión Hídrica
Viviendas	0,82%	4,95%	3,3%
Calles y Pasajes	0,82%	4,95%	3,3%

Tabla 3

Riesgo Total Obtenido para Valores de Susceptibilidad Media

SUSCEPTIBILIDAD MEDIA			
PROCESO GEOLÓGICO	Deslizamiento de Suelos	Asentamiento o Hundimiento	Erosión Hídrica
Vivienda	No existe	No existe	No existe
Calles y Pasajes	No existe	No existe	No existe

Tabla 4

Riesgo Total Obtenido para Valores de Susceptibilidad Alta

SUSCEPTIBILIDAD ALTA			
PROCESO GEOLÓGICO	Deslizamiento de Suelos	Asentamiento o Hundimientos	Erosión Pluvial
Viviendas	89,10%	69,30%	79,20%
Calles y Pasajes	89,10%	69,30%	79,20

Zonificación y Mapa de Riesgo

De acuerdo a la evaluación de riesgo se tiene los siguientes resultados que se muestran en las tablas 5, 6 y 7:

Tabla 5

Evaluación de Riesgo por Deslizamiento

Elemento	Alta	Media	Baja
Viviendas	89,10	0	0,825
Calles y Pasajes	89,10	0	0,825

Tabla 6*Evaluación de Riesgo por Asentamiento o Hundimiento*

Elemento	Alta	Media	Baja
Viviendas	69,30	0	4,95
Calles y Pasajes	69,30	0	4,95

Tabla 7*Evaluación de Riesgo por Erosión Hídrica*

Elemento	Alta	Media	Baja
Viviendas	79,20	0	3,30
Calles y Pasajes	79,20	0	3,30

Las viviendas y calles presentan riesgo Alto en un 89,10% por deslizamiento y 69,30% riesgo Alto por Asentamiento o Hundimiento (capacidad admisible) y riesgo Alto en un 79,20 por erosión hídrica.

DISCUSIÓN

Se analizó las características geotécnicas del sector del cerro Intiorko donde se encuentra emplazada las Asociaciones de Vivienda Sol Naciente y Dos de Febrero y se concluye que no garantizan la construcción de viviendas. Se producirán derrumbes de los taludes de corte de las terrazas construidas para el emplazamiento de las viviendas, ya que el factor de seguridad en estos lugares es menor a 1,20 en condiciones pseudoestáticas. La presencia de un terremoto hará colapsar las actuales viviendas en un 70%, ya que la Capacidad Admisible del depósito tecnógeno (SM) se encuentra entre 0,73 kg/cm² y 0,81 kg/cm², calificado como muy baja y la Capacidad Admisible de los depósitos Coluvio-Deluvial (SM) es de 0,78 kg/cm², calificado como muy baja. La rotura de alguna de las tuberías de desagüe, provocaran la erosión hídrica de los suelos, ya que se trata de suelos colapsables ya que su límite líquido es menor a 22,78% y su densidad seca es menor a 1,348 gr/cm³. Las viviendas y calles presentaran riesgo Alto en un 89,10% por deslizamiento y riesgo Alto en un 69,30% por Asentamiento o Hundimiento (capacidad admisible) y riesgo Alto en un 79,20% por erosión hídrica.

Debido que en la zona de estudio las viviendas en la actualidad construidas precariamente y que cuenta con los servicios básicos como agua y desagüe, energía eléctrica; se recomienda qué tipo de construcción de las viviendas deberá ser de tipo prefabricada con Drywall. Los sistemas de agua y desagüe deberán ser adecuadamente operados y mantenidos ya que los suelos son potencialmente colapsables y que al incremento de la humedad empeorarían aún más sus condiciones geotécnicas. Las autoridades de la Municipalidad Provincial de Tacna deben acatar el Plan de Desarrollo Urbano de Ciudad de Tacna 2014-2023, que indica que las laderas del cerro Intiorko son consideradas zonas no urbanizables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, H. (2011). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. *Boletín N°139 Serie A - Ingemmet*, 83.
- Acosta, H., Mamani, M., Alvan, A., & Rodríguez, J. (2012). Geología de los cuadrángulos de la Yarada, Tacna y Huaylillas Hoja 37-u,37 - v y 37-x. *Carta Geológica Nacional - Boletín N°145 Serie A*, 87.
- Blanco, A. (2004). Los edificios de muros delgados de concreto y las nuevas normas para su diseño. 4.
- Cornell, C. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1-24.
- Indeci. (2001). Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna – Cono Norte. Tacna-Perú. *UNJBG - ESGE*.
- Indeci. (2004). Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna. Tacna-Perú. *INDECI PNUD PER 02/51*.
- Indeci. (2007). Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Tacna. Obtenido de Tacna, Perú. *INDECI-PNUD PER 02/051, C. S.*
- NTP -030. (2010). Diseño sismorresistente para edificaciones . *NORMA TÉCNICA E.030*, 32.
- Tavera, H., & Bernal, I. (2005). Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste de Perú. *Instituto Geofísico del Perú*, 32.
- Tavera, H., & Buforn, E. (1998). Simicidad y Sismotectónica de Peru: Física de la Tierra, Norteamérica (Seismicity and Seismotectonics of Perú. *Physic of the*
- Varnes, D. J. (1984). Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. *Commission on landslide of the IAEG, UNESCO. Natural Hazard No 3*, 61.
- Varnes, D. J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principle and practice. *International Association of Engineering Geology*, 60.