

Resistencia de los estratos de suelos cuaternarios a las cargas estáticas en el malecón Grau, distrito de Chorrillos - Lima

Resistance quaternary strata soil to static in the malecón Grau, district of Chorrillos - Lima

Tomás Gallarday B.¹, José R. Vásquez S.²

RECIBIDO: 08/07/2016 - APROBADO: 27/08/2016

RESUMEN

Para realizar este trabajo hemos leído informes técnicos y de investigación, en la biblioteca de la Municipalidad de Chorrillos y en otras instituciones públicas y privadas (IGN, Ingemmet, Imarpe, Instituto Geofísico del Perú, etc.). Revisamos también los informes efectuados por los peritos del CIP: Juan Antonio Chafloque, Elia Ángeles y Augusto Ortiz de Zevallos. Los trabajos realizados en el campo fueron: cartografiado geológico de la escarpa del malecón Grau, muestreo sistemático y de detalle en los estratos de suelos visibles. A dos muestras se les estudiaron mecánicamente y se les hicieron análisis geoquímicos. Los resultados permitieron determinar su granulometría, porcentajes de sales, sulfatos y cloruros. En el gabinete se realizaron los dibujos, el ordenamiento de la información traída de campo, como la redacción de este informe, que persigue recomendar a la autoridad local para que logre mayor vida útil a la obra civil que planea ejecutar en el malecón Grau [1, 2, 3].

Palabra clave: Resistencia del suelo del malecón Grau, Chorrillos - Lima.

ABSTRACT

To make this work we read technical and research reports in the library of the municipality of Chorrillos and other public and private institutions (IGN, INGEMMET, IMARPE, INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERU, etc.), also we review the reports made by the experts of CIP. Juan Antonio Chafloque, Elia Angeles and Augusto Ortiz de Zevallos. Work in the field were: Geological mapping of the escarpment seawall Grau, detailed and systematic sampling in strata of visible soil, two samples were studied mechanically and geochemical analyzes were performed, the results allowed to determine its particle size, percentage of sales, sulfates and chlorides. In the cabinet drawings, ordering of traida field information, such as the writing of this report, he pursued recommend to the local authority to achieve longer life to civilian work plan to run was conducted in the malecon Grau [1, 2, 3].

Keywords: Resistance of the soil of the Malecón Grau, Chorrillos - Lima.

1 Docente del Departamento de Ingeniería Geológica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: tgallardayb@gmail.com

2 Egresado del doctorado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

I. INTRODUCCIÓN

El acantilado del malecón Grau está ubicado en la jurisdicción política del distrito de Chorrillos - Lima, su superficie ha sido disturbada por fracturas verticales, grietas, pequeños levantamientos y hundimientos sinusoidales, visibles en las pistas veredas y en la escarpa, la que está formada por diferentes estratos de suelos arenosos, limo arcilloso, dolomitos y conglomerádicos. Figuras N° 1 y 2.



Figura N° 1.

Figura N° 2.

Ambas presentan estratos de suelos disturbados.

Las fracturas y grietas son el resultado de los procesos geomecánicos, los cuales se dieron por diferentes eventos geológicos sucedidos en el pasado, como consecuencia se han formando dos zonas riesgosas, vulnerables e inseguras (Lisson, 1908).

La vulnerabilidad será mayor si se aumentan las cargas estáticas dadas por el peso de las obras civiles, sin aplicar correctivas medidas ingenieriles u ocurriese un sismo de grado siete a más en la escala de Richter; de ser así, los impactos negativos serán causados por la caída de detritos y escombros de la escarpa (Predes).

La geodinámica fue investigada mediante cartografiado geológico, muestreos, ensayos, análisis y visitas *in situ*. El resultado final es una propuesta que busca minimizar o mitigar los efectos de futuros eventos geomecánicos. Figuras N° 3 y 4.



Figura N° 3.

Figura N° 4.

Estratos de suelos disturbados cuaternarios.

1.1. Marco teórico

1.1.1. Antecedentes históricos

El nombre San Pedro de Chorrillos se dio por su población dedicada a la pesca y por la presencia de chorrillos o chorrillos de agua dulce que antiguamente caían por los acantilados marinos a la playa. En 1679 el virrey Conde de Lemos visitó Chorrillos en busca de baños y buen clima.

En la época de la independencia, Chorrillos fue puerto; en el gobierno de Agustín Gamarra, Chorrillos duplicó su población; Ramón Castilla ordenó el trazado de los planos del antiguo malecón, se creó por ley el 2 de enero de 1857.

En 1950 se iniciaron las obras en la villa Chorrillos sobre un terreno donado por Francisco Pérez C.; su malecón de madera con barandas permitía una vista panorámica de la costa, y tenía dos glorietas.

La comunicación del distrito con Lima se hizo primero con acémilas y carretas. Los coches y las calesas fueron usados por las clases pudientes; el 7 de noviembre de 1858 se inauguró el tren que lo unió con la capital, Lima. Se construyeron alamedas y parques; en sus principales calles se sembraron ficus, molles y sauces. San Pedro de Chorrillos fue el nombre oficial dado a fines del siglo XIX.

Chorrillos fue quemado en la Guerra del Pacífico (1879-1883). No recuperó su antiguo esplendor, a pesar de ser reconstruida, siguió albergando a los sectores pudientes de la capital limeña hasta que se produjo el terremoto de 6 grados en la escala de Richter el 24 de mayo de 1940[3].

1.1.2. Antecedentes actuales

La población de Chorrillos es de 365,000 habitantes, distribuida en una superficie de 38.94 km², con 49.14 % mujeres y 50.86 % hombres, existen 58,337 viviendas (según Censo X de Población y V de Vivienda 2005). La zona que rodea al área protegida tiene una población de 116,200 habitantes, distribuida en 21,200 viviendas, esto es 5 personas por vivienda.

Al inspeccionar el malecón Grau, se constata que persisten las grietas en la pista, las veredas de las viviendas y el muro perimétrico ciclópeo. Ellas han sido originadas por procesos geodinámicos recientes, también se ve los pequeños levantamientos y hundimientos sinusoidales en las pistas, las veredas y en los estratos de suelos (arenosos, limo arcillosos, dolomíticos y conglomerádicos que forman su escarpa) (Lisson, 1908).

Los actuales procesos geodinámicos aún no han sido mitigados; ello fundamentó esta investigación que busca determinar sus causas y efectos. Para hacerlo, primero realizamos la identificación de las unidades litológicas, luego hicimos el cartografiado y el muestreo en dos de los estratos de suelos superiores que están muy disturbados. Las muestras obtenidas fueron llevadas al laboratorio del MTC, en paralelo se hicieron análisis geoquímicos en el laboratorio SGS Perú; también se efectuaron pruebas de granulometría, absorción de agua, factor de esponjamiento y resistencia del suelo. No se determinó el empaque por aplicación de la compresión simple *in situ* debido al alto porcentaje de limos y arenas presentes en el suelo.

1.1.3. La fundamentación científica, humanística y técnica

La determinación de las causas para el agrietamiento de la superficie en el acantilado marino del malecón Grau es previsible, pues se incrementará si se colocan grandes cargas estáticas sobre su superficie. Para evitarlo deberán

tomarse las medidas ingenieriles correctivas, como las que ya programaron realizar las autoridades: la instalación de pilotes y un control en la infiltración de agua, instalando una geomembrana a 3 metros debajo del suelo; esta evitará la percolación del agua, que es destinada para uso en el mantenimiento de las áreas verdes ubicadas sobre la corona del malecón. Los planteamientos serán ingenierilmente controlados, en caso de la instalación de 14 piletas, reforzando también el talud o escarpa [11].

En paneles indicativos, el concejo distrital de Chorrillos prometió veredas estampadas, nueva iluminación, amplias áreas verdes, un mirador y una “plataforma a desnivel”, además de las fuentes con vistosos juegos de agua. Peso estático que “el talud resistirá si se maneja ingenierilmente la escarpa”, lo confirma el dictamen de la pericia realizada por Chafloque y Ángeles en su dictamen del 01 de setiembre del 2010.

Para que el proyecto sea factible, deben construirse nuevos muros de contención, diseñados a partir de estudios de suelos y estabilidad de taludes. Debe lograrse antes de iniciar las obras, las que llevarán pilotes que lleguen al estrato conglomerádico, que es de mayor resistencia portante 7 kg/cm^2 [5,6,7].

La construcción de muros de contención se sustenta por la presencia de sectores inestables, uno está frente a la intersección de la calle Castilla con el malecón, su terreno ha cedido quedando un espacio vacío debajo del piso. Figuras N° 5 y 6.



Figura N° 5.

Figura N° 6.

El subsuelo de 2 sectores del malecón Grau está inestable.

El proyecto estuvo a cargo de Valdivia y Céspedes, trabajadores de la municipalidad de Chorrillos, quienes indicaron que el estudio de suelos recomienda construir pilotes y muros; este fue realizado por Barreda G.C. el año 2009. El contenido de su informe lo aceptó la Sra. Aramburú, representante del Club de Damas del distrito de Chorrillos.

Por otro sector, el patronato del distrito de Chorrillos Histórico presentó una acción de amparo para oponerse a la remodelación del parque Cuadros y el malecón Grau. El recurso fue admitido a trámite el 25 de junio del 2010 y tuvo éxito, ya que el P.J. paralizó la obra y el Instituto Nacional de Cultura le impuso una multa de 80 UIT a la municipalidad de Chorrillos, por no haberle consultado sobre dicha construcción.

Queda claro que para poder desarrollar el proyecto civil planteado por el alcalde distrital Miyashiro, obra

que modernizará la superficie del malecón, se deben obtener primero los permisos correspondientes. Un hecho apresurado originó la intervención del INC y la multa de S/. 280,000.00 a la municipalidad de Chorrillos, que para evitar pagar reconstruyó el malecón Grau, tal como se observa en la actualidad, sin minimizar los riesgos. De ello se informó con algunos paneles.

1.1.4. Justificación

Existe una gran expansión demográfica en el distrito de Chorrillos. En su jurisdicción de 38.94 km^2 vive una población de 365,000 habitantes, sumada a ella la de otros distritos de Lima que acude al malecón Grau. Por ello, emerge la necesidad de pensar que todas las personas deben tener seguridad durante su recreación. Además las pistas, veredas e instalaciones de las playas marinas como “Los Pescadores” y “Regatas Lima” requieren que se minimice el riesgo por caídas de rocas o escombros [8,9].

Además, perseguimos mitigar la vulnerabilidad del malecón Grau en caso de sismos. Estas acciones se darán a conocer en un informe, previo diálogo con las autoridades locales. En él, también se indicarán las conclusiones de esta investigación.

En las viviendas y los modernos edificios ubicados en el área perimétrica o sector este del malecón Grau, es probable que requieran mayor seguridad en sus bases, para mitigar su vulnerabilidad. Figuras N° 7 y 8.



Figura N° 7 .

Figura N° 8.

Las obras civiles cerca la escarpa tienen riesgo.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Trabajos de campo

Se cartografió y muestreó el suelo del malecón Grau. Las muestras fueron ensayadas y sometidas a análisis geoquímicos en el laboratorio MTC SGS-Perú [1,2,3]. El análisis efectuado a los resultados granulométricos, absorción de agua, composición química y resistencia a la compresión simple permitió elaborar una propuesta técnica, tendiente a evitar que el actual perfil de equilibrio ceda por el sobrepeso estático a la percolación de agua o acción de sismos.

El cartografiado geológico, interpretado como el resultado de los ensayos geoquímicos hechos a las muestras de suelos, permitió desarrollar algunas alternativas, las que son presentadas a la universidad. Ellas incluyen medidas solutivas, medidas de mitigación de seguridad y vulnerabilidad del malecón Grau.

Coordinando con el Departamento de Ingeniería y Arquitectura de la Municipalidad de Chorrillos (Céspedes y Valdivia), se hizo conocer a la autoridad local lo negativo que es mantener el actual muro perimétrico ciclópeo y no controlar el agua usada en el regadío de áreas verdes del malecón Grau.

Se determinó la resistencia inconfiada de los suelos del malecón Grau, para esto se usó el PRIMA-100 Deflectómetro de Impacto Portátil FWD.

Al bajar el caudal del agua usada en el malecón Grau, se bajará también la dinámica de las fracturas, las grietas, los hundimientos y los levantamientos, que son áreas riesgosas y vulnerables.

La condición insegura y peligrosa requiere tomar medidas preventivas mediante la aplicación de una propuesta tendiente a minimizarla o mitigarla.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con esta investigación se obtuvo conclusiones específicas, que, de ser tomadas en cuenta en el desarrollo del proyecto municipal destinado a embellecer el malecón Grau, impactará positivamente.

La universidad con la comunidad distrital tentará abrir en el futuro otros proyectos, cumpliendo su rol de llegar a la comunidad.

Las presentes conclusiones pueden impactar en la mente e imaginación de la población distrital, mejor aún si se imprimen en cartillas, las que deben ser dadas al final de la ejecución de talleres.

Las autoridades locales pueden aceptar estas conclusiones que contribuyen a solucionar sus actuales problemas sociales, más aún si la población acepta el cambio. Para ello se incluye la resistencia de los estratos de suelos cuaternarios formados por arenas finas y gruesas. Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Resistencia de arenas gruesas y finas de la escarpa del malecón Grau.

Identificación de muestras 1 y 2	Resultado (mg/kg)
Arena fina	282
Arena gruesa	228

3.1. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en el agua que se usará en agregados u hormigón (concreto) (Tabla N° 2).

Tabla N° 2. Resistencia de los limos y arcillas de los estratos cuaternarios del malecón Grau.

Identificación de muestras 3 y 4	Cloruros mg/kg	Sulfatos mg/kg
Limo arcilla	16	44
Limo arcilla	11	26

3.2. Capacidad de carga admisible (según Terzaghi)

Como el estrato por debajo del nivel de desplante del cimiento es un suelo cohesivo, la capacidad cortante del suelo de cimentación se ha determinado basado en el ensayo de compresión simple no confinada, con la finalidad de obtener el grado de cohesión C. Los valores que se utilizarán en las fórmulas convencionales de Terzaghi - Meyerhof se aplican introduciendo los respectivos coeficientes de seguridad a la fórmula que se detalla. Ver Tabla N° 3.

$$Q_d = C N_c S_c + \gamma D_f x N_q + 0.5 B \gamma x N_z S$$

Tabla N° 3. Valores finales obtenidos al aplicar la fórmula de Terzaghi [9,14,15].

Datos	Tipo obra civil	Cap. de carga	Resultados
$\emptyset = 18.8^\circ$	$S_\gamma = 0.980$	$N_q = 5.69$	$Q_d = 5.18 \text{ kg./cm}^2$
$C = 0.224 \text{ kg./cm}^2$	$S_c = 1.030$	$N_c = 13.76$	FS. = 3
$G = 2.109 \text{ gr./cm}^3$		$N_z = 2.87$	$Q_a = 1.73 \text{ kg./cm}^2$
$D_f = 1.30 \text{ m}$			
$B = 1.50 \text{ m}$			
$L = 15.00 \text{ m}$			
$N.F = NP \text{ m}$			

Por 3 por factor de seguridad de carga; luego, la capacidad de carga admisible es:

$$Q_a = 1.73 \text{ kg./cm}^2 = (\text{factor de seguridad para cargas estáticas}).$$

Las construcciones modernas con quince metros de retiro de la escarpa del malecón Grau tienen su cimiento sobre una carpeta de concreto armado, soportada por pilotes que se apoyan en horizontes conglomerádicos que son los que tienen mayor resistencia a 7 kg./cm^2 [14, 15].

El Cristo del Pacífico ha impactado en la zona, por innumerables visitas de personas nacionales y extranjeras.

Se adjuntan las vistas de las bocas de los inclinómetros formadas por dados de concreto, de las seis perforaciones de 16 m c/u, realizadas para hacer el estudio del desplazamiento de los horizontes de los suelos, trabajos que fueron hechos por la empresa Geotecnia, contratada por el municipio de Chorrillos. Figuras N° 9, 10, 11, 12, 13, 14.



Figuras N° 9, 10, 11, 12, 13, 14. Están formadas por dados de concreto o boca inicial de los inclinómetros, por el centro de un tubo de PVC 4" se introdujo el giroscopio y se midió un desplazamiento en mm que fue mínimo de los estratos de suelos cuaternarios.

El diagrama de profundidad y desplazamiento en mm de los seis inclinómetros fueron protegidos por PVC. Dentro de ellos se introdujo el giroscopio a los sondeos de 16 m de profundidad, para así poder medir el deslizamiento en mm de los estratos de suelos cuaternarios; no se observó desplazamiento de estos durante el monitoreo realizado en 6 meses.

IV. CONCLUSIONES

El agrietamiento y fracturamiento del malecón Grau es originado por la infiltración y la percolación del agua, que en la actualidad es utilizada en el regadío de los jardines, que no cuenta con control técnico (geomembranas y drenaje por tuberías de purgado).

La resistencia del suelo del malecón Grau varía de $Q_u = 1.73 \text{ kg/cm}^2$ = (o factor de seguridad para cargas estáticas en limos y arenas), los suelos conglomerádicos tienen mayor resistencia a la compresión simple: de 7 kg/cm^2 a más [4,10] .

El resultado final de los seis inclinómetros colocados dentro de seis perforaciones de 16 metros de profundidad c/u, monitoreados durante 6 meses por la empresa Geotecnia, demostró que no existe desplazamiento significativo en mm de los estratos de suelos que fueron perforados. Estas pruebas se hicieron en la corona del malecón Grau (Áreas más disturbadas).

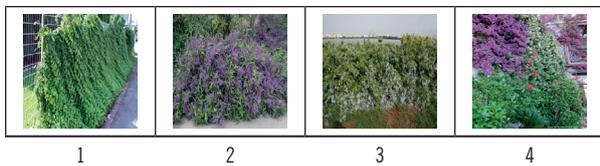
Los suelos del malecón Grau tienen alta porosidad y absorben rápidamente el agua, pudiendo generar procesos de licuación [10,13].

Las autoridades locales deben proyectar darle el ángulo de reposo a la actual escarpa del malecón Grau, consiguiendo así su perfil de equilibrio de 45° de pendiente estable. Ello se obtendrá bajando la actual escarpa casi vertical. Su actual diferencia de nivel llega a 30 m, cifra considerada entre la superficie de playa y la superficie superior del malecón Grau.

Las autoridades locales deben proyectar, instalar y sembrar plantas resistentes a la brisa marina (Tabla N° 4). Estas deben estar en la superficie obtenida por el perfil de equilibrio (45°), o, en caso extremo, en la actual escarpa, las plantas darán un paisaje hermoso. Su nomenclatura se detalla en el cuadro y se ven en las imágenes que siguen:

Tabla N° 4. Plantas resistentes.

Nº	Nombre común	Nombre Científ.	Tolerancia Escasez de agua
1	Buganvilla	Bouganvillea sp	Resiste sequías no heladas
2	Hiedra	Hedera hélix	Prefieren suelos bien drenados y alcalinos
3	Plumbago	Plumbago auriculata	Requieren suelos algo húmedos
4	Violeta	Hardenbergia violacea	Tolera la sequía y algunas heladas



V. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los Ings. Valdivia y Céspedes por proporcionarnos una parte de información técnica, así como también agradecemos al equipo corrector del IIGEO por su revisión y aporte a este artículo. A la UNMSM por permitirnos su publicación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Carvallo, E. (1987). Tesis, toma y tratamiento de muestras de suelos UNI. pp. 25-42.
- [2] Carrera de Escalante, E. (1997). Reglamento Nacional de Construcciones. Norma E. 050. Suelos y cimentaciones, pp. 30,31.
- [3] Centro de Investigación, Estudios y Prevención de Desastres Nacional (PREDES). Planos tipos de suelos, resistencia de suelos frente a un sismo, vulnerabilidad de los distritos de Lima por el tipo de construcción.
- [4] Crespo Villalaz, C. (1987). Separata problemas resueltos de mecánica de suelos y cimentaciones, Capítulo 14: Capacidades de carga en cimentaciones, pp. 101-107.
- [5] Designation (1995): D 3080-90 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soil Under Consolidated Drained Conditions, pp. 289-295.
- [6] Gallarday Bocanegra, T. (2002). Informe de resistencia y movimiento del suelo en el área aledaña al Edificio de la Pre-UNAC, Lima, pp. 1-12.
- [7] Gallarday Bocanegra, T. (2005). Estudio y resistencia de suelos en Lima, pp. 78-86.
- [8] González de Vallejo, L. (2003). Ingeniería Geológica, pp. 42-45, 394-400.
- [9] Humala Ayvar, G. (1995). Informe Ensayo de Corte Directo In Sito en Lima IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, pp. 1-8.
- [10] Informe Laboratorio Mecánica de suelos UNI (1997), pp. 75
- [11] Juárez Badillo - Rico Rodríguez (1998). Tomo 1 y 2 de Mecánica de Suelos, pp. 347-400, 200-215.
- [12] Lisson, C. (1908). Geología de Lima. Sus alrededores. Lima: Imprenta Gil.
- [13] Suelos. Método (Norma Técnica) para la clasificación de suelos con propósito de Ingeniería Civil (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS).
- [14] Terzaghi Von Karl (1936). Tomo 1, The shearing resistencie of saturated soils. Proc. I ICSMFE. Vol. 1, pp. 54-56.
- [15] Terzaghi Von Karl (1936). Tomo 2, The shearing resistencie of saturated soils. Proc. I ICSMFE. Vol. 2, pp. 212-221.

