

GHS Genie SRL

INFORME TÉCNICO

**"EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO
COLAPSADO EN EL MALECON BALTA"**

PROYECTO N° 010ING-01-001

Aprobado por:

Gerente General : G. Valle

Cliente/ Representante : Municipalidad de Miraflores

Propuesta N°: IT-010ING-01-001				
Revisión	Hecho por	Emitido para	Fecha	Firma
A	G. Valle	Municipalidad de Miraflores	17/07/2012	
Comentarios:				



INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN Y UBICACIÓN	4
2. ANTECEDENTES	4
3. OBJETIVO	5
4. DESCRIPCIÓN DEL CASO	5
4.1 Construcción del muro del malecón balta.....	5
4.2 Historia del malecón balta.....	6
4.3 Sismicidad.....	6
4.4 Geología	8
4.5 Condiciones climáticas	8
4.6 El colapso	9
5. CONFIGURACIÓN GEO-ESTRUCTURAL	10
5.1 Configuración Geotécnica.....	10
5.2 Configuración estructural	11
6. TEORIA	13
6.1 Colapso de suelos granulares y resistencia de suelos	13
6.2 Pérdida de resistencia por efectos de succión	14
6.3 Distorsión angular de muros de albañilería	15
7. ANÁLISIS DE LA GEOMECÁNICA DE FALLA	16
7.1 Evidencias de la forma del colapso del muro	16
7.2 Causas y desencadenante del colapso del muro	17
7.3 Análisis de colapso del muro	18
8. EVALUACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN CORRECTIVA.....	21
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



LISTA DE FOTOS

Foto N° 1: Foto antigua donde se observa el muro de Mampostería	5
Fotos N° 2: Comparación de edificaciones.....	6
Fotos N° 3: Identificación de la zona del colapso	9
Fotos N° 4: Investigaciones de campo - calicatas	10
Fotos N° 5: Configuración estructural del muro de contención.....	11
Fotos N° 6: Condición Humedad de elementos de adobe y mampostería de arcilla.....	12
Fotos N° 7: Forma de colapso del muro	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación del deslizamiento del colapso del muro	4
Figura 7-1 Análisis Estático bajo condiciones Normales de carga y efectos del agua en el talud.	19
Figura 7-2 Análisis Estático con reducción de la resistencia del suelo y mampostería.	20

LISTA DE TABLAS

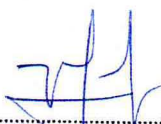
Tabla 4-1 Sismos Históricos en la ciudad de Lima.....	7
Tabla 4-2 Precipitación promedio en Lima.....	8

LISTA DE CUADROS

Cuadro 7-1 Modelo Geo-estructural del muro colapsado	18
Cuadro 8-1 Cuadro comparativo de alternativas de muros de contención	22

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1 Colapso y resistencia por cambios de succión en materiales gruesos.	13
Gráfico 6.2 Resistencia de materiales a diferentes condiciones de humedad.	14
Gráfico 6.3 Relación del daño de muro en función a la distorsión angular-deformación axial	15
Gráfico 7.1 Factor de Seguridad del muro Colapsado ante condiciones actuantes.	21


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



1. INTRODUCCIÓN Y UBICACIÓN

El día 19 de junio de 2012 en horas de 6:40 p.m de la tarde-noche, aproximadamente entre las cuadra 8 y 9 del Malecón Balta antes de llegar al puente Billena, se produjo el colapso de un muro de contención de 5 metros de altura en un tramo de 28 m de longitud.

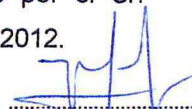


Figura 1-1 Ubicación del deslizamiento del colapso del muro

2. ANTECEDENTES

Se han realizado evaluaciones e inspecciones técnicas por parte de la municipalidad y empresas privadas, dentro de la cuales se puede mencionar las siguientes:

- Opinión sobre el colapso de muro en el Bajada Balta realizada por el Ing. Carlos Cordoba Roja, 20 de Junio de 2012.
- Informe de Visita Técnica del muro Colapsado en el Malecón Balta, realizado por el Ing. B. Cruz, BISA, 20 de Junio de 2012.
- Informe N°026-2012-SGDC-GAC-MM – Inspección Ocular realizado por el Sr. Carlos Llerena Zegarra – Subgerente de Defensa Civil, 20 de Junio de 2012.


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO EN EL MALECON BALTA



- Informe N°102-2012-NHR-SEDECI-GAC/MM – Inspección Ocular realizado por el Sr. Norman Hoyos Rivas – Inspector Técnico de seguridad de defensa Civil, 20 de Junio de 2012.
- Evaluación Preliminar a la zona afectada por derrumbe en el Malecón Balta, realizado por el Ing. Jaime Cruz, 22 de Junio de 2012.
- Informe Técnico N°1840-2012-JCD-SGOP/GOSP/MM, realizado por el Ing. Omar Cordoba Zamora, 26 de Junio de 2012.

3. OBJETIVO

El objetivo del estudio es realizar una evaluación geotécnica de inestabilidad del muro colapsado en el Malecón balta, determinar la forma de colapso y las causas por la que ha sucedido el colapso del muro.

4. DESCRIPCIÓN DEL CASO

4.1 Construcción del muro del malecón balta

La Bajada Balta, también conocida como la Bajada de los Baños, constituye una expresión viviente del Miraflores Republicano de las primeras décadas del siglo pasado. Respecto al muro colapsado no se ha encontrado indicios históricos de cuando se ha construido el muro de contención del malecón Balta, sin embargo se estima que el muro de mampostería se construyó a principios del siglo pasado.

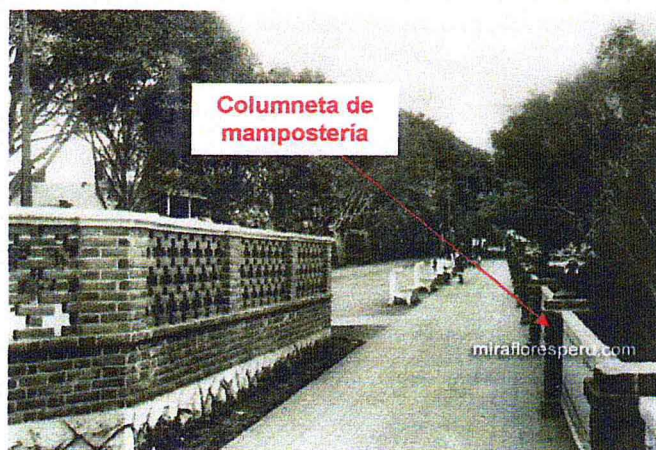
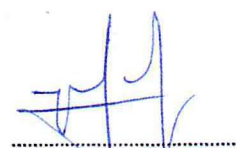


Foto N° 1: Foto antigua donde se observa el muro de Mampostería, año 1900.


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



4.2 Historia del malecón balta

El crecimiento en construcción durante los últimos 20 años en Lima -Perú, ha conllevado a que se ejecuten en el malecón balta gran diversidad de edificios, donde podemos mencionar el nuevo edificio de la clínica Good Hope el cual se encuentra al frente de la zona afectada por el colapso del muro; este aumento en edificaciones conlleva a un aumento de tránsito vehicular tanto durante la ejecución de la propia construcción como en la etapa de habitabilidad de edificios; en las siguientes fotos se observa las diferencias de edificaciones entre 1900 y 2012.



Año ≈1900



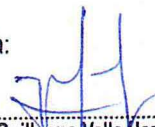
Año 2012

Fotos N° 2: Comparación de edificaciones

4.3 Sismicidad

La determinación de la sismicidad del Perú se ha basado en el mapa de distribución de epicentros, así como en las características tectónicas de nuestro país. La actividad sísmica en el Perú es el resultado de la interacción de la Placa Sudamericana con la de Nazca, y el proceso de reajuste tectónico del Aparato Andino. Esto permite agruparlas en fuentes de subducción y fuentes continentales. Existen diferentes investigaciones donde se evalúa la zona y profundidad de los sismos, identificados como fuentes Sismogénicas.

En la siguiente tabla se muestra los sismos históricos ocurridos en la zona de Lima:


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO EN EL MALECON BALTA



Tabla 4-1 Sismos Históricos en la ciudad de Lima

Fecha	Magnitud	Nombre	Epicentro	Zonas afectadas	Víctimas y daños materiales
11 de marzo, 1926	6,0	Lima de 1926	?	Costa y sierra central del Perú.	Fuerte sismo en Lima; se producen derrumbes en la ruta del ferrocarril central.
24 de mayo, 1940	8,2	Lima y Callao de 1940	Océano Pacífico, frente a las costas de Callao y del departamento de Lima.	Costa central del Perú.	Acompañado de un maremoto. Fue sentido desde Guayaquil en el Norte hasta Arica en el Sur. 1,000 muertos. Las zonas más afectadas en Lima fueron el Centro, Barranco, La Molina y Chorrillos.
15 de junio, 1945	5,0	Lima de 1945	?	Costa central del Perú.	Tembor muy fuerte en Lima, causa cuarteaduras en el Barrio Obrero del Rímac.
31 de enero, 1951	7,0	Lima de 1951	?	Departamento de Lima	Fuerte temblor en Lima. El movimiento fue sentido en el litoral desde el paralelo 10° hasta el 14°.
17 de octubre, 1966	7,5	Lima y Callao de 1966	Océano Pacífico, frente a las costas de Huacho y Barranca, departamento de Lima	Costa central del Perú.	Acompañado de un maremoto moderado. 220 muertos; 1,800 heridos; 258,000 damnificados.
8 de abril, 1993	6,0	Lima de 1993	Centro del departamento de Lima		13 + muertos; 200 heridos; más de 480 familias damnificadas.
29 de marzo, 2008	5,3	Callao del 2008	Al Oeste de Lima y Callao, en el mar.	La Punta (en el Callao) y Lima.	1 muerto; varios heridos leves y más de 140 familias damnificadas.
21 de Junio de 2012	4,7	Lima, Huacho, Matucana	38 km al norte de Lima	Departamento de Lima	No se reportaron daños

Fuente: Wikipedia

De acuerdo al nuevo mapa de zonificación sísmica del Perú según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030), el cual está basado en isosístas de sismos ocurridos en el Perú y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de sismicidad alta (Zona 3).

De acuerdo a la nueva Norma Técnica E-30 y el predominio del suelo en la zona en estudio, se utilizara los siguientes parámetros sísmicos:

Factor de Zona – aceleración máxima	: Z = 0.40g
Factor de amplificación del suelo	: S = 1.20
Período de vibración del suelo	: Tp = 0.60


 CIP: 76512
 INGENIERO CIVIL
 Guillermo Valle Hernández



Para el análisis pseudostático se tomara $\frac{1}{2}$ de la aceleración pico dada por la norma ($a_h=0.20g$), que es lo comúnmente usado para estructuras de tierra.

4.4 Geología

El distrito de Miraflores se encuentra ubicado dentro del abanico aluvial del río Rímac. Los acantilados de la Costa Verde y la zona donde ha colapsado el muro Balta se encuentran ubicados en la unidad geomorfológica denominada acantilados y bahía de Miraflores (Guzmán et al. 1997). La mayor parte de los acantilados muestran materiales de naturaleza conglomerática, constituidos por gravas y gravillas, de forma subredondeada a redondeada de naturaleza intrusiva y volcánica, en matriz limo – arenosa, no plástica, con intercalaciones horizontales lenticulares de material areno – limoso. De acuerdo al análisis litológico realizado por Guzmán et al. (1997) realizado en las gravas tomadas en distintos puntos de la Costa Verde, se muestra un predominio de rocas volcánicas (andesitas y brechas; 47%) sobre las rocas intrusivas (granitos, granodioritas y dioritas; 42%) y sedimentarias (11%).

4.5 Condiciones climáticas

El clima de Miraflores combina un altísimo nivel de humedad atmosférica y persistente cobertura nubosa, con alguna llovizna en época de invierno. La temperatura media anual de la costa del Litoral Limeño es de 18 °C. La temperatura máxima en los meses veraniegos puede llegar a los 30°C y la mínima a los 8°C en época invernal.

La humedad relativa en época de verano (enero a marzo) oscila entre 60% a 75%, mientras que en época de invierno (Abril-diciembre) oscila entre 85% a 95-100%. En la siguiente tabla se presenta la precipitación y temperatura promedio en Lima:

Tabla 4-2 Precipitación promedio en Lima.

Parámetros climáticos promedio de Lima												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura diaria máxima (°C)	26	26	26	24	22	20	19	18	19	20	22	24
Temperatura diaria mínima (°C)	20	20	20	18	17	16	15	14	15	16	17	18
Precipitación total (mm)	0	0	0	0	0	2.5	5	2.5	2.5	2.5	0	0
Anual	7.5											

Fuente: Wikipedia


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



4.6 El colapso

El colapso corresponde a un muro de mampostería de arcilla cocida, de altura igual a 5 m, el espesor del muro es de 0.40 m, todos los taludes del malecón Balta se encuentran revegetados, en donde existe un sistema de riesgo de tipo tecnificado. El talud inferior tiene las siguientes características: inclinación: 1.7-1.9H:1.0V; altura de 7.5 m con respecto al muro de mampostería ubicado en la parte baja de la bajada Balta. El ancho de la zona colapsada corresponde al ancho de la vereda, el cual es de 2.3 m, en un tramo de 28 m



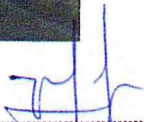
Antes del colapso

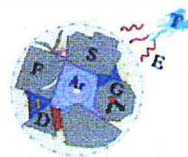


Después del colapso



Fotos N° 3: Identificación de la zona del colapso


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



5. CONFIGURACIÓN GEO-ESTRUCTURAL

5.1 Configuración Geotécnica

Las investigaciones geotécnicas en la cimentación del muro y talud, muestran que en general la zona de cimentación del muro como el talud de la zona colapsada se encuentra conformada por gravas limosas con poco contenido de arcillas (GM a GP-GC), con las siguientes características: peso unitario seco de 21-22 KN/m³, humedad del orden de 8 a 10%, porosidad de 19 a 22%, gravas subredondeadas de hasta 4" de diámetro.



Calicata N°2: Parte Interior



Calicata N°1: Parte Superior, Material húmedo



Fotos N° 4: Investigaciones de campo - calicatas


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



5.2 Configuración estructural

El muro de mampostería, es una estructura de contención de gravedad, la cual estaba conformada por tres elementos principales: El muro de contención principal, el cual está constituido por mampostería de ladrillo de arcilla cocida, cuyo espesor es de 0.40 m, con una altura de 5 m; un segundo elemento compuesto por un muro de adobe de altura aproximada de 1.5-2.0 m el cual se encuentra paralela y espaciado a 2.30 m del muro principal, el cual coincide con el ancho de la vereda existente; el tercer elemento está compuesto por un muro de mampostería que arriestra o conecta en forma perpendicular a los dos muros y está espaciado cada 10 m, el cual coincide con las columnetas del parapeto del malecón, la altura de aproximadamente es de 3 m, así mismo se observa que este arriestre en la unión con el muro principal presentar un acero de refuerzo a manera de suncho en estado corroído.



Muro de mampostería principal



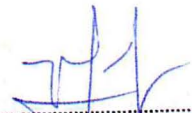
Muro de adobe



Arriestre de elemento de mampostería



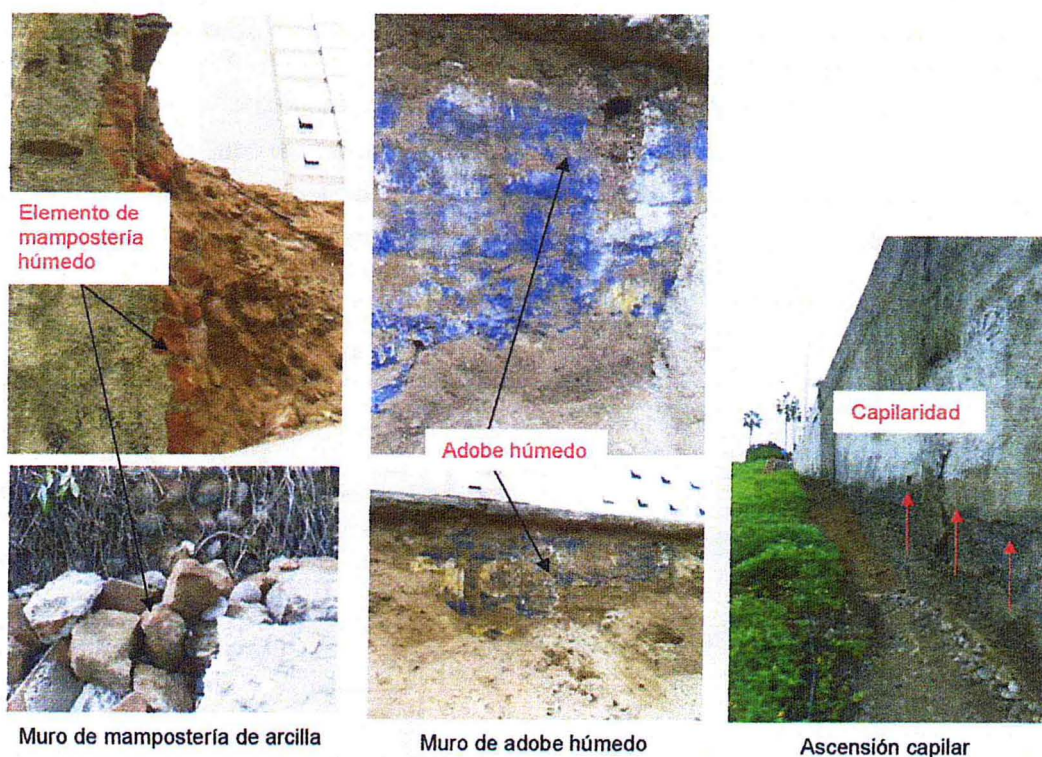
Fotos N° 5: Configuración estructural del muro de contención


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

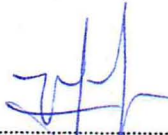


En general los muros de mampostería y de adobe existente y/o colapsado, se ha observado que se encuentran húmedos debido a lo siguientes efectos:

- Efecto de ascensión capilar de agua producto del riego tecnificado desarrollado en el material de talud ubicado al pie del muro colapsado
- Condiciones climática, humedad relativa en el ambiente de hasta 100%.



Fotos N° 6: Condición Humedad de elementos de adobe y mampostería de arcilla


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

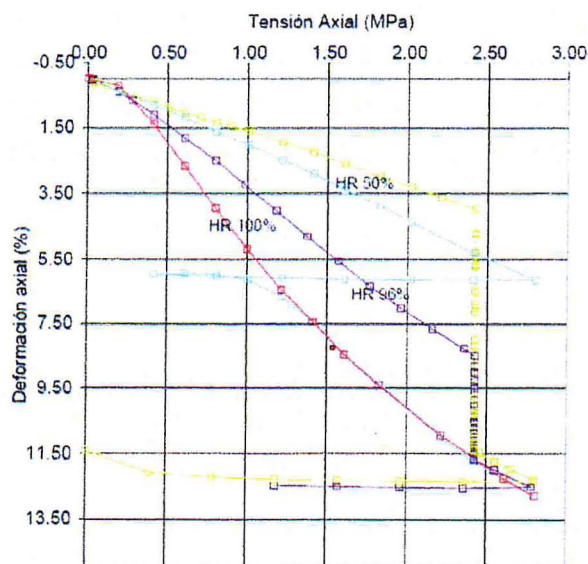


6. TEORIA

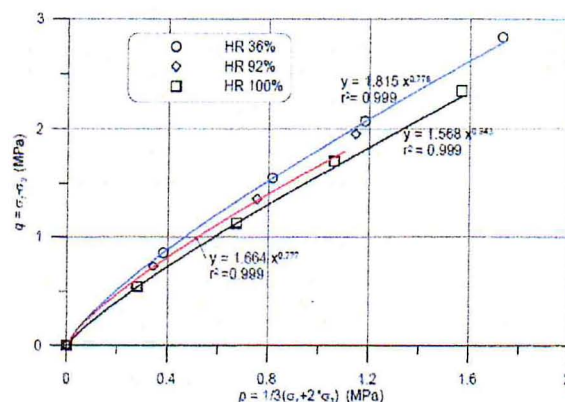
6.1 Colapso de suelos granulares y resistencia de suelos

El contenido de humedad afecta el comportamiento de los suelos granulares, bajo condiciones de carga isotropa y desviadora. La variación de la resistencia del material con el contenido de humedad es el principal factor que influencia el cambio volumétrico de los suelos; así mismo el contenido de humedad no solo se controla por el vertido de agua sobre el suelo si no también mediante la humedad relativa de la atmosfera donde se encuentra el material.

Todo cambio de tensión efectiva en el suelo ya sea en fase no saturada, saturada o combinación de ambas, causa cambios volumétricos en cualquier tipo de suelo. En el siguiente gráfico se observa como cambia la deformación axial y/o volumétrica y resistencia en función a la humedad por reducción de la succión en escollera.



Colapso de escolleras (gravas) por humedad
Aldecop-Alonso -2001



Resistencia por cambio de humedad relativa en escolleras
(gravas)
Chavez-Alonso -2008

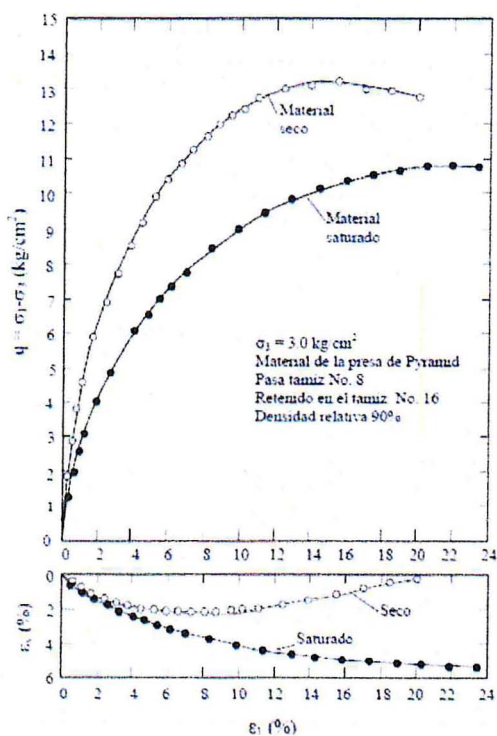
Gráfico 6.1 Colapso y resistencia por cambios de succión en materiales gruesos.

Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

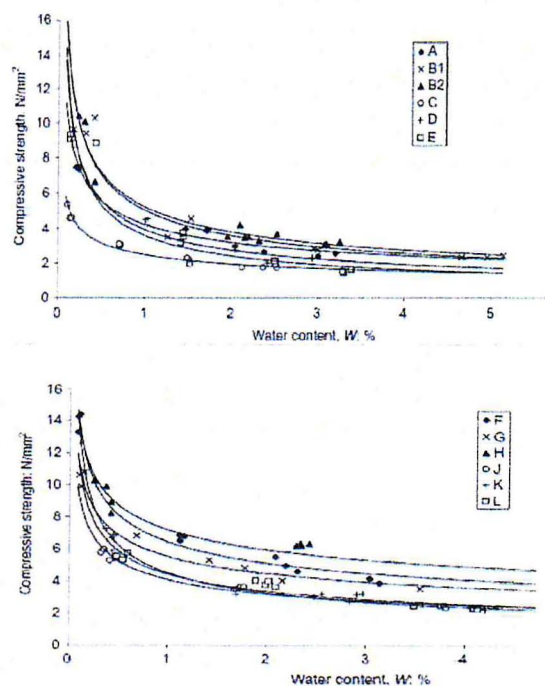


6.2 Pérdida de resistencia por efectos de succión

Todo cambio en el contenido de humedad en cualquier material ocasiona una reducción de su resistencia, esta pérdida de resistencia está asociada a efectos de succión en la macro o micro estructuras del suelo, roca, concreto o mampostería, es decir cuando cualquier material se encuentra saturado, es decir los poros del material se encuentran totalmente saturados ya no existen efectos de succión en la macro o micro estructura del material, mientras que si el material presenta menor humedad existe aire y agua en los macro y micro poros, produciéndose resistencia o tensión superficial a nivel microscópico, este efecto genera un aumento en la resistencia del material. Así mismo los cambios de humedad y temperatura en cualquier material producen contracciones y expansiones que hacen que el material con el tiempo se degrade y presente microfisuras.



Resistencia a corte con Efectos de humedad en Argilita – Nobar y Duncan 1972



Resistencia a compresión en función al contenido de humedad de Mampostería – Heath, A., Walker, P., Fourie, C. and Lawrence, M., 2009.

Gráfico 6.2 Resistencia de materiales a diferentes condiciones de humedad.

Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



6.3 Distorsión angular de muros de albañilería

La resistencia última de elementos de albañilería sucede cuando el elemento empieza a fracturarse (criterio de daño). La deformación axial y distorsión angular están asociados a la consideración de daño, en ese sentido Bocardin y cording en 1989 realizo un gráfico donde relaciona la deformación angular y deformación axial de elemento de albañilería en función al estado de daño, clasificándola como daño: despreciable, muy ligeros, ligeros, moderados y muy severos; adicionalmente la norma E-030 da relación de distorsión angular, siendo el limite permisible de $0.005 (\delta/H)$, en el siguiente gráfico se muestra el gráfico mejorado por cording et al el 2001.

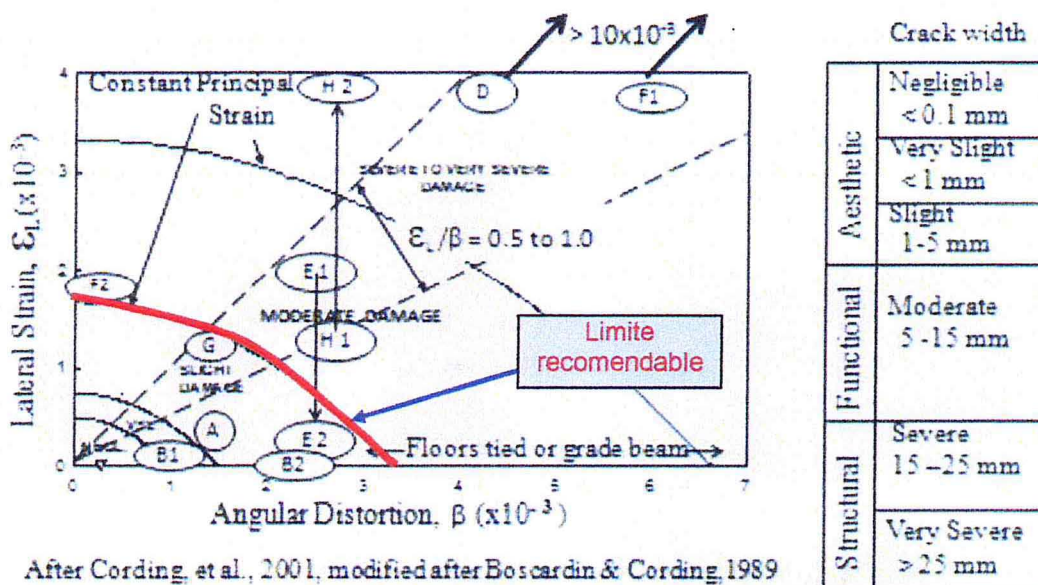
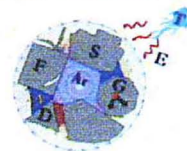


Gráfico 6.3 Relación del daño de muro en función a la distorsión angular-deformación axial


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

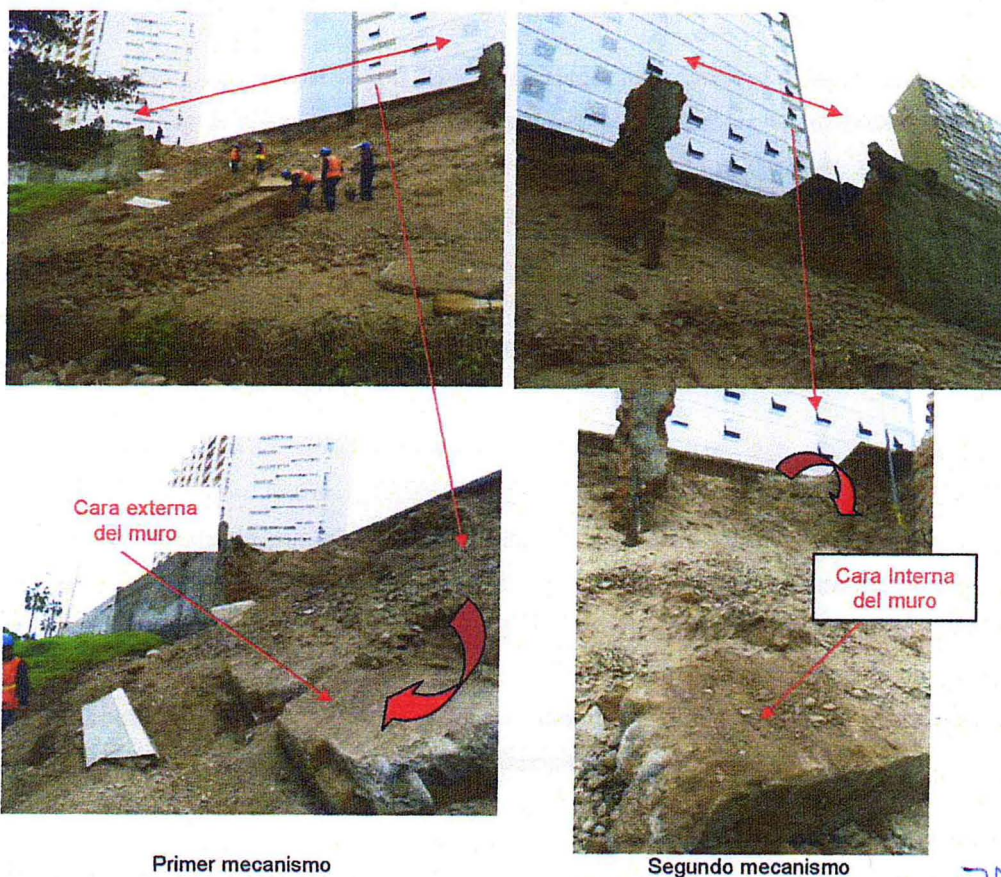


7. ANÁLISIS DE LA GEOMECÁNICA DE FALLA

7.1. Evidencias de la forma del colapso del muro

La forma de colapso es de dos formas:

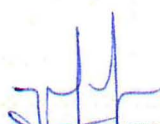
- El primer mecanismo está asociado al deslizamiento del muro de forma rotacional en casi el 70% de la longitud del muro colapsado, la superficie de falla se ha definido en la cara del muro de adobe existente y sale por la parte inferior del muro por el suelo de cimentación.
- El segundo mecanismo se encuentra en un tramo de 5 m aproximadamente, en donde el muro ha fallado por tracción (momento), debido o a causa del movimiento o desplazamiento que ha causado el deslizamiento del primer mecanismo.



Primer mecanismo

Segundo mecanismo

Fotos N° 7: Forma de colapso del muro


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



7.2. Causas y desencadenante del colapso del muro

El colapso del muro es debido a varios efectos combinados, los cuales se mencionan a continuación:

- a. El primer contribuyente al colapso del muro, son las cargas externas producto del paso de vehículos livianos particulares y vehículos pesados producto de la construcción que se encuentra al frente del muro colapsado, otro efecto probable de darse el caso son las vibraciones de las perforaciones producto de los trabajos de anclaje de los muros pantallas del sótano de la construcción existente. Así mismo las vibraciones provocadas por los sismos históricos en Lima ocasionan cargas adicionales sobre el muro. Todos estos efectos han causado una sobrecarga y desplazamiento del muro, haciendo que la resistencia del muro disminuya.
- b. El segundo contribuyente es debido al riego tecnificado del talud, el cual ha causado que el suelo de cimentación del muro se asiente y pierda resistencia, esto es producto a la pérdida de succión que genera el agua en el suelo, el cual produce colapsos debido a la carga impuesta del muro. El asentamiento del muro ha causado un giro del muro principal; este asentamiento ha ocasionado que el muro de mampostería de ladrillo trabaje a tracción y que los elementos de arriostre trabajen a tensión, siendo estos elementos de arriostres los que han permitido darle estabilidad al muro.
- c. Es probable que el muro no haya fallado durante el paso de vehículos como se observó cuando colapsó el muro, donde se observó un vehículo liviano al borde de talud deslizado, por lo que la causa desencadenante final haya sido el efecto de humedecimiento en los elementos de mampostería y adobe que causa la pérdida de succión en el elemento y por consiguiente pérdida de resistencia (compresión, tracción y corte), este efecto de succión capilar se puede observar en la parte baja del muro, otra posible causa de humedecimiento en los elementos de mampostería es la humedad relativa del ambiente y precipitaciones.

Es muy difícil determinar en qué porcentaje cada factor ha influido en el colapso del muro, sin embargo es muy probable que la combinación de todos los factores con el tiempo ha ocasionado la reducción de la capacidad de contención del muro.


Guillermo Valle Hernán
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO EN EL MALECON BALTA

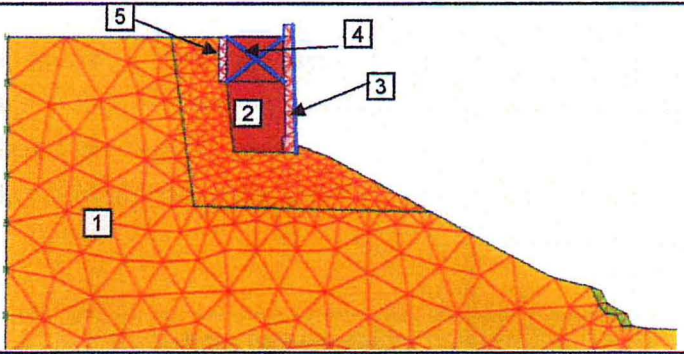


7.3. Análisis de colapso del muro

a. Características Geo-mecánicas del muro colapsado

Para evaluar las condiciones de colapso, se ha tomado como referencia la evaluación y ensayos de campos del suelo cimentación, donde se ha podido clasificar determinar las características físicas del suelo natural; para el caso de adobe y mampostería de arcilla cocida se ha usado parámetros recomendados en la norma E-070 y E-080.

Cuadro 7-1 Modelo Geo-estructural del muro colapsado

Características					
	1	2	3	4	5
Material Evaluado	Suelo Natural*	Suelo de relleno*	Muro de mampostería de arcilla	Arriostre de mampostería de arcilla	Muro de adobe
Elemento					
Nivel Freático (m)	En el talud				
Espesor (m)	100 m	3.0 m	0.40	0.40	0.20
Peso Unitario seco, [KN/m³]	22.0	21.3	23	23	20
Humedad, [%]	9.39	8.97	-	-	≈12
Limite Liquido, [%]	24.5	18.83			
Limite Plástico, [%]	18.6	-			
Porcentaje de Finos (%)	7.45	17.87			
Clasificación SUCS o tipo de roca	GP-GC	GM			ML
Porosidad (%)	18.9	21.4			
Grado de Saturación Sr (%)	100	89	≈90	≈90	100
Cohesión/ Ángulo de fricción VC ⁽¹⁾ , [KPa/°] *	10/43	15/40			0 / 23
Razón de Poisson	0.20	0.25	0.20	0.20	0.35
Resistencia a compresión, [KPa]					
Pila			3500	3500	1200
Unidad			5400	5400	200
Modulo elastico E, [MPa]			1750	1750	20
Rigidez del muro K, [MPa]			$K_{Flexión} = EI$	$K_{lateral} = \frac{6EI}{h^2}$	

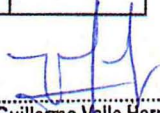
1) Criterio Mohr-Coulomb.

2) N.P. No presenta.

VC: Volumen constante.

I : Momento de inercia del elemento.

* : Ensayos de laboratorio.


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO EN EL MALECON BALTA



Para los análisis se considerado las siguientes condiciones de contorno:

- Agua en el talud: El regadío del talud ocasiona que el material de cimentación compuesto por gravas limosas y gravas mal graduadas cambie su contenido de humedad y por consiguiente la succión.
- Cargas en la vía.- La vía tiene un ancho de 9 m, los autos privados pesan alrededor de 1 ton (dos ejes), mientras que los volquetes de tres ejes pesan 26 ton.

b. Análisis estático

Los análisis estáticos que simulen el colapso del muro serán evaluados mediante métodos numéricos vía elementos finitos, donde se tendrá en cuenta el agua en el talud, carga vehicular y reducción de resistencia de los elementos del muro por humedecimiento. El factor de seguridad para el colapso del muro es igual a 1 (FS=1), el mismo que será obtenido mediante el criterio de reducción de esfuerzos. En las siguientes figuras se muestra los análisis realizados.

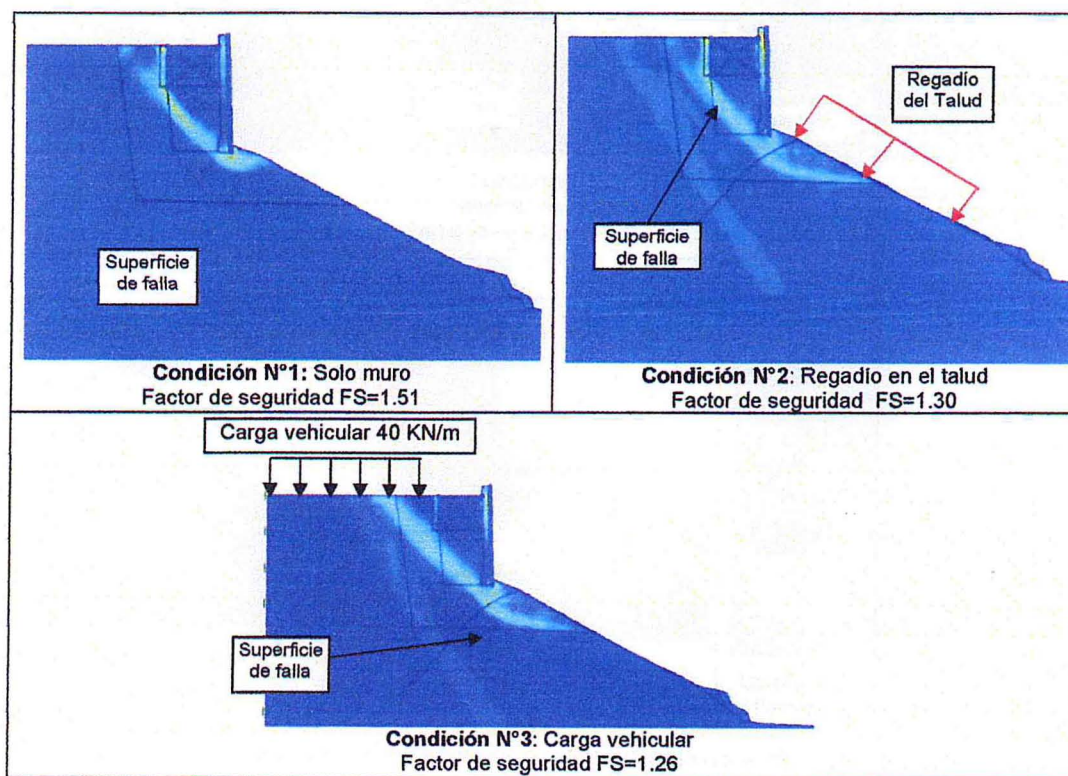


Figura 7-1 Análisis Estático bajo condiciones Normales de carga y efectos del agua en el talud.


Guillermo Valle Herr
INGENIERO CIV
CIP: 76512

IT-010ING-01-001
Rev. A
Fecha: 17 Julio-12

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO EN EL MALECON BALTA

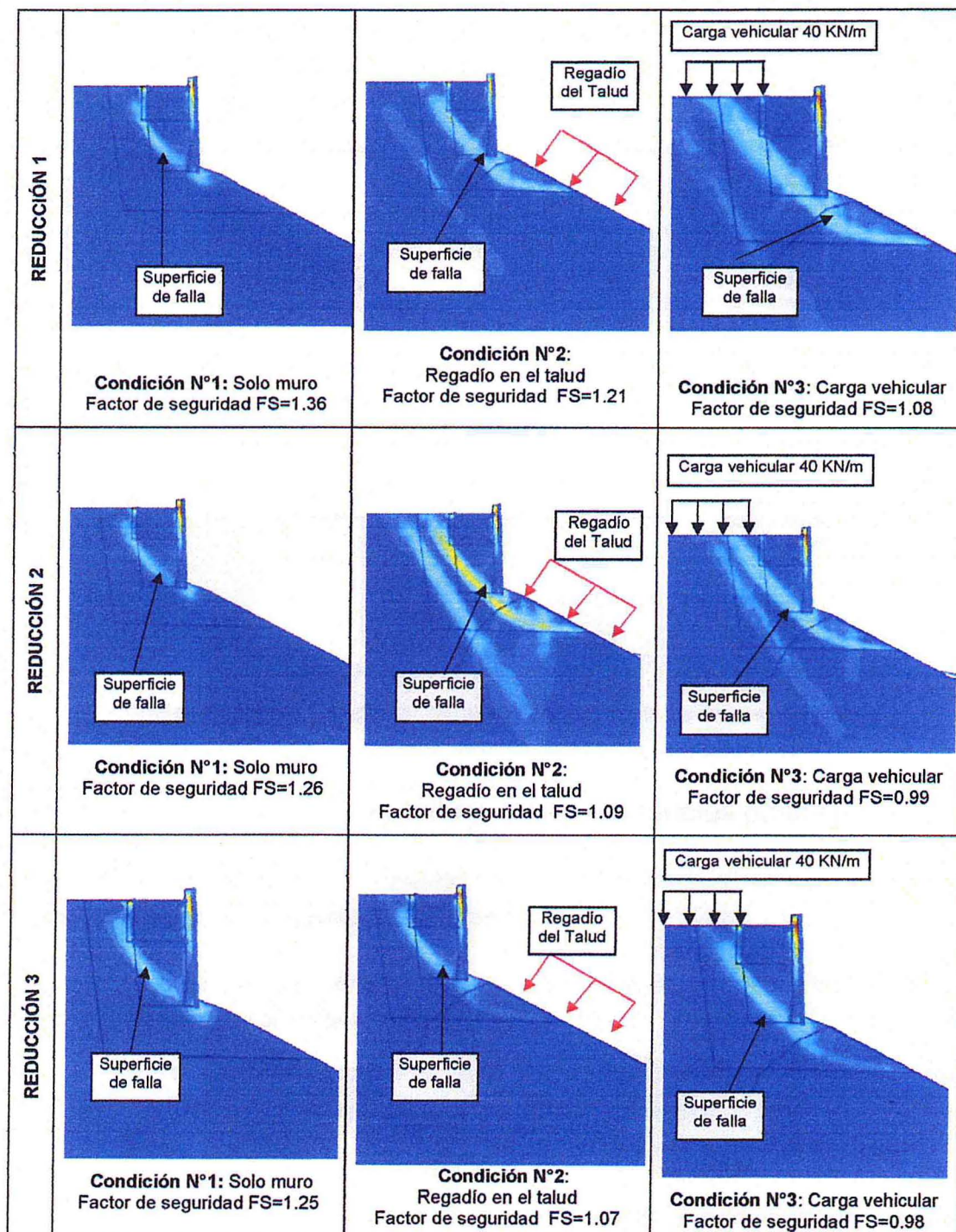


Figura 7-2 Análisis Estático con reducción de la resistencia del suelo y mampostería.

Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO EN EL MALECON BALTA



En el siguiente gráfico se muestra la interpolación de variables o condicionantes actuantes que han provocado el colapso del muro del malecón Balta.

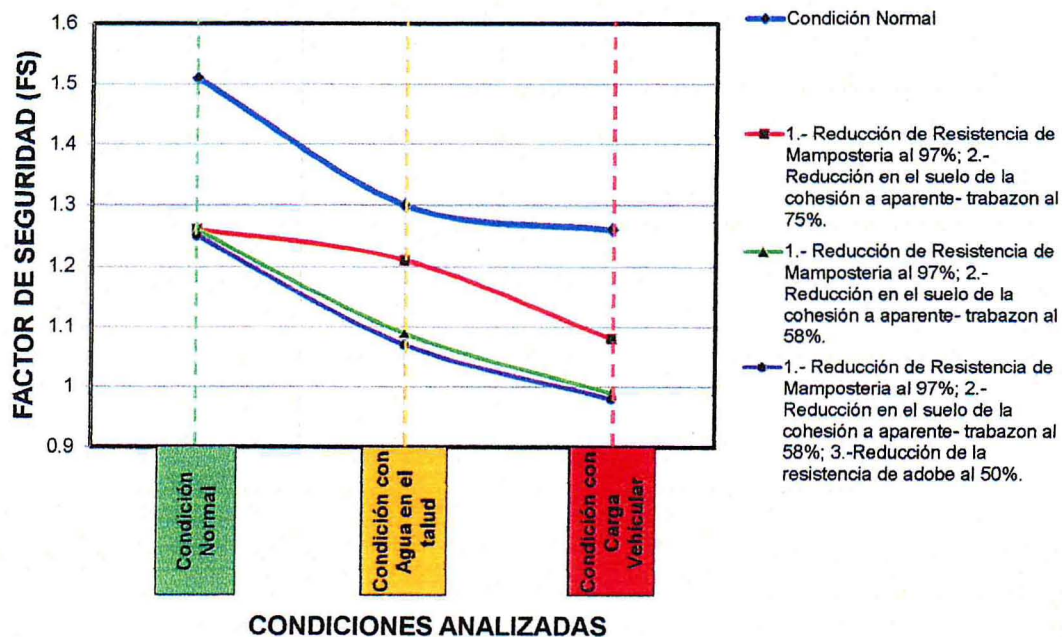


Gráfico 7.1 Factor de Seguridad del muro Colapsado ante condiciones actuantes.

8. EVALUACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN CORRECTIVA

En base a la evaluación de inestabilidad del muro y evaluación de campo, se evaluara como solución o obra correctiva, dos tipos de muros:

- Muro de concreto armado, $h=6$ m: Elementos de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, reforzado con acero $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$.
- Muro de suelo reforzado con cara externa Semi-rígida $h=6$ m: Bloques de concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ en la cara expuesta conectados a geosintéticos HDPE de anclaje y confinamiento.

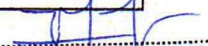
En el siguiente cuadro se muestra el análisis cualitativo y cuantitativo de las dos alternativas de contención.

Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

IT-010ING-01-001 Rev. A Fecha: 17 Julio-12	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO EN EL MALECON BALTA	
--	--	---

Cuadro 8-1 Cuadro comparativo de alternativas de muros de contención

N°	Criterio	Ventajas	Desventajas
Impacto ambiental y Social			
1	1A Muro de concreto armado de h=6 m	Ciudadanía familiarizada con el sistema y sujeta a menores comentarios.	- Construcción genera mucho ruido por mezcladoras. - Los trabajos generan mayores residuos de construcción: aceites, acero, alambres, madera. - Mayor cantidad de materiales, y equipos para construcción.
	1B Muro de suelo reforzado con cara semi-rígida	- Construcción genera menos ruido y los trabajos en obra generan mínimo a nulo vertido de residuos. - Acabo del muro se adecua al entorno ambiental de la zona.	- Ciudadanía no familiarizada con el sistema y sujeta a mayores comentarios. - Menor cantidad de materiales en volumen, y menores equipos para construcción.
Costo por metro lineal de construcción de muro			
2	2A Muro de concreto armado de h=6 m	Menor costo por metro lineal: 1500 US\$/m	
	2B Muro de suelo reforzado con cara semi-rígida h=6 m	Mayor costo por metro lineal: 1100 US\$/m	
Tiempo de ejecución de la obra			
3	3A Muro de concreto armado de h=6 m	- El tiempo de construcción es mayor (30 días útiles). - Mayor planificación de la construcción debido al uso de materiales: concreto, acero, encofrado y relleno.	
	3B Muro de suelo reforzado con cara semi-rígida	- El tiempo de construcción es menor (16 días útiles). - Menor planificación de la construcción debido al uso de materiales: relleno, geomalla y bloques de concreto.	
Aspectos Técnicos			
4	4A Muro de concreto armado de h=6 m	- Estructura rígida. - El elemento del muro posee alta resistencia a compresión y a tracción por refuerzo de acero. - Buena resistencia al medio ambiente.	- No admite grandes deformaciones o distorsiones angulares. - Muro susceptible a generar presiones de agua en su parte interna por lo que requiere sistemas de drenaje que cruce el elemento. - Degradación del acero por problemas de corrosión por acción química.
	4B Muro de suelo reforzado con cara semi-rígida (Sistema MESA)	- Estructura flexible. - Gran capacidad de deformación ante sismo. - Confinamiento del suelo aumenta la resistencia de contención en el ancho proporcional al anclaje. - La geomalla provee de resistencia a tracción al suelo. - Buena resistencia al ambiente.	- Elementos de confinamiento de bloques de concreto susceptible a desprenderse por mala instalación o falla del geosintético. - Degradación de los geosintéticos por mala instalación y tensiones con el tiempo.


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

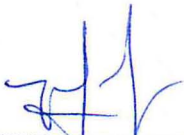
IT-010ING-01-001
Rev. A
Fecha: 17 Julio-12

**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE
INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO
EN EL MALECON BALTA**



A continuación se hace un análisis de cada aspecto en la evaluación de muro de contención:

- Impacto ambiental: El muro de suelo reforzado genera menores impactos al medio ambiente que un muro de concreto armado en la etapa de construcción. No hay mucha variación de la vida útil de los dos tipos de contención.
- Costo por metro lineal de construcción de muro: El costo de un muro de suelo reforzado es menor al costo de un muro de concreto armado.
- Tiempo de ejecución de la obra: El tiempo de construcción de un muro de suelo reforzado es menor al tiempo de construcción de un muro de concreto armado.
- Aspectos Técnicos: Los dos muros cumplen la función de contención, siempre y cuando se tenga un buen diseño y adecuado proceso constructivo.


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

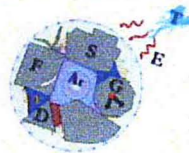
La evaluación Geomecánica (Geotecnia-Estructuras) del muro colapsado del malecón Balta, ha permitido llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El muro de contención de Mampostería de arcilla cocida, fue construida a principios del siglo pasado, cuyos criterios y condiciones de diseño son totalmente diferentes a las condiciones actuales del muro, como por ejemplo: mayor tránsito vehicular, cambios climáticos mas acentuados, mayor influencia del ser humano por construcciones.
- Las inspecciones y exploraciones de campo realizadas a la zona del muro colapsado del malecón Balta, ha permitido evaluar las características físicas de todos los elementos y materiales que constituían el muro colapsado, tanto en la parte estructural como en la parte Geotécnica.
- El análisis estático de sensibilidad mediante diferentes iteraciones realizado al muro colapsado del malecón Balta, ha permitido determinar la probable falla del muro acorde a los indicios evaluados en campo, cuyo colapso es debido a diferentes factores combinados como:
 - Aumento de carga vehicular en la zona de la vía por construcciones aledañas.
 - Cargas externas debido a acciones sísmicas que han causada la reducción de la resistencia de los elementos de mampostería.
 - Regadío en el talud, que hace que el suelo de cimentación pierda resistencia y se deforme.
 - Humedecimiento de los elementos de mampostería y adobe, producto de: regadío en el talud inferior del muro, humedad relativa del ambiente de hasta 100%, precipitaciones en invierno.
- El colapso del muro del Malecón Balta, constituye un hecho fortuito que en cualquier momento se pudo producir, debido a la propia configuración estructural del muro de contención, que es una estructura que no admite deformaciones y es muy sensible a cambios de resistencia por humedecimiento. Se recomienda demoler 10 m de muro existente a cada lado de la zona del muro colapsado.

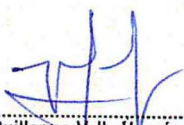

Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512

IT-010ING-01-001
Rev. A
Fecha: 17 Julio-12

**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE
INESTABILIDAD DEL MURO COLAPSADO
EN EL MALECON BALTA**



- La evaluación de obra correctiva de contención realizada para la zona afectada por el colapso del muro, permite concluir que el sistema de contención recomendable es el sistema de suelo reforzado con cara Semi-rígida (Sistema MESA).
- Se recomienda realizar una evaluación Geotécnica-estructural de todo el malecón Balta donde exista este tipo de estructura de contención, a fin de determinar las condiciones de estabilidad y proponer obras correctivas en forma oportuna.


Guillermo Valle Hernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 76512