

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE EXCAVACIONES EN
EL TALUD DE LA COSTA VERDE**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MIGUEL ANGEL VILLANUEVA DE LA CRUZ

Lima- Perú

2009

INDICE DE TESIS

RESUMEN

LISTA DE FOTOGRAFÍAS.

LISTA DE FIGURAS.

LISTA DE CUADROS.

INTRODUCCION

CAPITULO I: PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA EN ESTUDIO.	1
1.1 Presentación del problema.	1
1.2 Justificación.	3
1.3 Marco teórico.	4
1.3.1 Sistemas Constructivos en excavaciones.	4
1.3.2 Metodologías de excavación.	10
1.3.3 Estabilidad de Taludes.	27
1.3.4 Características geológicas, geomorfológicas del acantilado de la Costa Verde.	29
1.3.5 Necesidad de protección antes, durante y después de la Excavación. ...	33
1.3.6 Trabajabilidad y capacidad del equipo de excavación.....	36
CAPITULO II: ENFOQUE DEL PROBLEMA.	
2.1 Estudios existentes.	42
2.1.1 Análisis y comparación del tipo de suelo y estabilidad del talud, en edificaciones vecinas.....	42
2.1.2 Detallar el sistema constructivo para la etapa de corte y excavación en edificación al proyecto.	51
2.1.3 Estudio de seguridad de obra en la etapa de corte y excavación.	60

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

3.1 Planteamiento de la hipótesis.	62
3.1.1 Planteamiento de los sistemas de protección.	63
3.1.2 Planteamiento del trabajo restrictivo de los equipos en la excavación.	64
3.1.3 Sistema constructivo adecuado para la excavación.....	64
3.2 Objetivos.	64
3.2.1 Objetivo principal.	64
3.2.2 Objetivos secundarios.	64

CAPITULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1 Estudios topográficos.	65
4.1.1 Plantear perfiles de cortes mínimos necesarios para ejecución del proyecto.....	66
4.1.2 Calcular volumen de corte.	68
4.2 Estudio y análisis del talud en la etapa del corte y excavación.	68
4.2.1 Cálculo y recomendaciones de variables críticas en la etapa de excavación.	69

CAPITULO V: EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Parámetros para la excavación.	95
5.2 Resultados.	95
5.2.1 Sistema de protección recomendado para el proyecto.....	95
5.2.2 Sistema constructivo recomendado.	96
5.2.3 Sistema de eliminación de material de la excavación recomendado.....	98
5.3 Diagramas y gráficos.....	99
5.3.1 Gráficos de resultados en el análisis de caída de rocas.	99
5.3.2 Cuadro de resultados de volumen de corte total del proyecto.	101

5.3.3 Esquema del sistema constructivo recomendado para la excavación.....	102
5.3.4 Esquema para la eliminación de materiales de excavación.....	102
CAPITULO VI: APRECIACIÓN EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS.	
6.1 Primera hipótesis.	103
6.2 Segunda hipótesis.	104
6.3 Tercera hipótesis.	105
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES.	
BIBLIOGRAFÍA	

RESUMEN DE TESIS

En la Zona del acantilado referido al distrito de Miraflores existen estudios de tesis como estudios específicos de suelos y estabilidad de proyectos que se han construido, además de contar con estudios de Ingenieros abocados a incrementar su conocimiento en relación a la costa verde, entre los estudios encontrados y revisados podemos mencionar los siguientes que se detallan en el capítulo 2 de la tesis:

- Ing. Alberto Carrillo Gill (Libros publicado).
- Ing. Alberto Martínez Vargas. (Artículo publicado).
- Ing. Mariella Cañari Sánchez (Tesis de Grado).
- Ing. Ronald Macazana. (Tesis de Maestría).
- Dr. Jorge Alva Hurtado (Estudio de estabilidad – Hotel Larcomar).
- Ing. Maggie Martinelli de Mayer (MyM Consultores SRL); estudio de suelo – Larcomar en tres etapas.

Los sistemas de excavaciones aplicadas en edificaciones vecinas son muy importantes, por tal motivo se realizó entrevistas a ingenieros residentes de estos proyectos, así como recopilar información de la metodología de excavación desarrollado en sus respectivos proyectos. Como en el caso de la construcción del centro comercial Larcomar, La ampliación del centro comercial Larcomar y una edificación en el acantilado correspondiente al distrito de Barranco.

En el desarrollo de la tesis se estudian sistemas de excavación que a la vez presentan un sistema de protección ante el desprendimiento de las rocas originadas por el efecto del corte del talud. Para plantear un sistema de protección ha sido necesario conocer cuál es el efecto de la roca al desprenderse del talud, bajo un análisis experimental desarrollado en el cerro de la UNI, así como también un análisis analítico y matemático. Por razones de seguridad no se realizó el análisis experimental en el mismo lugar de estudio.

Se plantean tres sistemas de protección: valla de protección, túnel metálico, muro de gaviones que se detalla en el capítulo 4 de la tesis.

Con el análisis de caída de roca se estableció que la valla de protección tendrá que ubicarse a 6 metros como mínimo del pie del talud, es decir abarcará los dos carriles en el sentido Norte – Sur.

En estudio de la tesis para este problema se plantean dos sistemas de excavaciones analizadas desde punto topográfico de facilidad para la eliminación del material.

El primer método plantea el ingreso de las excavadoras por la parte superior del talud y eliminar el material cortado por la quebrada más pronunciada del acantilado correspondiente a la zona en estudio (Talud adyacente al Centro Comercial Larcomar), el material eliminado será depositado en la parte inferior del talud para luego ser cargado a los volquetes y transportado por la vía costanera. Este sistema cuenta con un sistema de protección instalado anteriormente a la excavación.

El segundo sistema plantea el ingreso de los equipos de excavación por la parte superior del talud para ir generando una vía de ingresos provisional hasta llegar a la zona de mayor movimiento de tierras para el Proyecto Hotel Larcomar, en esta parte por presentar el talud menor pendiente, se plantea la utilización de una rampa hasta llegar a la vía costanera luego de realizar la excavación hasta un cierto nivel se empleará una faja transportadora que se empotrara en el muro más cercano a la zona adyacente al Centro Comercial.

El procedimiento inicial a la excavación es el análisis de estabilidad que en otra tesis desarrollada se detalla mejor, sin embargo para efectos de la tesis se realizo el análisis de estabilidad durante la excavación para ver como varia la estabilidad del talud, análisis de las banquetas a utilizar, análisis global del talud, análisis del talud después de la excavación con anclajes.

De acuerdo a lo desarrollado en la tesis se plantean lo siguiente.

- En todo trabajo de excavación es necesario realizar una planificación para saber la secuencia de excavación, siempre se debe contar con más de una alternativa para evaluar y poder relacionarlo en alguna etapa de la excavación.
- En la construcción de la edificación del centro comercial, según las entrevistas realizadas a los Ingenieros residentes se dejo material de relleno de 3 a 4 m, que forma parte del suelo a remover para la edificación del Hotel Larcomar.
- Según los cálculos efectuados para conocer la ubicación de una valla de protección para evitar problemas de desprendimiento de gravas señalan que

deberá de colocarse a 6 metros como mínimo del pie del talud. Es decir que 2 carriles de la vía Costanera tendrá que ser desviada.

- En edificaciones que se realizará en ladera según los resultados de estabilidad durante la etapa de excavación se recomienda que tenga forma de banquetas o escalonado, ya que la sobrecarga de la edificación se transmite directamente al talud o dicho en otras palabras la estructura del Hotel será recostado en el talud.
- Con respecto a los reglamentos de medio ambiente se recomienda proponer como tema de tesis ya que los lineamientos que presenta la Autoridad de la Costa verde así como las municipalidades son deficientes y en algunos casos nulos.
- Las banquetas utilizadas en la excavación sirven como soporte para mantener la estabilidad del talud, si es bien aplicado. Sin embargo se ha podido notar que en algunas excavaciones no se está desarrollando una verdadera aplicación de este sistema.
- El sistema de excavación dependen del análisis de estabilidad, para tal efecto se recomienda hacer una ensayo de corte directo insitu, que es el ensayo en campo más recomendado para obtener los parámetros geotécnicos de cohesión y fricción.
- En el sistema de excavación que plantea como medio de eliminación la quebrada más pronunciada de esta zona, muestra efectos secundarios a considerar como el ruido y el polvo, que en el proceso de excavación se puede evitar haciendo el riego controlado de agua en esta zona, sin embargo se recomienda hacer un estudio ambiental más minucioso.
- Según el análisis de estabilidad de banquetas, realizado en la presente tesis muestra como altura promedio de 3.5 m con pendiente de 70°. Geométricamente adopta la forma de un trapecio recto donde la base mayor según lo calculado debe ser 2.5m y la base menor 1.5m, bajo estos resultados el factor de seguridad de 1.5 para este tipo de suelos.
- Se recomienda también hacer un estudio de esfuerzo y deformaciones en cada etapa de la excavación para conocer los desplazamientos máximos esperados.

INTRODUCCION

En los últimos años el turismo se ha incrementado notablemente, debido a esto los inversionistas buscan lugares estratégicos que sean el atractivo de la zona, tal es el caso de las edificaciones que se construyen a lo largo de todo el acantilado de la Costa Verde, cuyo principal atractivo es la vista al mar.

Sin embargo para poder cubrir dicha necesidad es necesario conocer los parámetros del suelo, así como metodologías que ayuden a mantener la estabilidad de los taludes, por la sobrecarga que genera la edificación así como también el empuje que produce el talud en algunas edificaciones que se encuentran construidas a medio talud. Por tal motivo es necesario plantear sistemas de excavación adecuados que permitan desarrollar las etapas de la construcción con mayor seguridad.

La estabilidad del talud en la etapa de corte y excavación sigue siendo un tema delicado, ya que si no se realiza el estudio adecuado, traería consecuencias lamentables; no solo a la construcción, sino también pérdidas humanas como las ocurridas estos dos últimos años en nuestro país: La Victoria - Diciembre del 2007 (ocho muertos). Miraflores - Abril del 2008 (cuatro muertos).

El estudio está dirigido a buscar una metodología adecuada para la etapa de corte y excavación manteniendo la estabilidad del talud y estudiando las formas de cómo eliminar el material, y brindar seguridad ante el desprendimiento de gravas que se producen por el efecto de corte de los equipos de excavación.

En esta investigación se ha iniciado con entrevistas aquellos ingenieros que estuvieron involucrados en construcciones de este tipo y aquellos especialistas en excavaciones y movimiento de tierras en laderas. Siguiendo los análisis experimentales y trabajo topográfico en gabinete.

El estudio está siendo aplicado a un proyecto justamente turístico denominado Hotel Larcomar, que es una continuación del proyecto inicial del ya existente Centro Comercial Larcomar ubicado en el distrito de Miraflores.

CAPITULO I:

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA EN ESTUDIO

1.1 Presentación del Problema

1.1.1 Presentación General del problema.

La ubicación de las edificaciones a lo largo del acantilado, cada vez tienen más importancia ya que se encuentran cerca y en algunos casos en el mismo talud. Los diversos estudios que se han realizado en esta zona, ayudan a tener una idea de cuál es la composición que tienen estos suelos y cuáles son los riesgos que se encuentra en esta zona. Por lo general estos estudios recomiendan hacer un estudio más puntual sobre la zona donde se quiere ejecutar algún proyecto. Para la realización del proyecto Hotel Larcomar, uno de los diversos estudios que se realizaron es conocer cuál será el sistema constructivo adecuado para la excavación de esta zona, que sea seguro tanto para la vía costanera así como las edificaciones vecinas. Por tal motivo este estudio tiene la dirección de conseguir diversos sistemas constructivos teniendo en cuenta la seguridad y finalmente brindar recomendaciones a la empresa constructora que se encargará de ejecutarlo.

La etapa de corte y excavación, es una actividad inicial en toda obra civil que requiere un estudio y una metodología adecuada para su ejecución, por tal motivo es necesario realizar este estudio para la mejor aplicación de la ingeniería evitando los problemas que surgen por la inestabilidad del talud y así tomar las medidas correctas para mantener la seguridad en la construcción.

El estudio abarca en conocer el sistema constructivo, cálculo de de alturas críticas, sistemas de protección y formas de eliminación del material de corte.

1.1.2 Antecedentes.

Ubicación

El litoral de la costa verde se ubica en la parte suroeste de Lima Metropolitana y el Callao con una longitud aproximada de 22.5 Km.

El terreno estudiado ocupa un área de aproximadamente 7,000 m² y comprende una franja del acantilado de la Costa Verde frente a la playa Redondo, en el extremo

Nor-Oeste del Complejo Turístico Larcomar, en el distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima.

Descripción de Lugar

El acantilado de la Costa Verde en el sector donde se realizara una construcción con fines turísticos, presenta una topografía irregular que abarca 2 quebradas que bajan desde la parte superior del acantilado y taludes con diferente inclinación que descienden desde la avenida Armendariz y del local del Fashion Center del Complejo Turístico Larcomar hasta la avenida Costa Verde. En la parte superior los taludes tienen una pendiente irregular variable entre 20 y 45° descendiendo hacia la parte inferior del acantilado, donde la pendiente aumenta hasta casi 90° al pie del talud, adyacente a la avenida Costa Verde del circuito de playas.

El proyecto que se quiere ejecutar consta de las siguientes características:

Hotel Larcomar: Es una edificación que se encuentra en la parte media a inferior del acantilado, donde la cota mínima es el nivel de la vía costanera (cota 5 msnm). Esta estructura tiene como finalidad recreativa.

Existe una conexión entre el centro Comercial y la estructura del Hotel.

La estructura se está diseñando con la finalidad que soporte la presión pasiva del talud.

La altura del acantilado que corresponde al Distrito de Miraflores es 72 msnm.

Consideraciones Climáticas y Topográficas.

Está sometido a condiciones microclimáticas, particularizados dentro de la costa peruana que tipifica al clima como semiárido, bañado por brisas marinas, nubosidad permanente (Abril - Noviembre) ⁽¹⁾

Características topográficas de Miraflores según este estudio tenemos pendientes Globales de 25° a 57°.

Según las mediciones realizadas se han permitido conocer:

- Longitud del borde superior.

⁽¹⁾ INGENMET. "Estudio de la seguridad física de los acantilados de la Costa Verde" Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2008, Perú.

- Distancia al planear.
- Ancho de playa en los sectores medidos.
- Ancho de autopista Costa Verde.
- Ancho de relleno depositado en el borde inferior.

1.2 Justificación.

Al tener la zona del proyecto características especiales tales como: el relieve, material y la pendiente natural del talud, es necesario plantear una metodología adecuada para la etapa de corte y excavación, siendo los parámetros más importantes los siguientes: filtración; vibración de las maquinarias y equipos; sistema de drenaje; ubicación de las redes públicas de servicios; vías de acceso; alturas críticas de corte; sistemas de excavaciones, equipos a utilizar y protecciones. Estos tres últimos parámetros serán considerados en la investigación.

Los parámetros no considerados son temas de estudio que no forman parte del alcance de la investigación y que se recomienda ser tomados en cuenta en otros proyectos futuros. Uno de los cuales se está encargando de investigar la estabilidad de los taludes en la zona de interés al proyecto Hotel Larcomar.



Foto 1.1. Fotografía de Ubicación del proyecto e identificación de las características del acantilado.

En otros sectores del acantilado existen características muy similares a las mencionadas anteriormente, pero algunas zonas son de alto riesgo tal es el caso del

Distrito de San Miguel, debido a que el suelo está conformado por material limo arcilloso que es muy susceptible a humedad, lo que origina el agrietamiento del talud y desprendimiento de gravas, considerándose a esta como una zona de alto peligro para los vehículos que transitan por la vía de la costa verde. Actualmente este tramo de la vía se encuentra constantemente bloqueada. Los distritos de Barranco y Chorrillos presentan características particulares pero no tan graves como de la zona mencionada, es por tal motivo que se realza la importancia de un estudio de suelo, análisis de estabilidad de taludes, así como sistemas constructivos para edificaciones que se quiera realizar en el acantilado.

Costras Calcáreas:

El termino costra calcárea ha sido utilizado desde tiempos antiguos para referirse a una gran variedad de materiales de naturaleza y origen muy diferente, lo cual ha dado lugar a una gran ambigüedad en torno a estas acumulaciones de carbonato tanto a nivel terminológico como conceptual.⁽¹⁾

La formación de las costras calcáreas resulta principalmente de procesos en los que interviene la disolución y posterior precipitación de carbonatos.⁽²⁾

Se debe evitar eliminar la costra calcárea, ya que constituye una medida de estabilidad natural, incrementa los empujes pasivos por lo tanto la estabilidad del talud.⁽³⁾

1.3 Marco teórico.

Desarrollaremos todas las herramientas teóricas que utilizaremos en el transcurso de la investigación siendo estas las siguientes:

1.3.1 Sistemas Constructivos en excavaciones:

Es el conjunto de medidas que enlazadas y planificadas conllevan a desarrollar con éxito la actividad de excavación.

Los sistemas constructivos conllevan a tomar en cuenta algunos criterios:

(1), (2) María Estrella Navarro, *Algunas Micro estructuras presentes en las costras calcáreas del pie de monte de Belera*, Ediciones George, Valencia – España 1989.

(3) Cañari Sánchez, Mariella "Análisis de estabilidad de taludes de la costa verde" tesis de grado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Ingeniería, 2001, Perú.

A. Influencia en la ubicación de la Obra.

- *Tipo de vía de acceso a la Obra:* Es muy importante considerar este criterio ya que la cantidad de materiales, equipos y personal a transportar tiene mucha influencia en el plazo y en los costos.
- *Características de la Vía:* es necesario revisar el estado que se encuentra la vía sobre todo por la sobrecarga que uno tiene que realizar también sobre los problemas legales que conllevaría al transportar gran sobrecarga al proyecto.

A.1 Restricciones.

Con respecto a esto solo desarrollaremos las restricciones que se adaptan al proyecto.

- *Demrumbes:* Desprendimiento de gravas en la Vía Costanera.
- *Transito por horas:* Restricciones con respecto a la vía y los vehículos que transitan. Calcular la hora punta y el flujo vehicular.
- *Trabajos a media vía.* En algunas oportunidades es necesario la utilización de la mitad de la vía para el ingreso y salida de los vehículos, en algunos casos es necesario construir una vía alterna.
- *Bloqueos de la vías frecuentemente.* Hoy en día este problema se tiene que considerar e identificar las zonas donde generalmente ocurren este tipo de protestas y mantenerse informado.

A.2 Clima, Altitud y Topografía.

Se tiene que tener en cuenta la topografía de la zona así como el clima de verano por el calor intenso.

A.3 Canteras

Es un lugar geográfico donde se pueden extraer agregados con características de resistencia, uniformidad en peso y volumen. Los agregados que se necesitan para relleno serán proporcionados por los contratistas. Los volúmenes de relleno planeado para el proyecto Hotel Larcomar son mínimas.

A.4 Botadero

Lugar físico donde se evacua material de corte no utilizable. Este lugar debe contar con los criterios de medio ambiente. Para el proyecto se utiliza los botaderos autorizados en Lima, así como: Casren, Zapallal, Portillo Grande, Huaycoloro y La Cucaracha (considerado hoy un botadero controlado), estos datos según el diario El Comercio con fecha del 31 de mayo del 2007

A.5 Fuentes de agua

Es necesario conocer la fuente abastecimiento de agua para el proyecto no solo de uso para la construcción sino también de saneamiento, cuya fuente es Sedapal.

B. Estados del suelo.

B.1 En Banco

Es la densidad y volumen del material al estado natural, antes de ser removido. Ejm en corte o excavación en cantera y para eliminación de material a los botaderos.

B.2 Suelto

Es la densidad y volumen del material cuando ha sido removido. Ejm. Para el transporte del material.

B.3 Compactado

Es la densidad y volumen del material cuando ha sido compactado artificialmente (normalmente, con equipos). Ejm. en rellenos, sub-bases, bases, carpeta asfáltica, otros

Para poder plantear un buen sistema de excavación es necesario conocer el tipo de excavación que se realizará.

C. Tipos de excavación:

Se realizara el tipo de excavación que se desarrollara en la zona en estudio, dejando de lado las excavaciones subterráneas.

C.2 Excavaciones Superficiales:

Según su magnitud o volumen

- Masivas: cuando se utiliza equipos para realizar la excavación (Excavadoras, camiones, retroexcavadoras, etc.).
- Pequeñas o para estructuras: cuando no es necesario utilizar estos equipos.



Foto 1.2. Excavaciones masivas en el proyecto los parques de El Agustino – Conjunto Residencial, fuente GyM

Según su posición

- Corte abierto
- Corte cerrado.
- Corte a media ladera.
- Corte en ladera (Ej. tubería forzada)

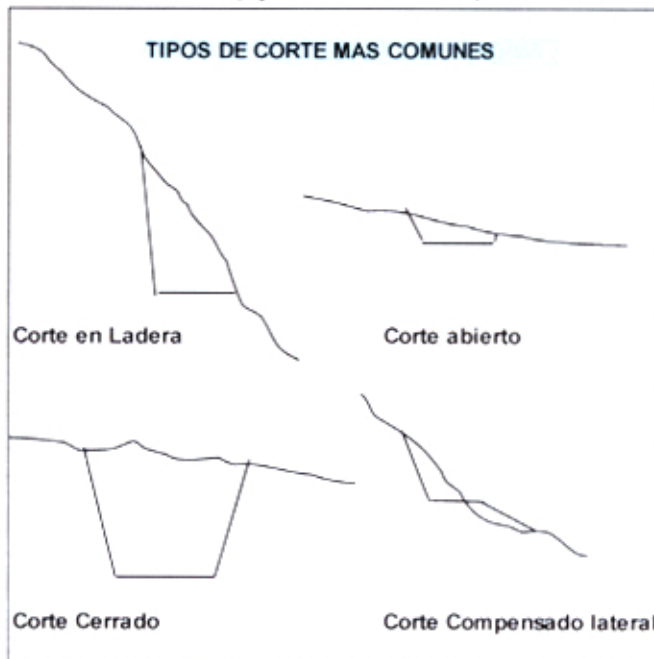


Figura 1.1: secciones de corte en excavaciones mas comunes – exposición GyM excavaciones

Según la imagen planteada se presenta el tipo de corte más común que se tiene en la zona en estudio.

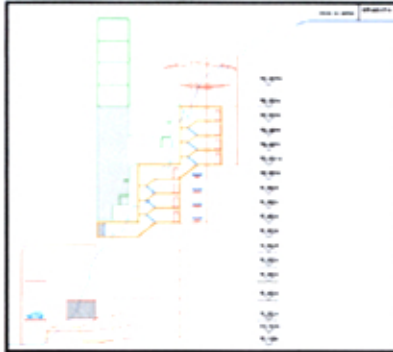


Imagen del Perfil característicos del Hotel en el talud del Acantilado. (Sin escala)

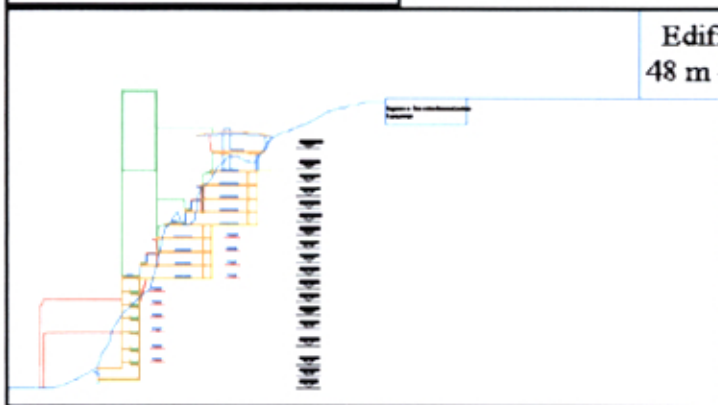


Figura 1.2: Secciones topográficas típicas de la Zona en estudio Proyecto Hotel Larcomar.

También se utilizaron algunas metodologías aplicadas por algunas empresas mineras ya que tiene una similitud en la forma topográfica.



Foto 1.3



foto 1.4

Fotografías 1.3, 1.4. Excavación en corte abierto en minas – Fuente Barrick.

Corte a media ladera, es indispensable realizar la planificación



Foto 1.5. Proyecto Construcción de Abastecimiento de agua y generación de energía Lima – Perú ⁽¹⁾

- Excavación sin edificaciones aledañas.
- Excavación con edificaciones aledañas.



Foto 1.6. Excavación "Consultorios Clínica Ricardo Palma Agosto del 2007"

⁽¹⁾ Imagen presentado en la exposición de Movimiento de tierras el Ing. David Gutiérrez (GyM), en la FIC-UNI Octubre 2008

1.3.2 Metodología de Excavación.

A. Metodología de excavación para sótanos – Zonas urbanas

Las consideraciones que se tienen en cuenta en una excavación en la ciudad donde existen estructuras cercanas o adyacentes, circulación de vehículos y personas en gran flujo, Es por tal motivo planificación de la metodología de excavación adecuada para mantener la estabilidad del talud y generar seguridad en la excavación.

Una metodología para el sistema constructivo en la etapa de la excavación constituye el estudio de varios factores como:

- ✓ Accesos al proyecto.
- ✓ Disposición de equipos.
- ✓ Topografía de la zona.
- ✓ Características del tipo de suelo.
- ✓ Edificaciones vecinas.

Se tiene que tener en cuenta en forma general la seguridad, el tiempo y el costo que genera realizar dicha actividad.

Control de la estabilidad del talud durante la excavación: consiste en aplicar el sistema correcto excavación y de eliminación del material.

A.1 Excavación y proceso de construcción del muro de contención:

Para poder realizar una excavación segura se tiene que tener en cuenta el momento adecuado donde uno decide iniciar la construcción del muro pantalla, bajo los resultados del análisis de estabilidad

Formas de eliminación del material excavado.

a. Utilización de rampas:

Claro está que la forma como uno inicia la excavación también es importante. En la mayoría de excavaciones se plantea diseñar una rampa que generalmente tiene una pendiente de 8 a 12 % como máximo, donde van transitando los camiones quienes eliminaran el material excavado.

Para tener una mejor visualización tomamos las fotografías de rampas presentadas en el Boletín "Estabilización de excavaciones para Sótanos", de la empresa GyM, y de autoría del Ing. Edward Santa María y colaboradores, de dos proyectos en San Isidro.



Foto 1.7: Rampa inicial – Edificio Capital.

Foto 1.8: Rampa de acceso – Edificio Santo Toribio.

El diseño de las rampas siempre será con el objetivo de alcanzar el nivel más profundo de la excavación como se presenta en la siguiente figura.



Fotografías 1.9, 1.10: Eliminación inicial de material para la formación de la rampa.



Foto 1.11, 1.12: Desarrollo intermedio de la rampa, utilizando excavadora y volquetes.



Fotografías 1.13, 1.14: Tramo inferior de la rampa.

Las fotografías 1.9... ,1.14, mostradas anteriormente se utilizaron por cortesía de la empresa GyM en la etapa de movimiento de tierras para el proyecto: "Consultorios Clínica Ricardo Palma Agosto 2007"

Pero no solo existen las rampas como medio para poder eliminar el material excavado sino también otros medios como las fajas transportadoras.

En muchos casos cuando se trata de un proyecto pequeño conviene utilizar esta metodología por que genera menos costo que otros métodos.

Eliminación de las rampas:

Según las entrevistas realizadas a los ingenieros civiles residentes durante una excavación mencionaron lo siguiente.

La rampa en las excavaciones es lo último que se elimina ya que es un medio por donde se puede ingresar los materiales.

La rampa se diseña de tal forma que no toda su longitud se encuentre en el área de construcción. Sin embargo no se tiene la recomendación del porcentaje de longitud dentro y fuera del terreno, en zonas donde la altura de corte es mayor se utiliza equipos que ayudan a realizar transporte vertical como la Torre Grúa y los winches.

Esta eliminación de las rampas siempre se realiza al final después de realizar la excavación para la cimentación y en muchos casos cuando se tiene parte o gran parte de la estructura construida.

Sin duda después de la eliminación de la rampa ya se tiene un ingreso provisional que puede ser la nueva estructura construida o algún otro equipo de transporte para poder ingresar materiales de construcción y al personal de trabajo.

b. Utilización de Fajas transportadoras:

Es un equipo mecánico que sirve para la eliminación de material de excavación a través del uso de una banda de caucho, accionada por un motor y se desliza mediante polines.

Su diseño está gobernado por los siguientes factores:

- Tipo de material.
 - Densidad del material.
 - Angulo de reposo.
- } Estudios de suelo
- Volumen a eliminar diariamente.
 - Horas de trabajo diario.
- } Necesidad de obra

Partes de la faja transportadora: entre los principales tenemos

- ✓ Alimentador.
- ✓ Faja transportadora.
- ✓ Sistema eléctrico.



Foto 1.15: Utilización de la faja transportadora "Consultorios Clínica Ricardo Palma Agosto 2007".

Características Específicas:

- La inclinación de la faja está definida en $18^\circ - 20^\circ$, sin embargo dependiendo del material de la grava, este podría elevarse ligeramente.
- El alimentador de la faja, traslada el material acumulado en la tolva a la faja transportadora, pudiendo controlar la velocidad del motor del alimentador entre 1200 a 1800 rpm, dando así un rendimiento oscilante entre 6 a 7 minutos por volquete (18 cubos promedio).
- Control de piedras: la pretolva permite la selección de piedras de 6 a 8 pulgadas de diámetro, promedio, las cuales no ingresan al sistema.
- En la eliminación, las piedras de mayor tamaño tienden a rodar, esto debido al ingreso de piedras más grandes, por la modificación del peine de la tolva de 6 a 8 pulgadas. Para solucionar este problema, se coloca una malla entre la faja y los muros pantalla, así como un rodapié en la baranda, que contenga las piedras e impidan su caída.

Montaje de la faja transportadora:

Se desarrollaron dos niveles de excavación por rampa (6 m aprox.), excavación tradicional.

Ejm: Para una faja transportadora de 30 a 51 m.

Primer día:

- Llegada de componentes de la faja a la obra.
- Vaciado de Muro pantalla ($f_c=280 \text{ kg/cm}^2$).
- Trazo y excavación de zapatas para motriz.

Segundo día:

- Vaciado de zapata ($f_c =280 \text{ kg/cm}^2$).
- Trazo y replanteo y ubicación de escuadras.
- Se colocan algunas escuadras.

Tercer día:

- Montaje de motriz sobre zapatas.

- Montaje de módulos de faja soldado de orejas de amarre, montaje y soldado de pasarelas y barandas, colocación de polea de cola y arranque de la instalación eléctrica.

Cuarto día:

- Montaje del motor, tendido de cables y tuberías, instalación de tablero, montaje de alimentador, colocación de tolva sobre el soporte del alimentador.

Quinto día:

- Montaje y tendido de la banda.
- Conexión eléctrico de alimentador y pruebas, colocación de poleas y contrapeso.
- Pruebas iniciales.

Sexto día: Prueba finales, faja 100 % operador.

Nota: el montaje se recomienda que sea en un día que sea fin de semana.



Foto 1.16, 1.17: Montaje de la faja transportadora "Consultorios Clínica Ricardo Palma Agosto 2007".

Proceso de eliminación es la siguiente.

- La excavadora corta y carga material en el alimentador.
- Se separa bolonería de material gravoso.
- Se estaciona volquetes en zona de descarga.
- Se coloca malla de protección sobre volquete.

- El operador acciona al alimentar y la faja.
- El material separado sube por la faja hacia la tolva de descarga.
- Material es depositado en el volquete.
- Se retira malla de protección y camión volquete inicia su viaje.
- Se repite todo el proceso.

Los bolones se eliminaran mediante la grúa torre



Foto 1.18 Ingresando material por el alimentador



Foto 1.19 Transporte del material por la faja



Foto 1.20 Control de la velocidad de descarga



Foto 1.21 Descarga final del material excavado

Fotografías: Las 4 últimas fotografías corresponde al movimiento de tierras del proyecto "Consultorios Clínica Ricardo Palma Agosto 2007".

Rendimientos

- o Tiempo de ascenso de material es de 20-30 segundos.
- o Tiempo de llenado de volquete 18 m³ es de 6-7 minutos
- o El volumen eliminado con 10 camiones es de 530 m³ en tolva.
- o Trasladan material con un rendimiento entre 80 a 100 ton. por hora.

- Con 18 ciclos de carga (1.0 m³) se llena un volquete, toma de 6 a 7 minutos.

Según el residente de la obra menciona “La faja nos permitió programar sin depender, como en el caso de rampas, de dos factores: eliminación y muro pantalla. Solo dependimos para programar del avance de muro pantalla”.

Seguridad de la faja transportadora:

Es importante que se encuentre un operario y un ayudante que se encargue de supervisar el buen funcionamiento de la faja, así como el montaje de barandas adyacentes a la faja.

Se muestran a continuación en las fotografías 5, 6, 7, 8 los elementos de seguridad así las medidas que se adoptan para tener una mayor seguridad.



Foto 1.22 Utilización de baranda de protección

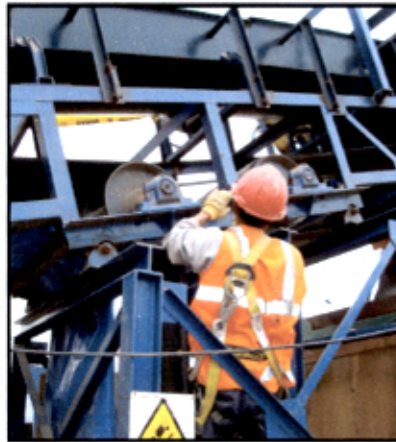


Foto 1.23 Verificación de elementos mecánicos



Foto 1.24 Mantenimiento del alimentador



Foto 1.25 Señalización – Seguridad

Sistema de excavación para mantener la estabilidad.

La excavación se realiza de forma escalonada donde se va excavando una región y se deja el adyacente como contención temporal (banqueta). En muchas excavaciones donde han tenido problemas de derrumbes debido a la mala aplicación del sistema o al mínimo espaciamiento de banquetas ya que estas dependen bastante del tipo de suelo que se está excavando.

c. Utilización de la Torre Grúa:

En algunos casos es necesaria la utilización de la Torre Grúa, para poder eliminar el material excavado. Sin embargo en las pocas obras que se han utilizado el trabajo es lento y costoso.

Mencionaremos algunos puntos importantes extraídos del Boletín ⁽¹⁾

Se recomienda que para el vaciado de la zapata de la Torre Grúa, se debe tener en cuenta que el primer cuerpo de la torre grúa debe quedar instalado, para lo cual se debe considerar una grúa móvil que apoye durante la maniobra y de las dimensiones está en función a la altura y peso a transportar.

En este caso como se presenta en el boletín ⁽¹⁾ para el proyecto del Edificio Capital, la zapata quedaba en la zona destinada para la vereda. Las redes de luz, agua y comunicaciones por reglamento están ubicadas en la veredas, por eso fue necesario dejar pases a lo largo de la zapata que puedan servir para que los concesionarios de los servicio mencionados puedan ampliar sus redes.

Por último también recomienda que para la ubicación de la torre grúa se deba considerar la interferencia que puede producir las antenas parabólicas que se encuentren cercanas u otras edificaciones.

d. Sistemas de contención:

d.1 Muro pantalla:

Es un sistema de estabilización y protección de taludes verticales, cuando se realiza excavaciones para sótanos, es muy utilizado por el ahorro económico dependiendo de la profundidad así como el tener mayor desarrollo en área.

(1) Boletín "Estabilización de Excavaciones para Sótanos", Edward Santa María y colaboradores, publicadas en el portal de conocimiento de GyM.

Está conformada por un sistema de anclajes postensados y muros de contención, los cuales trabajan en forma conjunta para dar mayor estabilidad al talud vertical, esto se logra debido a que se forma un bulbo interior inyectando a presión concreto pobre o lechada de cemento, de modo tal que se logra arriostrar el anclaje varios metros por dentro del terreno adyacente.

En la siguiente fotografía se puede notar la aplicación de este sistema

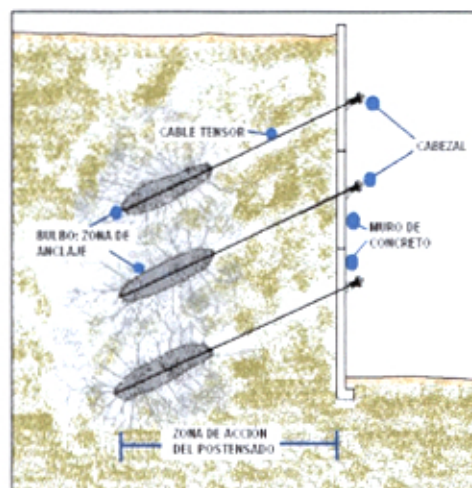


Figura 1.3. Esquema de una Muro Pantalla

Funciones del muro pantalla:

- Resistir los empujes del terreno.
- Limitar la entrada del agua al terreno (en ciertos casos).
- Aprovechar al máximo la disponibilidad del suelo urbano.
- Limitar los movimientos del terreno consecuentes de una excavación.

Anclajes:

Los anclajes son elementos constructivos utilizados para mantener la estabilidad de taludes, pantallas de concreto, tablestacados, etc. Los muros anclados reciben importantes empujes de la tierra y también los efectos producidos por el agua, de modo que este recurso les permite reforzar y asegurar su estabilidad.

Los muros anclados pueden llegar a profundidades mayores a 20 m de profundidad.

Los elementos de anclaje logran estabilidad con muy bajo índice de deformaciones.

Los anclajes se hacen a medida que se avanza la excavación mediante cables empotrados con perforaciones inyectadas con lechada de cemento de altas resistencia, luego se tensan al aplicar esfuerzos iguales o superiores a los del terreno sobre el soporte.

Pueden ser de dos tipos temporales, como en el caso de muros pantalla para sótanos que cuenta con edificaciones vecinas, ya que estas al final de la construcción se destensan y se corta lo más profundo que se pueda el anclaje del cabezal para que al momento que realicen excavaciones en la edificación adyacente solo removerán los anclajes ya que no se encontrarán sujetos al muro pantalla. También existen los anclajes permanentes que se utilizan para muros de contención en caminos, presas, es necesario que tenga un tiempo de vida alto, lo cual significa que tiene que estar acompañado de un monitoreo constante.

Los anclajes son generalmente de cable de acero postensado ó bien de barras de acero de alto límite elástico.

Otros sistemas de protección:

d.2 Calzaduras:

Son estructuras de concreto que se asemejan a cubos de concreto que se construye utilizando sistemas de banquetas, este sistema se caracteriza por que los bloques de concreto que se encuentran en la parte inferior de la calzada ya construido, presenta mayores dimensiones en profundidad horizontal y así sucesivamente hasta lograr la profundidad deseable de excavación. Es recomendable para excavaciones de 6 a 9 m. si la excavación pasa esta profundidad de recomienda utilizar otra solución, tanto por razones de seguridad, costo y plazo.

Se presenta un esquema donde se indica el sistema de construcción de las calzaduras.

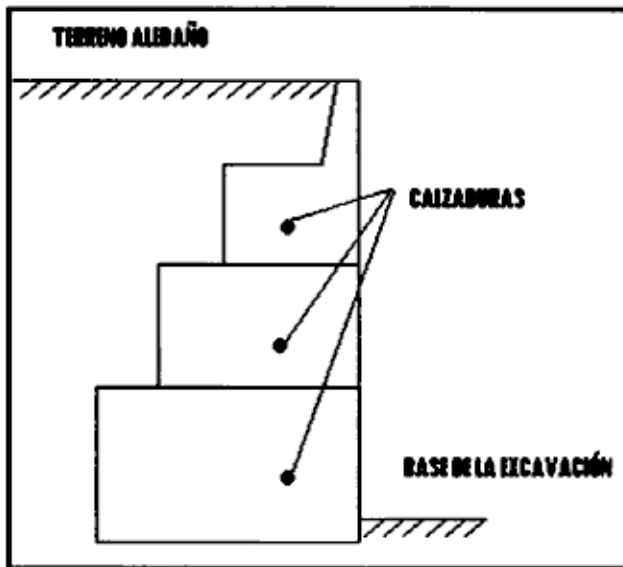


Figura 1.4: Sistema constructivo de calzaduras.

d.3 Pilotes Tensados:

Un pilote es una pila de concreto armado que es enterrada en el suelo y es usada tanto en cimentaciones como en estabilización de taludes donde trabaja en forma conjunta como un cerco de contención, donde los esfuerzos se compensan por acción del anclaje y por la profundidad del enterramiento que poseen, además forman un arco de presiones entre cada distanciamiento de pilotes suficientemente fuerte para el terreno libre no ceda y permiten una excavación acelerada.

Tienen un método constructivo secuencial definido según el tipo de pilote a utilizar.

La desventaja con respecto a otros sistemas es que requieren un espacio mínimo de acción, lo cual produce un retiro del área del terreno que varía entre 2 a 3 metros, además de que su diseño no permite que posteriormente forme parte de la estructura de la edificación como columnas o placas.

En la siguiente fotografía extraída del boletín mencionado anteriormente sobre excavaciones en sótanos se muestra el sistema de trabajo.



Fotografía 1.26: excavación profunda utilizando pilotes

Este sistema es muy utilizado en Chile, en zonas donde tiene un suelo de características muy parecidas al suelo de Lima.

e. Metodología de excavación para mantener la estabilidad

e.1 Sistemas de banquetas:

Las excavaciones no se realizan de forma lineal, sino que se dejan espacios denominados banquetas con la finalidad de brindarnos una estabilidad.

Las dimensiones de las banquetas son de 2 m. de ancho como mínimo en la parte superior, en algunos casos si el suelo es resistente se utiliza banquetas en la parte superior de 1 m y en la parte inferior 1.5 m. ⁽¹⁾



Foto 1.27 Banqueta: Edificio Golf Millenium



Foto 1.28 Banqueta: Edificio Capital

Ambos ubicados en el distrito de San Isidro, y desarrollado por la empresa GyM.

También se puede mencionar que cuando el tipo de suelo no es tan cohesivo las dimensiones de la banqueta van aumentando. Como el caso de uno de los proyectos visitados en el distrito de Barranco.



Fotografía 1.29. Excavación obra Construcción de Departamentos – Barranco 2008

e.2 Perfilado y desquinchado en la excavación:

Perfilado o desquinchado:

Es el proceso por el cual se va afinando el perfil del talud, en esta etapa es donde ocurre la sobre excavación, lo que ocasiona un desperdicio de concreto. Se debe tener mayor control en el procedimiento del perfilado ⁽¹⁾.

El perfilado de la banqueta, es un proceso que se realiza durante la excavación masiva, el proceso consiste en la eliminación del interior de un nivel inferior del área, dejando un anillo con un ancho entre 3 a 5 metros para un suelo de conglomerado como el suelo de San Isidro, con suficiente acción pasiva para poder estabilizar el terreno. El anillo se va descargando mediante la banqueta para esto se usa un cargador frontal y una retroexcavadora, la eliminación del anillo se realiza en forma de damero (uno sí, uno no), lo que deja las banquetas para poder resistir los esfuerzos.

⁽¹⁾ Conclusiones Boletín "Estabilización de Excavaciones para Sótanos", Edward Santa María y colaboradores, publicadas en el portal de conocimiento de GyM - 2008.

Como se muestra en la fotografía 1.30 tomada en la etapa de movimiento de tierras de la Obra "Edificio Capital – San Isidro", se puede notar la utilización de una retroexcavadora.



Fotografía 1.30 Distribución de banquetas y rampas

Se tiene que tener en cuenta la longitud que ocupan las banquetas, para poder organizar el esquema de trabajo y la eliminación de material, de esta forma se evitaría retrasos en la obra

La eliminación de la banqueta se realizara con cargador frontal y/o excavadora.

Cuando se va a vaciar un muro pantalla, es necesario eliminar las imperfecciones

Una de las recomendaciones menciona lo siguiente:

Para el perfilado manual es recomendable colocar tres plomadas por paño a partir de las cuales se indica a los dequinchadores cuantas centímetros deben retirarse, por lo general es cinco centímetros menos de lo requerido, ya que el terreno posee bolonería y el trabajo generalmente se destina a peones (no operarios) por lo que existe un margen de error apreciable. Para un mejor control también se puede hacer uso de un Escantillón, con la finalidad de medir bien y remarcar las dimensiones del muro. ⁽¹⁾

(1) Proceso Constructivo Boletín "Estabilización de Excavaciones para Sótanos", Edward Santa María y colaboradores, publicadas en el portal de conocimiento de GyM 2008.



Foto 1.31

Foto 1.32

Foto 1.33

Foto 1.31 Colocación de plomadas

Foto 1.32 Uso de escantillón

Foto 1.33 Excavación y perfilado con martillo (opcional)

B. Metodología de excavación en minas a tajo abierto

Es una de las metodologías aplicadas en Minas de tajo abierto, que presenta otras características empezando que se encuentran en una zona rural, sin embargo presentan factores comunes a las excavaciones urbanas (caso excavación en el acantilado de la Costa Verde). Como el caso del cálculo de la estabilidad, seguridad de los trabajadores y equipos, grado de desprendimiento de material rocoso o gravoso.

Sin embargo esta metodología es aplicable para suelos rocosos, el suelo que presenta el acantilado es un suelo gravoso, típico al conglomerado de Lima.

El objetivo de presentar este marco teórico es conocer algunas características que se aplican, para luego poder aplicarlos ajustando a la realidad del tipo de suelo en el acantilado de la Costa Verde.

B.1 Modificación de la Topografía.

Toda excavación genera un cambio en la topografía, veamos cuales son los criterios que se consideran desde el punto de vista de estabilidad de taludes.

a. Abatimiento de la pendiente del talud

Al disminuir la pendiente del talud, el círculo crítico de falla se hace más largo y más profundo para el caso de un talud estable aumentándose de esta forma el factor de seguridad.

El abatimiento de la pendiente del talud es económicamente posible en taludes de poca altura, pero no ocurre lo mismo en taludes de gran altura.

b. Remoción de materiales de la cabeza

Antes de iniciar el proceso de corte debe calcularse la cantidad de material que se requiere remover bajo un análisis de estabilidad con un factor de seguridad que mantenga segura la excavación. El cálculo se realiza generalmente, por un sistema de ensayo y error.

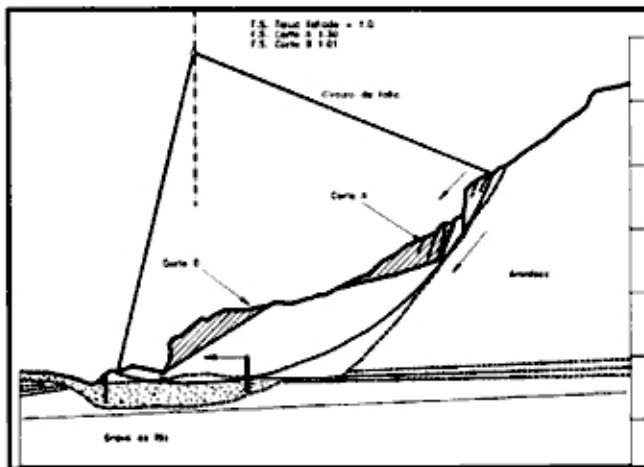


Figura 1.5 Corte de parte del material deslizado para mejorar el factor de seguridad

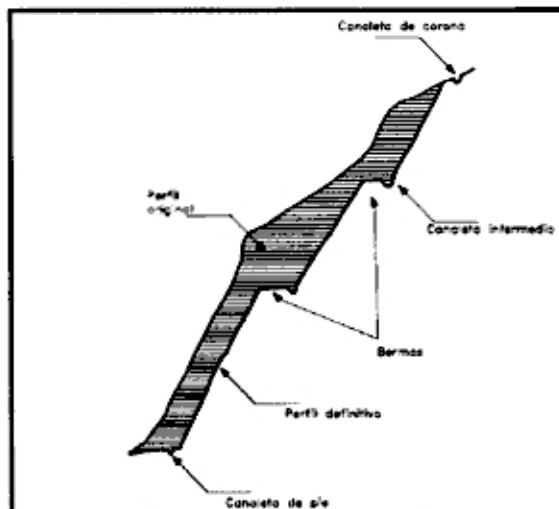


Figura 1.6 Corte de parte del material deslizado para mejorar el factor de seguridad ⁽²⁾

⁽²⁾ Figura 1.5 y 1.6 extraídas del libro de Juárez Badillo "Estabilidad de Taludes" capítulo 12, editorial escuela colombiana de Ingeniería, Colombia 1998

c. Terrazas o bermas intermedias

Según un resumen del libro de Juárez Badillo, la construcción de terrazas en la parte alta de un deslizamiento de rotación tiende a reducir el momento actuante y controlar el movimiento. Si el proceso se hace en la parte inferior se puede lograr el proceso inverso de disminuir el factor de seguridad. En deslizamientos de traslación y en ciertos flujos o deslizamientos de residuos generalmente no es efectivo emplear métodos de remoción de materiales.

Al construir las terrazas el talud puede quedar dividido en varios taludes de comportamiento independiente, los cuales a su vez deben ser estables.

c.1 Diseño de la geometría de las bermas.

El diseño de un talud consiste en definir su altura, pendiente y elementos topográficos con base en parámetros geotécnicos. Para el diseño de un talud se pueden emplear varios sistemas.

c.2 Diseño de terraplenes o terrazas

Los terraplenes son estructuras muy susceptibles a problemas de deslizamientos y erosión debido a su bajo grado de cementación y a que generalmente su colocación genera una disminución del factor de seguridad del talud pre-existente, por aumento de los esfuerzos actuantes.

- La pendiente y altura deben producir un talud topográficamente estable. Si esto no es posible se deben construir estructuras de contención para el terraplén.
- No deben bloquearse nacimientos de agua o zonas de humedad sin construir previamente un sistema de subdrenaje eficiente.
- El contacto entre el suelo subyacente y el terraplén debe ser discontinuo para impedir la formación de una superficie de debilidad.

1.3.3 Estabilidad de taludes.

Según Braja Dass en su libro "Principios de la Ingeniería Geotécnica", en versión en inglés, menciona que bajo el nombre genérico de talud denominamos a la superficie inclinada con respecto a la horizontal que adopta un terreno. Pueden ser artificiales,

cuando están contruidos por el hombre (terraplén o desmonte), o naturales (laderas).

La gravedad actuará siempre como factor desequilibrante, y siempre que esté compensada con la resistencia del terreno, el talud estará en equilibrio. Por el contrario, cuando el equilibrio se rompa se producirá una inestabilidad de la masa en forma de deslizamientos, avalanchas, desprendimientos, etc.

Los fenómenos de inestabilidad son los causantes de un elevado número de víctimas humanas en el mundo.

El problema de estabilidad está asociado a la condición de falla o ruptura de la estructura del suelo a través de un plano o superficie de falla.

Particularmente para este estudio la estabilidad de una excavación depende de:

- a) La resistencia del terreno donde se excava el talud, caracterizada por sus parámetros de resistencia (c , φ ó \bar{c} , $\bar{\varphi}$);
- b) El peso unitario del terreno;
- c) La altura del talud;
- d) La pendiente del talud y
- e) La presión de poros.

El mecanismo de falla crítico es usualmente una superficie profunda en terrenos cohesivos homogéneos, y un deslizamiento superficial en terrenos granulares homogéneos. En taludes heterogéneos la superficie crítica puede ser superficial ó profunda, dependiendo de la resistencia y el perfil del terreno. ⁽¹⁾

La estabilidad a largo plazo de los taludes de excavación en terrenos cohesivos es usualmente más crítica que la estabilidad a corto plazo, debido a que el terreno cercano a la excavación se expande bajo la reducción de esfuerzos, quedando más débil con el tiempo. Sin embargo, será necesario analizar la estabilidad de excavaciones para diferentes condiciones de la presión de poros. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Dr. Jorge Alva Hurtado .Diapositiva de clases sobre estabilidad de taludes, Post Grado FIC –UNI , 2006

⁽²⁾ Ing. Abel Ordoñez .Diapositiva de clases sobre estabilidad de taludes, Post Grado FIC –UNI , 2007

Laderas Naturales.

Si la ladera natural hasta el momento no ha sido modificada entonces se dice que ha llegado a un equilibrio bajo las condiciones naturales del lugar, en este caso es necesario hacer un análisis estático y Pseudo estático.

a. Tipo de fallas en estabilidad de taludes característicos de la zona.

Se mencionan los más conocidos:

- Desprendimientos: Caída libre, volcadura.
- Derrumbes: Planar, rotacional, Desprendimiento lateral, desprendimiento de escombros.
- Avalanchas: pudiendo ser de rocas o escombros.
- Flujo de descombros: moviéndose como flujo viscoso.
- Repteo: movimientos lentos o imperceptible.

b. Factores Influyentes en la estabilidad.

- Antecedentes históricos.
- Factores geométricos (altura e inclinación).
- Factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud).
- Factores hidrogeológicos (presencia de agua).
- Factores relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

1.3.4 Características geológicas y geomorfológicas del acantilado de la Costa verde.

A. Según Estudios Puntuales:

Según el informe del estudio de suelos realizado por la empresa M&M "Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación Hotel – Complejo Larcomar Miraflores, Lima".

En dicho estudio se realizaron entre perforaciones rotativas desde 10 a 30 m en la parte inferior y a media ladera del acantilado, y calicatas entre 2, 3, 4, 8 y 20 metros.

A continuación se presentan las fotografías 1.34 y 1.35 que fueron presentado como fotografías de los ensayos en el informe de la empresa M&M.



Fotografía 1.34 Ubicación de la calicata CH-1 **Foto 1.35** Ejecución auscultación cono Peck CP-1

Según el informe presentado por la empresa M&M.

En el sector donde se construirá el hotel, hay una capa superior de suelos finos de espesor variable de 3.80 m aproximadamente constituido por arcilla limosa, limo arenoso, arena fina.

Bajo esta capa hasta el pie del talud del acantilado, un depósito de grava arenosa, mal graduada, con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 16 pulg de tamaño máximo; cuya densidad relativa tiende a aumentar con la profundidad, encontrándose en estado suelto a medianamente denso en la parte superior del talud y luego, en estado medianamente denso a denso.

Dentro del depósito de grava arenosa, existen lentes y bolsones de hasta 2 m de espesor de arcilla limosa, de plasticidad baja a media, medianamente compacta a muy compacta; limo arcilloso, de plasticidad baja, compacto; arena fina, mal graduada, medianamente densa; y arena fina, gravosa, mal graduada, medianamente densa.

En la parte superior del acantilado en el extremo Este del terreno y en el eje de las quebradas, existe una capa superior de relleno de espesor variable entre 1.80 y más de 4.00 m, conformada por arcilla limosa, gravosa, con restos de desmonte y basura.

En el estudio se plantea se plantea que para el nivel freático en la parte inferior del acantilado (Cota de terreno 5 msnm) se encuentra a 3.10 a 3,30 m.

Capacidad portante del proyecto:

- Centro de Convenciones $q_a = 3.00 \text{ Kg/cm}^2$
- Hotel $q_a = 4.00 \text{ Kg/cm}^2$.
- Durante los trabajos de movimientos de tierras, se recomienda efectuar una inspección periódica de los taludes de corte y estructuras de sostenimiento. Deberá reportarse cualquier anomalía (rajadura, asentamiento, filtración u otra) para tomar a tiempo las medidas correctivas de refuerzo.
- Los taludes del terreno que se ubiquen a un nivel superior al del edificio del hotel deberán tener una pendiente menor o igual a su ángulo de reposo y estar protegidas contra la erosión. En caso contrario deberán contar con estructuras de sostenimiento del talud, diseñadas teniendo en cuenta los parámetros de empujes indicados. Se da esta recomendación para evitar el desmoronamiento de piedras (aunque sean pequeñas).

B. Según estudios Generales:

B.1 Aspectos Geomorfológicos

Según los estudios realizados por el INGEMMET mencionan lo siguiente:

Desde el punto de vista morfológico, las ciudades de Lima y Callao se hallan asentadas sobre el abanico aluvial del río Rímac.

El abanico del río Rímac, constituye una terraza fluvio aluvionica de relieve horizontal con una extensión de 300 km^2 y tal como se presenta en la actualidad, este tiene su vértice oriental cerca de Vitarte y su línea occidental sobre la línea costera de 22.5 Km , la cual representa una línea de erosión del viejo abanico. Hacia el sur limita con el macizo del Morro Solar en Chorrillos. En el Norte, cubre parte del abanico del río Chillón, desplazando a este último más al Norte. El actual lindero entre los abanicos de los ríos Rímac y Chillón se encuentra aproximadamente a 3 Km al Norte del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. El abanico de Este a Oeste presenta una pendiente promedio $1:80$.

Un perfil longitudinal del cono deyectivo del río Rímac en el sentido Este – Oeste nos muestra que la zona de los acantilados de la Costa Verde corresponde a un truncamiento del cono aluvial producto de la acción marina que progresivamente ha

ido erosionando los materiales desde su lugar final de depositación (a la altura de una línea imaginaria existente en un alineamiento entre la isla San Lorenzo y el Morro Solar) hasta el lugar que actualmente ocupan.

El perfil transversal del acantilado a lo largo de la ribera, presenta una serie de pequeñas concavidades y convexidades; observándose estalladuras por la acción mecánica de las lolas; la que se hace más intensa en el pie o base del acantilado.

B.2 Aspectos Geológicos

Las terrazas y los acantilados del área de la Costa Verde están conformados por depósitos fluvio aluvionicos, cortados a pico por la acción dinámica de las aguas marinas y/o la acción antropica.

En la base de los acantilados se localizan depósitos de escombros que han sido acumulados en forma de montículos y acomodados en declives alineados conformados por cantos rodados en diferentes tipos de roca y de granulometría y formas variadas redondeadas, subredondeados y ovoidales, mezclado con gravas y escasa cantidad de aglutinantes.

En general los acantilados están conformados por suelo conglomeradicos, gravoso, de origen aluvional y constituido por bolos y cantos de hasta (30 cm (20 %)), gravas y gravillas subredondeadas a redondeadas de litología intrusiva y volcánica (60 %) en matriz limo arenoso (20 %) no plástico masivo, semicompacto, seco a ligeramente húmedo de permeabilidad media a alta.

Litología de los rodados:

- Volcánicas (47%); andesita, dacita y brechas volcánica.
- Intrusiva (42%); sienita, diorita, manzonita, granodiorita, tonalita y granito.
- Metamórficas (9%) cuarcitas.
- Otros elementos (2%) calizas, pizarra.

La menor proporción de cuarcita se debe a la acción térmica transmitida por cuerpos intrusivos mientras que el bajo porcentaje de calizas y pizarras se debe a que son rocas fácilmente erosionables.

B.3 Aspecto Geotécnico

Características geotécnicas de los suelos.

Los frentes de ondas sísmicas, en estos suelos, sufren refracciones, reflexiones o amplificaciones, así como también, inducen a efectos de densificación o licuefacción, que han originado daños tanto en estructuras altas como aquellas de menor importancia.

De los acantilados de la Costa Verde.

Existe en los acantilados amenazas de agrietamiento y derrumbes, proceso que además de la gravedad, tiene las siguientes causas:

- ✓ Suelos superficialmente poco consolidados.
- ✓ Presencia de horizontes interestratificación de material areno –limoso, que al humedecerse por efectos de la brisa marina, pierden su cohesión y ángulo de reposo, produciéndose desprendimientos en forma de lajas o terrones dejando cavidades en el talud.
- ✓ Fuerte pendiente de los taludes naturales y de corte que algunas veces sobrepasan los 90°.
- ✓ Infiltración del agua proveniente de los desagües en mal estado, de las viviendas.

La poca profundidad del nivel freático, la alta presión porosa del agua y la granulometría de los estratos superiores, pueden producir un flujo hacia arriba, el cual reducirá los esfuerzos efectivos de los estratos superiores, en especial si se trata de arena.

1.3.5 Necesidad de protección antes, durante y después de la Excavación.

El planteamiento del sistema de protección, es una de las prioridades que debe tener toda edificación, en tal sentido se ha elaborado una cierta cantidad de manuales de protección en la construcción buscando una mayor seguridad tal es el caso del CISMID presenta un estudio de protección de taludes que se detalla de forma resumida así como otros artículos que contribuyen a una mejor explicación.

Se debe realizar el análisis de desprendimiento de rocas, así como un diseño de protección para evitar accidentes. ⁽¹⁾

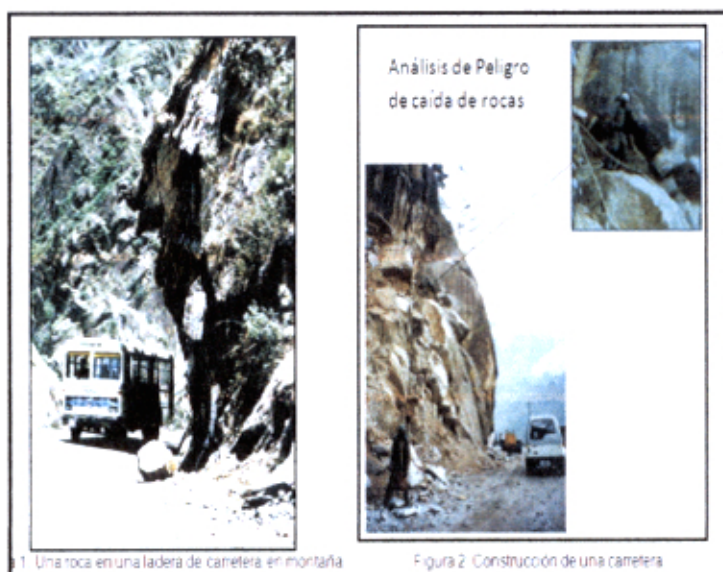


Figura 1.7 Desprendimiento de rocas en la vía en construcción.

Para entender mejor el comportamiento de la roca o del material desprendido es necesario conocer lo siguiente:

a. Mecánica de caída de rocas

La caída de rocas es generalmente iniciada por algunos casos climáticos, fenómenos naturales y artificiales, que causa un cambio en las fuerzas que actúan sobre una roca. Siendo las más comunes:

- El aumento de la presión de poro debido a la infiltración de la lluvia.
- La erosión de material circundante durante las lluvias fuertes, tormentas, hielo y deshielo en climas fríos.
- Degradación química o meteorización de la roca.
- Crecimiento de la raíz o influencia de las raíces sobresalidas en caso de vientos fuertes.

Una vez que el movimiento de una roca, en lo alto de la pendiente se ha puesto en marcha, el factor más importante en el control de su trayectoria de caída es la **geometría del talud**.

⁽¹⁾ Manual Rock Engineering-Course Notes by Ebert Hoek, Cáp. 9, Manual que incluye el Programa Rock Fall, versión 2007 del paquete de Rockciencia.

Existen algunas consideraciones que se tiene que tener en cuenta en el análisis.

- Si la roca cae sobre una superficie de roca dura inalterada y limpia, son más peligroso porque no retardan el movimiento de la caída de rocas en ningún grado significativo.
- Si la roca cae en la superficie del talud cubierta de material, coluviones o grava absorber una cantidad considerable de la energía de la caída de rocas y en muchos casos se detiene por completo.

Esta capacidad de retardar el material de la superficie se expresa matemáticamente por un período llamado el *coeficiente de restitución*. El valor de este coeficiente depende de la naturaleza de los materiales que forman la superficie de impacto. Las superficies Limpias de rocas duras tienen un alto coeficiente de restitución mientras que el suelo, grava y granito descompuesto completamente tienen bajos coeficientes de restitución. Esta es la razón porque se colocan capas de grava en los bancos de capturas con el fin de evitar un mayor rebote de la caída de rocas.

Otros factores, tales como el tamaño, la forma de la roca, los coeficientes de fricción de las superficies de la roca y si la roca se rompe en pedazos más pequeños son efectos de menor importancia que la geometría del talud y los coeficientes de restitución que se ha descrito anteriormente.

Por lo tanto modelos de simulación de caída relativas de rocas sueltas, tales como el programa escrito por Hoek (1986), son capaces de producir razonablemente exactas predicciones de trayectorias de caída de rocas.

La mayoría de estos modelos de caída de rocas incluyen una simulación de Monte Carlo que es una técnica para variar los parámetros incluidos en el análisis. Esta técnica, con el nombre del juego de los casinos de Monte Carlo, es similar al proceso aleatorio de tirar los dados uno para cada parámetro que se está considerando. En la figura 1.8 se muestra un ejemplo típico de la trayectoria de una roca.

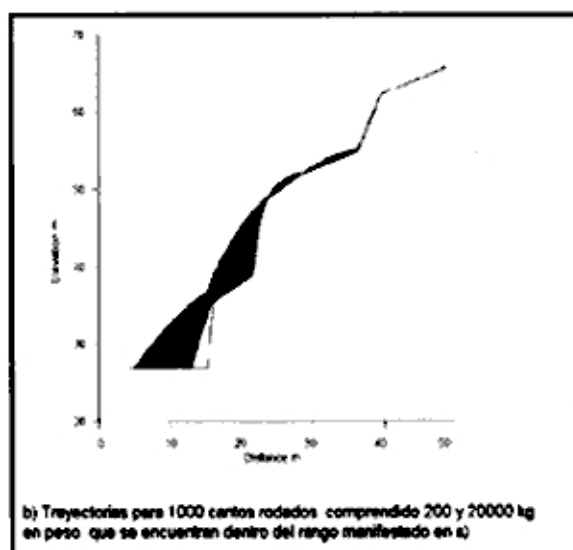


Figura 1.8 Típico ejemplo de una trayectoria de caída de rocas por un talud de granito. ⁽¹⁾

1.3.6 Trabajabilidad y capacidad del equipo de excavación.

La trabajabilidad y capacidad del equipo de excavación pasa por conocer el equipo a utilizar, en esta parte mencionaremos de forma resumida algunas características que se necesita conocer.

Las excavadoras hidráulicas pueden combinar un rango de capacidades de cucharones para un mismo modelo. La selección de la capacidad del cucharón depende de la facilidad con que se puede manipular el material.

Otro aspecto importante en la selección del excavador es su combinación con las unidades de transporte. Se mencionó que un camión no debería llenarse con más de 5 cargas ni con menos de 4. Es decir, que la capacidad de las unidades de carga debe ser cuatro o cinco veces la dimensión del cucharón. Además, la altura de la tolva respecto al nivel del terreno o de la excavadora determina el modelo, que debe ser capaz de alcanzar la parte superior de la tolva para descargar el material. Aunque en este sentido, es posible solucionarlo colocando la excavadora a una altura por encima del camión.

⁽¹⁾ Manual Rock Engineering-Course Notes by Ebert Hoek, Cáp. 9, Manual que incluye el Programa Rock Fall, versión 2007.

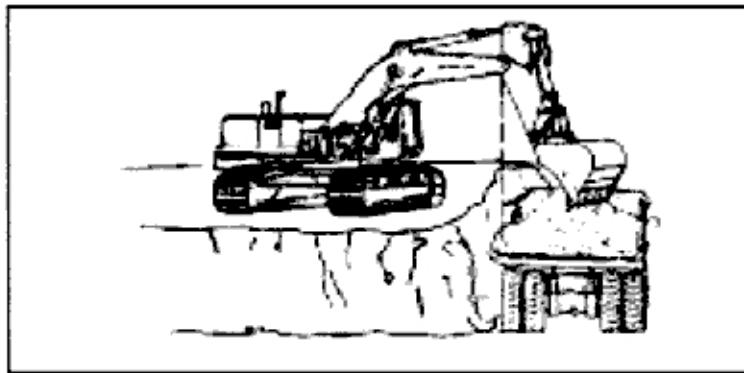


Figura 1.9 Ejemplo del trabajo del azadón, excavando y cargando un camión por encima del nivel de carga. Fuente informe de titulación Universidad de Piura.

La altura crítica está ligada a la rotación del cucharón como se puede observar en la figura.

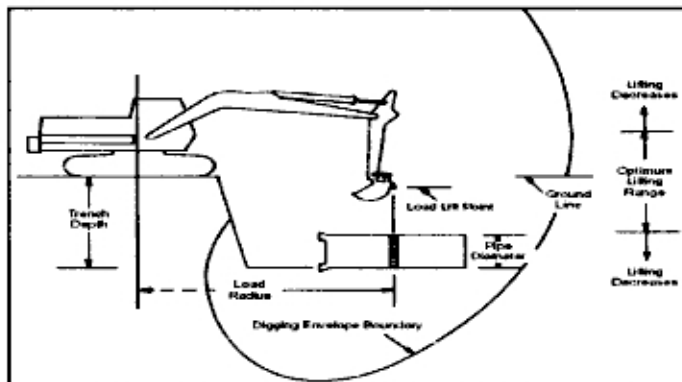


Figura 1.10 Esquema del trabajo de una excavadora en zanjas y la influencia de la profundidad y el radio de corte.

Volumen del cucharón: se considera la capacidad colmada, afectada por los factores de llenado, como se muestra en la ecuación.

$$V_{\text{cucharon}} = V_{\text{colmado}} * f_{\text{llenado}}$$

La capacidad colmada se estima a partir de la información del fabricante, que asume un acomodo del material con una loma en la parte central y una pendiente hacia los lados (Ver Figura 1.11). Está pendiente es de 1:1 para las palas y las excavadoras de azadón (especificación PCSA ⁽¹⁾) y es de 2:1 para los cargadores frontales (especificación SAE⁽²⁾).

⁽¹⁾Fuente: curso de titulación Universidad de Piura 2006 "Esquema de la capacidad del cucharón de las palas y azadón".

⁽²⁾ PCSA, especificaciones sobre equipos de excavación.

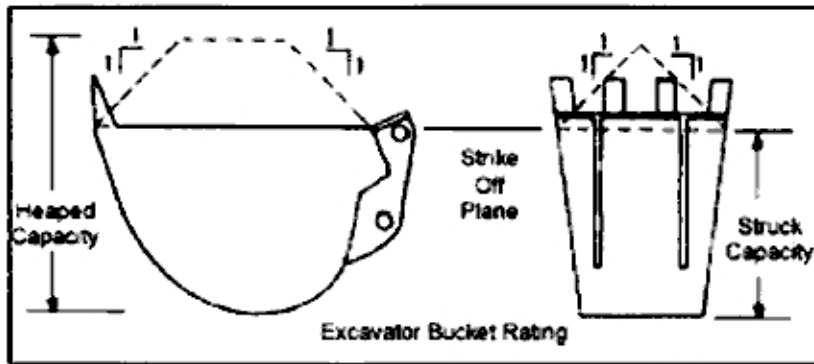


Figura 1.11 Esquema de perfiles en el llenado del cucharón. ⁽³⁾

Se presentan tres líneas, A indica el máximo acomodo del material, generalmente sucede en materiales cohesivos o semi-cohesivos. La línea C indica un pobre acomodo del material en el cucharón, característico de los materiales granulares sueltos. La línea B indica un caso intermedio.

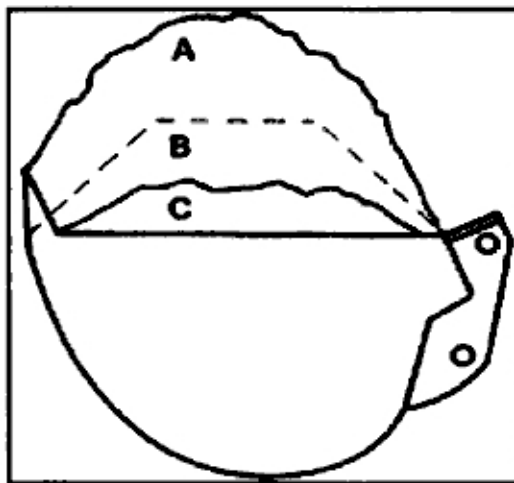


Figura 1.12. Acomodo del material en el cucharón de las excavadoras.

En cualquier caso, el peso de la carga en el cucharón no debe exceder la máxima carga de diseño o llamada también, máxima carga de equilibrio estático. De lo contrario, la excavadora puede voltearse y dañarse o causar daño al personal. Por seguridad, no se recomienda llegar al límite sino a un porcentaje de este valor, como se explica en el cálculo de la producción.

⁽³⁾ PCSA, SAE, especificaciones sobre equipos de excavación.

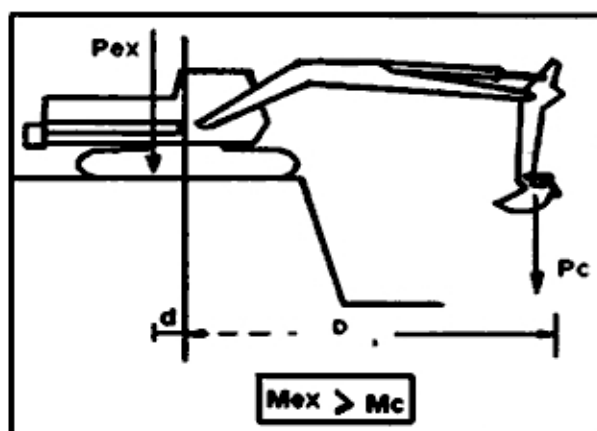


Figura 1.13: diagrama de fuerza y momentos para el equilibrio de la excavadora.

Cálculo de la producción

Si un excavador se considera como una unidad independiente, su tasa de producción puede estimarse como el volumen del cucharón ($V_{\text{cucharón}}$) entre el tipo del ciclo de carga (T_{ciclo}), afectado por los factores de eficiencia (E), de ángulo y altura de corte (f_{ca}) y de volumen (f_v). A continuación presentamos la fórmula (a)

$$P_{\text{excavadora}} = (V_{\text{cucharón}} / T_{\text{ciclo}}) * E * f_{ca} * f_v \dots\dots\dots (a)$$

Tiempo del ciclo:

Es una función del tipo de máquina y de las condiciones de trabajo que incluyen el ángulo de giro, la profundidad o altura de corte y en el caso de cargadores frontales, la distancia de viaje.

Un ciclo se considera como el total de las operaciones de corte, giro con carga, desplazamiento o viaje, descarga, giro vacío y regreso vacío. En el caso de palas frontales o excavadoras de azadón, el desplazamiento es nulo o muy pequeño, considerándose cero este tiempo.

Tiempos de ciclo de excavadores tipo azadón sobre orugas, para condiciones promedio, presentadas en el informe ⁽¹⁾.

⁽¹⁾Fuente: curso de titulación Universidad de Piura 2006 "Esquema de la capacidad del cucharón de las palas y azadón".

Volumen cucharón (m ³)	Tiempo de las fases de trabajo, en segundos.				Total
	Carga	Giro con carga	Descarga	Giro vacío	
0.76	5	4	2	3	14
0.76-1.15	6	4	2	3	15
1.5-1.9	6	4	3	4	17
2.3	7	5	4	4	20
2.7	7	6	4	5	22
3.0	7	6	4	5	22
3.8	78	7	4	6	24

Cuadro 1.1: Tiempo de ciclos promedios

Según el informe de titulación de la universidad de Piura menciona que dicha tabla se cumple para una profundidad de corte entre 40% y 60 % de la máxima profundidad de corte y ángulo de giro entre 30° y 60°, con unidades de transporte al mismo nivel de la excavadora. En general, se estima que una excavadora de azadón tiene tiempos de ciclos de 20 % más largos que los de una pala frontal de similares dimensiones. Se debe a la mayor longitud del brazo.

Factores de corte y giro.

Según el informe de titulación 2006 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Piura mencionan:

Cuando una excavadora trabaja, debe elevar y bajar su brazo, girando para poder operar la carga y descarga del material. Estas alturas o profundidades y el giro realizado en dimensiones mayores a las ideales implican un mayor tiempo del ciclo. Por ello, los datos de ciclos se han definido en base a unas condiciones definidas como ideales para cada equipo.

Por ejemplo, los tiempos del ciclo de la pala han sido calculados asumiendo que la altura de trabajo es la óptima y el ángulo de giro es de 90°. Para las excavadoras de azadón, las condiciones ideales consideran una profundidad de corte entre 40% y 60% de la máxima profundidad de trabajo y el ángulo de giro entre 30° y 60° (Ver Figura). En el caso de los cargadores frontales, no importará el giro ni la altura de trabajo.

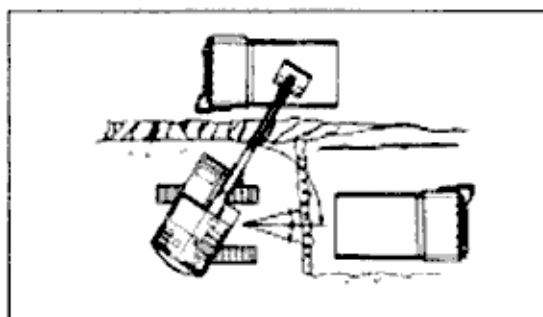


Figura 1.14 Esquema de las condiciones de giro ideal de las excavadoras

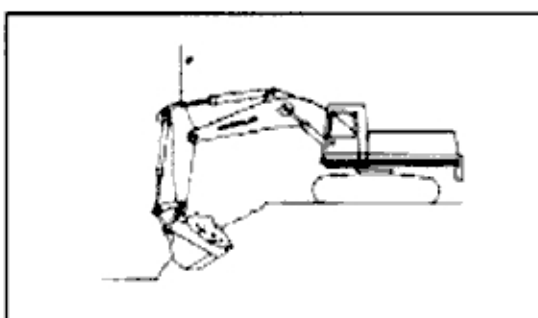


Figura 1.15 Esquema de la condición ideal de altura óptima de las excavadoras.

El porcentaje de altura óptima es la altura de trabajo dividida entre la altura óptima, que por lo general está entre el 30% y el 50% de la máxima altura de trabajo de la pala, siempre que el material sea fácil de cargar como limo, arena o grava y si es tierra común, menos del 40%. Otros materiales difíciles de cargar como arcilla pegajosa o roca requerirán que esta altura óptima sea el 50% de la máxima altura de trabajo. Estos factores pueden variar a su vez por el ángulo de giro.

CAPITULO II: ENFOQUE DEL PROBLEMA

2.1 Estudios Existentes.

En la elaboración de esta tesis ha sido necesaria la recopilación de información de investigaciones pasadas sobre el acantilado, siendo estas tesis, artículos publicados, o estudios de suelo puntuales.

Mencionaremos algunos estudios encontrados:

2.1.1 Análisis y comparación del tipo de suelo y estabilidad del talud, en edificaciones vecinas

A. Según: Ingeniero Alberto Carrillo Gil.

En su Libro "Comportamiento de las cimentaciones" uno de sus capítulos La Costa Verde: Diagnostico, Propuestas y Soluciones.

En dicho capítulo mencionado se han encontrado que generalmente se presentan dos grietas de tensión, la primera más cercana al borde del talud que normalmente aparece entre los 2 a 4 metros y origina el primer derrumbe o deslizamiento de material, encontrándose en la mayoría de casos una segunda grieta de tensión ubicada a 10 y 20 m a partir de la corona del talud, generándose en algunos casos una cuña que se introduce por debajo de la primera y origina un levantamiento en la parte inferior del acantilado.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los numerosos análisis de estabilidad efectuados por diferentes métodos de cálculo, se ha zonificado el litoral desde dos puntos de vista: estático y dinámico.

Estático: se plantea criterios de generalización geotécnica: desde probablemente inestables o críticos hasta muy estables.

Dinámico: clasificada en tres grupos de acuerdo a los 4 últimos sismos severos (1940, 1966, 1970 y 1974), estimándose 0.25g como aceleración máxima de recurrencia promedio, 0.15 g como aceleración promedio para sismos frecuentes y 0.10 g como aceleración mínima.

Las áreas inestables por acción dinámica han resultado más extensas que sus similares desde el punto de vista estático en la zona crítica. Sin embargo existen lugares específicos críticos en otras áreas donde se podrían presentarse

derrumbes, aun cuando aparezcan como zonas de menor riesgo sísmico y geotécnico.

Según el estudio se deben tomar como factores preponderantes la acción de los terremotos y el agua.

Por otro lado el suelo granular grueso presenta en los ensayos de campo realizados, condiciones de resistencia excelentes con deformaciones no mayores a 3 mm para cargas hasta de 20 Kg/cm².

Las recomendaciones que plantea son modos de construcción sobre muros de contención para mantener la estabilidad del talud. Tal como recubrimiento o pantallas de concreto lanzado, asfalto, concreto armado, anclajes o elementos prefabricados.

Análisis y diseño en excavaciones para el conglomerado de lima estabilizados con muros anclados*

B. Según: Ingeniero Alberto Martínez Vargas.

En su artículo N° 17, denominado "Altura crítica en los edificios de la Costa Verde" elaborado en Junio del 2007 donde plantea un valor de altura crítica adecuada las edificaciones que se encuentran en la parte superior del talud del acantilado. Dicho estudio se encuentra en proceso.

En este artículo presenta el problema de las edificaciones que se encuentran en la parte superior del talud, la sobrecarga de la estructura afecta a la estabilidad del talud del acantilado por tal motivo la necesidad de estudiar hasta que altura puede construirse y a qué distancia del borde superior del talud poder construirlo.

Actualmente se está realizando una tesis que estudia la altura crítica de construcción de las edificaciones y cuál debe ser la distancia horizontal a partir del borde superior del acantilado debe realizarse la construcción de la edificación donde se encuentre en zona de estabilidad de alto factor de seguridad, para que la edificación se encuentre estable, dicha investigación está a cargo de Luis Chahua, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

C. Según Maggie Martinelli de Mayer (MyM Consultores SRL)

Según el informe presentado, después de realizar el estudio de suelos para el proyecto Larcomar, denominado "Acondicionamiento de los Barrancos bajo el Parque Salazar – Miraflores" informe N° M432, Noviembre de 1993. Mencionaremos algunas características importantes.

El informe presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, el terreno del proyecto es de 21 645 m² las pendientes del talud varía entre 50° y 60° en las zonas donde presenta una superficie que está cubierta por una costra cementada de grava arenosa. En las partes donde no existe esta costra, la pendiente del talud varía entre 30° y 45°.

En la zona del acantilado se encuentra una quebrada de dimensiones importantes, está quebrada ha sido rellenada con suelos arenosos, desmonte y basura, encontrándose más de 6 m de espesor de relleno en su parte superior.

En dicho estudio se realizaron 30 calicatas excavadas a mano hasta profundidades comprendidas entre 3 y 13 m con respecto a la superficie del terreno. El talud natural del acantilado en la zona estudiada, está conformado por un depósito homogéneo de grava arenosa, mal graduada, densa a muy densa, con abundancia de piedras y bolones redondeados de 6 a 15 pulg de tamaño. Dentro de los 10 m superiores de este depósito se encuentran en forma intercalada, grandes lentes y bolsones de limo arenoso medianamente compacto a compacto y de arena fina medianamente densa a densa de hasta 1.50 m de espesor.

El nivel freático fue detectada en las calicatas efectuadas en la parte inferior del talud a profundidades comprendidas entre 3.20 y 3.70 m con respecto a la superficie del terreno (nivel de la pista Costa Verde).

Entre una de las recomendaciones se plantea que la presión admisible no sea mayor de 3 Kg /cm² en los cálculos estructurales.

En rellenos bien compactados por capas, es normal esperar la ocurrencia de asentamiento del orden del 1 al 2% de su altura total debido a su propio peso. También se recomienda que para la zona de los estacionamientos que está conformada sobre material de relleno, tenga un pavimento del tipo flexible

(asfáltico por ej.). Cualquier pavimento rígido sufrirá rajaduras importantes debido a los asentamientos.



Fotografía 2.1. Vista panorámica del Parque Salazar presentada en el estudio.



Fotografía 2.2. Vista panorámica del acantilado presentada en el estudio.

D. Según Maggie Martinelli de Mayer (MyM Consultores SRL)

Para la continuación de la edificación Larcomar realizaron un nuevo estudio denominado "Estudio de suelos del local Fashion Center, complejo turístico Larcomar -Miraflores" informe N°M2410, Febrero del 2006.

El perfil estratigráfico del terreno está conformado por una capa superior de relleno de espesor variable entre 2.85 y 7.00 m, constituida por gravas arenosa, con contenido variable de limo, suelta con restos de desmonte y basura; y arcilla limosa, gravosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, con restos de desmonte.

Bajo el relleno subyace hasta el límite de la profundidad investigada un depósito de grava arenosa, limpia a ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, con piedras y bolones redondeados de 14 pulg de tamaño máximo.

Dentro de la profundidad investigada en las calicatas no se registró el nivel de la napa freática.

Sección de grafico

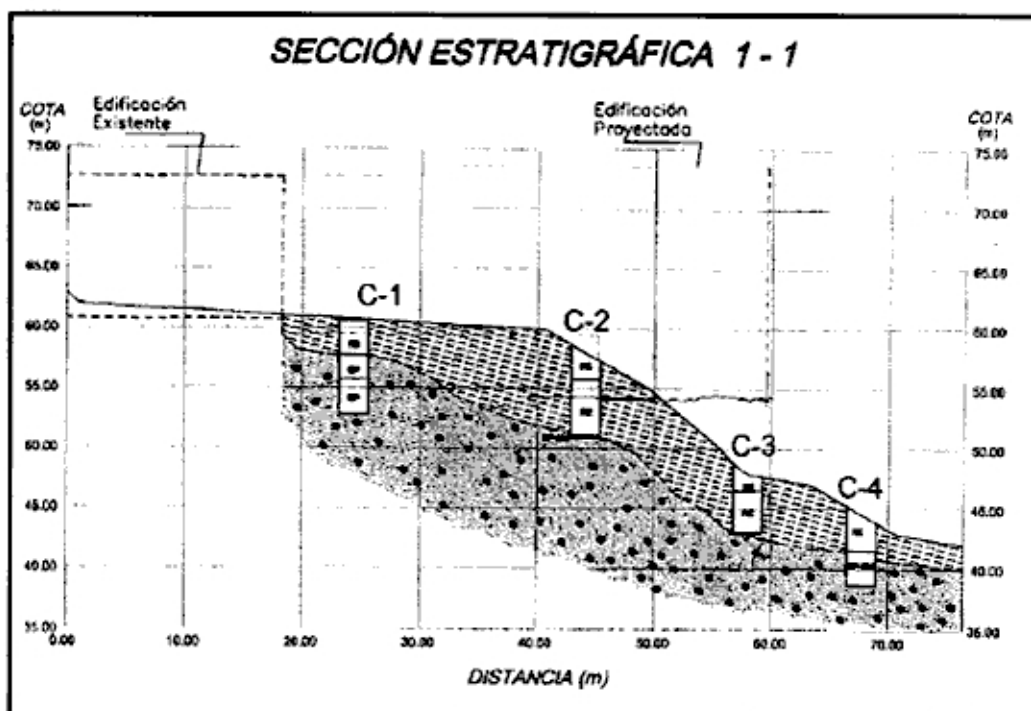


Figura 2.1 Perfil estratigráfico donde se muestra la profundidad de material de relleno.

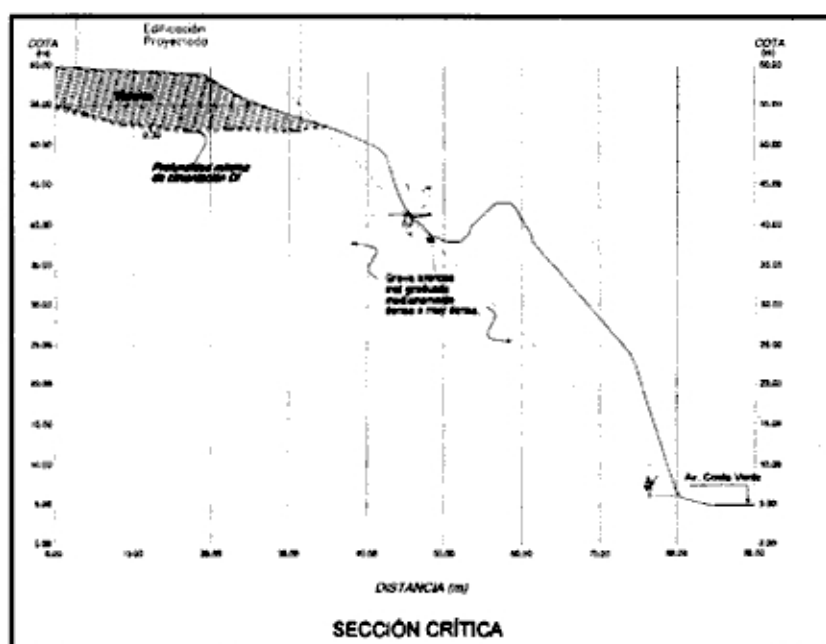


Figura 2.2 Perfil estratigráfico de la sección crítica, observándose material fino en la parte superior.



Fotografía 2.3. Ubicación de las calicatas en el talud del acantilado.

E. Según Mariella Cañari Sánchez

Según la tesis desarrollada en un tramo del acantilado de la Costa Verde denominado "Análisis de estabilidad de taludes de la Costa Verde" tesis de grado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Ingeniería, Lima-Perú, 2002.

El estudio de estabilización desarrollado en la tesis de grado, brinda una sectorización a lo largo del acantilado comprendidos entre los distritos de San Miguel hasta Miraflores.

En la exploración de campo ejecutaron calicatas y trincheras, para obtener la clasificación y el perfil estratigráfico de los suelos, las calicatas se ubicaron al pie del talud y las trincheras en la cara del talud, además se realizaron ensayos de densidad natural y el ensayo de corte directo in situ, ubicado en la corona del talud a la altura del muelle uno de Miraflores, obteniéndose los parámetros de resistencia cortante al conglomerado como el ángulo de fricción (Φ) y la cohesión (C).

$$\gamma = 2.1 \text{ ton/m}^3.$$

$$C = 0.55 \text{ Kg. / cm}^2.$$

$$\Phi = 40^\circ.$$

Obteniéndose también otros valores de los distritos:

San Miguel:

$$C = 0.50 \text{ Kg. / cm}^2$$

$$\Phi = 29.9.$$

Magdalena:

$$C = 0.20 \text{ Kg. / cm}^2$$

$$\Phi = 24.7.$$

El esquema presentado a continuación pertenece a la zonificación de riesgos de forma general de todo el circuito de la Costa Verde, la zonificación considera los siguientes parámetros:

- Equilibrio actual: Estable, Moderado, Crítico.
- Evolución de la estabilidad: nula, en progreso.
- Topografía: Suave $< 10^\circ$, Media 10° a 30° , Fuerte $> 30^\circ$.
- Volumen inestable.
- Daños: Humanos (si, no), Materiales (ligeros, medio, catastrófico).
- Y otros aspectos como Tipología, Volumen, Naturaleza, Talud, Altura, Circunstancias, Daños,

Finalmente

- Antecedentes. Ej. Fuerte erosión anterior.
- Descripción. Medio, muy elevado.

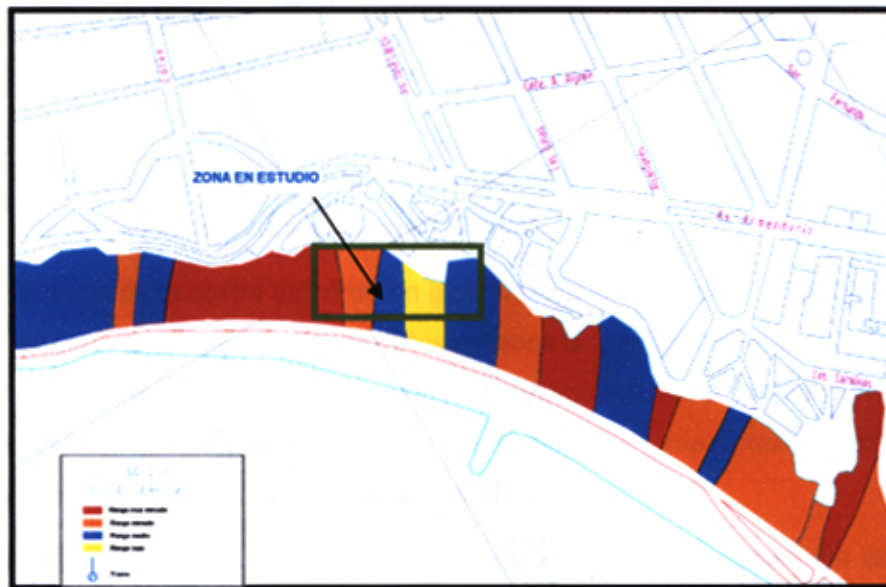


Figura 2.3: zonificación en términos de Riesgos- Tesis "Análisis de estabilidad de taludes de la costa verde" Autor: Mariella Cañari Sánchez.

La tesis de la Ingeniera Mariella Cañari da a conocer la Zonificación (según la imagen) bajo los criterios ya mencionados, plantea algunas recomendaciones tales como mantener un ángulo de reposo del talud de 40° a 45° en el área del proyecto, teniendo en cuenta que existe una zona de riesgo elevado lo que justifica realizar un análisis de estabilidad detallado de la zona.

Recomendaciones y conclusiones extraídas del estudio de tesis de la Ing. Mariella Cañari.

- Recomienda usar como medidas de estabilización en los acantilados; gaviones, vallas de protección, concreto lanzado, forestación, pantallas de anclajes, muros de pirca, desquinche y banquetas.
- La zonificación de riesgo nos alerta ante la presencia de un sismo.
- En base a la experiencia, se propone un rango de valores de fricción para el material conglomerativo de Lima de 30° a 40° y rango de valores de cohesión de 0.2 a 0.55 Kg. /cm². Debe entenderse que estos valores son función de la deformación.
- Los trabajos de relleno al pie de los acantilados han permitido que la constante erosión del mar se evite de lo contrario hubiera habido constantes derrumbes de taludes.
- Hacer un estudio minucioso de los sistemas de agua y desagüe u otras fuentes cercanas, para detectar los flujos de agua a través del acantilado, siendo esta una causa de inestabilidad.

- Se debe evitar eliminar la costra calcárea, ya que constituye una medida de estabilidad natural, incrementa los empujes pasivos por lo tanto la estabilidad del talud.
- Evitar rellenar con relleno suelto las cárcavas, ya que durante los sismos estas se deslizan produciendo inestabilidad.

La formación de la costra calcárea en algunos lugares es debido a que las aguas subterráneas que contenían carbonatos cálcicos al precipitarse a la superficie del acantilado se evaporan por las condiciones termodinámicas encontradas en la superficie del talud. El espesor de la costra calcárea varía desde 15 cm hasta más de 2 metros y tiene una altura de 6 a 15 m.

Los factores erosivos como son el viento y lluvia como también los cambios temperatura, generan caída de bloques y fisuras en los taludes.

Comentario de los estudios recopilados:

Según la recopilación de estudios en esta zona tenemos lo siguiente:

- Es suelo se considera un suelo gravoso homogéneo, de una boconería de tamaño considerable (16 pulg como máximo). Pero en mayor proporción gravas de 6 a 8 pulgadas.
- Según los parámetros del suelo, según las tesis mencionadas, se considera de una cohesión relativamente alta (55 KN/m²) lo que hace significar que los resultados de estabilidad se verán beneficiados por estos resultados. Sin embargo es necesario que se hagan ensayos de corte directo *In – situ* en el lugar para tener parámetros más exactos y reales.
- Con respecto a los rellenos referidos en el estudio, es necesario, plantear medidas en el momento del proceso de excavación para evitar cualquier deslizamiento de material al suponer un suelo firme.

2.1.2 Detallar el sistema constructivo para la etapa de corte y excavación en edificaciones vecinas al lugar en estudio.

Según la información recopilada de las edificaciones que se han construido sobre y en algunos en el mismo talud de los Acantilado de la Costa Verde, podemos detallarlo mejor en las experiencias constructivas

A. Experiencias constructivas de edificaciones en el acantilado.

Se tomaran en cuenta tres edificaciones a las cual hemos tenido acceso a la información gracias a los ingenieros residentes que muy amablemente nos han ayudado.

A.1 Edificación del centro turístico Larcomar.

El Centro Turístico se construyo en lo que era el Parque Salazar, cuyo objetivo era realizar una edificación en dicho parque que tenga como atractivo la vista al mar.

- Proceso constructivo para la excavación.

Se diseñaron dos rampas donde se inicio la excavación, las rampas estaban diseñadas con la finalidad de ser un medio de transito de los camiones que eliminan el material.

En su primera etapa se encontró bastante material de relleno entre basura y desmonte.

La construcción de muros de contención en la zona que se encuentra frente al Hotel Marriot fueron calzaduras, hasta la zona del actual Casino de Miraflores. Y la parte que comprende desde la zona frente al Casino de Miraflores hasta el ingreso a los estacionamientos son de Muro pantalla con anclajes temporales.

Excavación en la zona del talud del acantilado.

En la zona del acantilado se realizo una excavación especial debido a que existía un gran número de quebradas, además en esta zona se encontró un gran volumen de relleno por que se tuvo que excavar un nivel más de lo planeado, hasta buscar suelo firme, en muchas de las quebradas existentes se tuvo que rellenar. (Zona de las discoteca Gótica - Larcomar).

Por facilidad de ingreso la eliminación de la rampa se realizo al final de la construcción de zapatas ya que la empresa contratista aprovecha dicho medio para eliminar el material excavado.

Esquema de trabajo.



Figura 2.4 Esquema de excavación del centro turístico Larcomar.

A.2 Edificación de ampliación del centro turístico Larcomar.

Esta edificación es una continuación del centro turístico Larcomar, cabe destacar que con respecto a los muros de contención ya se encontraban construidos el muro pantalla. Este se acoplaba mejor a la forma curva que tiene la zona como se muestra en la imagen 4.13.

El objetivo de esta construcción es realizar una estructura para una zona comercial turística y estacionamientos.

- Proceso constructivo para la excavación.

La excavación que corresponde a la zona del acantilado del proyecto de ampliación de Larcomar se tuvo que ingresar sus equipos de excavación con la ayuda de la torre Grúa ensamblándose luego en el terreno.

La excavación se realizó utilizando franjas de excavación y aglomerando el material excavado. Dichas franjas formaban parte de la rampa generadas por los equipos como se pueden observar en la fotografía 4.7.



Fotografía 2.4 Acceso y forma de excavación en el acantilado.

En la eliminación del material se utilizaron cajones metálico y cónico que a la vez fueron transportados en una primera etapa por la torre grúa y luego depositados en los camiones o volquetes.

En el siguiente grafico mencionaremos tres etapas que se desarrollaron para la eliminación del material excavado.

Etapa 1:



Fotografía 2.5 Primera etapa de llenado del material excavado.

Etapa 2:



Fotografía 2.6 Segunda etapa de transporte del material excavado.

Etapa 3:



Fotografía 2.7 Tercera etapa vaciado del material excavado al camión de transporte.

Sin embargo este método de eliminación de material es muy costosa debido a que la capacidad de estos cajones metálicos es en promedio 1 m³ a 2 m³ en nuestro medio y a esto se suma el tiempo que demora la torre en elevar, girar y depositar el material en el volquete.

Sistema de trabajo de las excavadoras.

En la fotografía 4.11 podemos notar que existe gran porcentaje de riesgo con respecto al trabajo que realizan los equipos, es por eso que se da énfasis a este punto en la presente investigación.

El método de excavación es cortar el material y depositarlo en la zona superior para finalmente ser eliminado por la parte superior.



Fotografía 2.8. Importancia de excavadoras sobre orugas en el trabajo en el acantilado.

Sistema de protección utilizado.

Como se muestra en la figura se realizó un sistema de protección en a vía de la Costa Verde y también para las edificaciones adyacentes.



Fotografía 2.9 Sistema de protección utilizado en la excavación – Ampliación Larcomar



Figura 4.13 Sistema de protección semitubular y forma de trabajo en la excavación.

4.2.1.4 Sistema constructivo recomendado para la excavación.

Para desarrollar un sistema constructivo adecuado lo que hacemos es primero investigar las edificaciones vecinas su procedimiento de excavación así como identificar algunos problemas presentados.

A. Experiencias constructivas de edificaciones en el acantilado.

Se tomaran en cuenta las tres edificaciones descritas en el capítulo 2, en el sub capítulo 2.1.2. Dicha información ha sido gracias a los ingenieros residentes que muy amablemente nos han ayudado.

B. Sistema Constructivo recomendados a la zona de estudio:

Un sistema constructivo constituye el estudio de varios factores como:

- ✓ Accesos al proyecto.
- ✓ Disposición de equipos.
- ✓ Topografía de la zona.
- ✓ Características del tipo de suelo.
- ✓ Edificaciones vecinas.

Este estudio considerara los siguientes factores para iniciar dicho planteamiento las cuales son las siguientes:

Características del tipo de suelo.

Topografía de la zona.

Dando lugar a que se tome interés en el estudio de los demás factores no considerados.

Sistemas de protección:

Los sistemas de protección explicados anteriormente deben ser supervisados horas anteriores al inicio de la excavación, para mantener la seguridad en la excavación.

A continuación detallaremos dos sistemas de excavación para conseguir la plataforma que se necesita para la construcción de la edificación.

B.1 Excavación y eliminación del material por la quebrada.

Esta metodología es la utilizada en el corte para la construcción de carreteras donde se realiza la excavación y se elimina el material a la parte inferior, tomando en cuenta la seguridad y el cumplimiento del reglamento de medio ambiente.

En este proyecto consiste en hacer el ingreso de la excavadora, y empezar la excavación generando un empuje del material a la zona de la quebrada, para que de esta forma llegue a la parte inferior del acantilado.

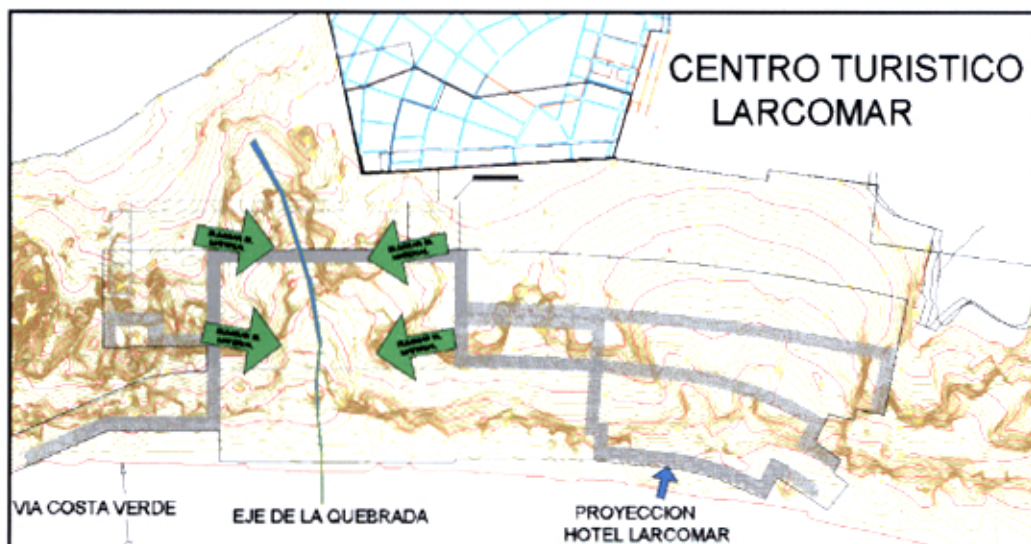


Figura 4.14 Plano de esquema del sistema de excavación.

El volumen que produce un cucharón de la excavadora CL 320, es de 1 m³ aproximadamente la mayor preocupación está en la parte inferior del talud ya que este tipo de excavación necesita tener un buen sistema de contención en la que soporta toda la energía del material eliminado.

Diseño de un sistema de contención para el movimiento de tierras.

El diseño de un sistema de contención conlleva a tener la siguiente información.

- ✓ Plano topográfico.
- ✓ Secciones críticas por donde se eliminara el material.
- ✓ Cantidad de material eliminado (Aproximado).



Figura 4.15 Esquema del sistema de contención de un muro de gaviones

Según los especialistas de Macaferri y TDM, proponen la construcción de un muro de gaviones que pueda soportar dicha energía. Sin embargo la instalación construcción en el lugar tendría como factor en contra el tiempo y el costo, la parte más crítica en el planeamiento sería el tiempo lo que significaría construir una vía al costado de la vía actual.

Existe otra metodología de contención que se propone para este tipo de excavaciones y es la que se explicó anteriormente.



Figura 4.16 Sistema de protección utilizando valla semiesférica (túnel)

Este sistema ya fue explicado anteriormente.

Eliminación del material.

Para la eliminación del material se realizara por la parte inferior, la carga se realizara con una excavadora hacia los camiones.

Observación:

Se tiene que tener en cuenta un análisis de cuanta masa de conglomerado realmente llegara a la parte inferior del acantilado, ya que cierta cantidad se quedara en la ladera del acantilado.

Se tendrá en cuenta la probabilidad que el material de grava pueda desprenderse y originar una caída de rocas debido al impacto que originaria eliminar el material por la quebrada.

Para estos dos criterios se recomienda:

Asumir que la cantidad de material que se queda en la ladera será mínima por ser un suelo gravoso, dicho valor será considerado a criterio del ingeniero encargado, quien tendrá que supervisar y regular haciendo mediciones en obra.

La masa que llega al pie del talud tendrá que ser calculada con la capacidad que tiene el cucharón de la excavadora y la posibilidad de desprendimiento de una mayor cantidad. Esta información será necesaria para el diseño del sistema de contención. Se recomienda que para este trabajo de diseño se recurra a una empresa especialista en este tipo de edificaciones como las empresas TDM, Macaferri y otros.

Criterios a considerar en esta etapa de la excavación:

- Generación de polvo.
- Generación de ruido.

Nota:

Para la solución de estos dos problemas según las entrevistas realizadas a Ingenieros especialistas en este tipo de obras; en el caso del polvo producido por la excavación se deberá realizar un riego permanente. Con respecto al ruido es un tema que hasta el momento no se encuentra una solución sin embargo por ubicarse el proyecto en estudio en el acantilado, las brisas que producen las olas de mar podrían disipar dicho fenómeno disminuyéndolo y hasta se podría decir eliminándolo ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Palabras Ingeniero Edward Santa María Dávila.

Con respecto a la caída de rocas y parte de problemas del polvo se pueden tener en cuenta la experiencia de las obras que se están realizando a lo largo del acantilado, tal es el caso de la obra en Barranco donde se utilizó una malla sintética para la protección contra el desprendimiento de las gravas, este método daría solución a los dos problemas mencionados.

Esta malla se sujeta en una viga que se encuentra apoyada sobre dos bloques de concreto empotrados al suelo.



Fotografía 4.7 Instalación de la malla sintética sostenida por una viga metálica

B.2 Utilización del método de excavación en minas a tajo abierto

El objetivo de este sub capítulo es aplicar una metodología de excavación en minas al proyecto Hotel Larcomar.

Factores que ayudan a aplicar este sistema:

- ✓ La topografía especial que presenta el acantilado.
- ✓ El perfil topográfico final del proyecto.

Análisis de la aplicación de este método en Minas.

Existen muchos estudios al respecto del diseño de banquetas en minas cuyo criterio son:

- Características del tipo de roca.
- Análisis de estabilidad mediante el equilibrio limite (encontrar una línea de falla).

Diseño:

El diseño influye bastante con respecto al tipo de roca, características de fallas, y problemas estructurales de la roca.

En algunas zonas de alta probabilidad de ocurrencia de lluvias se diseña un sistema de drenaje que nos ayudara a evacuar el agua.

En el análisis del sistema de excavación dependerá del talud, ancho y sobrecarga de la banqueta.

La explicación detallada de dicha metodología se encuentra en el capítulo I.

Aplicación al proyecto:

Una de las condiciones que no presenta el proyecto es área para la maniobrabilidad de los equipos. Por tal motivo el espacio será aprovechado de la mejor manera.

Como punto de inicio realizamos la planificación de la excavación en 5 Zonas separadas por las características del lugar como se puede observar en la figura 4.17.

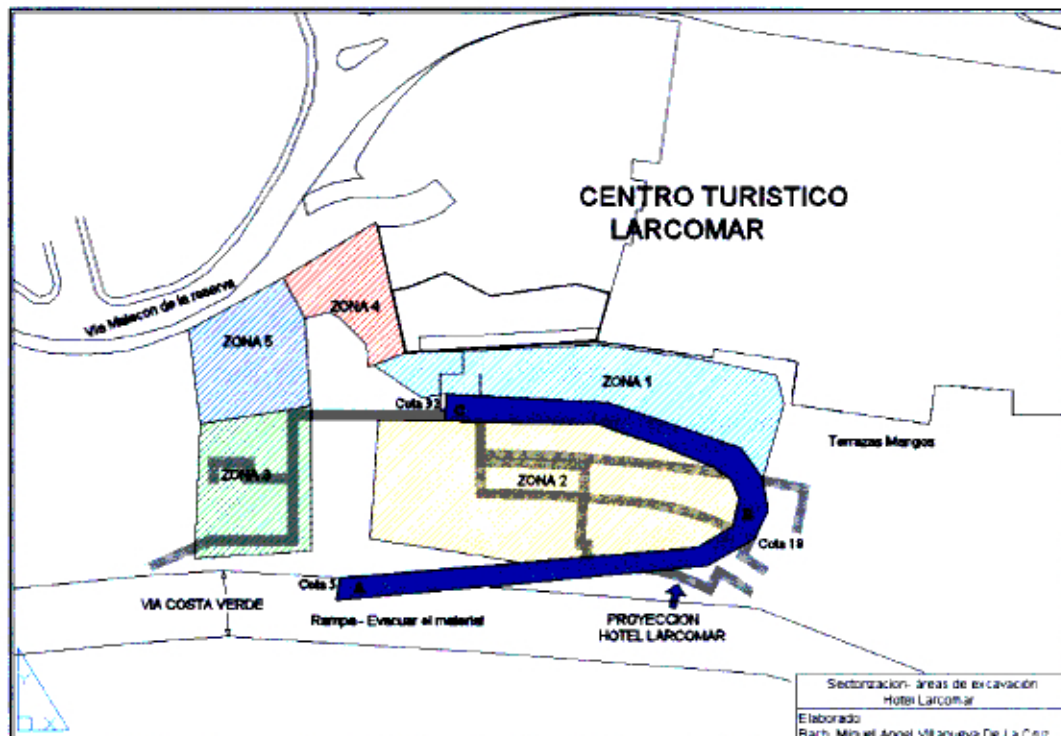


Figura 4.17. Sectorización de áreas para la excavación del Proyecto Hotel Larcomar

En el gráfico 4.17 podemos notar que se pretende realizar una rampa de pendiente 12 %.

La sectorización se debe básicamente a las características del terreno en este caso las zonas 4 y 5 se utilizan básicamente para el ingreso de maquinaria de excavación. El trabajo de las excavadoras será generar su ingreso por la Avenida Malecón de la Reserva, hasta llegar a la Zona 1.

La Zona comprendida entre la zona 2 y 3 pertenece a la quebrada mas pronunciada en esta zona.

Procedimiento de excavación:

Primera Etapa: ingresaran los equipos por la zona 5, generando su propia área de ingreso, dirigiéndose a la Zona 4, con la misma idea que la Zona 5. El material excavado será depositado temporalmente en el eje superior de la quebrada, con respecto a algunos gravan que se desprendan el sistema de protección (Valla de protección) se instara con anterioridad.

Una vez que los equipos se encuentren en la zona 1, se empezara a remover el material de relleno en esta zona, removiendo y botando el material, hacia la Zona de la quebrada principal y la zona correspondiente a la Sur de limite del proyecto ya que esta presenta un talud con menos pendiente.

Segunda Etapa: Con el material depositado en la parte inferir se generara una rampa de 12% de pendiente desde el punto A hasta el punto B.

Desde el punto B hasta el punto C se generara otra rampa de 12% de pendiente.

El punto C según las condiciones geométricas se encontrara en la cota 32, siendo la cota real del talud cota 40, lo que significa que los 6 metros de de excavación mas 2 metros adicionales serán los necesarios para alcanzar la cota buscada.

En esta etapa también se empezara la construcción de muros de contención en la Zona 1, ya que la altura de excavación será de 6 metros, la idea es generar muros de 3.5 m de altura.

Tercera Etapa: Se utilizará la rampa como medio para evacuar el material. La excavación se realizara paralelamente a la construcción de los muros pantalla, respetando del mismo modo el criterio de las banquetas.

En esta etapa con un equipo de menores dimensiones se iniciara la excavación en el sector de la zona 3, que del mismo modo la excavación se realizara secuencialmente conforme se va construyendo el muro pantalla.

Perfiles Topográficos:

En la imagen 4.18 podemos notar que para realizar el corte en la excavación se necesita buscar un amortiguador que ayude a disipar la energía de las rocas que se desprenden del talud. Consiste en una viga metálica arriostrada que sujeta a la malla sintética. Esta malla es colocada en la misma dirección donde termina el terreno del centro comercial Fashion Center como se muestra en la imagen 4.26 Esta alternativa necesita ser evaluada debido a que las bases que necesita la viga arriostrada deben ser lo suficientemente resistentes, una base está planificada adyacente al centro turístico Fashion Center y la otra en la ladera, siendo esta segunda la más complicada en su construcción.

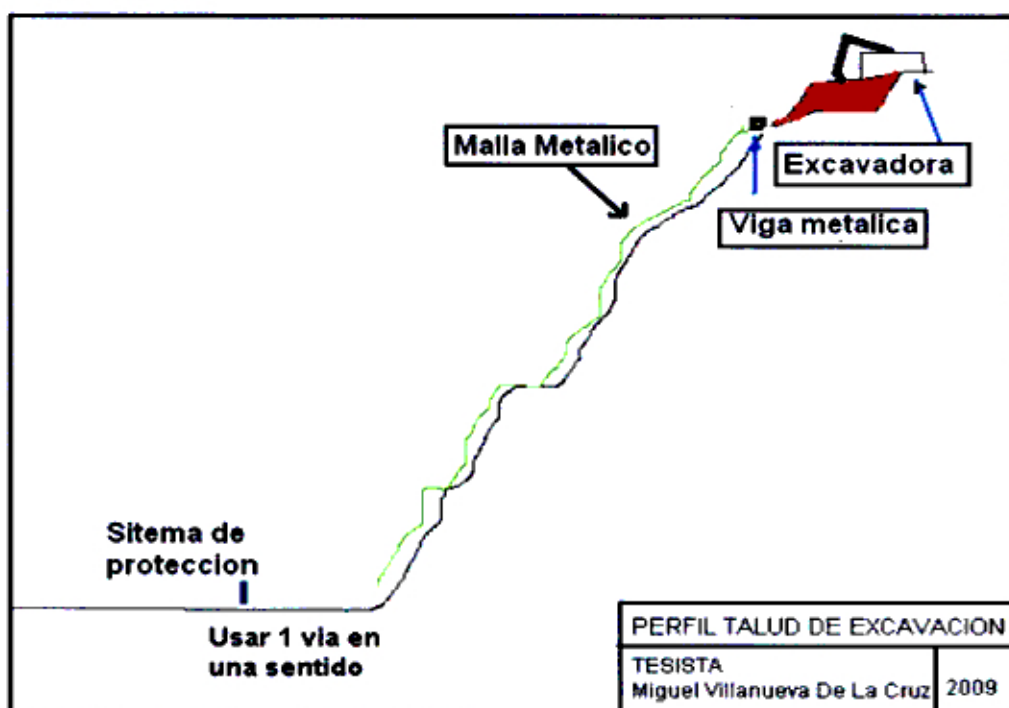


Figura 4.18 Perfil del talud donde se presenta el tendido de la malla sintética.

Planteamiento adicional: Uso de una Faja Transportadora.

En el sector correspondiente BC del eje de la rampa, se plantea la utilización de una faja transportadora, Para ello evaluaremos su montaje y ejecución de la misma.

Montaje de la faja transportadora: La faja transportadora necesita una estructura rígida que permita brindarle una resistencia para trabajar normalmente.

Generalmente los muros de contención como el caso de los muros pantalla son los que generan este soporte a la faja transportadora.

Por ese motivo, se empotrará la faja transportadora en el muro que se encuentra en el extremo adyacente al centro comercial Larcomar, hasta llegar a un punto paralelo al punto B, tal como se muestra en la figura 4.19.

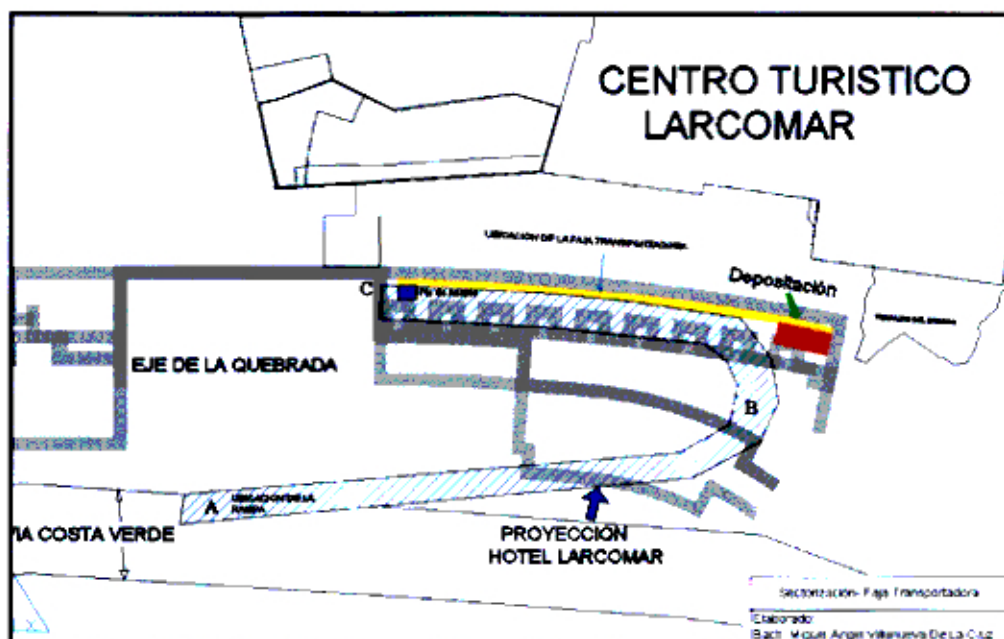


Figura 4.19 Vista en planta de la faja transportadora (Punto de Acopio y evacuación)

En la imagen 4.20 se puede observar el perfil topográfico con el trazo del eje de la faja transportadora,

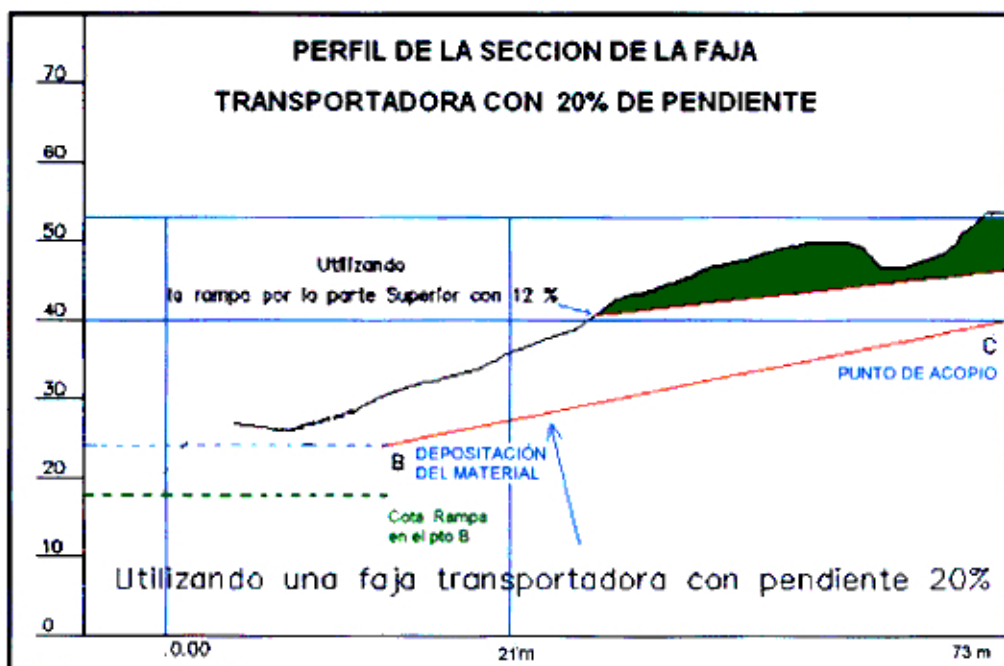


Figura 4.20 Perfil del eje de la faja transportadora

Se puede observar que el punto de acopio en el punto C que se encuentra en una cota 40, y como segundo punto a evaluar la proyección de la cota 30.

4.3 Análisis de estabilidad.

Para comprender este Subcapítulo es necesario definir los siguientes conceptos básicos de la manera más sencilla posible:

Cohesión: La cohesión es una medida de la adherencia entre las partículas de suelo. Es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación.

Angulo de Fricción: Es el ángulo que mantiene las partículas en su posición sin que se deslicen.

Factor de Seguridad: Es la relación que existe entre las fuerzas resistentes del suelo y las fuerzas actuantes en el suelo.

Análisis Estático: Se considera equilibrio de fuerzas y de momentos en el talud ya sea natural o ya con el corte.

Análisis Pseudo estático: Significa simular el talud pero considerando una fuerza lateral a la que llamamos fuerza del sismo bajo las mismas condiciones de equilibrio.

Se presenta a continuación los resultados del análisis de estabilidad desarrollada en la tesis de Egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería Luis Raygada, cuyo tema de tesis es "Estabilidad de taludes de la costa verde - Larcomar". Sin embargo en la presente tesis también desarrollamos cálculos de estabilidad del talud, sobre en la etapa de la excavación.

Análisis considerados:

Se considero análisis de equilibrio límite es decir equilibrio de momentos y fuerzas, bajo las condiciones Estático y Pseudo Estático, este último para un sismo de grado 8 en escala de Richter cuyo coeficiente sísmico corresponde un valor de 0.4g.

Parámetros utilizados:

Según la tesis de la Ing. Mariella Cañari menciona que los parámetros de cohesión $C = 55 \text{KN/m}^2$, y el ángulo de fricción es de 40° , y una densidad de 21KN/m^3 .

Estos parámetros se han obtenido de una muestra de corte directo desarrollado a 2.47 Km, en el Bajada del Puente Balta. Este valor según los asesores geotécnicos se puede utilizar teniendo la consideración de ser un resultado conservador. Sin embargo por criterio del especialista geotécnico se utilizó

parámetros de cohesión iguales a 30KN/m^2 , según las características del suelo encontrado.

En resumen los valores de resultado de estabilidad realizada en la presenta tesis muestra lo siguiente.



Figura 4.21 Sectorización del talud correspondiente al Centro comercial Larcomar

En la fotografía 4.26 de puede mostrar en las tres zonas que se re marcaron para corroborar los resultados de la tesis, donde se puede mencionar que en la Zona Norte correspondiente en dicha fotografía a la Zona 1 los valores de factores de seguridad para el análisis Pseudo Estático salen en el orden a 1.08 a 1.15 siendo valores muy cercanos a la unidad debido a la pendiente que presenta el talud.

En la Zona 2 los resultados de estabilidad muestran valores aceptables debido a que el talud presenta menor ángulo en el talud en el orden de 1.30 para el análisis estático y 1.10 para el análisis Pseudo estático.

Para corroborar estos resultados, presentaremos un cálculo de estabilidad realizada en la zona 1 y 2 preferentemente debido a la ubicación del Hotel.

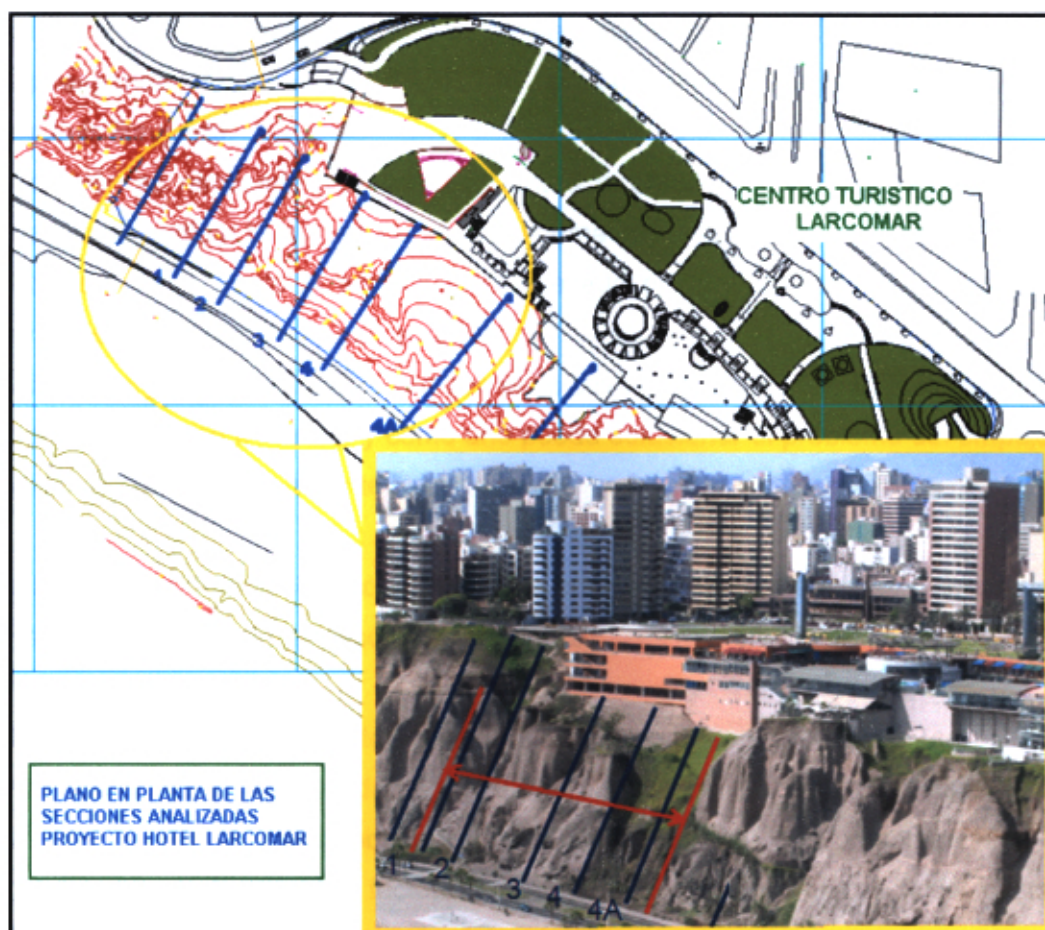


Figura 4.22 Vista en planta de secciones analizadas para la estabilidad de taludes.

Presentamos el cuadro de resultados para el análisis del talud natural.

	Talud Natural	
	<i>ESTATICO</i>	<i>PSEUDO ESTATICO</i>
SEC 1A	1.45	1.01
SEC 1	1.45	1.03
SEC 2	1.46	1.02
SEC 3	1.65	1.14
SEC 4	1.60	1.12
SEC 4A	1.76	1.22

Cuadro 4.3. Resultados del análisis de estabilidad en estado natural del talud.

Según estos valores corroborados podemos mencionar que los resultados son aceptables bajo estos dos análisis, los resultados del estudio de tesis mencionado anteriormente muestran resultados muy cercanos a los resultados obtenidos en esta zona.

Cabe mencionar que el área correspondiente a la estructura del Hotel es la que se presenta limitada entre flechas de color rojo en la figura 4.33.

Como se puede notar en el cuadro de resultados, en la Zona Norte que corresponde a las secciones 1A, 1, 2 tal como muestra en sus resultados la tesis de Luis Raygada.

También es necesario mencionar que para la etapa de corte y excavación es necesario evaluar la estructura con un sistema de contención.

En este caso viendo la estructura intersecada en el acantilado, se realizó un análisis del talud cortado con anclajes.

Sin embargo este cálculo se hizo con el objetivo de hacer conocer los perfiles de corte que se van a realizar y como uno puede solucionar el problema del empuje del material del talud durante la excavación.

Se muestra un perfil cortado y uno con la contención de los anclajes y se puede ver, por ejemplo para el caso de la sección 2.

Sección 2: haciendo el corte del talud sin considerar una contención, se puede ver que el factor de seguridad es 0.732 para un sismo de grado 8 en escala de Richter. Como se puede observar por la altura de corte que presenta (12m – 20m) y sin contención los factores de seguridad muestran que el talud fallara bajo la ocurrencia de un sismo de dicha magnitud.

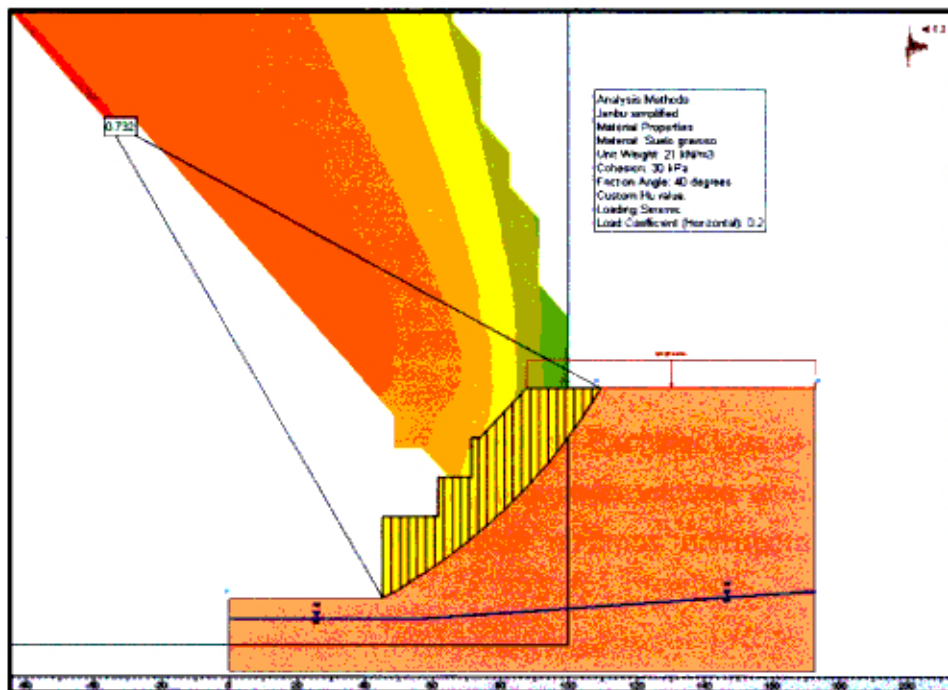


Figura 4.23 Análisis de estabilidad en la condición de Corte del talud sin contención.

Sección 2: si ahora colocamos un sistema de contención los resultados cambian como se puede observar, en la imagen 4.35, cuyo factor de seguridad es 1.02, lo cual significa que para esta magnitud de sismo no fallara el talud.

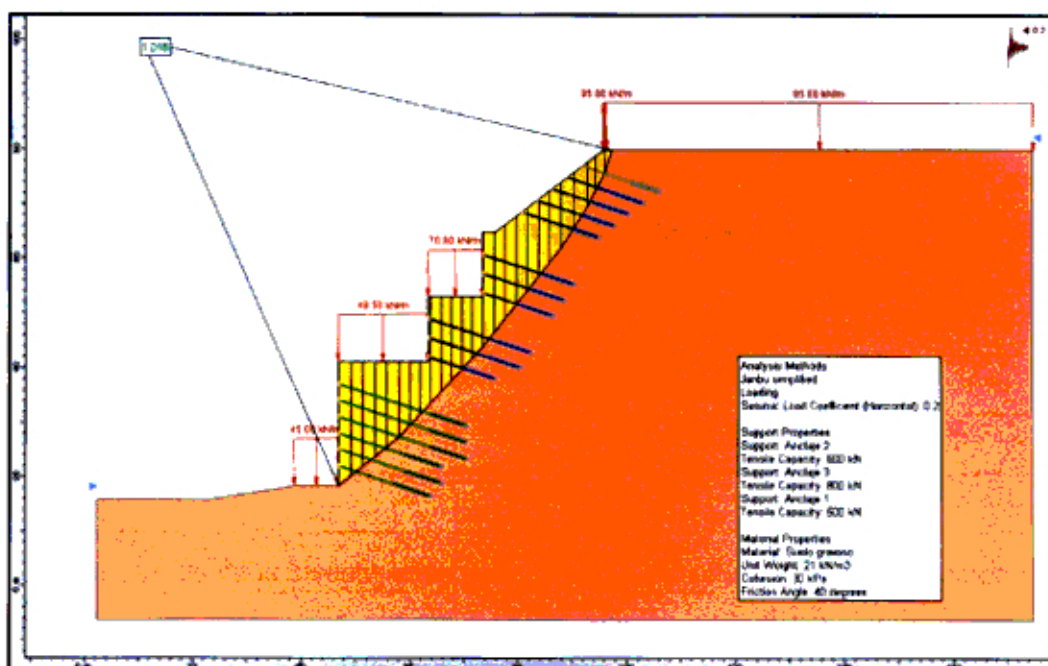


Imagen 4.24. Talud con Anclajes o conocido también como muros pantalla.

A lo largo de la estructura del hotel se diseña un sistema de contención de este tipo que le ayuda a soportar el presión de empuje.

El objetivo de esta tesis no es realizar un diseño de los anclajes para este proyecto, pero si mostrar cual es la importancia de estos como se pudo ver en esta última ilustración.

Existen empresas especializadas en este rubro tales como Pilotes Terratest, Geotécnica, Geotecnia Peruana y Samaica que vienen trabajando constantemente en el diseño y construcción de estos muros.

Finalmente podemos decir que la tesis del Bachiller Luis raygada y los resultados de los especialistas Geotécnicos, muestran valores aceptables de estabilidad para este proyecto, lo cual también pudimos corroborar con estos cálculos presentados.

CAPÍTULO V:

EVALUACION DE RESULTADOS

5.1 Parámetros para la excavación.

En esta investigación se ha trabajado en base a tres parámetros, considerados los más importantes según la matriz de riesgos utilizado para la identificación. Se consideran como parámetros los siguientes:

- ✓ Estudio de los sistemas de excavación.
- ✓ Sistemas de protección adecuada para realizar una excavación segura.
- ✓ Sistemas de eliminación de material.

En el desarrollo de la investigación y recopilación de información se ha podido notar que estos tres parámetros son los más importantes para el estudio del sistema de excavación. Dentro de estos tres parámetros podemos encontrar por ejemplo la trabajabilidad de los equipos, seguridad de los trabajadores, etc.

5.2 Resultados.

5.2.1 Sistema de protección recomendado.

Para poder recomendar un sistema de protección ha sido necesario realizar cálculos ya sean experimentales como analíticas de la trayectoria de recorrido de la roca, para tal efecto en el acantilado se realizó un levantamiento topográfico, donde se calcularon 32 secciones separadas cada 5 a 8 metros.

El cálculo de la trayectoria se realizó en cada sección con la finalidad de obtener la altura de rebote y el alcance máximo horizontal de la grava.

También tenemos resultados como el porcentaje de rocas que se depositan a lo largo del talud, la energía que produce la roca a lo largo de la superficie del talud.

Cuadro de resultados en el análisis de caída de rocas, para la recomendación del sistema de protección adecuado.

	Alcance horizontal máximo (m)	Ubicación valla Prot (m)	Altura rebote en la valla (m)	Energía Cinética total en la valla (J)	% rocas que llegan y pasan la valla de la Costa Verde		Pendientes promedio del talud y características	Ancho de la vía Costa Verde
1	32	5	3,1	2500	46	40	63° - irregul pronunc	
2	42	7,8	4,5	2120	64	64		
3	0	5	0	0	0	0	58° irreg muy pron	
4	24	3	2,5	700	48	44	53° irreg muy pron	14,3
5	23	2,4	1,7	1150	20	20	58,5° irreg muy pron	18,7
6	30	4	5	450	10	6	59° irreg muy pron	17,5
7	34	9	5	1750	40	36	59° irreg muy pron	18,7
8	30	7	4,5	1450	66	66	50° irreg muy pron	14,5
9	9	4	1,4	400	10	0	45° irregular	14,5
10	22	13	4,1	800	100	70	41° irregular	13,8
11	30	8,5	3	1250	24	24	42° irregular muy pro	16,5
12	25	5,2	4,5	1050	26	14	42° irregular	17
13	24	2	3,5	1150	42	32	56° irregular muy pro	18
14	28	4	9,5	1550	100	100	59° irregular muy pro	20,4
15	34	10	4,1	1500	100	88	56° irregular muy pro	22
16	28	3	3	950	100	100	58° irregular	16
17	28	6	3,9	1050	100	90	47° irregular	19,5
18	26	2	5,5	1500	40	40	51° irregular pron	20
19	26	2	7,2	1450	84	72	48° irregular pron	22
20	32	2,5	3,5	1500	96	36	59° irregular pron	23
21	26	2	2,5	970	100	96	52° irregular pron	21
22	24	2,5	1,5	1200	100	20	50° irregular pron	21
23	16	1	2	1250	100	4	48° irregular pron	20
24	20	2	2,5	1050	100	64	50° irregular pron	20
25	20	5	6,5	420	100	80	46° irregular	19
26	18	0,5	2,8	790	100	4	38° irregular	20
27	18	3	1,5	650	40	10	36° irregular	22
28	14	3	2,6	330	50	4	33° irregular	21
29	16	2	5,4	500	70	0	34° irregular	20
30	12	2	2,2	730	100	0	34° irregular	20
31	16	2,5	3,8	560	100	0	34° irregular pron	20
32	16	-1	1,5	680	100	0	36° irregular pron	20
Promedios		6	5					

Cuadro 5.1 Resultados para la ubicación y diseño de la valla de protección.

Según estos cálculos, la valla de protección estaría colocada a 6 metros a partir del pie del talud, dicho lugar estaría comprendido en un carril y medio de la vía costanera en sentido de Sur a Norte.

La altura de la valla de protección según los cálculos realizados corresponden a 4.6 m pero debido a la verificación de resultados realizados en el cerro de la UNI, planteamos una altura de 5 m como mínimo.

Un 70% de probabilidad existe que una grava que se desprende del talud llegue a la vía de la costa verde.

También se puede observar que ocurre más desprendimiento de grava debido a que el talud se encuentra con pendientes elevadas, por tal motivo se recomienda en distritos que tengan taludes con dichas características es necesario dar una solución que evite el desprendimiento de gravas como es el caso de utilización de mallas metálicas sobre el talud, o soluciones mediante la plantación de alguna planta que no requiera mucho riego, ya que la humedad es otro factor del desprendimiento de gravas.

La alternativa de la construcción de un túnel metálico como sistema de protección es otra de las recomendaciones que se presentan sin dejar de tener cuidado que material de dicho túnel debe ser resistente a la colisión con las gravas desprendidas, del mismo un dissipador de ruido, esto debido a que el material metálico cuando colisiona con una grava los niveles de desniveles son altos.

5.2.2 Sistema constructivo recomendado.

En el desarrollo del capítulo 4 se ha podido observar que ambos sistemas de excavaciones presentan actividades comunes y que entre ambos se pueden complementar.

Tal es así que por ejemplo en la segunda metodología se depositara el material de manera temporal en el talud, sin embargo si el equipo de excavación se encuentra en un nivel cercano a la cota de la vía costanera, podremos fácilmente eliminar el material cortado y luego en la parte inferior ya depositarlo en los camiones de carga. Las dos metodologías son muy útiles ya que ciertas actividades se realizaran en ambos casos.

De forma resumida plantearemos los dos sistemas en el siguiente esquema:

	Símbolos del sistema	Sistema de Protección	Efectos secundarios
Eliminación del material excavado utilizando la quebrada más pronunciada de la zona	Se pretende utilizar el eje de la quebrada como un medio de eliminación del material, donde la excavadora se ubicara en la parte superior e ira eliminando el material.	Se diseñara un sistema de protección adecuada que será un túnel metálico en la parte inferior de la vía de la costa verde, o un muro de gaviones.	Generación de ruido y polvo. Desvió de la vía de la Costa verde o utilizar la vía en un solo sentido.
Eliminación del material por la parte superior mediante Seccionamientos	La idea es cortar y excavar el material de forma ordenada mediante regiones señaladas, e ingresando el equipo por la parte superior hasta ingresar a la zona 2 (zona de Fashion Center)	Diseñar un sistema de vallas dinámicas de protección en la parte inferior del acantilado, con un trabajo previo de desquinche de bolones de alto peligro.	Generación de ruido y Polvo. Desvió de la vía de la Costa Verde, utilizar la vía en un solo sentido.

Cuadro 5.2 Cuadro de resultados de los sistemas de excavación, protección, efectos secundarios.

5.2.3 Sistema de eliminación de material de la excavación recomendado.

El sistema de eliminación del material para un primer método recomienda utilizar la quebrada, sin embargo no se descarta esta posibilidad para niveles inferiores cercanos a la vía costanera.

Con respecto al segundo método se recomienda utilizar la combinación de rampa de ingreso y faja transportadora, ya que el volumen se concentra en un 75% en esta zona.

La posibilidad de utilizar una torre grúa para la eliminación de material no es muy recomendable ya que el periodo que realiza el brazo es muy lento y dificultaría la programación de la excavación.

También es necesario aumentar la última idea, ya que la capacidad del cajón metálico es de 1 m³ en nuestro medio y los camiones o volquetes son en promedio 8 m³, lo que significaría realizar unos 7 semigiros en promedio para que puedan llenar 1 volquete de 8 cubos, por lo que no se muy recomendado esta opción.

5.3 Diagramas y gráficos.

5.3.1 Gráficos de resultados en el análisis de caída de rocas.

Diagramas de los resultados.

- ✓ Altura de rebote crítico en la vía de la Costa Verde

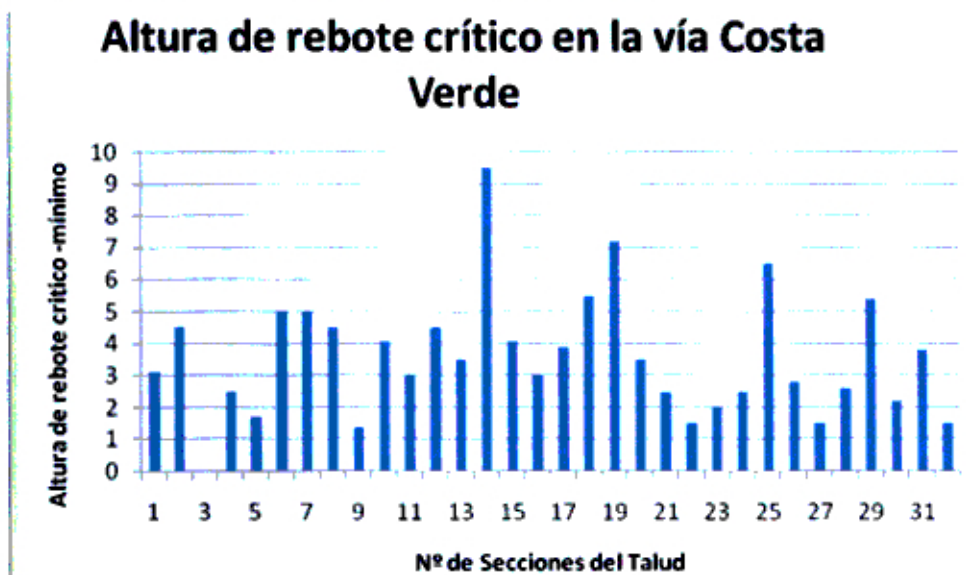


Figura 5.1 Altura de rebote promedio de la caída de rocas – Zona Larcomar

- ✓ Distancia horizontal de la altura crítica de rebote en la vía de la Costa Verde

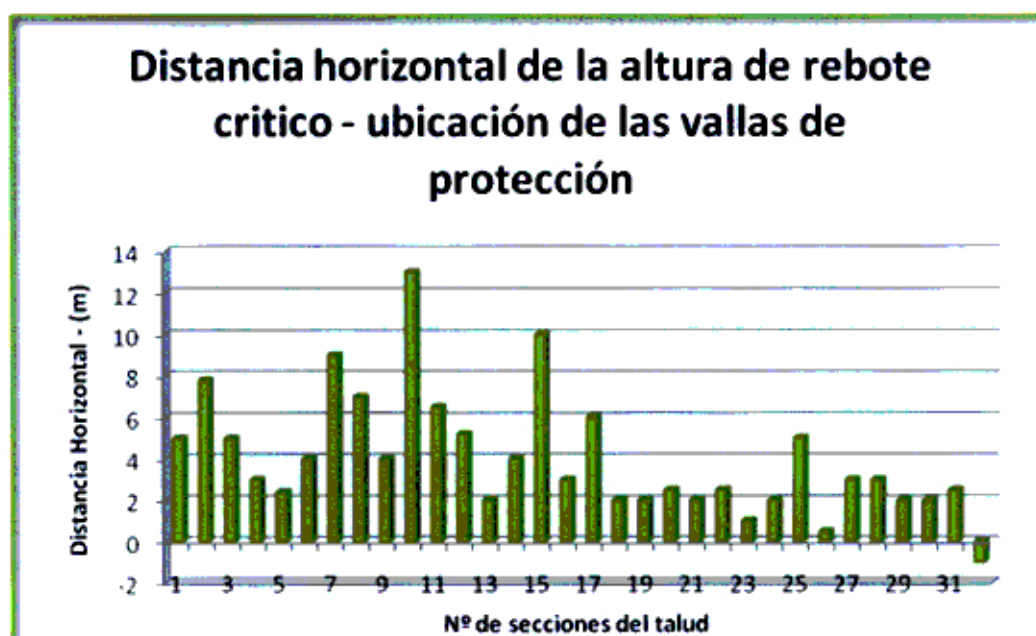


Figura 5.2 Alcance horizontal promedio para la ubicación de la roca.

- ✓ Energía cinética total en la ubicación de la valla de protección.

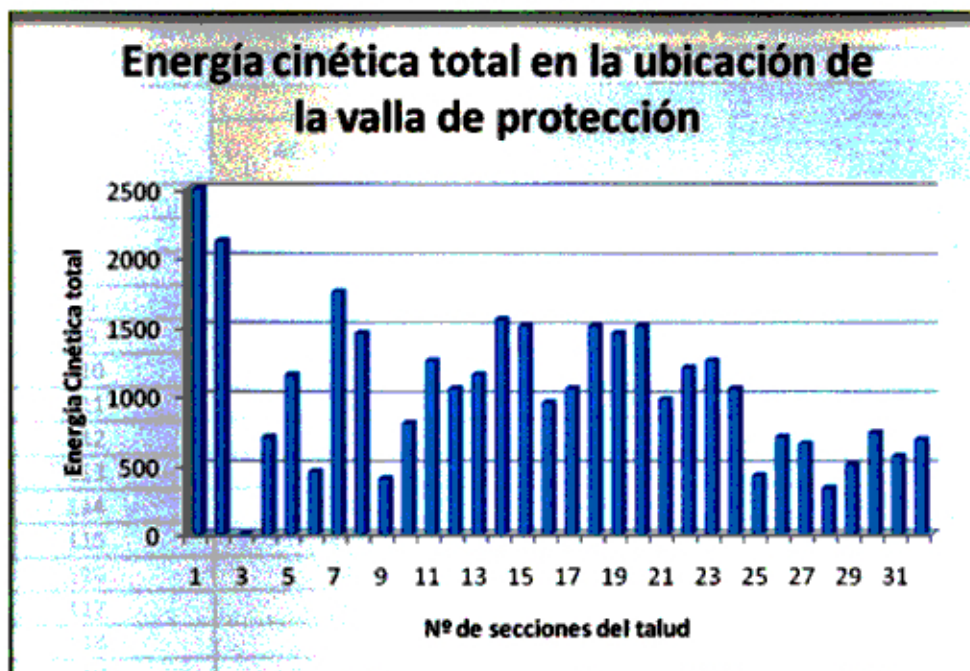


Figura 5.3 Energía cinética total ubicado a lo largo del talud.

- ✓ Porcentaje de Gravas que llegan a la vía de la Costa Verde al desprenderse.

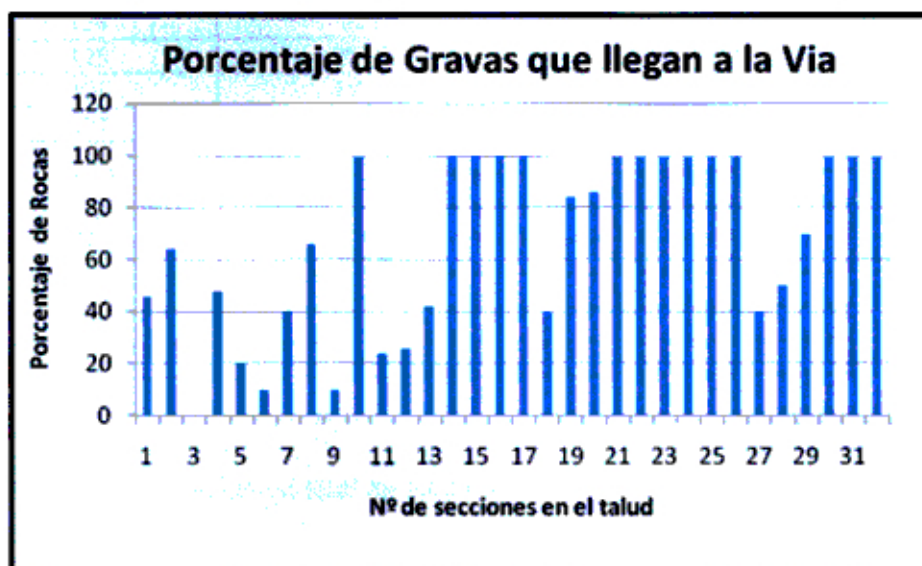


Figura 5.4 Porcentaje de gravas que después de desprenderse tiene como punto final la vía costanera

5.3.2 Cuadro de resultados de volumen de corte total del proyecto.

MOVIMIENTO DE TIERRAS - EDIFICACION ACTUAL			
SECCION	AC. HOTEL (m2)	D ENTRE EJES (m)	
L5	0	0	
L6	627,3	8	2509,2
L7	652	8	2608,0
L8	670,5	8	5290,0
L9	969	8	6558,0
L10	715,9	8	6739,6
L11	716,9	8	5731,2
L12	781,7	8	5994,4
L13	893,3	8	6700,0
L14	1001,6	8,1	7674,3
L15	691,6	6,5	5502,9
L16	623,4	5	3287,5
L17	568,8	4,2	2503,6
L18	565,4	4,5	2552,0
L19	603,6	5	2922,5
L20	401,3	5	2512,3
L21	405,7	4	1614,0
L23	361,1	4,4	0,0
L24	285	4,4	1421,4
L25	204,7	4,4	1077,3
L26	159,6	4,6	837,9
L27	157,9	4,4	698,5
L28	171,8	4,5	741,8
L29	157	4,4	723,4
L30	202,4	4,7	844,6
L31	201,6	4,4	888,8
L32	196,7	4,5	896,2
L33	220,8	4	835,0
L34	380	4	1201,6

Se tiene como un volumen total de excavación los 80 000 cubos de material.

5.3.3 Esquema del sistema constructivo recomendado para la excavación.

A. Primer sistema de excavación.

Como se puede visualizar en el capítulo 4, la figura 4.13, explica esquemáticamente el procedimiento de excavación. Esta metodología plantea el ingreso de los equipos de excavación por la parte superior e iniciar su excavación e Norte a Sur eliminando el material por la quebrada, el trabajo será de forma coordinada con el cargador frontal que se encontrara en la parte inferior del talud y así de forma progresiva hasta alcanzar una plataforma necesaria la Construcción del Hotel Larcomar.

B. Segundo sistema de excavación.

El esquema de esta excavación podemos observarlo en el capítulo 4 figura 4.16, donde se detalla el sistema de excavación utilización rampa y faja transportadora.

5.3.4 Esquema para la eliminación de materiales de excavación.

El esquema planteado se presenta en el capítulo 4 figuras 4.13 y 4.16, donde podemos destacar que en ambos esquemas plantean una evacuación de lo más cercano posible a las características del terreno.

Tal es el caso de la quebrada del acantilado o la zona con menos pendiente perteneciente al pie del talud de la terraza del restaurant Mangos. Estos lugares permiten realizar una eliminación de material escavado de una forma "rápida", por la pendiente y la forma de tobogán que presenta.

CAPITULO VI:

APRECIACION EN RELACION CON LAS HIPOTESIS

6.1 Apreciación con la Primera Hipótesis

Validación del Programa Rock Fall, para esta validación se realizó un experimento en la Universidad Nacional de Ingeniería (Cerro Pan de Azúcar) Donde con la topografía que se tiene y las características de gravas que se encuentra en la zona se midió los siguientes valores.

Peso y forma de la roca, tipo de talud, cuyos resultados fueron el alcance y el rebote.

Cuyo cuadro de resultados se presenta en el siguiente capítulo.

Dicho experimento nos dio un resultado del 10 %, con el cual el valor que podemos obtener con este programa es muy aceptado y se recomienda que los valores sean analizados con cuidado por el ingeniero encargado.

Esquema grafico del experimento.



Fotografía 6.1 Esquema del experimento de caída de rocas realizado en la UNI



Fotografía 6.2 Características del material del experimento

Los resultados del cálculo de alcance horizontal y altura de rebote brindan resultados que nos ayudaran a contrarrestar este efecto, ya que los resultados fueron corroborados bajo un análisis experimental y analítico, resultando que bajo el cálculo numérico uno podía obtener resultados con un factor de corrección de +/- 2%, y con la ayuda de este programa podemos obtener un margen del +/-10% de corrección.

6.2 Apreciación con la Segunda Hipótesis

Con respecto al trabajo de los equipos planteados en el capítulo 1, se diseñó la planificación para la excavación, en base a las dimensiones y el alcance de los brazos.

La ubicación en el plano topográfico del equipo, ayuda a plantear un sistema que brinde seguridad a los equipos, que tanto influye la sobrecarga en el talud,

Según lo desarrollado en el capítulo 1 y 4 se recomienda trabajar con excavadoras que no sobrepasan las 30 toneladas así mismo debe contar con por lo menos 2 ayudantes.

La metodología que recomienda una mayor seguridad en los equipos es la que utiliza rampas y una faja transportadora.

6.3 Apreciación con la tercera hipótesis.

El sistema constructivo para la excavación es una de las hipótesis planteadas para mejorar la seguridad en la excavación. La geomorfología con quebradas pronunciadas y altas pendientes aun mas riesgosa el trabajo de excavación no solo por la estabilidad de taludes que debe contar sino también por los sectores a excavar y el riesgo que implicaría hacerlo. Sin embargo se ha buscado dos métodos de aplicación directa a este estudio, dando como resultado final que ambos sistemas serán necesarios utilizarlos ya que las características del terreno no permite la utilización estrictamente de uno de los métodos.

También se ha podido observar que cuando se elige un sistema de excavación teniendo en cuenta parámetros principales de seguridad y accesibilidad de los equipo, se puede mejorar el método.

Sin duda la aplicación de estos métodos ira de la mano de un seguimiento continuo durante la excavación, tanto en estabilidad durante la excavación así como seguridad de los equipos y trabajadores.

El monitoreo mediante instrumentación en el acantilado también será necesaria ya que de esta manera podemos ir controlando las zonas de mayor desplazamiento del talud y darle un mayor interés.

Así mismo toda metodología de excavación va de la mano con el análisis de estabilidad Global de la zona ya que este brinda la información de los taludes con menor factor de seguridad lo que indica que por esa zona la profundidad de excavación será menor o la sobrecarga que se pueda generar.

CONCLUSIONES

- En todo trabajo de excavación es necesario realizar una planificación para saber la secuencia de excavación, siempre se debe contar con más de una alternativa para evaluar y poder relacionarlo en alguna etapa de la excavación.
- Los taludes con alta pendiente (Zona Norte) correspondiente al acantilado adyacente al centro comercial Larcomar y que a simple vista parecen tener alto riesgo por el desprendimiento de gravas, este efecto no ocurre debido a que el suelo gravoso presenta una cohesión y ángulo de fricción relativamente alta. Sin embargo ante un evento sísmico o una acción mecánica el desprendimiento de gravas es alta, ya que la fuerza horizontal externa hace que el conjunto grava y material fino, pierda la cohesión que mantenía en equilibrio a ambos.
- En la construcción de la edificación del centro comercial, según las entrevistas realizadas a los Ingenieros residentes se dejó material de relleno de 3 a 4 m en el talud del acantilado, que formaría parte del suelo a remover para la edificación del Hotel Larcomar por ser un relleno que no presenta características de resistencia similares al suelo patrón del acantilado.
- En el sistema de excavación que plantea como medio de eliminación la quebrada más pronunciada de esta zona, muestra efectos secundarios a considerar como el ruido y el polvo, que en el proceso de excavación se puede evitar haciendo el riego controlado de agua en esta zona, sin embargo se recomienda hacer un estudio ambiental más minucioso.
- La construcción de un túnel metálico a lo largo de la vía costanera que comprende el proyecto Hotel Larcomar, así como un muro de gaviones con una valla estática en la parte superior son también sistemas de protección que se pueden utilizar.
- Según el análisis de estabilidad de banquetas, realizado en la presente tesis muestra como altura promedio de 3.5 m con pendiente de 70°. Geométricamente adopta la forma de un trapecio recto donde la base mayor según lo calculado debe ser 2.5m y la base menor 1.5m, bajo estos resultados el factor de seguridad de 1.5 para este tipo de suelos.
- Las banquetas utilizadas en la excavación sirven como empuje pasivo para mantener la estabilidad del talud, siempre y cuando se hace una buena aplicación. Sin embargo se ha podido notar que en algunas excavaciones no se

está desarrollando una verdadera aplicación de este sistema ya que las baquetas no presentan las dimensiones que deben tener para cumplir dicho fin.

- Según los cálculos efectuados para conocer la ubicación de la valla de protección ante problemas de desprendimiento de gravas se deben colocar a 6 metros como mínimo del pie del talud. Es decir que 1 carril y medio de la vía Costanera tendrá que ser desviada, prácticamente la vía en sentido (Sur- Norte).
- Según el diseño de las vallas de protección ante caída de rocas debe soportar una energía de 1500 J, lo que significa utilizar vallas dinámicas.
- Toda excavación en ladera donde presenta alta pendiente de forma irregular y cuyo material superficial sea suelto o por desprenderse será necesario realizar un estudio de caída de rocas. Por método práctico se pueden utilizar herramientas como un software comercial, o alguna hoja de cálculo en Excel previa verificación de sus resultados. De esta manera evitaremos muchos accidentes.
- Para el sistema de excavación, será necesario la utilización de los dos métodos planteados y desarrollados en el capítulo 4.
- En el trabajo del sistema de excavación se tiene que cuidar las deformaciones que ocasiona la acción de la excavación, ya que estas deformaciones se presentaran en la parte superior del talud en forma de grietas de tensión. Este estudio debe ser previo al inicio de la excavación.
- Existe muchos tramos correspondientes a este proyecto como otros del acantilado de la Costa Verde que necesitan realizarse trabajos previos de estabilidad como un desquinche de la bolonería que se encuentra con alta probabilidad de desprenderse.
- Cuando se realiza excavaciones que tenga forma de terraza o de forma escalonada el factor de seguridad aumenta lo que significa que es más segura la excavación. Además de acomodarse al eje de una rampa para eliminar el material excavado.
- Para cada etapa de la excavación es necesario realizar un monitoreo durante la excavación del acantilado, de esta manera evitar deformaciones excesivas del suelo.

RECOMENDACIONES

- En edificaciones que se realiza en ladera según los resultados de estabilidad durante la etapa de excavación se recomienda que tenga forma de banqueteta o escalonado, ya que la sobrecarga de la edificación se transmite directamente al talud, generalmente este sistema aumenta el factor de seguridad en la estabilidad.
- Con respecto a los reglamentos de medio ambiente se recomienda proponer como tema de tesis ya que los lineamientos que presenta la Autoridad de la Costa verde así como las municipalidades son deficientes y en algunos casos nulos.
- Se recomienda utilizar materiales de la zona para la fachada del Hotel Larcomar de esta manera no variar el rostro del acantilado.
- Se recomienda diseñar una rampa de evacuación de material excavado con pendiente del 12% en dos tramos AB –BC como se muestra en la Fig. 4,16, siendo en el tramo AB el más largo horizontalmente y cuya cota en el punto B llega al punto 18. En el segundo tramo la cota del punto C llega al nivel 32.
- Para la utilización de la faja transportadora, se recomienda que se empotre en el muro pantalla del extremo Este, adyacente al centro comercial Larcomar, donde la finalidad es disminuir el tiempo en la eliminación del material cortado.
- Para la tesis de estabilidad global que se viene desarrollando en este proyecto se recomienda que realicen un ensayo de corte directo ya que los parámetros adoptados son de ensayos que se realizaron en zonas cercanas pero que pueden tener cierta diferencia por las características misma del suelo.
- Se recomienda también hacer un estudio de esfuerzo y deformaciones en cada etapa de la excavación para conocer los desplazamientos máximos esperados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación de Carreteras del Japón, "Manual de Protección de Taludes", publicado por el CISMID 2001 Perú.
2. Autoridad de la Costa Verde. "Reglamento de usos de suelo y del mar, habilitación urbana, construcción y medio ambiente de la Costa Verde". Municipalidad Metropolitana de Lima, 2005, Perú.
3. Cañari Sánchez, Mariella "Análisis de estabilidad de taludes de la costa verde" tesis de grado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Ingeniería, 2001, Perú.
4. Carrillo Gill. A., "Recientes Experiencias en el Análisis de Estabilidad de los Acantilados en la Costa Verde". Revista de Ingeniería Geotécnica. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Ingeniería, 1984, Perú.
5. Carrión M., "Análisis de estabilidad de taludes de la Costa Verde". Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 2001, Perú.
6. Edward Santa María Boletín "Estabilización de Excavaciones para Sótanos", publicadas en el portal de conocimiento de GyM 2008 Perú.
7. INGEMMET. "Estudio de la seguridad física de los acantilados de la Costa Verde" Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2008, Perú.
8. Juárez Badillo "Estabilidad de Taludes" capítulo 12, editorial escuela colombiana de Ingeniería, 1998 Colombia.
9. Lisson, Carlos "Contribuciones al Conocimiento de la Geología de Lima y alrededores", Librería e Imprenta Gil, Perú -1997.
10. Martinelli de Mayer, Maggie "Estudio de suelos del local Fashion Center, complejo turístico LarcoMar -Miraflores", MyM Consultores SRL informe N° M2410, Febrero del 2006 Perú.

11. Martinelli de Mayer, Maggie "Acondicionamiento de los Barrancos bajo el Parque Salazar – Miraflores", MyM Consultores SRL informe N° M432, Noviembre de 1993 Perú.
12. Martínez Vargas, Alberto "Altura crítica en los edificios de la costa verde" Artículo N° 17 – Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Junio 2007, Perú.
13. Macazana, R. "Análisis Dinámico de los acantilados de la ciudad de Lima", Tesis para Optar el Grado de Maestro, universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima 2006 Perú.
14. Umutia Varese, Pablo "Análisis Dinámico de Estabilidad por Elementos Finitos de los taludes de la Costa Verde en el Distrito de Miraflores", Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú – Octubre 2008.
15. Terzaghi, K. "Mechanics of Landslides", The Geological Survey of America Engineering Geology , Berkley, 1950.
16. Vargas Madueño, Alonso "Estabilidad del Talud de la Costa Verde en el Distrito de Miraflores" Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú – Abril 2008.