UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

AÑO 1 ABRIL - 2009 NUMERO 01

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOLETÍN ESTUDIANTIL

IIFIC - UNI 2009

www.iific.edu.pe

Editorial

Este boletín es un esfuerzo de estudiantes de los últimos ciclos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI. Para cualquier profesional imbuido del espíritu de la UNI, es un honor colaborar con ellos. Con mayor razón si como es el caso, el boletín pretende despertar inquietudes de investigación entre el resto de los estudiantes y en general entre quienes se apresten a leerlo.

Investigar es indagar. Para hacerlo, hay que tener disposición a un permanente cuestionamiento. A un continuo *¿por qué?* Es la pregunta básica de la investigación. Lo hacemos para aprender seriamente, para ganar conocimiento. Con ello sentimos una gran satisfacción, mejoramos como profesionales, y sin duda la sociedad nos brinda su reconocimiento.

Es gracias a la investigación que la ingeniería, como cúmulo organizado de conocimiento y quehaceres, avanza continuamente. Si no los hacemos nosotros, sin duda que otros lo siguen haciendo, y más rápido de lo que creemos, nuestra preparación resultará desactualizada. Junto con los estudiantes y profesores de la UNI, muchos otros con posición similar en el país y en el resto del mundo desarrollan trabajos de investigación y muestran sus resultados al mundo. La investigación es global, y depende de cada uno el no ser arrastrado por la homogenización que se impone desde afuera. También hay que investigar desde lo local.

El boletín es también expresión de dos experiencias singulares. En las universidades, la práctica usual de la investigación está circunscrita al posgrado. Aquí estamos aplicando el cambio que el concepto de la investigación tiene reconocido. De la exclusividad de doctos y laboratorios sofisticados, ubicamos la investigación desde el pregrado. Ahí donde descubrimos y asentamos la curiosidad de la investigación. Con su éxito, muchos de los estudiantes involucrados, continuarán estudiando al terminar su carrera, y no dudamos que serán excelentes investigadores.

La segunda experiencia tiene que ver con un viejo anhelo de vincular a la universidad con la empresa. No es gratuito que junto con el boletín se desarrollen otras actividades relacionadas. Un sitio web. Un concurso. Una feria. Un convenio inicial con GyM, una reconocida empresa peruana involucrada desde varias décadas a la construcción nacional. Conoce de cerca del prestigio de la UNI, de la calidad de sus estudiantes y de mutuo acuerdo está apoyando trabajos de investigación y vinculando a un grupo de estudiantes y recién egresados para desarrollarlos. En proceso están otros convenios similares.

Para quienes animan la preparación de este boletín les deseamos seriedad y constancia. Sólo así será recogido y recordado. Desde el Instituto de Investigación de la Facultad, les brindamos nuestro apoyo.

Director del Instituto de Investigación – FIC
DR. VICTOR SANCHEZ MOYA

Colaboradores:
Ríos Morales, Marco
Soto Rosado, Jonathan

Cuerpo Editor:
Meléndez Bernardo, Walter
Navarro Hayashida, Javier
Tengan Shimabukuro, César
Torres Rodriguez, Ronald
Vila Común, Alfredo

Av. Túpac Amaru 210 El Rímac, Lima, Perú
Universidad Nacional de Ingeniería
Apartado Postal 1301 Lima 100 – Perú
Telefax (511) 481-9845
Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 424
contacto@iific.edu.pe.

ÍNDICE

1. El Método del Masw y sus aplicaciones en la Ingeniería Civil…… ……4

2. Análisis de Caídas de Rocas.....8

3. Sistema de Monitoreo para evaluar la corrosión de anclajes permanentes……..13

El Método del Masw y sus Aplicaciones en la Ingeniería Civil

Luis Fernando Raygada Rojas[1]; Harold Alberto Suárez Torres[2]

Sinopsis: Este paper fue presentado en el CONEIC Tarapoto 2008, El fin de esta presentación es poder dar a conocer las ventajas y desventajas del método así mismo, presentar una aplicación y comparación con los métodos tradicionales llevados a cabo por los autores como parte de sus prácticas pre-profesionales en el CISMID (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmica y Mitigación de Desastres). Este método al igual que otros tiene algunas restricciones por su metodología pero al mismo tiempo tiene muchas aplicaciones en el campo de la Ingeniería Civil. En este paper se presentan algunas de las aplicaciones más importantes efectuadas en el Perú, desde el campo de la minería hasta de la microzonificación sísmica.

Palabras Clave: MASW; Exploración Geofísica; velocidad de propagación de ondas.

Introducción

Debido a la necesidad de conocer la naturaleza del subsuelo, durante las últimas décadas se han venido desarrollando diversos métodos de exploración entre ellos los métodos geofísicos.

Es conocido por todos nosotros los ingenieros las ventajas que nos proporciona emplear los métodos de Exploración Geofísica básicamente por lo económico y rápido que resulta realizar estos ensayos. Durante los últimos años se han venido realizando investigaciones que buscan hacer el proceso de exploración aun más eficiente y confiable, es así que surge el método del MASW que basa sus procedimientos en matemática avanzada como las series de Fourier.

Objetivo

I. Presentar el método de MASW, un nuevo procedimiento en ensayos indirectos, los fundamentos y procedimientos en que se basa, implementados para la exploración geofísica.
II. Evaluar la aplicabilidad del método a las diversas solicitaciones de la Ingeniería Civil.
III. Evaluar las ventajas y limitaciones que el método presenta en sus diferentes aplicaciones.
IV. Obtener mediante el empleo de este método los parámetros del suelo en diversas situaciones.

Hipótesis del problema

El método de MASW es un nuevo procedimiento que ofrece volver más eficiente la exploración geofísica, debido a que el algoritmo de procesamiento esta optimizado matemáticamente y además a que los parámetros que de él se obtienen, complementan a los que se obtienen de otros métodos geofísicos como el de refracción sísmica. Así también este método es una nueva fuente de información a la hora de contrastar los parámetros obtenidos de otras fuentes.

[1] Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.
E-mail: raygada@vectoreng.com
2 Estudiante de Antegrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.
Miembros del IIFIC-UNI. Página web: http://iific.blogspot.com ; http://www.iific.edu.pe

En este artículo corroboraremos las ventajas antes mencionadas a través de la presentación de experiencias en campo de diversos problemas ingenieriles, usando este método.

Fundamento Teórico

MASW, Multichannel Analysis Of Surface Waves, es un método geofísico de exploración que logra conceder información sobre la estratigrafía de un terreno a partir de la adquisición de información de las ondas superficiales que se producen al golpear el suelo. Dicha estratigrafía puede referir a suelos o rocas indistintamente.

Al igual que los otros métodos de refracción sísmica, el MASW permite conocer las estratigrafías sin la necesidad de alterar el terreno ya que son métodos no destructivos, proporcionándonos de este modo valiosa información a un precio significativamente menor. Con la combinación de ambos métodos se hace posible conocer otras propiedades de los estratos del suelo como son los módulos de Young (E), de Corte (G) y de Poisson (μ), evaluación del amortiguamiento y la evaluación de los límites de Atterberg.

Ventajas

• La técnica de MASW es la mejor técnica sísmica para la medición de estos módulos debido a que se emplean esquemas de varios canales (sensores) y al esquema matemático del procesamiento en que se basa. Por la misma razón, los pasos de proceso pueden ser automatizados completamente. Por lo tanto, el método es extremadamente fácil y rápido de ejecutar.
• Permite la detección de la profundidad a basamento y de su relieve, dependiendo de variables como longitud del tendido, energía de la fuente sísmica, velocidades propagación de ondas de los suelos.
• Detecta variaciones tanto en profundidad como en la horizontal de la velocidad de la onda Rayleigh.

Limitaciones

• Debido a las características intrínsecas de las ondas superficiales, resolución del resultado es limitado por la precisión. Una regla a considerar sería que el tamaño mínimo que puede ser resuelto con este método es cerca de un décimo de la profundidad explorada.

Usualmente MASW alcanza profundidades máximas entre 10 y 30 m. Actualmente con la implementación de otro método denominado MAM, Micro-tremor Array Measurements, el MASW puede alcanzar profundidades muy superiores a los 30 m.

• Sólo funciona cuando la velocidad de propagación de las ondas aumenta con la profundidad. En el caso de suelos con capas intermedias de menor velocidad el método arrojaría resultados erróneos, es por ello que este método siempre debe ir acompañado de una exploración directa.

• Para el caso de aplicaciones urbanas de la Ingeniería Civil, el Método de MASW está limitado por la disponibilidad de zonas descubiertas con suficiente extensión. La longitud del tendido en superficie está directamente relacionada con el alcance de la exploración en profundidad. En caso no se disponga de área para poder hacer el tendido se debe optar por otros métodos.

• El MASW no detecta la presencia del nivel freático debido a que este mide ondas de corte y el agua no tiene resistencia al corte. Es por ello que siempre en cada exploración Geofísica debemos realizar una exploración directa ya sea calicata o perforación.

Sustento Teórico del Método de MASW

Cabe resaltar que MASW hace registros de las ondas superficiales o de Rayleigh y los emplea como si fueran registros de ondas de corte o S. dicha simplificación se justifica en que las ondas de Rayleigh conservan entre un 90 y 95 % de coincidencia con las ondas de corte.

MASW sigue un procedimiento desarrollado durante los últimos años y consta de tres etapas.

1. Se adquiere la información, registros de las ondas superficiales en el tiempo, producidas por una excitación en el terreno a través de varios sensores (o canales).
2. Mediante transformadas de Fourier se extraen las curvas de la dispersión (curvas de velocidad de fase) del modo fundamental (una curva de cada canal).
3. Luego se invierten estas curvas (las solucionan con procesos iterativos) para obtener perfiles de profundidades versus velocidades de cada curva.
4. Finalmente a partir de estas velocidades se pueden determinar directamente los parámetros de los suelos, o se puede determinar el tipo de suelo debido a que cada suelo se asocia con un valor de velocidad.

A continuación se detallan valores promedio de la velocidad de corte de rocas en la tabla 01.

Tabla 1. Velocidades de onda de acuerdo al tipo de roca

Tipo de Roca	Velocidad de la onda primaria (vp) en m/s	Velocidad de la onda secundaria (vs) en m/s
Granito	5200	3000
Basalto	6400	3200
Calizas	2400	1350
Areniscas	3500	2150

Procedimiento Experimental del Método

El método del MASW mide el tiempo de arribo de las ondas superficiales (ondas Rayleigh) desde el punto de donde son generadas hasta los diferentes puntos de observación.

Los puntos de observación consisten en una serie de sensores ubicados estratégicamente a distancias conocidas y en línea recta; a una distancia conocida que generalmente es de cinco a diez metros desde los extremos del tendido se producen los puntos de disparo, estas puntos de disparo pueden generarse de distintos modos siendo los más conocidos el usar una comba o martillo, o por algún otro dispositivo; de ese modo inducimos vibraciones en el terreno y estas son detectadas por lo sensores del tendido.

Las componentes del equipo de medición del MASW son los siguientes:

a) Fuente de generación de ondas sísmicas

Como se dijo anteriormente las ondas que son usadas en el MASW son generadas por una perturbación artificial instantánea, que se conoce como impulso sísmico. Lo que se desea obtener con este impulso sísmico es generar el tipo de ondas sísmicas producidas en un evento particular y en un momento instantáneo y de ese modo no exista una superposición de otras ondas las cuales pueden provenir de los movimientos del terreno los cuales pueden ser detectados por los sensores.

Existen tres tipos de fuentes generadoras de energía:

• Fuentes de impacto: Generalmente martillos o combas. La energía transmitida al suelo cuando se genera este tipo de fuente no es muy grande, por ello se apilan varios golpes para tener un mejor promedio del tiempo de llegada y poder suprimir el ruido. También se utilizan otros medios mecánicos, por ejemplo dejando caer un gran peso de una altura de 2 a 3 metros.

• Disparos: Se utilizan balas o cartuchos. La energía es mayor que la energía generada por martillo

Lo que se busca en estas fuentes es lograr controlar el tiempo de inicio y su localización.

b) Detección de los movimientos del terreno.

La detección de los movimientos se realza a través de geófonos (sensores), el movimiento del terreno es medido en diferentes puntos a lo largo del tendido del MASW. Podemos usar 12, 24 ó 48 geófonos.

c) Adquisición y almacenamiento

Las partes que componen el equipo de adquisición y almacenamiento son:

• Unidad de apilamiento y digitalización: Esta es la unidad donde se adquiere, digitaliza y procesan los datos. Tiene puertos especiales para recibir las señales enviadas por los geófonos; a cada geófono le corresponde un canal y sus señales son filtradas y digitalizadas de acuerdo con los requerimientos u opciones definidas por el usuario.

• Cables sísmicos: Son los cables en los cuales nosotros conectamos los geófonos, estos transportan la información a la unidad de adquisición; cada uno de estos se llama canal.

• "Trigger": Cable conectado apropiadamente a la fuente sísmica, de tal modo que en el instante en que se golpea el suelo con el martillo o cuando la carga explosiva es detonada, el sistema de registro empieza a grabar produciéndose el tiempo cero.

Fig. 1. Línea de tendido

Fig. 2. Procesamiento de los datos luego del golpe

Fig. 3. Disposición de los equipos en campo.

Aplicaciones del Método en la Ingeniería Civil

Una de las aplicaciones más comunes del MASW es como en métodos de refracción sísmica la determinación de la profundidad a basamento en los proyectos de construcción de presas y grandes hidroeléctricas, y para la determinación de las condiciones (meteorización, grado de fractura) y competencia de la roca en donde se asentarán las estructuras, así como por donde se realizarán los túneles. También es muy útil para detección de fallas geológicas.

Fig. 4. Vista del tendido de la línea sísmica correspondiente al Ensayo MASW en una presa de relave.

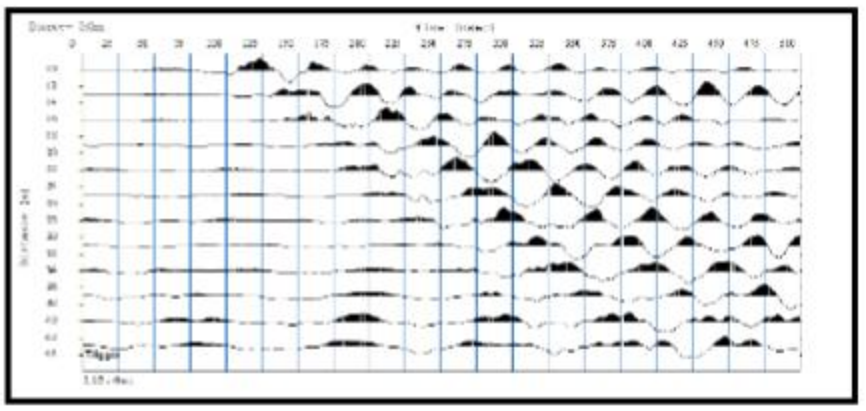


Fig. 5. Registro obtenido con el ensayo.

Línea	Tendida	Estrato	VS (m/s)	Espesor (m)	Descripción
01	Sondaje 01	1	80 – 185	5.25	Limo suelto a ligeramente compacto
		2	230 - 270	3.65	Limo ligeramente compacto
		3	320 – 355	11.90	Limo medianamente compacto
		4	474	---	Grava Limo Arcillosa con Arena

Cuadro 1. Resultados obtenidos del ensayo.

En el caso de las cimentaciones especiales siempre se deben realizar los estudios del subsuelo para predecir la interacción suelo estructura. Con este fin resulta obligatorio proponer exploraciones de varios metros de profundidad, los procedimientos tradicionales o destructivos resultan limitados en estas situaciones dando lugar a la aplicaron de ensayos de naturaleza indirecta como es el caso del método de MASW. MASW se puede usar también en los estudios de microzonificación sísmica para determinar las cualidades del terreno sobre el cual se van a cimentar las futuras edificaciones, previniendo en ocasiones la ocupación de áreas inseguras frente a situaciones como sismo o licuación de suelos. Asimismo es posible usarlo en procesos de extracción de material de las riveras para conocer la potencia de los estratos a explotar.

Conclusiones y Recomendaciones

- Los métodos como MASW permiten obtener parámetros del subsuelo que usualmente no son determinables por métodos tradicionales.
- El empleo de este método, así como otros métodos geofísicos, nos permiten obtener parámetros con un mayor grado de confiabilidad debido a que son no destructivos, es decir no alteran el terreno ensayado.
- El método es completamente aplicable en el territorio nacional y se adapta eficientemente a la mayoría de situaciones que este presenta.
- Debido al procesamiento matemático agiliza y mejora la precisión de los parámetros obtenidos respecto a otros métodos geofísicos.
- Este método al reportar los valores de las velocidades de corte de los estratos se complementa con el método tradicional de refracción, que aporta las velocidades P, y permite mediante expresiones poco complejas la obtención de otros parámetros de interés geotécnico.

- Los métodos de exploración indirecta van ganando un espacio en el mercado de la exploración geotécnica debido a su facilidad de aplicación ya que van desarrollándose métodos como el de MASW y MAM que permiten mejorar la precisión de los resultados.
- Es recomendable tener en cuenta factores externos a la exploración que pudieran resultar perjudiciales para esta, los denominados ruidos, aunque muchas veces los adquisidores presentan opciones para filtrarlos es mejor cesar su emisión.
- El empleo del método requiere de un conocimiento profundo del mismo, por lo que se recomienda que el personal encargado de realizarlo tenga una buena capacitación.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Zenón Aguilar Bardales, por su valiosa amistad, asesoría y consejos, al Ing. Ramiro Piedra Rubio, a los Bachilleres Miguel Díaz y Selene Quispe por compartir la información reunida por ellos y que logramos plasmar en este trabajo, a los que hicieron posible el convenio UNI-GyM y a todos los miembros IIFIC porque siempre tenemos el mismo fin: hacer que nuestra facultad siga siendo la mejor del Perú.

Referencias

CISMID (1991), "Memorias del Seminario Taller de Dinámica de Suelos". Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Figuerola, J., C. (1974), "Tratado de Geofísica Aplicada", LITOPRINT, Madrid.

Gonzáles de Vallejo, L. y Ferrer M. (2002), "Ingeniería Geológica", Prentice Hall, Madrid, España.

Isacks B., Oliver J. y Sykes L.R., (1968), "Seismology and Global Tectonics", Journal of Geophysical Research, Vol 73, N°18, págs. 5855-5899.

Kramer, S. L., (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering". Prentice Hall, New Jersey, USA.

Lankston, R. W.,, "High Resolution Refraction Data Adquisition and Interpretation", Geo-Compu-Graph, Inc., U.S.A.

Redpath, B., B. (1973), "Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations", Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California, U.S.A.

Tavera, H., y E. Buforn. (1998), "Sismicidad y Sismotectónica de Perú", Física de la Tierra, N° 10, pp. 187 – 219. España.

U. S. Army Corps of Engineers, (2001), "Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations", Engineer Manual 1110-1-1802, Washington, U. S. A.

Lima, Marzo 2009

Análisis de Caída de Rocas

Miguel Villanueva De La Cruz[1].

Sinopsis: El análisis de caída de rocas es un proceso que permite obtener una probable trayectoria de la roca desde su desprendimiento hasta su ubicación final. Es necesario realizar este estudio antes de cualquier obra civil de estabilidad de taludes, lo que nos dará una información importante para diseñar un sistema de protección adecuado, y nos permita mantener la seguridad del entorno externo durante la ejecución de la obra. Si las características del lugar lo permiten se puede realizar un análisis experimental. Llámese análisis experimental al hecho de realizar la simulación de la caída de rocas en el lugar.

El efecto físico y matemático de la caída de roca obedece a utilizar los principios y formulas de caída libre y la teoría de colisiones o choques. Los programas comerciales facilitan el desarrollo matemático de dichas formulas y adicionan el concepto de probabilidad para sus resultados.

En este artículo también se plantean un conjunto de medidas de protección que se construyen para prevenir el efecto de la caída de rocas.

Palabras Clave: Talud; Análisis de Estabilidad; Caída de rocas; parámetros de diseño.

Introducción

La caída de rocas es un tema importante porque constituye un riesgo cuando se construye en taludes rocosos o taludes con características similares al acantilado de la Costa Verde debido a que implicaría la pérdida de vidas humanas y/o la inutilización de la obra. La Autoridad Proyecto Costa Verde, en su publicación "Actualización del Plan Maestro de desarrollo de la Costa Verde" en Agosto del 2007, manifiesta que el 42 % de peligro en esta vía es debido a la caída de rocas y derrumbes.

Badger y Lowell (1983) resume la experiencia del Departamento de las carreteras en el Estado de Washington. Afirmaron que un número significativo de accidentes de trabajo y casi una media docena de víctimas mortales se han producido a causa de la caída de rocas en los últimos 30 años. y el 45% de todos los problemas de inestabilidad de ladera son relacionados con la caída de rocas.

Hungr y Evans (1989) nota que, en Canadá, se han producido 13 muertes por caída de rocas en los últimos 87 años. Casi todas esas muertes han sido en la carretera montañosa de la Columbia Británica.

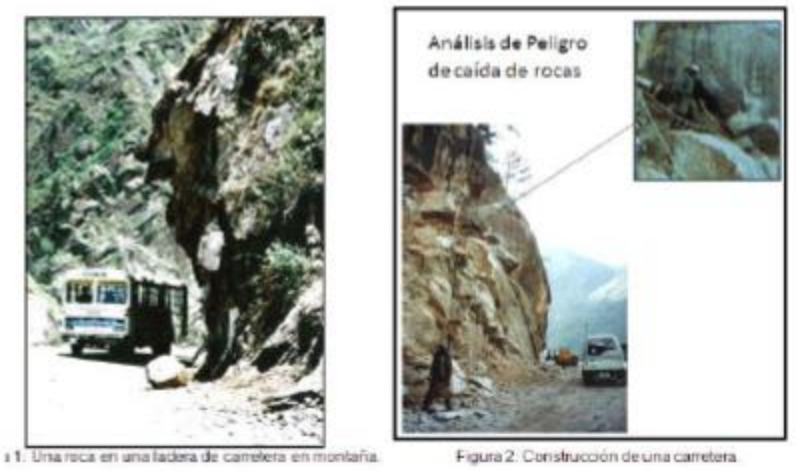
Objetivo

Conocer el mecanismo de la caída de rocas.

[1] Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.
E-mail: mvillanueva@larcomar.com.pe
Miembro del IIFIC-UNI. Página web: http://iific.blogspot.com; http://www.iific.edu.pe .

Fundamento Teórico:

1. *Mecánica de Caída de Rocas*



1. Una roca en una ladera de carretera en montaña. Figura 2. Construcción de una carretera

Fig. 1: Fotografías del peligro que ocasiona la caída de rocas

La caída de rocas es generalmente iniciada por temas climáticos, fenómenos naturales y/o artificiales, que causan un cambio en las fuerzas que actúan sobre una roca. Siendo los más comunes:

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

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

talud. Sin embargo existen algunas consideraciones que se tiene que tener en cuenta en el análisis.

- Si las rocas caen sobre una superficie de roca dura inalterada y limpia son más peligrosas porque no existe nada que retarde su caída en algún grado significativo.
- Si las rocas caen en la superficie del talud cubierta de material, coluviones o grava, se absorbe una cantidad considerable de la energía de las rocas y en muchos casos se detiene por completo.

Esta capacidad de retardar del material de la superficie se expresa matemáticamente por un coeficiente llamado ***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 captura, con el fin de evitar un mayor rebote de la caída de rocas. Llámese bancos de captura a zanjas con área adecuada que permiten acumular las rocas que caen hasta este punto.

Otros factores, tales como el tamaño, la forma, los coeficientes de fricción de las superficies de la roca se tienen que considerar.

También se tiene que tener en cuenta si la roca se rompe en pedazos más pequeños. Estos 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 predicciones de trayectorias de la 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.

Sin embargo el fundamento de cálculo es la ley de la caída de rocas y la teoría de colisiones o choques.

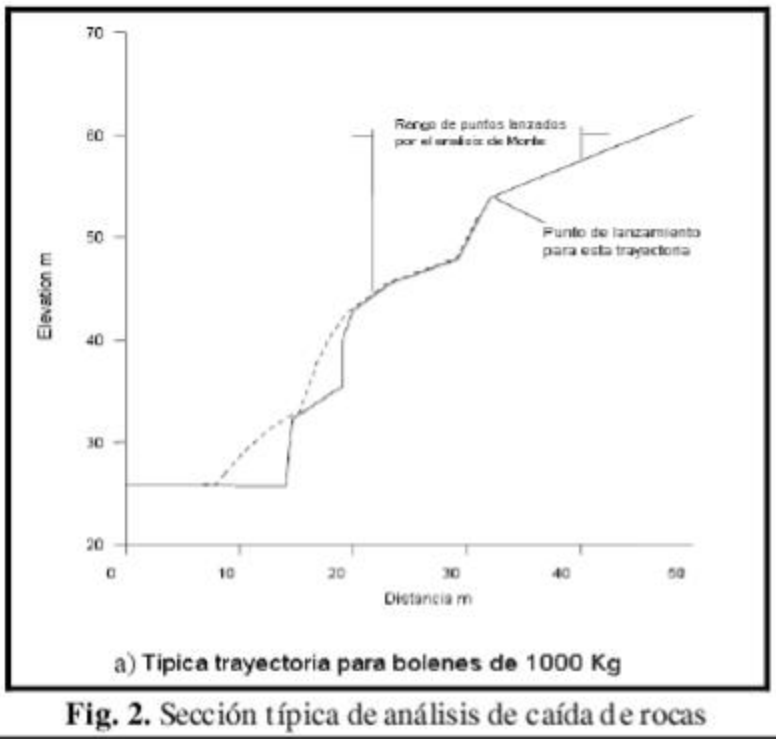


Fig. 2. Sección típica de análisis de caída de rocas

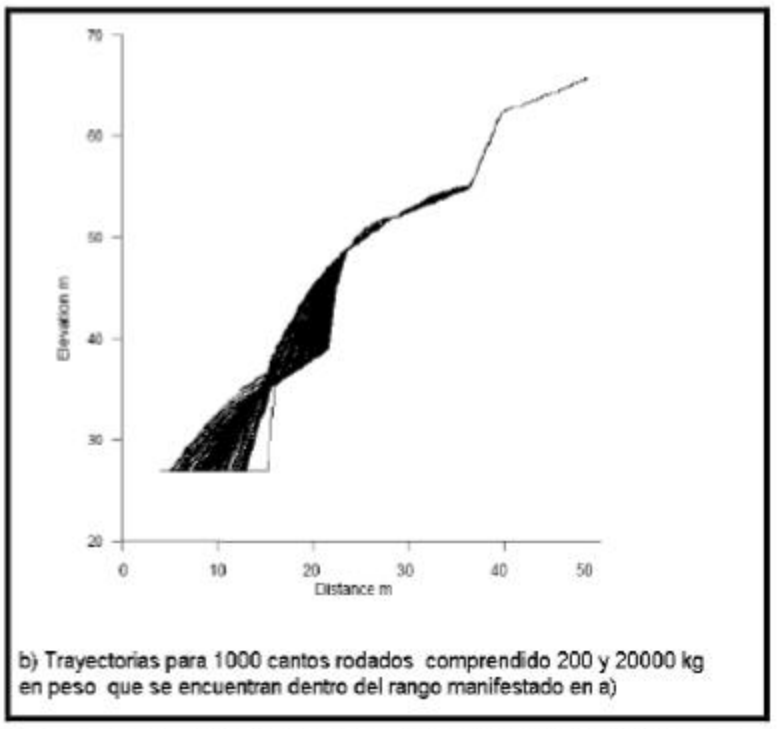


Fig. 3. Típico ejemplo de una trayectoria de caída de rocas por un talud de granito.

El análisis que se ilustra en la Fig. 3 se llevó a cabo utilizando el programa desarrollado por Hungr. La principal ventaja de este programa es que incluye una función de la plasticidad que absorbe la energía del impacto de cantos rodados, dependiendo de su tamaño.

2. *Protecciones Estáticas-Pasivas*.

Son medidas que se toma para detener las rocas, es decir que actúan sobre los efectos de la inestabilidad.

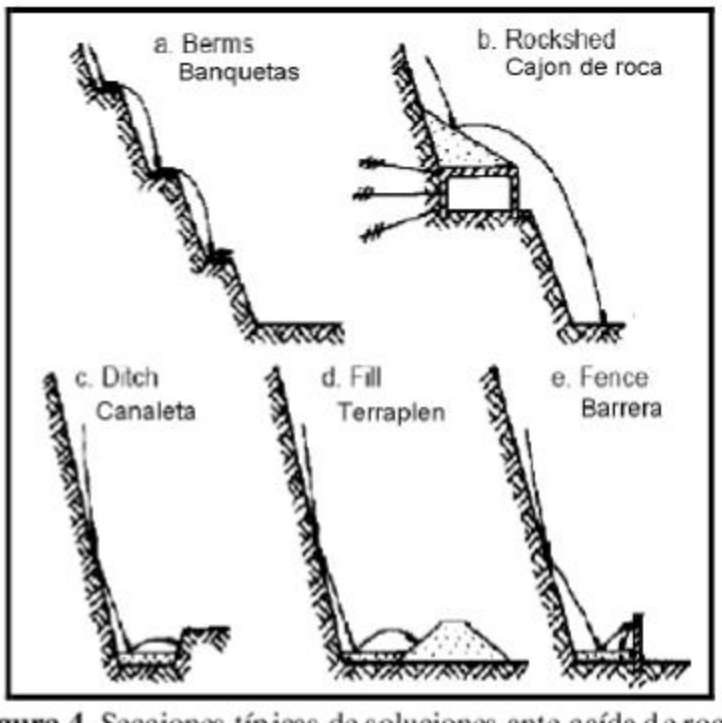


Figura 4. Secciones típicas de soluciones ante caída de rocas

3.Protecciones Dinámicas- Activas

Este tipo de retención se utiliza para prevenir la inestabilidad. Comúnmente se utiliza para carreteras o pistas de transito permanentes. Con este método se evita la caída de rocas sobre las edificaciones que se encuentran en el pie del talud disminuyendo la velocidad horizontal componente que hace que la roca rebote y con ello evitan los daños.

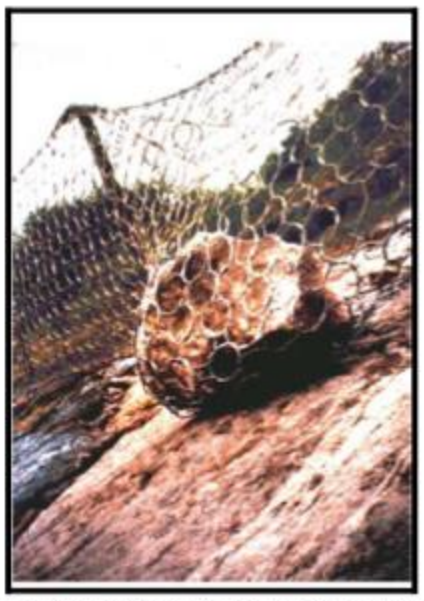


Figura 5. Malla dinámica de protección.

Aplicaciones para el Acantilado de la Costa Verde.

El objetivo de utilizar esta metodología es conocer el grado de peligro que pueda ocasionar el desprendimiento de rocas en el acantilado.
Existen muchos programas que pueden simular este evento físico, en esta oportunidad utilizaremos el programa RockFall.

Fundamento teórico.

Uno de los fundamentos de este programa es:

a. Caída libre.
b. Teoría del rebote.
c. Teoría de impacto.

Resultados de Dicho Programa.

Datos:

Coeficiente de Restitucion: R
Material talud: **Conglomerado de la Costa Verde**

R Nornal	Desviacion	R Tangencial	Desviacion
0.5	0.04	0.95	0.04

NOTA: Dichos valores son tomados de la tabla que se encuentra en la base de datos del programa Rockfall.
Condiciones iníciales de la roca. (Grava Redondeada-Canto rodado).
Velocidad Horizontal = 0 m/s.
Velocidad Vertical = 0 m/s.
Peso de la grava considerado = 5 Kg.
H = 65 m.
n = numero de lanzamientos de la misma roca = 50
H= H (Promedio), está referido a la altura donde se desprende la roca (altura referido a msnm).

Sección en práctica: Sección ubicada en la zona de Larcomar – Miraflores.

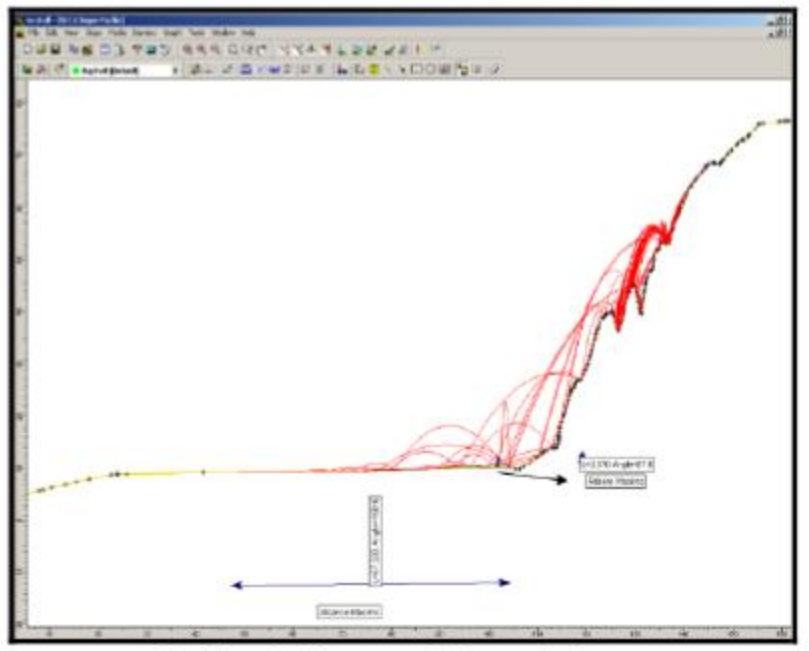


Grafico 1: Alcance y Rebote de la roca

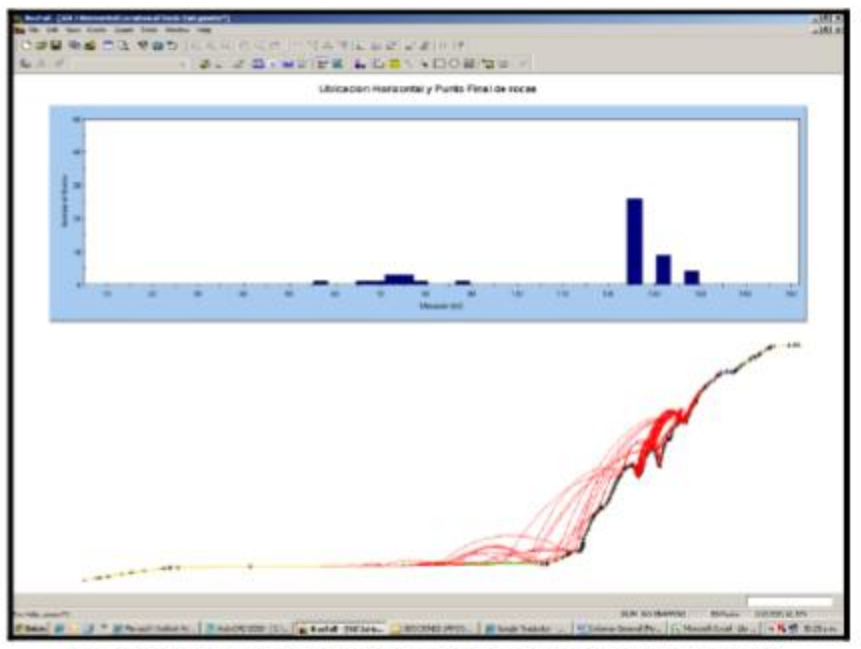


Grafico 2: Ubicación Horizontal y Punto Final de rocas

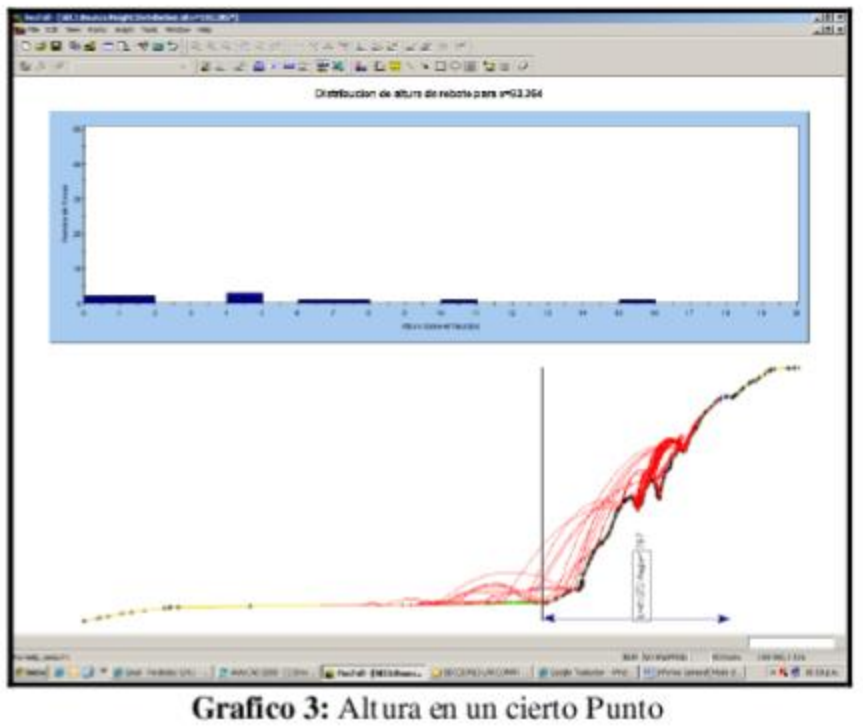


Grafico 3: Altura en un cierto Punto

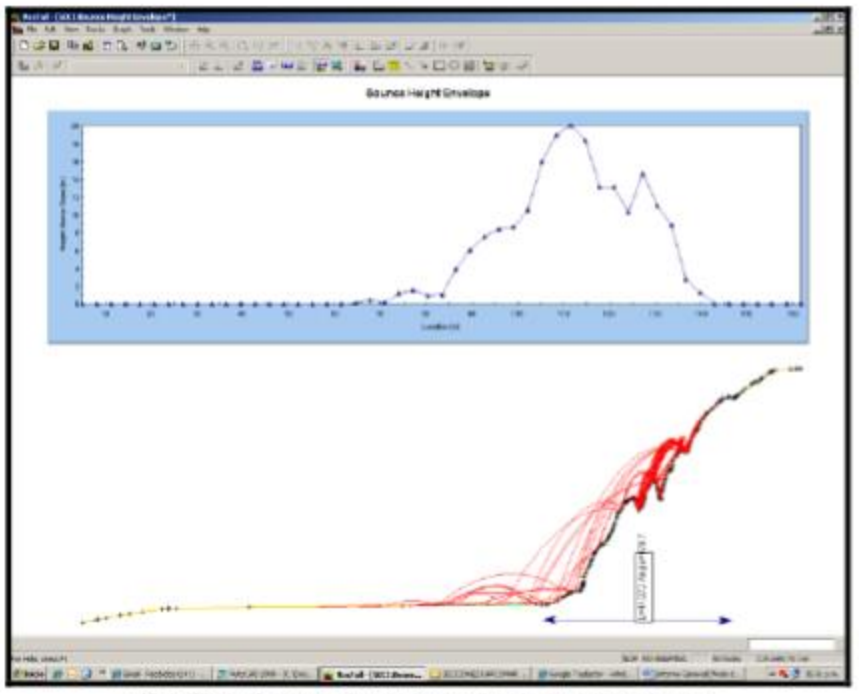


Grafico 4: Envolvente de la altura de rebote.

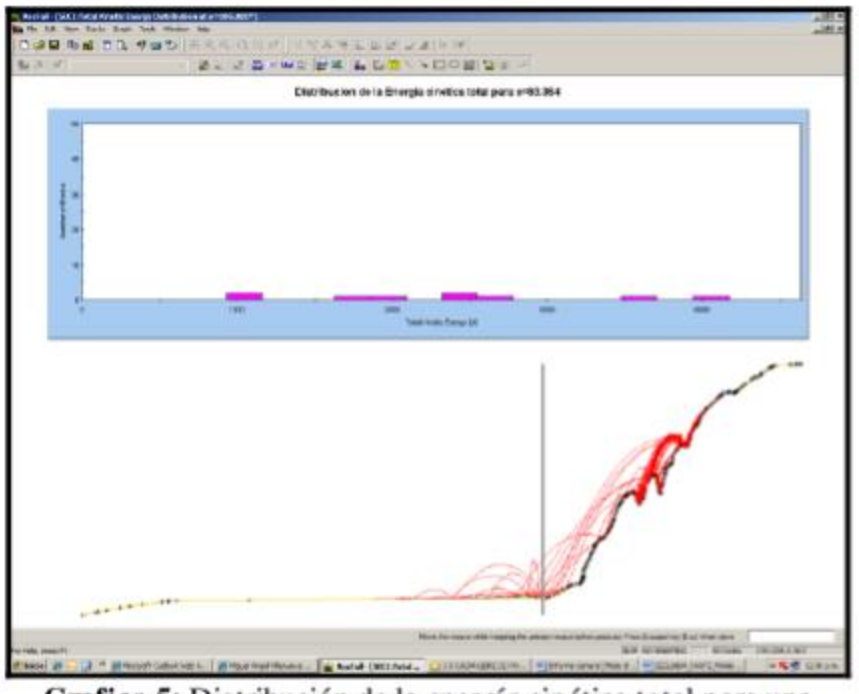


Grafico 5: Distribución de la energía cinética total para una distancia x.

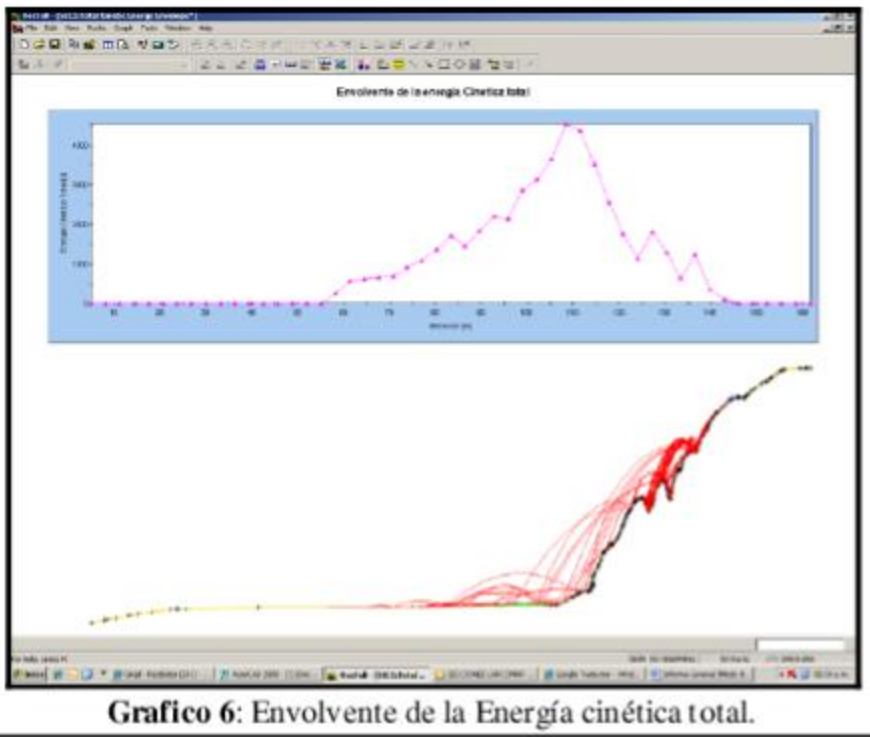


Grafico 6: Envolvente de la Energía cinética total.

Validación de Resultados del Programa Rockfall

Se realizó un análisis experimental en el Cerro de la Universidad Nacional de Ingeniería, una simulación de caídas de rocas, donde se obtuvo como resultado que existe un rango de +/- 10% de corrección al valor obtenido por el programa.

Mostramos algunas fotografías de la experimentación.

Foto 1. CerroArrastre – Universidad Nacional de Ingeniería.

Foto 2. Se enumeraron las gravas que ayudaron a la simulación, así como se midieron las dimensiones y también el peso de las mismas.

Conclusiones

1. En toda Obra Civil de carácter especial con respecto a seguridad del entorno externo e interno, debido a la posible caída de rocas, es necesario hacer un estudio de protecciones.

2. Algunas conclusiones sobre el programa utilizado.

- ✓ El alcance: Nos ayuda a conocer los límites que tiene la caída de una roca.
- ✓ Los diagramas que se presentan nos ayudan a nosotros a elegir la mejor ubicación del sistema de protección teniendo en cuenta la energía cinética que presentan.
- ✓ También se puede observar gracias a la envolvente, donde es la zona de mayor y menor rebote, de esta manera uno

elegirá la mejor opción en este caso la altura de los sistemas de protección conocidos en el mercado es de 3 m como máximo por lo general.

- ✓ El alcance y la altura de rebote nos ayuda a ubicar la zona donde colocar el sistema de protección y la energía total nos ayuda a dimensionar el sistema de protección.

Referencias

- Rock Engineering-Course Notes by Ebert Hoek, Cap 9. Manual de Rock Fall
- Estabilidad de taludes Capítulo sobre Soluciones Geotécnicas sobre taludes, Dr. Jorge Alva Hurtado.

Lima, Marzo 2009

Sistema de Monitoreo para Evaluar la Corrosión de Anclajes Permanentes

Marco Rubén Yalle Barrios[1].

Sinopsis: El sistema de monitoreo para evaluar la corrosión en anclajes es necesario en zonas con alto contenido de cloruros y sulfatos que destruyen el acero y concreto, respectivamente. Vetek System Corp. ha desarrollado un sistema para conocer el estado del anclaje ante la corrosión. El propósito de este artículo es presentar dicha metodología.

Palabras Clave: Electrodos; Corrosión.

Introducción

El método para la evaluación de la corrosión patentado por Vetek System Corp. es una opción para determinar el estado de un anclaje ante un ambiente corrosivo o que debido a circunstancias difíciles de predecir, comience el lento o a veces rápido proceso de corrosión.

Objetivo

Explicar la metodología que usada por Vetek Systems para determinar el estado de un anclaje ante la corrosión, mencionar las desventaja que se han encontrado en su uso y dar algunas recomendaciones.

Sistema de Electrodos para Evaluar la Corrosión de Anclajes Permanentes

Este sistema de electrodos puede monitorear la integridad del anclaje en cualquier momento: antes, durante y después de la instalación, mostrándonos el lugar, intensidad, inicio y término de la corrosión. Este sistema puede monitorear tanto anclajes de barra como anclajes de torones. Ver Figuras 1 y 2.

La ventaja de hacer este monitoreo con electrodos es que se pueden recibir alertas anticipadas de problemas de corrosión. Esta información puede ser medida con un voltímetro estándar o configurarse hacia un colector de datos para que lo realice automáticamente.

Estos electrodos son enrollados alrededor del acero del anclaje que es ubicado dentro del revestimiento anticorrosivo del anclaje y así, completar su protección.

[1] Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.
E-mail: myalle@barrick.com
Miembro del IIFIC-UNI. Página web: http://iific.blogspot.com; http://www.iific.com.pe .

La parte final superior del electrodo se extiende hasta la parte superior del anclaje (cabeza) para luego se conectada eléctricamente en una caja de prueba in-situ.

La presión de agua de la lechada del anclaje actúa como un electrolito entre el acero del anclaje y el electrodo, por lo tanto, es posible medir el potencial eléctrico entre el anclaje y el electrodo, y de esta manera conocer la condición del acero respecto a la corrosión. Si hay corrosión, la actividad electroquímica de la corrosión registrará en el electrodo un incremento de voltaje y corriente de salida. Esta corriente de salida estará en un rango de micro amperios, valor que es directamente proporcional a la razón de la pérdida de masa del acero debido a la corrosión, que también puede ser traducido a una razón de pérdida de la fuerza del acero. Ver Fig. 3.

A continuación se dan los rangos para determinar el comportamiento del acero del anclaje según su grado de corrosión.

Rango 1: Menor a 300mV dc

- El Anclaje está permanentemente protegido, no presenta actividad de corrosión.

Rango 2: Desde 300mV hasta 400mV dc

- La capa neutralizadora del acero está siendo dañada, la corrosión ha empezado.

Rango 3: 400mV dc y superior

- La corrosión está completamente activa en el acero del anclaje.

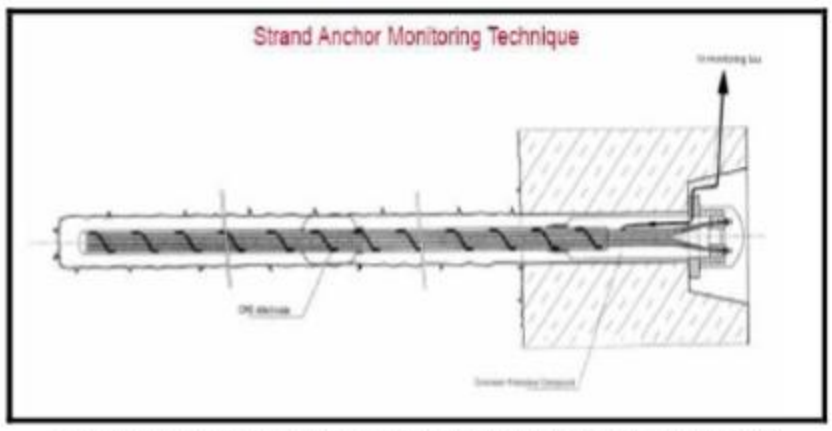


Fig. 1: Técnica de monitoreo para Anclajes con Torones

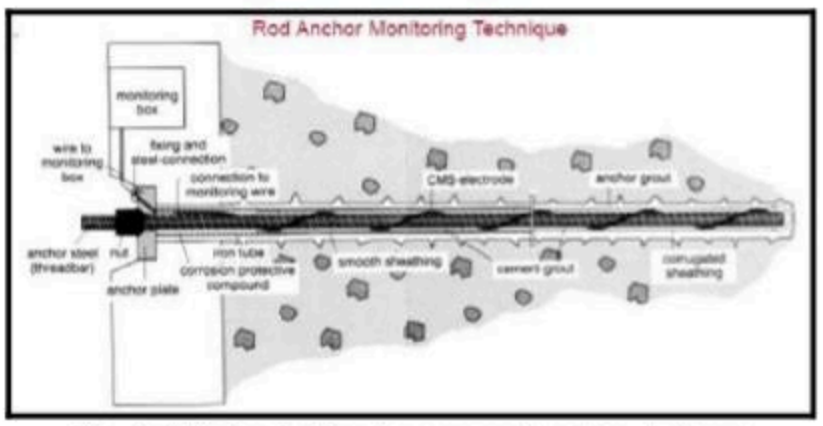


Fig. 2: Técnica de Monitoreo para Anclajes de Barra

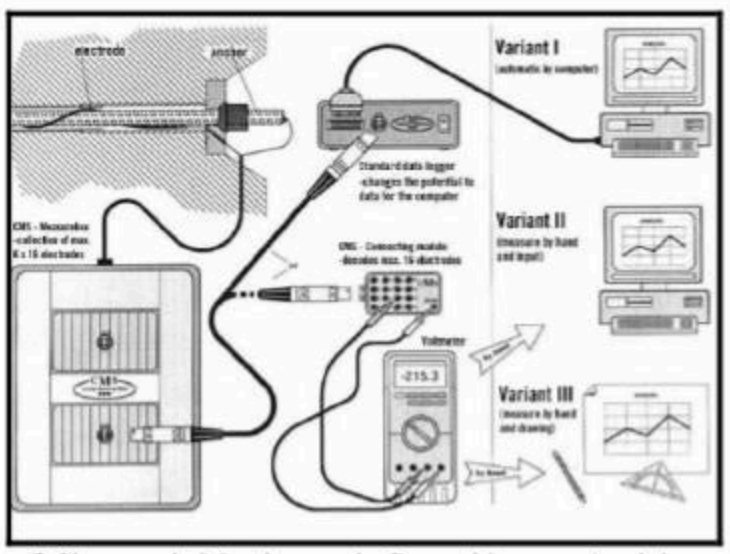


Fig. 3 Sistema de Monitoreo de Corrosión para Anclajes.

Desventajas

Se ha consultado con empresas ofrecen productos para hacer un monitoreo automatizado y nos dijeron que por su baja lectura en voltios (mV dc), no podría ser adaptado a registradores de data convencionales (dataloggers) para una lectura automatizada.

No indica en qué lugar del anclaje está produciéndose la corrosión.

Observaciones y Recomendaciones

Se menciona que si hay corrosión dentro del anclaje se podría traducir como pérdida de fuerza en la tensión del anclaje. Esto tendría que comprobarse in-situ, colocando electrodos y a la vez celdas de carga para saber la correlación entre uno y otro método.

Referencia

VETEK System Corporation; Corrosion Monitoring System Brochure; Austria, 2001
http://www.veteksystems.com

Lima, Marzo 2008.

Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Lima, Perú Universidad Nacional de Ingeniería
Apartado Postal 1301 Lima 100 – Perú Telefax (511) 481-9845
Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 424
contacto@uni.edu.pe.