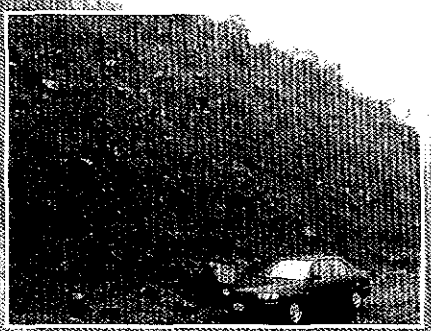
社会開発調査部報告書

No. 32

AGENCIA DE COOPERACIÓN
INTERNACIONAL DEL JAPÓN (JICA)

MINISTERIO DE TRANSPORTE
E INFRAESTRUCTURA
REPÚBLICA DE NICARAGUA

ESTUDIO DE REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN LAS CARRETERAS PRINCIPALES DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA



INFORME FINAL

Volumen 5 de 5 (3/4)

MANUAL DE DISEÑO/EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Enero de 2003

JICA LIBRARY
1172085[1]

Oriental Consultants Company Limited
ORICONSUL
Japan Engineering Consultants Company Limited

SSF
JR
03-13

AGENCIA DE COOPERACIÓN
INTERNACIONAL DEL JAPÓN (JICA)

MINISTERIO DE TRANSPORTE
E INFRAESTRUCTURA
REPÚBLICA DE NICARAGUA

ESTUDIO DE REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN LAS CARRETERAS PRINCIPALES DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA

INFORME FINAL

Volumen 5 de 5 (3/4)

MANUAL DE DISEÑO/EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Enero de 2003

Oriental Consultants Company Limited
Japan Engineering Consultants Company Limited

1172085[1]

INFORME FINAL

Volumen 5 de 5: MANUAL DE DISEÑO / EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

TABLA DE CONTENIDOS

Capítulo 1 Introducción

1.1 Generalidades ---------- 1-1

1.2 Glosario de Términos ---------- 1-2

1.3 Leyes Relacionadas ---------- 1-5

Capítulo 2 Diseño Estandard

2.1 Generalidades ---------- 2-1

2.2 Estándar / del Diseño para las Contramedidas de Prevención de Desastres Viales ---------- 2-2

2.3 Control de Calidad de Materiales ---------- 2-45

Capítulo 3 Estándard de Control de Calidad

3.1 Generalidades ---------- 3-1

3.2 Métodos de Ejecución de Obras de Medidas de Prevención de Desastres en Carreteras ---------- 3-1

Capítulo 4 Método de Obtención de Materiales

4.1 Generalidades ---------- 4-1

4.2 Condiciones de Obtención de Materiales ---------- 4-1

4.3 Criterios para la Estimación de Costos ---------- 4-1

Apéndices

Apéndice 1 Relación del Diámetro y la Cant. de Precipitación, Cant. de Rodantes -- A1

Apéndice 2 Ingreso de Datos para Muros de Prevención de Concreto ---------- A2

Apéndice 3 Planos Estándards ---------- A3

LISTA DE TABLAS

Capítulo 2 Diseño Estandard

Tabla 2.2.1 Significado de Meteorización ---------- 2-2
Tabla 2.2.2 Lecho de Roca con Factores de Colapso ---------- 2-3
Tabla 2.2.3 Características de Rocas ---------- 2-4
Tabla 2.2.4 Clasificación del Grado de Meteorización de Acuerdo con la Dureza de Masa de Roca ---------- 2-5
Tabla 2.2.5 Concepto para la Clasificación de Rocas ---------- 2-6
Tabla 2.2.6 Ordenación de los Resultados del Ensayo de Laboratorio (Muestra) -- 2-7
Tabla 2.2.7 Estrato de Soltura Superficial obtenido desde Valor-N N < 5 ~ 9 ----- 2-9
Tabla 2.2.8 Clasificación de Rocas por medio de la Observación de la Superficie del Talud ---------- 2-10
Tabla 2.2.9 El Coeficiente de Seguridad Actual ---------- 2-14
Tabla 2.2.10 Profundidad y Fuerza de Cohesión del Plano de Deslizamiento --------- 2-14
Table 2.2.11 Tabla del Cálculo de Análisis de Estabilidad de la Figura 2.2.5 --------- 2-16
Table 2.2.12 Coeficiente de Estabilidad de CHEN ---------- 2-17
Table 2.2.13 Densidad de Probabilidad de Varios Coeficientes ---------- 2-21
Tabla2.2.14 Número Fijo para la Simulación ---------- 2-22
Tabla 2.2.15 Relación entre el Peso del Bloque y la Velocidad del Flujo de Agua ---- 2-44

Capítulo 3 Estándard de Control de Calidad

Tabla 3.2.1 Taladro de Banco ---------- 3-4
Tabla 3.2.2 Obras de Vegetación Aplicable por Tipo de Suelo ---------- 3-8

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 Diseño Estandard

Figura 2.2.1 Posición Relativa entre la Zona Meteorizada y el Talud de Corte ------- 2-5
Figura 2.2.2 Agrupación de Rocas ---------- 2-8
Figura 2.2.3 Análisis para la Gradiente del Talud del Área de Soltura en la Zona de Meteorización (ejemplo) ---------- 2-12
Figura 2.2.4 Modelo del Deslizamiento Circular ---------- 2-13
Figura 2.2.5 Análisis de Estabilidad ---------- 2-15
Figura 2.2.6 Talud de Deslizamiento de Chen ---------- 2-16
Figura. 2.2.7 Mecanismo del Movimiento de Roca que Gira ---------- 2-18
Figura.2.2.8 Movimiento de Salto y Colisión ---------- 2-20
Figura 2.2.9 Recomendación De La Gradadiente Para Talud ---------- 2-24
Figure 2.2.10 Diseño de Malla de Prevención ---------- 2-25
Figura 2.2.11 Curva de Desplazamiento y Carga ---------- 2-28
Figura 2.2.13 Área de Socavación ---------- 2-38
Figura 2.2.14 Suposición de la Profundidad de Socavación (ho/D= 0.5-0.7) ---------- 2-39
Figura 2.2.15 Suposición de la Profundidad de Socavación (ho/D= 0.75-1.25) ------- 2-40
Figura 2.2.16 Suposición de la Profundidad de Socavación (ho/D=1.75～2.25) --- 2-41
Figura 2.2.17 Suposición de la Profundidad de Socavación (ho/D=1.75～2.25) --- 2-42
Figura 2.2.18 Relación entre el Tamaño Promedio de Grano y Ángulo de Reposo ---- 2-43
Figura 2.2.19 Relación entre el Tamaño de Escombros y la Velocidad del Flujo de Agua ---------- 2-44

Capítulo 3 Estándard de Control de Calidad

Figura 3.2.1 Remoción de Rocas Flojas Utilizando la Fuerza Laboral ---------- 3-1
Figura 3.2.2 Remoción de Rocas Flojas Usando Retroexcavadora ---------- 3-2
Figura 3.2.3 Armazones de Apoyo ---------- 3-3
Figura 3.2.4 Recorte de Escombros de Deslizamiento ---------- 3-3
Figura 3.2.5 Recorte en un Talud de Roca Inestable ---------- 3-4
Figura 3.2.6 Compactación de Talud con Pisón o Compactadora Manual ---------- 3-5
Figura 3.2.7 Protección del Material de Relleno con Mampostería de Rocas --------- 3-5
Figura 3.2.8 Compactación con Rodillo Vibratorio y Bulldozer ---------- 3-6
Figura 3.2.9 Berma con Estrato de Drenaje para el Relleno de Talud Terraplenado-- 3-7
Figura 3.2.10 Bloque de Revestimiento de Césped ---------- 3-9
Figura 3.2.11 Revestimiento de Césped en Bandas ---------- 3-10
Figura 3.2.12 Obras de Semillas Embolsadas ---------- 3-11
Figura 3.2.13 Obras de Colocación de Plantones en Orificios Cavados ---------- 3-11

Figura 3.2.14 Rociado de Semillas ---------- 3-12
Figura 3.2.15 Hydroseeding o Sembrado por Flujo de Agua ---------- 3-13
Figura 3.2.16 Zanja en la Cumbre ---------- 3-14
Figura 3.2.17 Zanja en la Berma ---------- 3-14
Figura 3.2.18 Gradiente en una Berma donde el Talud es de Roca Dura ---------- 3-15
Figura 3.2.19 Zanja al Pie ---------- 3-15
Figura 3.2.20 Zanja Vertical ---------- 3-16
Figura 3.2.21 Sistema de Drenaje Superficial ---------- 3-16
Figura 3.2.22 Ángulo de Perforación ---------- 3-17
Figura 3.2.23 Máquina Taladradora ---------- 3-18
Figura 3.2.24 Perforación Profunda desde una Superficie de Deslizamiento ---------- 3-18
Figura 3.2.25 Tubos de PVC Perforados ---------- 3-19
Figura 3.2.26 Muestra de Armazón de Apoyo de Hormigón Premoldeado ---------- 3-20
Figura 3.2.27 Ejemplos de Obra dentro del Armazón de Apoyo ---------- 3-21
Figura 3.2.28 Armazón de Apoyo de Concreto Fundido en el Sitio ---------- 3-22
Figura 3.2.29 Armazón de Apoyo de Concreto Pulverizado ---------- 3-23
Figura 3.2.30 Junta de Expansión Vertical ---------- 3-24
Figura 3.2.31 Método de Torcretado Parcial ---------- 3-25
Figura 3.2.32 Método de Torcretado Completo ---------- 3-25
Figura 3.2.33 Redes de Prevención ---------- 3-26
Figura 3.2.34 Valla de Malla de Alambre ---------- 3-27
Figura 3.2.35 Barrera de Muro de Concreto ---------- 3-28

Capítulo 4 Método de Obtención de Materiales

Figura 4.3.1 Sistema de Estimación de Costos Estimation System ---------- 4-1

Lista de Abreviaturas

(En orden alfabético)

AASHTO	:	Asociación Americana de Autopistas del Estado y Transportes Oficiales
APJ	:	Análisis de Proceso Jerárquico
ASTM		Sociedad Americana para la Prueba de Materiales
B/C	:	Relación de Beneficio /Costo
BH		Perforación
BHN	:	Necesidades Básicas Humanas
BID		Banco Interamericano de Desarrollo
DID		Distrito de Alta Densidad de Habitantes
EAI	:	Examinación Ambiental Inicial
EIA	:	Evaluación del Impacto Ambiental
GRN	:	Gobierno de la República de Nicaragua
ID		Identificación
IDF	:	Intensidad, Duración y Frecuencia de la Lluvia
INETER	:	Instituto Nacional de Estudios Territoriales
JICA		Agencia de Cooperación Internacional del Japón
MARENA	:	Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente
MTI	:	Ministerio de Transportes e Infraestructura
OD	:	Origen Destino
pcu	:	Vehículo motor de pasajeros
PIB	:	Producto Interno Bruto
PIR	:	Porcentaje Interno de Retorno
PRSP	:	Documento de Estrategia de Lucha contra la Pobreza
QV	:	Capacidad de Volumen
ROW	:	Derecho de vía
STRADA		Sistema de Análisis de Demanda de Tráfico
TPDA	:	Tráfico Promedio Diario Anual
VAT		Impuesto al Valor Agregado
VOC	:	Cost de Operación de un Vehículo
WB		Banco Mundial
	:	

En el estudio se han aplicado los siguientes tipos de cambio en moneda extranjera :
1 Dólar Americano = 14.40 Córdobas = 125.00 Yenes Japoneses (Octubre 2002), o
1 Córdoba = 8.68 Yenes Japoneses

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Este manual ha sido preparado para el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), que administrará el programa de prevención de desastres en carreteras de Nicaragua, tanto en las principales carreteras como en los caminos rurales, con la asistencia de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA). La Dirección de Mantenimiento Vial de la Dirección General de Caminos del MTI (DGC) tiene la responsabilidad administrativa de las obras de mantenimiento de todas las carreteras que controla el MTI. Por lo tanto, todas las carreteras que estén bajo la autoridad de la DGC deberán ser objeto de mantenimiento de acuerdo a lo que establece este manual, a fin de que se logre realizar obras confiables de mantenimiento.

Las obras de mantenimiento para la prevención de desastres viales son uno de los factores fundamentales para aumentar el desempeño socioeconómico de una nación. Por lo tanto, la actividad económica de la población en general y la seguridad de los usuarios de las carreteras depende de los resultados del mantenimiento de carreteras previsto. Es importante que no se ceje en los esfuerzos para asegurar un transporte estable de personas y productos. La DGC, los ingenieros, inspectores, técnicos y miembros del personal de mantenimiento deberán realizar las obras de mantenimiento de carreteras sobre la base de políticas y métodos consistentes.

La serie de este manual de prevención de desastres viales se compone de cinco partes, a saber:

Parte I	:	Manual de inspección
Parte II	:	Manual de planificación
Parte III	:	Manual de diseño/ejecución de obras
Parte IV	:	Manual de mantenimiento

Este documento es la Parte III, el Manual de diseño/ejecución de obras

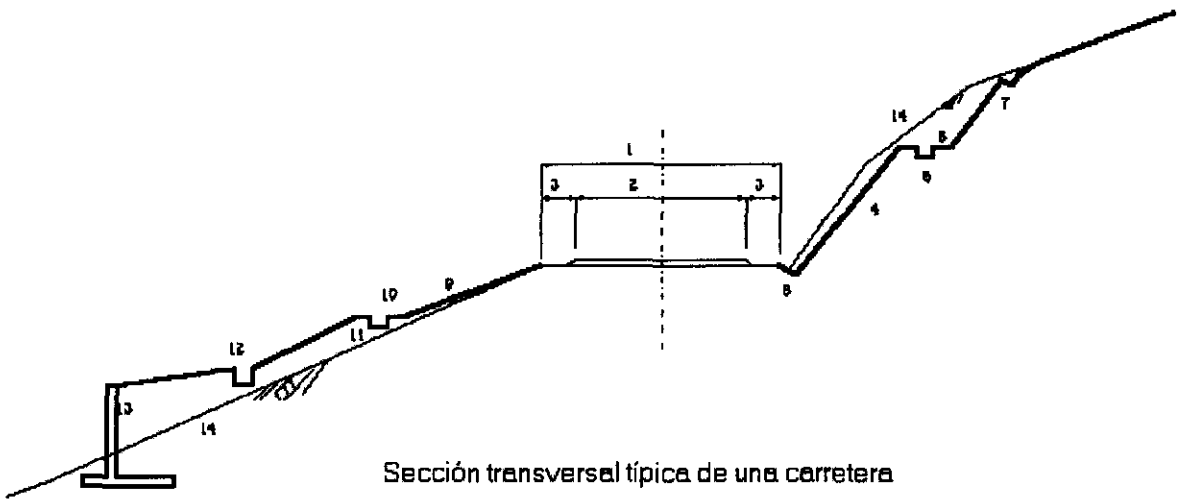
Este manual se ha preparado tomando en cuenta las condiciones naturales, las geometrías viales y las condiciones ambientales. Ingenieros, inspectores, técnicos y personal de mantenimiento deberán dedicarse a realizar el mantenimiento.

1.2 Glosario de términos

Este capítulo contiene un glosario de los términos que se emplean en este manual.

1.2.1. Sección transversal

La sección transversal típica de una carretera es como la de la figura que sigue. Casi todas las pendientes cortadas, terraplenes y cauces, etcétera, no son salvaguarda suficiente contra un fallo. Por lo tanto, este manual contiene propuestas, que se muestran en la figura siguiente a manera de líneas en negrilla.



Sección transversal típica de una carretera

Clave:

1.	Vía	8.	Drenaje lateral
2.	Calzada	9.	Pendiente del terraplén
3.	Hombro	10.	Cuneta
4.	Talud de corte	11.	Contracuneta
5.	Cuneta	12.	Contracuneta
6.	Contracuneta	13.	Estructura
7.	Acequia de ladera	14.	Pendiente actual

1.2.2 Glosario de términos

El principal glosario de términos es el siguiente:

PJA (AHP) Este es uno de los métodos de evaluación para selecionar los puntos de desastre de mayor prioridad. AHP es la abreviación de Analytic Hierarchy Process o Proceso Jerárquico Analítico.

Area de Captación Es el área desde donde las aguas corren por gravedad hasta un punto de colección.

Acueducto Es un ducto, generalmente rectangular o circular para conducir el agua superficial bajo las carreteras.

Gavión Es una estructura enrejada de acero llena de canto o rocas partidas. Es utilizado principalmente para terraplenes de protección, faldones, y protección contra caída de rocas.

Punto Crítico de Desastre Los puntos críticos de desastre pueden ser definidos en consideración a los siguientes puntos potenciales de desastre:
- Escala de Desastre/ Registros en el área de los puntos,
- Puntos necesarios tomar medidas de emergencia,
- Puntos críticos para terceras personas,
- Datos topográficos por estudios topográficos preliminares, y
- Bosquejo de la condición del lugar.

Punto Potencial de Desastre Los puntos potenciales de desastre son definidos cuando son:
- Canto rodado en la superficie de un talud,
- muchas rajaduras en la superficie de una roca,
- pequeñas rocas caídas, y
- registros de desastres históricos con respecto a caida de rocas, derrumbe de rocas, deslizamiento de talud, escurrimiento de tierra de los cimientos de un puente.

Punto de Prevención de Desastre En donde han sido propuestas las medidas contra desastres, se tendrá como referencia lo siguiente:
- Nivel de estabilidad del punto dañado,
- Volumen de tráfico de la carretera objetivo,
- Evaluación del ambiente,
- Condición natural,
- Beneficios/ Costo bruto estimado,
- Nivel de restauración del punto dañado, y
– Situación de desarrollo.

Medidas de Emergencia

- Significa que el punto con daños serios y peligrosos deben ser mejorados inmediatamente.
- El tiempo de vigencia de una medida será de medio año aproximadamente hasta la siguiente temporada de lluvias.
- Es necesario decidir sobre la ejecución de las medidas temporales o permanentes durante el tiempo de vigencia de las medidas de emergencia.

Inspección de Emergencia

<Época del Año>: La Inspección de Emergencia debe ser llevada a cabo justo antes de un huracán o fuertes lluvias pronosticados.

<Puntos> : Deberá inspeccionarse cuidadosamente los lugares con taludes dañados con anterioridad, lugares con agua de filtración en los taludes y lugares con severos deslizamientos de tierra en los cimientos de un puente, y deberá ser anotado por el Inspector en las hojas de *reconocimiento*.

<Frecuencia> : Justo antes de un huracán o fuertes lluvias.

Inspector

Inspector es un miembro del Equipo de Inspección. El equipo está compuesto por un Ingeniero y dos asistentes.

Inspección Periódica

<Época del Año>: La Inspección Periódica debe llevarse a cabo antes de la época de lluvias (generalmente por septiembre) o después de producirse un sismo.

<Puntos> : Se deberá inspeccionar por lo menos los lugares *potenciales de desastre donde hay* taludes enteros, y en los alrededores de los puentes que potencialmente puedan sufrir desastres, y será anotado por el Inspector en las hojas de reconocimiento.

<Frecuencia> : Una vez al año

Medidas permanentes

- El tiempo de vigencia de las medidas deberá ser de veinte (20) años como mínimo durante los trabajos de mantenimiento.
- Se deberá asegurar siempre un presupuesto adecuado para la ejecución de las medidas permanentes.

Inspección de Rutina

<Época del Año>: La Inspección Periódica debe llevarse a cabo como la inspección general a través de todo el año.

<Puntos> : Se deberá inspeccionar los taludes enteros y los puentes en las carreteras principales y será anotado en las hojas de reconocimiento si hay algunas anormalidades.

<Frecuencia> : Una vez a la semana.

Tamizado	Los objetivos del tamizado son los siguientes: - Inspección objetiva de lugares vulnerables, - Detección temprana de lugares vulnerables, y - Prensión característica de los lugares vulnerables.
Medidas Temporales	El tiempo de vigencia de las medidas deberán ser de por lo menos diez (10) años que duren los trabajos de mantenimiento.

1.3 Leyes Relacionadas

Cada regulación para los trabajos de construcción en los sitios críticos de desastres son descritos en esta sección. Hay dos regulaciones para los trabajos de construcción y para la transportación de sus materiales y maquinaria.

1.3.1 Ley 337

El Comité Nacional ha manejado el Sistema Nacional para la prevención, mitigación de desastres en Nicaragua. El siguiente contenido se ha extraído de la Ley creadora del Sistema Nacional.

Capitulo 1: Disposiciones Generales

Arto. 3. Definiciones Básicas

Numeral 7. Desastres

En toda situación que causa alteraciones intensa en los componentes sociales, físicos, ecológicos, económicos y culturales de una sociedad, poniendo en inminente peligro de la vida humana y los bienes ciudadanos y de la nación, sobre pasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias; pueden ser de origen natural o provocado por el hombre.

Numeral 8. Desastres Naturales

En estos daños causado por cualquier fenómeno natural, sea este huracán, tornado, tormenta, pleamar, inundación, maremoto o tsunami, terremoto o erupciones volcánicas, deslizamiento de tierra, incendio forestal, epizootia plagas agrícolas, sequías entre otros; y en los resultados afecta a la población, a la infraestructura y a los sectores productivos de las diferentes actividades económicas, con tal seriedad y magnitud que supere la capacidad de respuestas local y que requiere el auxilio regional, a solitud de una o varias de las partes afectadas, para complementar los efuerzos los recursos disponibles en ellas, a fin de mitigar los daños y las perdidas,

Numeral 12. Prevención de Desastres

Se le denomina al conjunto de actividades y medidas de carácter técnico y legal que deben de realizarse durante el proceso de planificación de desarrollo socio – económico, con el fin de evitar perdidas de vidas humanas y daños a la economía como consecuencia de los desastres naturales.

Artículo 7 Funciones del Sistema Nacional

Parte 1.

Diseñar, ratificar y ejecutar el plan de prevención de desastres.

Parte 10

Establecer acuerdos de cooperación científica-técnica con países que tengan más experiencia al respecto.

Capítulo II

Formar el Comité Nacional del Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Atención de Desastres.

Artículo 9. Comité Nacional del Sistema Nacional

El Comité Nacional del Sistema Nacional, en adelante "Comité Nacional", es la instancia reguladora que puede establecer las políticas, planificación, dirección y coordinación del sistema en todas sus actividades.

Artículo 10. Integración del Comité Nacional

El Comité Nacional adjunto a los ministros de Estado o a sus representantes, será presidido por el Presidente o el Vicepresidente de la República. El Comité Nacional tiene un carácter permanente.

Las sesiones del Comité Nacional tendrán que ser en tiempo corrido al menos dos veces en el año y se regularán a sí mismas con las Reglas que se establecen en la presente ley. El Comité quedará formado como sigue:

1. El Presidente de la República, o su representante
2. El ministro de Defensa, acompañado del Jefe del Ejército Nacional
3. El ministro de Gobernación, acompañado del Jefe de la Policía Nacional
4. El ministro de la Presidencia
5. El ministro de Hacienda y Crédito Público
6. El ministro de Fomento, Industria y Comercio
7. El ministro de Salud
8. El ministro de Transporte e Infraestructura
9. El ministro del Ambiente y los Recursos Naturales
10. El ministro de la Familia
11. El ministro de Educación, Cultura y Deportes
12. El director del Instituto de Estudios Territoriales

Artículo 11. Funciones del Comité

Para la presente ley y su reglamento, son función del Comité Nacional los siguientes aspectos:

1. Definir de las políticas del Sistema Nacional
2. Aprobar el Plan Nacional del Sistema Nacional
3. Proponer al Presidente de la República la declaración de las situaciones de desastre.
4. Aprobar el propósito anual del Fondo Nacional de Desastres.

Proponer la adopción de las medidas e instrumentos necesarios para hacer útiles los objetivos del Sistema Nacional, tales como orden territorial, educación y demás.

5. La creación de los procedimientos sobre los instrumentos para el control y la distribución de la ayuda internacional.
6. Aprobar las propuestas de normas y reglamentos de orden territorial para la prevención de desastres.
7. Convocar, como asesores, a organismos gubernamentales y no gubernamentales.
8. Aprobar los elementos y contenidos de estudio que tengan que incluirse en los programas educativos del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, así como las demás instituciones de educación y educación superior, en cuanto a la prevención, mitigación y atención de desastres.

En el Ministerio de Transporte e Infraestructura existe una unidad técnica conjunta para el manejo de desastres que depende directamente de la dirección superior del MTI, y en los casos en que ocurran desastres será atendida por el Director General de Normas de Construcción y Desarrollo Urbano.

1.3.2 NIC 2000

Subdivisión 100

Sección 105. Alcance de las obras

1. Generalidades

105.07 Disposiciones de control de tránsito

El contratista no podrá, por ninguna razón, cerrar al tránsito las vías públicas, tramos o puentes sin una aprobación previa por escrito del ingeniero. Tampoco podrá iniciar obras de construcción que por alguna razón dejen a la vía pública en condiciones inadecuadas para el flujo de tránsito, sin una construcción temporal previa que apruebe el ingeniero en base a la comodidad y aspectos de seguridad.

A menos que se disponga algo diferente en los planos, deberán instalarse señales preventivas lejos de los límites del proyecto, al menos a 150 metros de cada lado, y al menos a 150 metros de otro sitio de proyecto en que las obras de construcción interfieran con el tránsito público que utilice la vía.

Durante la noche en los lugares donde fuere necesario deberán utilizarse faros intermitentes o linterna eléctricas e instrumentos reflectores, así como cualquier otra señal luminosa que se aprobare.

Donde sea necesario y el ingeniero así lo indique, deberán colocarse banderilleros, carros de pilotos o automóviles guías con el propósito de guiar y ordenar el tránsito y la circulación de peatones. Los trabajadores deberán usar uniformes o chaquetas especiales y banderas o signos de mano de manera que los conductores puedan verlos fácilmente durante el día o la noche.

Cuando las obras se realicen en áreas adyacentes a carriles de áreas abiertas al tráfico, las orillas de los carriles o del pavimento deberán definirse mediante marcadores que se coloquen en toda la longitud, y paralelos al borde.

105.06 Mantenimiento del tránsito

1. Construcción de las carreteras en bandas

Especialmente en los casos de pavimentación o re-pavimentación, si el ingeniero lo aprueba el contratista podrá proceder a trabajar en bandas, dejando libre un espacio con suficiente anchura para el paso seguro y cómodo del tránsito, y controlando mediante un banderillero o automóvil guía en ambas rutas opuestas de la circulación del tránsito.

Reglamento del control de carga y las dimensiones de los vehículos cargueros que transiten en la red vial de Nicaragua (MTI) Marzo de 2002.

Artículo 9. Se establece que la carga que se transporte debe respetar los siguientes aspectos:

1. Ninguna carga puede sobresalir más de 1.0 metros de la parte posterior de un vehículo.
2. Ningún vehículo, cargado o descargado, podrá exceder las siguientes dimensiones:

Anchura:	2.60 m.		
Altura :	4.15 m. (midiendo desde la superficie de rodamiento)		
Longitud:	a) 2 ejes		11.0 m.
	b) 3 ejes	:	12.0 m.
	c) Medio remolque	:	17.35 m.
	d) Otras combinaciones	:	18.3 m.

Artículo 19

Cuando por cualquier razón de interés general tengan que transportarse ocasionalmente maquinarias pesadas u otros objetos en vehículos de carga a los que se permita usar la red vial, cuya carga y dimensiones excedieren las que se indican en el Apéndice y están estipuladas en este reglamento, la Dirección General de Vialidad otorgará un permiso especial a solicitud del propietario de la carga especial, con una anticipación de al menos tres días del transporte de la carga, con urgencia limitada a ese viaje particular.

Artículo 20

En cada permiso especial se especificará el tipo de carga, la ruta que se va a seguir y el momento apropiado, la velocidad de circulación en las vías y especialmente en los puentes,

el acompañamiento de escuadra con radio y otras medidas de protección de la red vial y de la seguridad de los otros usuarios.

Artículo 42

Los vehículos motorizados, o sus combinaciones, deberán tener llantas neumáticas o dispositivos con suficiente superficie elástica. Queda prohibido usar objetos metálicos que sobresalgan de la superficie de rodamiento de la rueda. La presión de las ruedas en ningún caso podrá exceder la carga de 8.4 Kg/cm^2. Queda prohibido circular con cadenas o bandas metálicas.

1.3.3 Ley de vehículos y tránsito

Artículo 61

Queda terminantemente prohibido cargar vehículos con objetos que sobresalgan de sus límites extremos por los lados del mismo y cada vez que sobresalgan por su extremo posterior deben ir provistos de una bandera roja, si es de día, y de una luz roja si es de noche.

Nota: Esta ley fue aprobada el 10 de mayo de 1938.

CAPÍTULO 2 DISEÑO ESTANDARD

2.1 Generalidades

El manual de diseño está compuesto por el método de diseño de contramedidas, las cuales son seleccionadas por el "Manual de Planificación para Prevención de Desastres en las Carreteras" y por la descripción del control de calidad de los materiales.

En primer lugar, en las contramedidas de los taludes se describen los métodos para calcular la estabilidad antes del plan.

A continuación, se describe el diseño de contramedidas de la caída de rocas. Además, se describe la inclinación estable en el corte de un talud.

Al final se describe el diseño de las contramedidas de prevención de erosiones en los cimientos de puentes.

Además, en lo relacionado a la calidad, se describe la calidad de materiales como parte de las contramedidas.

2.2 Estándar / del Diseño para las Contramedidas de Prevención de Desastres Viales

2.2.1. Estabilidad de la Masa de Roca

1) Concepto de Talud Meteorizado de Corte y su Clasificación

En general, el suelo y la roca se exponen de nuevo, por medio del corte se producirá la soltura a través de la relajación de tensión, o se disminuirá la resistencia debido al paso del tiempo. Por lo tanto, la estabilidad del talud de corte varía complicadamente relacionandose con la calidad de roca, suelo, condiciones de sedimentación y meteorización. Así que en el estudio y diseño de la obra del corte y de la estabilización para el corte de talud y la pendiente es necesario evaluar macroscopicamente desde el punto de vista geológico y topográfico en el área amplia. Por ejemplo, es indispensable llevar a cabo el estudio sobre el cambio del talud existente y la pendiente en donde se observan el potencial del deslizamiento de tierra, el colapso y la caída de roca de gran dimensión. Sobre todo, las aguas tienen mucha influencia en la estabilidad del talud de corte y la pendiente de modo que hace falta el tratamiento parcial de aguas superficiales y de manantial. Y las características del clima regionales deben ser utilizadas eficazmente.

La meteorización se extiende durante los largos años geológicos, y en caso del corte, el problema es el decrecimiento de la resistencia debido a la hinchazón a través de la relajación de la tensión. Se considera ésto como (1) hinchazón primaria. Al contrario, la repetición de la humedad y el seco de un largo plazo se considera como (2) la meteorización secundaria. Éstos (1) y (2) se consideran como los factores relacionados con la estabilidad en principio.

Tabla 2.2.1 Significado de Meteorización

Significado de meteorización	
Terminología	**Explicación**
Meteorización primaria (Meteorización geológica)	Las condiciones en que la resistencia se reduce gradualmente por la meteorización, física y químicamente, es debido a la fuerza natural externa en los largos años.
Soltura	Disminución de la resistencia por la hinchazón, la deformación elástica y plástica a través de relajación de la tensión en el momento del corte.
Meteorización secundaria (Deterioramiento)	Los fenómenos que la resistencia disminuye rápidamente por la fuerza externa (repetición del húmedo y el seco y lixiviación de aguas superficiales) en el sitio donde se hace la superficie del talud nuevamente a través del corte.

Especialmente, la masa de roca que se afecta fácilmente por los factores (1) y (2) arriba mencionados se llama roca blanda y la que no es tan afectada se clasifica como roca dura. Es indispensable comprender las características de rocas blandas de la zona del talud de corte y pendiente para estudiar la estabilidad del talud de corte y la pendiente.
La masa de roca con factores de colapso es como sigue:

Tabla 2.2.2 Lecho de Roca con Factores de Colapso

Factores de Colapso	Tipo del Masa de Roca
Calidad débil de roca para el colapso por agua	Arena volcánica, arena de la terraza, arena granítica
Suelo y arena de baja consolidación o rocas muy meteorizadas	Arena de cenizas volcánicas, materiales piroclásticos, suelo coluvial y granito muy meteorizado
Rocas de rápida meteorización	Esquisto de barro, toba, lulita, serpentina, esquisto
Rocas con muchas grietas	Esquisto, lulita, serpentina, granito, andesita, horsteno, etc.
Rocas sujetas a colapsar a través del estrato de la dirección deslizable	Esquisto, pizarra, etc.
Estrato débil estructuralmente	Zona de falla fracturada, sitio de deslizamiento de tierra, terreno formado por deslizamiento

En la tabla arriba, las rocas metamórficas como esquisto, pizarra y horsteno etcétera se distribuyen formando un cinturón desde Las Manos de NIC-15 hasta noreste-suroeste, y es conocido como esquisto negro o esquisto cristalino. El esquisto de barro y andesita son las rocas sedimentarias terciarias que se distribuyen desde el este a sureste de la cordillera central. La toba y andesita son las rocas volcánicas que se distribuyen a lo largo de NIC - 1, NIC - 3, NIC - 26, y NIC - 24. Es difícil de distinguir el nombre de rocas pero los diseñadores del talud deben poder distinguirlas, por lo menos, la diferencia entre roca metamórfica, granito, roca sedimentaria o roca volcánica. Para esto, el mapa geológico será útil.

Tabla 2.2.3 Características de rocas

Nombre de roca	Explicación
Roca sedimentaria	Las rocas sedimentarias como esquisto de barro y arenisca son las tierras clásticas sedimentadas y solidificadas principalmente en el agua y se clasifican como conglomerado, arenisca y esquisto de barro de acuerdo a su tamaño. En general, las rocas sedimentarias originalmente tienen el estrato viejo en su parte inferior y las grietas están desarrolladas en muchos casos a lo largo del estrato o en paralelo con la junta de capas. Si esta junta está inclinada pronunciadamente y está convertida en arcilla, se podrá producir el deslizamiento por el corte de talud.
Roca volcánica	Las rocas volcánicas se formaron por enfriamiento y solidificación del magma de alta temperatura. Existen varias especies de rocas de acuerdo a la manera del enfriamiento y la diferencia de la composición química. Las rocas enfriadas gradualmente en la corteza terrestre profunda son llamadas rocas plutónicas y se clasifican riolita, andesita, y basalto en el orden de contención de sílicio. En general, la roca volcánica es de la homogeneidad isótropa. Si embargo, la roca plutónica es una masa de cristal grande mientras la roca volcánica es de cristal pequeño o no visible.
Roca metamórfica	Las rocas metamórficas son de rocas volcánicas o sedimentarias alteradas por el calor y/o la presión. Los granitos con isotropía se llaman ganéis y la arenisca y pizarra con la dirección superior bajo presión se llaman esquisto cristalino. Hay varias clases de roca metamórfica de acuerdo a su composición mineral. El esquisto negro en la zona norte es también una clase de roca metamórfica.
Falla	La falla corresponde al plano de la falla de cizallamiento y causa la grieta respectiva en la frontera con tal plano. Por lo tanto, en muchos casos, las rocas del borde de la falla forman la zona de trituración con cierto ancho. En la zona de trituración, las rocas están aplastadas en trozos y en caso extremo se convierten en arcilla de falla. En general, la zona de trituración está suelta y el agua puede infiltrarse fácilmente así que se puede formar el canal de aguas freáticas en muchos casos. La penetración de agua desbasta las rocas aplastadas química y físicamente que podrían causar el decrecimiento de la resistencia y se colapsaría. En estas áreas, pequeños trozos de rocas caen constantemente; por lo tanto, la pendiente debe ser apacible en lo posible.

La siguiente figura muestra un ejemplo del cambio del estado de masa de roca que aparece en el talud dependiendo de la posición relativa del talud y la zona de metorización:

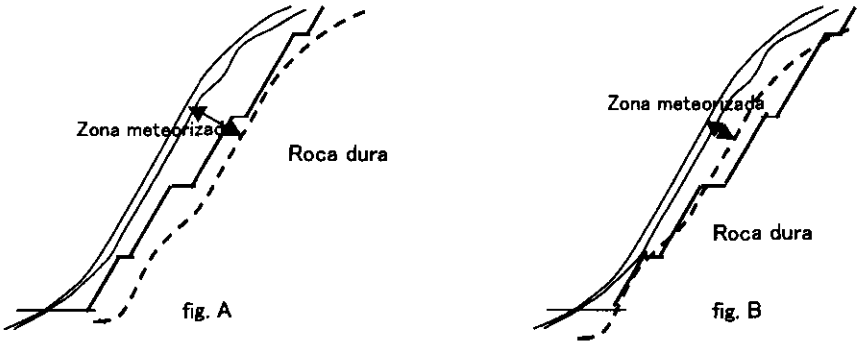


Figura. 2.2.1 Posición Relativa entre la Zona Meteorizada y el Talud de Corte

La figura A muestra que el talud pertenece a la zona meteorizada. En la figura B, el talud pertenece a la masa de roca dura aunque el pie parcialmente está en la zona meteorizada. En la figura A, el talud está dentro de la zona meteorizada y en todo talud existen factores causadores de la pequeña escala de colapso y/o caída de rocas a través del avance de meteorización. En la figura B., el talud está ubicado en la masa de roca dura con poca "soltura" y las rocas caen muy raramente. En general, las condiciones del talud podrían variar debido al cambio del espesor en la zona meteorizada aunque se distribuya la misma roca.
Las condiciones de meteorización de la masa de roca serán confirmadas en la siguiente tabla.

Tabla 2.2.4 Clasificación del Grado de Meteorización de Acuerdo con la Dureza de Masa de Roca

1.	Fresco	Cuando se rompe la roca, su color está fresco. No se puede romper fácilmente incluyendo esquisto de barro y toba. En muchos casos, el talud es estable.	Cuando golpea con el martillo, se escucha el sonido claro o sordo. Se puede romper con un martillazo. Será roto a lo largo del estrato o la grieta. Aunque sea un pedazo plano no se puede romper. En caso de esquisto de barro y silita. Se puede romper a duras penas.
2.	Ligeramente meteorizado	Se pone marrón a lo largo de las grietas. Cuando rasca con martillo, se dejará la marca. Se queda el color fresco. Se observa caída de rocas sueltas y desprendidas.	
3.	Medianamente meteorizado	Cuando se rompe la roca, se queda el color fresco en el centro y el color marrón meteorizado alrededor del centro. Menos de la mitad del talud está meteorizado, y se observan caída de rocas y facilidad.	Cuando se golpea, se escucha el sonido sordo. La punta del martillo se clava. Se puede romper fácilmente sin tener relación con las grietas y estratos. Se puede romper la pieza pequeña de roca con las manos
4.	Muy meteorizado	Cuando se rompe la roca, se queda el color fresco muy poco. O aunque mantiene la forma de masa de roca, se parece como suelo por romperse. En la parte superior del talud se forma voladizo y se observa caída de rocas.	
5.	Completamente meteorizado	Todo el talud es de suelo. En el talud, ocurrirán pequeños colapso o deslizamientos de tierra no tan profundo.	El martillo penetra en el suelo. Se puede romper la pieza de roca con los dedos.

2) Método y ejemplo de clasificación de masa de roca del talud

La clasificación del grado de meteorización de la cláusula anterior es una clasificación de rocas en vista del decrecimiento de la resistencia. La clasificación visual de roca de acuerdo con el propósito de la estructura será eficaz en el caso de la superficie del talud. Sin embargo, esta información es obtenida a través del estudio del sitio observando "la apariencia de la roca" y haciendo sondeos con el martillo. Por lo tanto, los resultados del estudio podrían ser variados con la vista del inspector. En caso del talud de las carreteras, la toba y el esquisto de barro podrían afectar frecuentemente la estabilidad del talud. Se clasifican las rocas por medio de la combinación de dos factores, es decir, la dureza y el decrecimiento secundaria de la resistencia. Las rocas en Nicaragua se clasifican en rocas duras y rocas blandas, así la anterior es I, la posterior es II y la tierra / arena como III. Además, las rocas están clasificadas en A y B conforme al decrecimiento secundario de la resistencia. Ambas se combinan como se muestra en la siguiente tabla para la clasificación de rocas, y se estudia el límite entre ellas.

Tabla 2.2.5 Concepto para la clasificación de rocas

Clasificación de calidad de roca de acuerdo con la dureza		**Dura ←→ Blanda**		
		I	**II**	**III**
Clasificación de calidad de roca de acuerdo con el decrecimiento de resistencia ↑ **Grande**	**A**	**I A**	**II A**	**III**
↓ **Pequeño**	**B**	**I B**	**II B**	

a) Cuantificación de la clasificación de la calidad de roca conforme a la dureza

Para la objetividad de la clasificación de calidad de roca, la clasificación de la dureza fue realizada como cuantificación por el uso de los resultados de prueba de laboratorio a través del núcleo del estudio de la perforación. Para la cuantificación, los resultados de los ensayos de la compresión sin sujeción lateral y el peso unitario se combinaron y ordenaron con las informaciones del estado del talud, tales como caída de rocas, repetición del colapso a pequeña escala o ambos de ellos. La próxima tabla muestra los resultados del análisis actual:

Tabla 2.2.6 Ordenación de los resultados del ensayo de laboratorio (Muestra)

Nic-1 (Km:desde MTI)	No.	Perforación	Profundidad (m) del ensayo de suelo	Análisis del diámetro de grano			Límite líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice plástico	Clasificación del suelo	Contenido de agua natural (%)	Peso especifico	Peso unitario (g/cm³)	Ensayo de compresión sin sujeción lateral (Kg/cm²)	Notas
				Grava (%)	Arena (%)	Suelo de grano fino (%)									
60.9	01A290	1	1.3m	50	34	16	53	36	17	GM	17.40	2.14	2.63(11.45～11.50)	45.0(14.6～14.7m)	Andesita
73.2	01A280	Perforación 1	1.3m	0	28	72	46	30	16	ML	22.90	2.38	1.63(10.0～10.2m)	63.0(10.0～10.2m)	Toba
			3.7m	12	39	49	65	43	22	SM	21.80	2.19	2.14(15.2～15.24m)	-	Andsita
		Perforación 2	1.2m	0	28	72	46	30	16	ML	23.00	2.24	1.39(6.14～6.35m)	-	Toba
			2.2m	17	61	22	52	41	11	SM	-	2.24	1.85(14.6～14.7m)	31.0(6.2～6.3m)	Toba
			4.5m	16	64	20	54	43	11	SM	-	-	Imposible		Toba
		Perforación 3	1.0m	Imposible								-	1.53(9.8～9.9m)	51.85(9.5～9.7m)	Toba
			14.2m	Imposible								-	1.53(14.0～14.2m)	66.0(14.1～14.3m)	Toba
		Perforación 4	-	Imposible								-	Imposible		Toba
		Perforación 5	1.4m	Imposible							21.75	-	-	16.0(10.8～10.9m)	Toba
		Perforación 6	1.0m	Imposible								-	Imposible		Toba
168.4	01A240	1	1.8m	40	37	23	50	28	22	GC	26.63	2.26	1.50(6.4～6.5m)	24.0(6.4～6.5m)	Toba
			4.1m	0	80	20	42	35	7	SM	15.0	2.24	1.50(15.0～15.2m)	49.0(15.0～15.2m)	Toba
168.6	01B230	1	1.0m	22	50	28	40	25	15	SC	-	2.36	1.57(3.5～3.7m)	36.0(3.5～3.6m)	Toba
			1.8m	0	70	30	39	23	16	SC	8.90	2.25	1.45(15.0～～15.2m)	23.0(15.0～15.2m)	Toba
171.3	01B170	1	1.6m	33	33	34	52	32	20	SM	8.98	2.90	1.82(6.3～6.4m)	144.(6.1～6.3m)	Toba
			6.4m	Imposible							8.74	2.40	2.62(15.0～15.1m)	256(14.8～15.0m)	Andesita
175.0	01B150	1	1.0m	21	54	25	47	29	18	SM	11.41	2.77	1.18(7.2～7.3m)	71.0(7.2～7.3m)	Tuff
			1.8m	39	47	3.5	35	26	9	SM	10.50	2.41	2.85(13.6～13.7m)	222(13.55～13.77m)	Andesita
176.0	01B120	1	2.7m	0	34	66	57	30	27	MH	5.76	2.35	2.09(11.1m)	-	Toba
			8.3m	0	66	34	48	28	20	ML	4.65	2.23	2.14(14.0m)	86.0(14.0～14.1m)	Andesita
178.7	01A110	1	1.3m	27	31	42	54	31	23	SM	22.19	2.46	2.17(3.7～3.8m)	-	Toba
			3.8m	Imposible							21.0	2.32	2.60(14.2～15.0m)	732(14.0～15.0m)	Andesita
204.7	01B070	1	2.7m	31	52	17	22	16	6	SC-SM	18.1	2.56	2.72(7.5m～7.6m)	445(7.4～7.6m)	Andesita
			7.6m	Imposible							19.0	-	2.60((14.6～14.7m)	354(14.6～14.8m)	Andesita
214.7	01A050	1	1.8m	29	52	19	35	23	12	SC	15.98	2.61	2.30(8.9～9.1m)	202(8.8～8.9m)	Toba compuesta
			2.3m	Imposible							4.03	2.58	2.19(15.0～15.1m)	255(15.1～15.2m)	Toba compuesta

Imposible:La condición del núcleo es casi tipo de guijarro.

Ejemplo.:Profundidad de muestra(4.0m～5. 0m)

Como se muestra en la tabla abajo, la resistencia a la compresión sin sujeción lateral en el eje horizontal y el peso unitario en el eje vertical están puestos junto a las condiciones de la superficie del talud. Como resultado, la mayoría de la resistencia a la compresión sin sujeción lateral de toba muestra el valor menos de 100 kg / m^2. También exite la fisilidad y el voladizo en la superficie del talud y la caída de rocas y el colapso de pequeña escala fueron producidos en muchos casos. Muchos del peso unitario mostraron alrededor de 1.9 tf / m^3 , pero es también una cualidad especial de los productos volcánicos que algunas tobas tenía la dureza muy fuerte aunque con el valor alrededor de 1.5tf / m^3.
Como resultado, el grupo en la línea de puntos que se clasifica en II es de roca blanda, y el otro grupo que se clasifica en I se considera como roca dura.

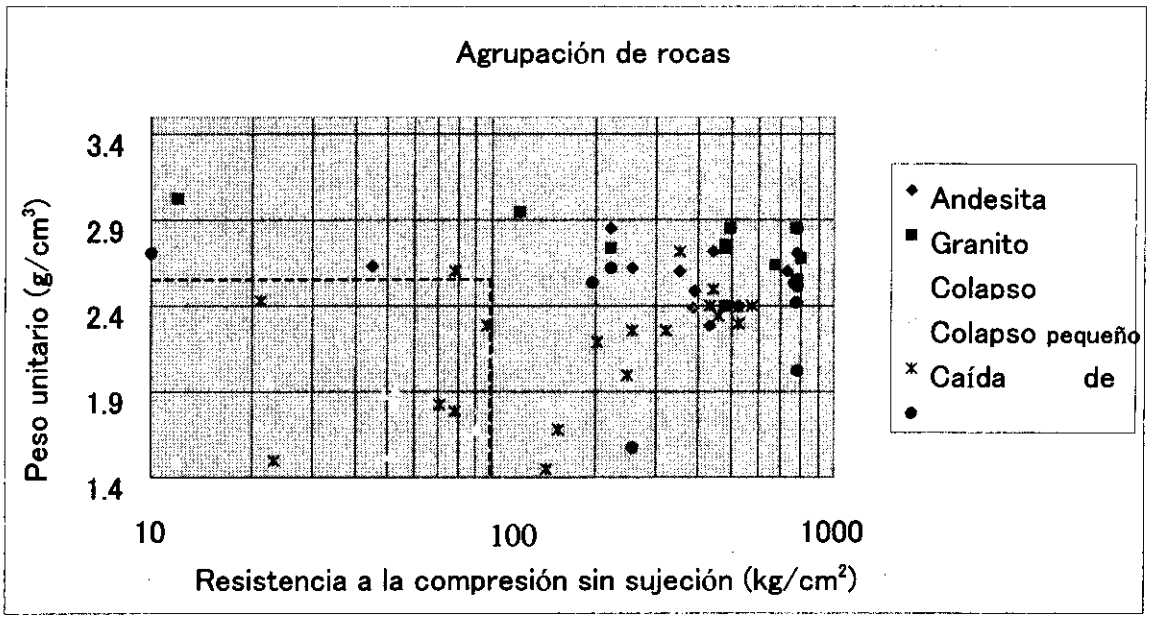


Figura 2.2.2 Agrupación de Rocas

b) Cuantificación de la Clasificación del Decrecimiento Secundario de la Resistencia

El grado de la formación de la "soltura del estrato superficial" representa típicamente el decrecimiento secundario de la resistencia de la masa de roca en el talud. La soltura del estrato superficial representa la parte debilitada del talud por medio de los efectos de las fuerzas externas como la meteorización y la erosión por aguas de lluvia después del corte de talud hasta la fecha. Una característica que existen en la dureza es que se puede cavar con la punta del martillo (martillo picador) de manera usual. La cantidad de los días después de la construcción de la superficie del talud deben ser confirmados. Se puede considerar que la "velocidad de la formación del estrato de la soltura" se disminuirá con el paso del tiempo, así que el indicador α de la velocidad de la formación será obtenido por la siguiente ecuación.

α = (espesor del estrato de soltura superficial /cm.) ÷ log (tiempo pasado después del corte) (Sedimentación en Ingeniería Geotécnica 1987 por Sociedadd Japonesa enIngeniería del Suelo).

Este estudio, se enfocó en el valor-N de toba obtenido por la perforación en cada talud, y se buscó los estratos que exigía menor de 3 veces del martillazo para penetrar los 10 cm iniciales. El valor fue multiplicado por 3 y el estrato menos de N < 9 fue determinado como "el estrato de soltura superficial". Cuándo la cantidad de penetración excede 10 centímetros, empujará las gravas subterráneas sin excepción y el valor-N aumentará repentinamente así será difícil distinguir el estrato de soltura. Además del indicador α y del valor-N, el decrecimiento secundario de la resistencia del estrato de soltura se puede representar con la taza de expansión y el límite líquido. Sin embargo, para el trabajo de sitio, es adecuado hacer el muestreo de la toba meteorizada por excavación a la superficie del talud, y la disuelve con agua. Si la mayoría de los sedimentos serán de suelo de grano fino como limo o arcilla, es posible que sea la toba con la alta "velocidad de formación del estrato de soltura". O si la toba o el esquisto de barro de la zona meteorizada se colapsan como si se disolviera en agua (fenómeno de deslizamiento), es seguro que sea la masa de roca con la alta velocidad de formación del estrato de soltura. Por lo tanto se puede distinguir A o B. La siguiente tabla indica el grosor del "estrato de soltura superficial" como ejemplo de la soltura por meteorización obtenida por valor-N.

Tabla 2.2.7 Estrato de Soltura Superficial Obtenido desde Valor-N N < 5 ~ 9

NIC-1													
Código ID	Distancia desde MTI (km)	Espesor del lecho de meteorización (m) N:Valor del Ensayo de Penetración Estándar						Clasificación del tipo de suelo	Clasificación del tipo de lecho meteorizado	Número de días pasados desde la terminación:T	Velocidad de Meteorización α=a/logT (a:cm)	Sub-Clasificación α>12 A α<9 B	Clasificación de Roca
		N>5~9 : a	30>N	50>N>30	Subtotal(m)	N>50~100	Total(m)						
A290	60.9	0.1	0.9	0.0	1.0	1.8	2.8	GM	III	21.240	2.3	B	II B
A280	73.2	0.3	0.7	1.5	2.5	1.6	4.1	ML~SM	III	〃	6.9	B	II B
A240	168.4	0.2	1.8	0.5	2.5	1.8	4.3	SM~GL	III	15.480	4.8	B	II B
B230	168.6	0.6	0.4	0.5	1.5	1.7	3.2	SC~SM	III	〃	14.3	A	II A
B170	171.3	0.0	0.0	1.0	0.5	2.7	3.2	SM	III	〃	0.0	B	I B
B150	175.0	0.2	0.3	0.0	0.5	2.7	3.2	SM	III	〃	4.8	B	I B
B120	176.2	0.4	0.7	0.5	2.0	2.1	4.1	ML~MH	III	〃	9.1	B	II B
A110	178.7	0.8	0.7	0.0	1.5	4.2	5.7	SM	III	〃	19.1	A	I A
A070	204.7	0.1	0.9	0.0	1.0	3.6	4.6	SC~SM	III	15.120	2.4	B	I B
A050	214.7	0.3	0.2	0.0	0.5	2.7	3.2	SC	III	〃	7.2	B	I B

3) Clasificación de Rocas y el Grado de la Gradiente del Talud de Corte a Través de la Observación del Talud

La tabla de inspección de la estabilidad es una tabla que ordenó muchos factores tales como la escala del colapso del talud con las condiciones del suelo natural (especialmente la estructura geológica), la dimensión y la gradiente del talud y los demás. Además, la tabla tiene la base del método de la clasificación de rocas que posibilita clasificar integradamente las rocas,

prestando atención a la dureza original de rocas y a su durabilidad. Este método será muy eficaz para estudiar las contramedidas averiguando las características del colapso del talud debido a la altura y gradiente.

En el capítulo anterior se trató la clasificación de rocas por medio de la cuantificación. De aquí en adelante, se trata del método de observación para clasificar las rocas en el sitio:

Tabla 2.2.8 Clasificación de Rocas por Medio de la Observación de la Superficie del Talud

(1) Clasificación de rocas por dureza

Clasificación de rocas	Apariencia de roca	Sondeo con martillo
I	Fresca y dura. La textura y la estructura son completamente confirmadas.	La roca volcánica tiene el sonido claro o sordo cuando la golpea. Es tan dura que un martillo se resalta. Se rompe parcialmente con un martillazo fuerte. La roca sedimentaria, como lulita se rompe a lo largo de esquistisidad. La muestra del esquisto de barro o la toba se forma como tamaño de mano.
II	La roca nueva con baja dureza. O la roca blanda por meteorización. En caso de la meteorización, la textura fina de roca desaparece.	La roca volcánica tiene el sonido sordo cuando la golpea y se observa considerablemente la meteorización. La punta del martillo se penetra en la roca sedimentaria y se rompe fácilmente sin tener relación con grietas ni estrato. El pedazo pequeño se rompe con mano.
III	Roca sedimentaria no solidificada o roca meteorizada o alterada. No parece masa de roca, más bien se clasifica como suelo o arena.	Se rompe en pedazos o la punta del martillo se penetra. El pedazo pequeño se rompe con los dedos.

I A
I B
II A
II B

(2) Clasificación de rocas conforme al cambio secundario

Clasificación	Características de la tierra natural o suelo
A	Ocurrirá el decrecimiento secundario sin falta si la deja tal como está. Se tiende al deslizamiento con mucho suelo fino meteorizado.
B	Bajo la situación normal no ocurrirá el decrecimiento secundario que provoca el problema para la estabilidad del talud. No hay deslizamiento. El suelo arenoso meteorizado.

Combinación de (1) y (2)

① I A
② II A
③ I B
④ II B
⑤ III

Sobre la base de la tabla anterior y utilizando la tabla de inspección de estabilidad, se elaboró la Figura 2.2.3 "Análisis para la gradiente del talud del área de soltura en la zona de meteorización" (ejemplo). Es obtenido subdividiendo la roca blanda y el grupo "A" puede ser subdividido otra vez teniendo en cuenta las características regionales.

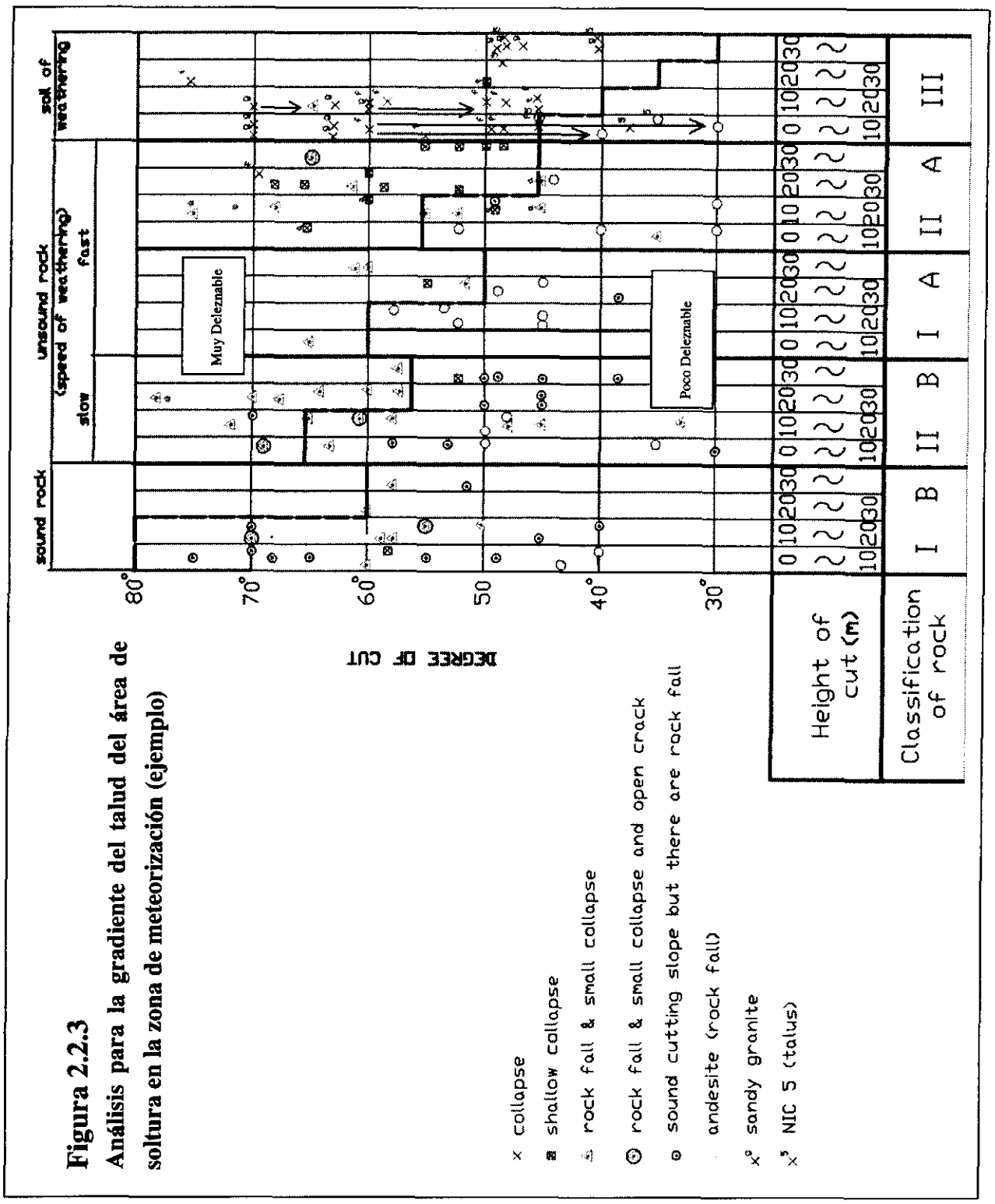


Figura 2.2.3
Análisis para la gradiente del talud del área de soltura en la zona de meteorización (ejemplo)

4) Método del Análisis de Estabilidad y Ejemplo

La toba que pertenece a II A de la clasificación de rocas que se mencionó en el capítulo anterior está bajo situación de la meteorización avanzada, así que la resistencia está reducida. En algunos casos, el talud provocaba el deslizamiento con fuertes lluvias. Es necesario hacer el cálculo de estabilidad a fin de formular las contramedidas para esos taludes.

a) Procedimiento para el Cálculo de Estabilidad

Lo más usado como el indicador de la estabilidad del talud de deslizamiento es, en general, el coeficiente de seguridad por medio del cálculo de estabilidad. El coeficiente de seguridad Fs es una proporción entre el T de fuerza de deslizamiento a lo largo del plano con el peso de la masa de tierra y el N de la fuerza de cizallamiento sobre el plano de deslizamiento en contra de ella.

$$Fs = \frac{N}{T} = \frac{\Sigma C \cdot \ell + (\Sigma W \cdot \cos\theta - \Sigma U \cdot \ell) \tan\phi}{\Sigma \sin\theta}$$

donde, C : Cohesión del plano de deslizamiento (t/m^2)
ϕ : Ángulo de resistencia de cizallamiento del plano de deslizamiento (ángulo de fricción)
ℓ : Largo del plano de deslizamiento de cada bloque. (La inclinación pronunciada más de 450 está relacionada con la grieta de tensión y no incluye en "l" como el largo del plano de deslizamiento.)
W : Peso de cada bloque (t/m)
θ : Ángulo del plano de deslizamiento bajo el centro de gravedad de cada bloque
U : Presión de poro bajo el centro de gravedad de cada bloque (t/m^2)

Σ significa el método de división (divide cada bloque de acuerdo a el cambio de la topografía y del plano de deslizamiento, calcula por cada bloque y suma), que es más usado para el deslizamiento de tierra y muy adecuado para la topografía y el plano de deslizamiento complicada.

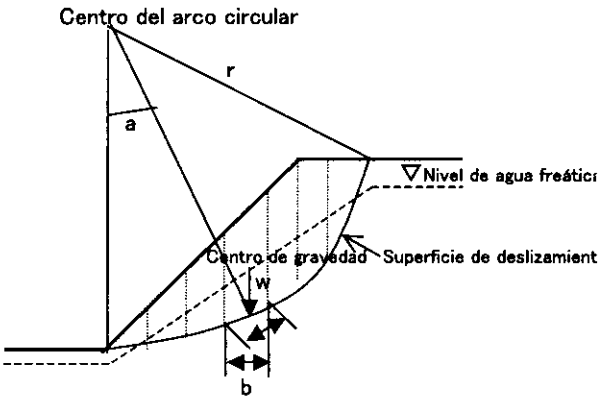


Figura 2.2.4 Modelo del deslizamiento circular

Una característica especial del cálculo de estabilidad del deslizamiento de tierra existe en el hecho de que el plano de deslizamiento ya está decidido por el historial del mismo. Por lo tanto, no es necesario llevar a cabo el método general que supone el plano de deslizamiento y busca el plano de deslizamiento que indica la tasa mínima de seguridad.
El cálculo de estabilidad para el deslizamiento de tierra es como se indica abajo.

i) Definir el tipo de deslizamiento
ii) Juzgar si está activo o no
iii) Decidir el coeficiente de seguridad a través de a y b.

Tabla 2.2.9 El Coeficiente de Seguridad Actual

	Clasificación			
Actividad	**Deslizamiento de masa de roca**	**Deslizamiento de roca meteorizada**	**Deslizamiento del suelo coluvial**	**Deslizamiento del suelo arcilloso**
No activo	1.10	1.05	1.03 ~ 1.05	1.0 ~ 1.03
Activo	0.99	0.95 ~ 0.99	0.93 ~ 0.95	0.9 ~ 0.93

iv) Determinar las condiciones necesarias para el cálculo de estabilidad a través de la sección medida del terreno de deslizamiento.

Peso de masa de tierra $\gamma s \fallingdotseq 1.8 \sim 1.9 t/m^3$, γ es el peso unitario de masa de tierra. Hay que aplicar el valor $\gamma s = 2.0 t/m^3$ cuando sea cerca del sitio de deslizamiento de masa de roca.

Hará una fórmula lineal de C y $\tan\phi$ por

$$C = (\Sigma W\cos\theta - \Sigma U \cdot \ell)\tan\phi \ / \ \Sigma\ell + F s \ \Sigma W\sin\theta \ / \ \Sigma\ell$$

Es necesario definir C o ϕ, pero normalmente C es decidido a través de la profundidad y la cohesión del plano de deslizamiento como se muestra en la siguiente tabla2.2.10.

Tabla 2.2.10 Profundidad y Fuerza de Cohesión del Plano de Deslizamiento

Profundidad del plano de deslizamiento (m)	**Cohesión C (t/m^2)**
5m	0.5
10m	1.0
15m	1.5
20m	2.0
25m	2.5
30m	3.0

El mejor camino para obtener la presión del agua de poro existe en el estudio de sitio. En caso del estrato impermeable, la carga hidrostática se considera como la presión del agua de poro, y solamente en caso del estrato permeable un tercio (1/3) de la carga se considera como la presión del agua de poro. En general, se utiliza el método gráfico trazando la red de percolación.

c) Ejemplo del Cálculo de Estabilidad

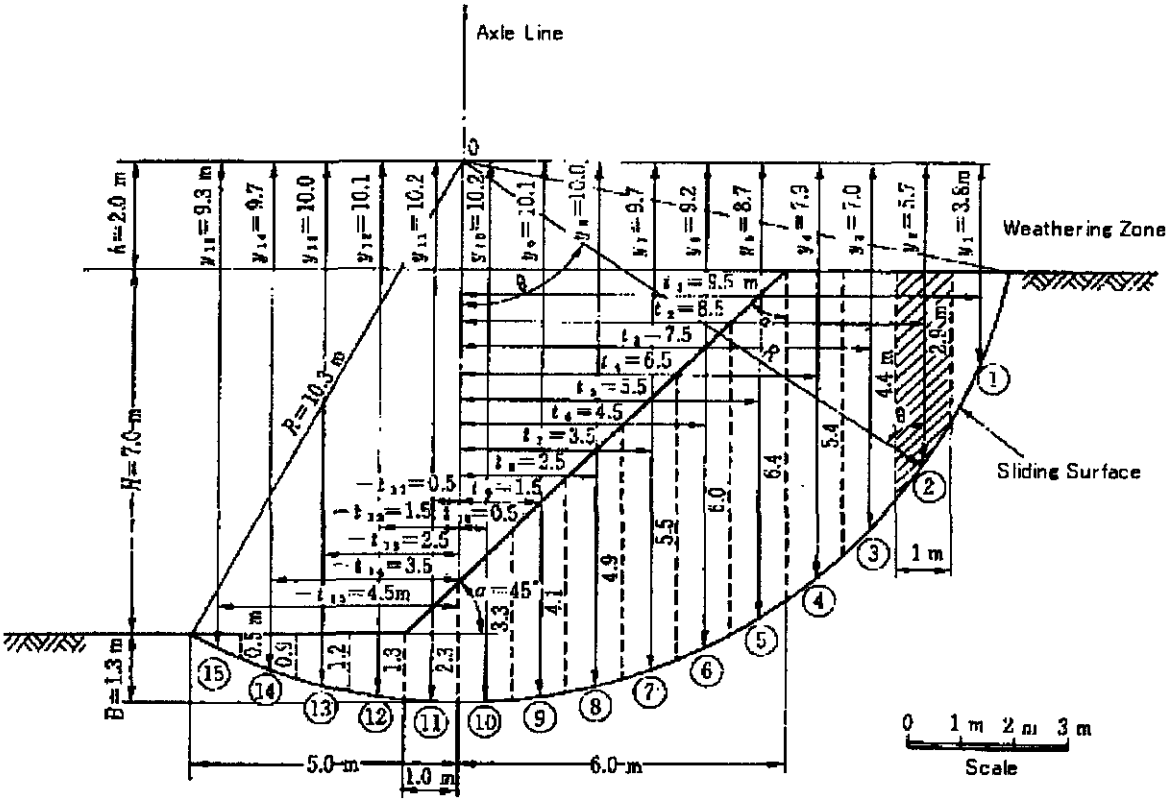


Figura 2.2.5 Análisis de Estabilidad

Table 2.2.11 Tabla del cálculo de análisis de estabilidad de la Figura 2.2.5

No.	Area de la seccion de la pieza delgada ΔA (m^2)	Peso de pieza delgada	Distancia horizontal desde la linea de eje hasta la pieza delgada (m)	Momento M= ΔWxt	cos θ = y ÷ R	ΔW x cos θ (t)	
1	1/2x2.9x1.0= 1.45	2.47	9.5	23.5	3.8 ÷ 10.3 = 0.369	0.91	Right side of Axle Line
2	1/2x(2.9+4.4)x1= 3.65	6.21	8.5	52.7	5.7 ÷ 10.3 = 0.553	3.44	
3	1/2x(4.4+5.4)x1= 4.90	8.33	7.5	62.5	7.0 ÷ 10.3 = 0.680	5.67	
4	1/2x(5.4+6.4)x1= 5.90	10.03	6.5	65.3	7.9 ÷ 10.3 = 0.767	7.71	
5	1/2x(6.4+6.0)x1= 6.20	10.54	5.5	58.1	8.7 ÷ 10.3 = 0.844	8.90	
6	1/2x(6.0+5.5)x1= 5.75	9.78	4.5	44.0	9.2 ÷ 10.3 = 0.893	8.74	
7	1/2x(5.5+4.9)x1= 5.20	8.84	3.5	30.9	9.7 ÷ 10.3 = 0.942	8.33	
8	1/2x(4.9+4.1)x1= 4.50	7.65	2.5	19.1	10.0 ÷ 10.3 = 0.970	7.42	
9	1/2x(4.1+3.3)x1= 3.70	6.29	1.5	9.4	10.1 ÷ 10.3 = 0.980	6.17	
10	1/2x(3.3+2.3)x1= 2.80	4.76	0.5	2.4	10.2 ÷ 10.3 = 0.990	4.72	
11	1/2x(2.3+1.3)x1= 1.80	3.06	-0.5	-1.5	10.2 ÷ 10.3 = 0.990	3.03	Left Side of Axle Line
12	1/2x(1.3+1.2)x1= 1.25	2.13	-1.5	-3.2	10.1 ÷ 10.3 = 0.980	2.09	
13	1/2x(1.2+0.9)x1= 1.05	1.79	-2.5	-4.5	10.0 ÷ 10.3 = 0.970	1.74	
14	1/2x(0.9+0.5)x1= 0.70	1.19	-3.5	-4.2	9.7 ÷ 10.3 = 0.942	1.12	
15	1/2x0.5x1.0= 0.25	0.43	-4.5	-1.9	9.3 ÷ 10.3 = 0.902	0.39	

M0= ΣM=367.9−15.3=352.6t·m Σ ΔWxcos θ =70.4t

5) Método sencillo para obtener el coeficiente de seguridad a través de Tabla de Cálculo de Chen

Chen asumió la espiral logarítmica, analizó y mostró el resultado que se muestra en la siguiente figura, donde el coeficiente de estabilidad está indicado como la altura marginal Hc. Por lo tanto, en caso de que el coeficiente de estabilidad de N = Hc · γ/c sea obtenido correspondiendo a ϕ、α、β, el factor de seguridad para la altura marginal Hc será obtenido como Fc = Hc/H = cN/γ x 1/H.

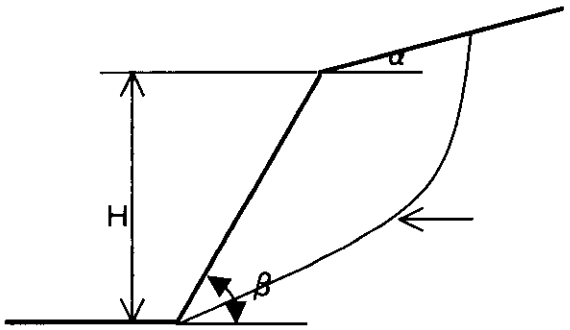


Figura. 2.2.6 Talud de Deslizamiento de Chen

En caso de que se calcule el coeficiente de seguridad para H = 10m, ß = 45 °, α = 5°, γ = 2.0t/m^3 c = 2.0t/m^2 haciendo referencia a la figura anterior, Fc= 16.04 / 10 = 1.60 es obtenido a través de Hc = 16.04 x c/γ = 16.04 x 2 = 16.04m correspondiendo a ϕ = 20°, α = 5°, β = 45° de la tabla 2.2.12.

Table 2.2.12 Coeficiente de Estabilidad de CHEN

ϕ°	α°	β°					
		90	75	60	45	30	45
0	0	3.83	4.57	5.25	5.86	6.51	7.35
5	0	4.19	5.14	6.17	7.33	9.17	14.80
	5	4.14	5.05	6.03	7.18	8.93	14.62
10	0	4.59	5.80	7.26	9.32	13.53	45.53
	5	4.53	5.72	7.14	9.14	13.26	45.15
	10	4.47	5.61	6.98	8.93	12.97	41.56
15	0	5.02	6.57	8.64	12.05	21.71	
	5	4.97	6.49	8.52	11.91	21.50	
	10	4.90	6.39	8.38	11.73	21.14	
	15	4.83	6.28	8.18	11.42	20.59	
20	0	5.51	7.48	10.39	16.18	41.27	
	5	5.46	7.40	10.30	16.04	41.06	
	10	5.40	7.31	10.15	15.87	40.73	
	15	5.33	7.20	9.98	15.59	40.16	
	20	5.71	7.97	11.80	21.35	115.50	
25	0	6.06	8.59	12.75	22.92	120.00	
	5	6.01	8.52	12.65	22.78	119.80	
	10	5.96	8.41	12.54	22.60	119.50	
	15	5.89	8.30	12.40	22.37	118.70	
	20	5.81	8.16	12.17	21.98	117.40	
	25	5.71	7.97	11.80	21.35	115.50	
30	0	6.69	9.96	16.11	35.63		
	5	6.63	9.87	16.00	35.44		
	10	6.58	9.79	15.87	32.25		
	15	6.53	9.67	15.69	34.99		
	20	6.44	9.54	15.48	34.64		
	25	6.34	9.37	15.21	34.12		
	30	6.22	9.15	14.81	33.08		
35	0	7.43	11.68	20.94	65.53		
	5	7.38	11.60	20.84	65.39		
	10	7.32	11.51	20.71	65.22		
	15	7.26	11.41	20.55	65.03		
	20	7.18	11.28	20.36	64.74		
	25	7.11	11.12	20.07	64.18		
	30	6.99	10.93	19.73	63.00		
	35	6.84	10.66	19.21	60.80		
40	0	8.30	14.00	28.99	185.60		
	5	8.26	13.94	28.84	185.50		
	10	8.21	13.85	28.69	185.30		
	15	8.15	13.72	28.54	185.00		
	20	8.06	13.57	28.39	184.60		
	25	7.98	13.42	28.16	184.00		
	30	7.87	13.21	27.88	183.20		
	35	7.76	12.95	27.49	182.30		
	40	7.61	12.63	26.91	181.10		

2.2.2 Diseño de Contramedidas para la Caída de Rocas

1) Categoría de Contramedidas para la Caída de Rocas

Las contramedidas de caída de roca tienen por objetivo proteger los usuarios del camino y las instalaciones viales contra los desastres como la caída de roca. Existen obras de prevención de caída de rocas como el retiro y la fijación de rocas sueltas y desprendidas en el talud que tienen la posibilidad de caer, y las obras de protección de caída de rocas con las instalaciones al borde de la vía. Para la selección de las contramedidas, es necesario verificar el tamaño de rocas que caen. Luego, debe averiguar la eficiencia de obras de protección como contramedidas a través de la cantidad de saltos y de giros. En caso de que las obras de protección sean inadoptables por el resultado del cálculo, hay que ejecutar las obras de prevención.

2) Cálculo de la Cantidad de Saltos y de Giros

a) Movimiento de deslizamiento

La distancia de deslizamiento "S" a lo largo del talud dentro de "t" segundo y la velocidad del deslizamiento "V" después de "t" segundo se muestran en la siguiente formula.

$$V=V_0+gt \times(\sin\theta - \mu \times\cos\theta)$$

$$S=V_0t+gt^2/2*(\sin\theta - \mu \times\cos\theta)$$

Donde:

θ : Ánglo de Gradiente

μ : Coeficiente de Fricciñon Equivqlente

V_0: Velocidad Inicial

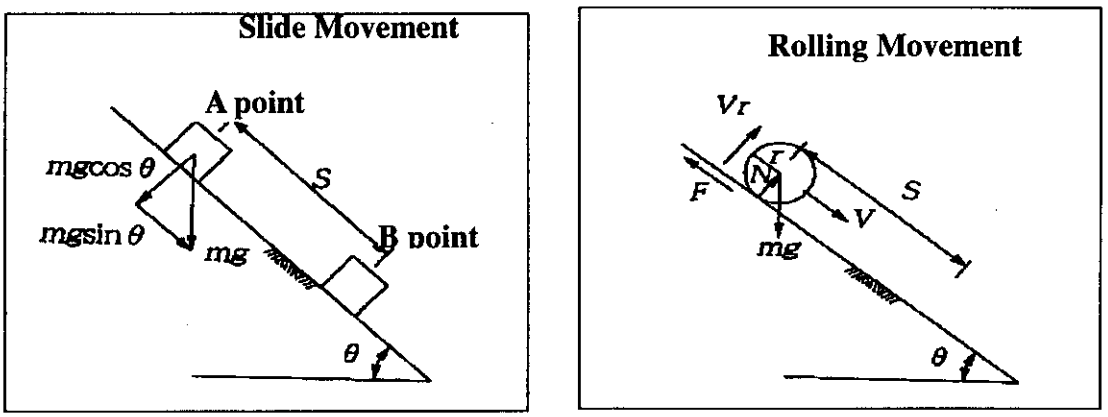


Figura. 2.2.7 Mecanismo del Movimiento de Roca que Gira

Cuando se caiga una roca desde el talud, la roca que se cae recibe la resistencia de leve rugosidad del talud, las hierbas y árboles excepto la fricción. Esta resistencia se supone que sea proporcionada a la velocidad de la caída de roca, y establece el coeficiente de resistencia viscosa como "Ck". Si se reescribe la fórmula anterior utilizando este Ck, será como siguiente.

$$V=a/C_k+(V_0-a/C_k)*\ e^{-Ckt}$$
$$S=a/C_kt+1/C_k*(V_0-a/C_k)*(1-e^{-Ckt})$$

Donde:

$$a=g\times(\sin\theta - \mu\cos\theta)$$

a es la aceleración en dirección al talud. La condición de iniciar el deslizamiento es como lo sigueiente.

$$\tan\theta > \mu$$

b) Radio de Giro

Cuando una ésfera de masa "m" y de radio "r" cae desde el talud girando sin deslizarse, la velocidad "V" y la distancia "S" después de "t" segundo son como lo siguiente

$$V=V_0+r^2/(k^2+r^2)\times gt\times\sin\theta$$
$$S=V_0t+r^2/2*(k^2+r^2)\times gt^2\times\sin\theta$$

Donde:

k : Radio de inercia

Cuando se considera la resistencia viscosa, la fórmula será igual que la del movimiento de deslizamiento. Pero, la aceleración es como se indica abajo.

$$a=r^2/(k^2+r^2)\times g\times\sin\theta$$

La condición de caerse sin deslisarse;

$$r^2/(k^2+r^2)\times\tan\theta \leqq \mu$$

c) Movimiento de Salto

Las coordenadas (X_d, Y_d) del punto de caída del objeto de salto en la primera velocidad "V" y el ángulo " β " desde un (1) punto (X_o, Y_o) es como sigue.

$$X_d=X_0+2V_0^2 \times \cos^2\beta/g \times (\tan\theta - \tan\beta)$$
$$Y_d=Y_0+(X_d-X_0) \times \tan\theta$$

El elemento de velocidad (V_x, V_y) y la coordenada (x, y) después de "t" segundo tomando en consideración el coeficiente de resistencia de aire "ak" son como sigue.

$$V_x=V_0 \times \cos\beta \times e^{-akt}$$
$$V_y=g/ak+(V_0*\sin\beta - g/ak) \times e^{-akt}$$

$$x=x_0+V_0 \times \cos\beta\,(1-e^{-akt})/ak$$
$$y=y_0 + gt/ak + (V_0 \times \sin\beta - g/ak)1-e^{-akt}/ak$$

La velocidad V_v después de " t" segundo desde el inicio del salto en dirección vertical al talud;

$$V_v=V_{v0}-gt \times \cos\theta$$

La máxima cantidad de salto se encuentra por V_v=0.

d) Movimiento de la Colisión

Cuando el ángulo entrante es β 1 y la velocidad entrante es V1 antes de chocar al talud, y el ánglo de reflexión es β 2 y la velocidad de reflexión es V2 después de la colisión, el elemento de velocidad "Vv2" en dirección en ángulo recto al talud y el elemento de velocidad "Vh2" en dirección al talud después de la colisión son como sigue.

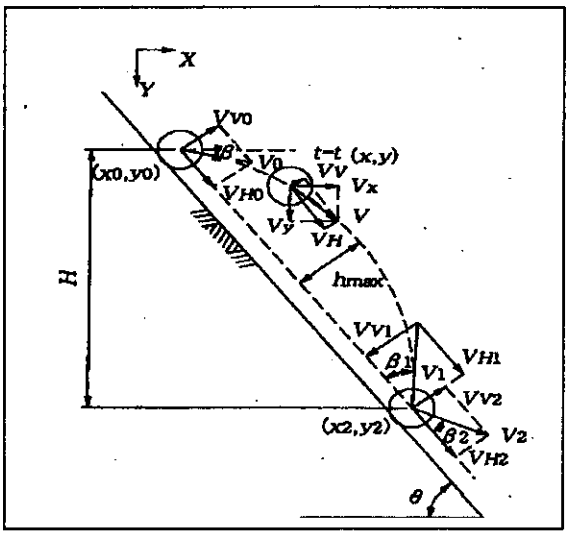


Figura.2.2.8 Movimiento de salto y colisión

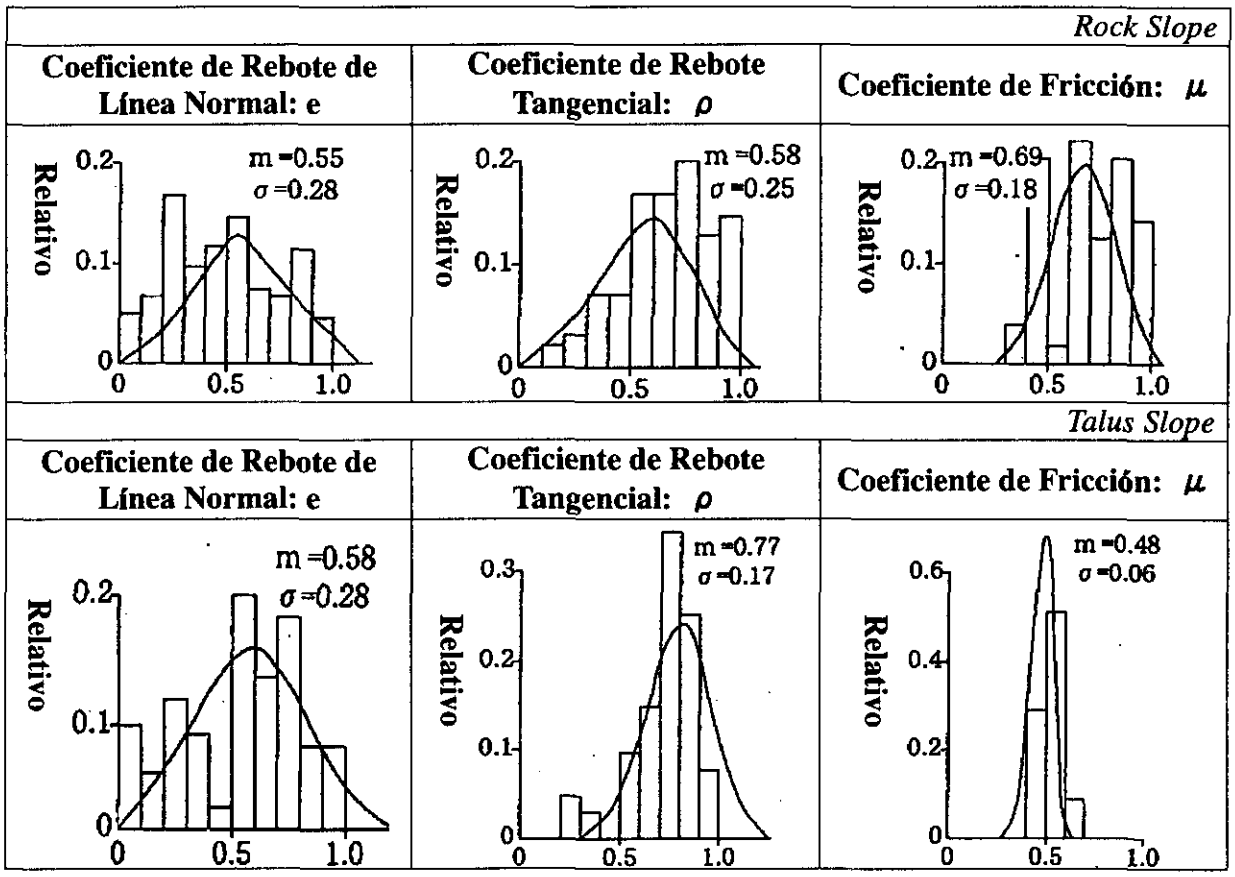
$$V_{v2}=e \times V_1 \times \sin\beta_1,\ V_{h2}=\rho \times V_1 \times \cos\beta_1$$

Donde;

e : Coeficiente de rebote de línea normal

ρ : Coeficiente de rebote tangencial en dirección al talud de la velocidad

Table 2.2.13 Densidad de Probabilidad de Varios Coeficientes



e) Transición desde el Movimiento de Giro al Movimiento de Salto

En caso de movimiento de giro, la roca que cae salta por el aumento de la velocidad. La velocidad de caída para cambiar del movimiento de giro al movimiento de salto se define como el límite de velocidad V_{cr}.

$$V_{cr} > V$$

f) Estudio de Casos Prácticos

Se realizó una simulación con las condiciones que se muestra a continuación conforme al mécanismo del movimiento de caída de roca arriba mencionado. El resultado de la simulación se muestra en el Ápendice-1.

Tabla2.2.14 Número fijo para la Simulación

Item		Mark	Value	Remark
Radio de caaída de canto rodado	m	r	-	—
Coeficiente de resistencia	—	Ck	0.100	Datos de Prueba
Coeficiente de resistencia del aire	—	ak	0.001	Valor de Doctrina
Coeficiente de equivalencia de fricción: μ	Promedio	m	0.690	Datos de Prueba (Números aleatorios)
	Desviación estándar	ρ	0.180	
Coeficiente de repulsión: e	Promedio	m	0.275	Datos de Prueba (Números aleatorios)
	Desviación estándar	ρ	0.280	
Coeficiente de vaporización: p	Promedio	m	0.580	Datos de Prueba (Números aleatorios)
	Desviación estándar	ρ	0.250	
Velocidad crítica: Vcr	Promedio	m	4.690	Datos de Prueba (Números aleatorios)
	Desviación estándar	ρ	2.020	

3) Diseño de obra de Prevención de Caída de Roca

Las obras de prevención de caída de roca en este estudio son; Retiro de rocas sueltas, corte del talud, marco de concreto proyectado, torcreto (concreto lanzado) e instalación de sistema de drenaje. Los lineamientos de cada obra son como sigue.

a) Retiro de rocas sueltas

Retirar las rocas sueltas en el talud y eliminar el peligro de caída de roca.

b) Corte del talud

El peligro del colapso será evitado por medio del corte del talud aplicando la gradiente estable. La gradiente estable para cada clasificación del suelo se indica en la Figura 2. 2 .9.

c) Marco de concreto proyectado

En cuanto al marco de concreto proyectado, se adoptará para la recuperación vegetal dentro de Reservas Naturales. Se instala en el talud de roca y no será objeto del cálculo estructural.

d) Torcreto

En cuanto al marco de concreto proyectado, se adoptará para la recuperación vegetal dentro de Reservas Naturales. Se instala en el talud de roca y no será objeto del cálculo estructural.

Parte plana: 10cm
Parte rugosa: 15cm

e) Sistema de drenaje

Se previenen la meteorización y la erosión del talud por medio de las estructuras de drenaje que serán instalados en el hombro del talud, en la berma y pie del talud.

Figura 2.2.9 RECOMENDACIÓN DE LA GRADADIENTE PARA TALUD

PARA CORTE

Estándar de la Gradiente del Talud de Corte conforme al Tipo de Carretera

Clasificación Funcional			Colector Secundario	Colector Principal	Troncal Secundario	Troncal Principal	Troncal Especial
Número de carriles			2	2	2	2	4
Promedio futuro de tráfico diario (vpd)			0-400	400-1,800	1,800-3,000	> 3,000	> 3,000
Pendiente de talud	Corte	Roca sana	0 – 0.5:1	0 – 0.5:1	0 – 0.5:1	0 – 0.5:1	0 – 0.5:1
		Suelo Desconocido	1 : 1	1.5:1	1.5:1	2 : 1	2 : 1
		Suelo bien Compactado	1 : 1	1.5:1	1.5:1	2 : 1	2 : 1
		Suelo no Compactado	1.5:1	1.5:1	2 : 1	2 : 1	2 : 1

Estándar Recomendado para el Talud de Corte en Nicaragua a base de la Clasificación de Roca

Clasificación		Altura de Corte (m)	gradiente de Corte θ(°)	1/tan θ	n	:	1
Roca dura	I B	10 ≧ H	80	0.1763	0.2	:	1
		10 < H ≦ 20	80	0.1763	0.2	:	1
		20 < H ≦ 30	60	0.5774	0.6	:	1
		H > 30	60	0.5774	0.6	:	1
Roca blanda	II B	10 ≧ H	65	0.4663	0.5	:	1
		10 < H ≦ 20	65	0.4663	0.5	:	1
		20 < H ≦ 30	55	0.7002	0.8	:	1
		H > 30	55	0.7002	0.8	:	1
	I A	10 ≧ H	60	0.5774	0.6	:	1
		10 < H ≦ 20	60	0.5774	0.6	:	1
		20 < H ≦ 30	50	0.8391	1	:	1
		H > 30	50	0.8391	1	:	1
	II A	10 ≧ H	55	0.7002	0.8	:	1
		10 < H ≦ 20	55	0.7002	0.8	:	1
		20 < H ≦ 30	45	1.0000	1	:	1
		H > 30	45	1.0000	1	:	1
Suelo/ Arena	III	10 ≧ H	45	1.0000	1	:	1
		10 < H ≦ 20	40	1.1918	1.2	:	1
		20 < H ≦ 30	35	1.4281	1.5	:	1
		H > 30	30	1.7321	1.8	:	1

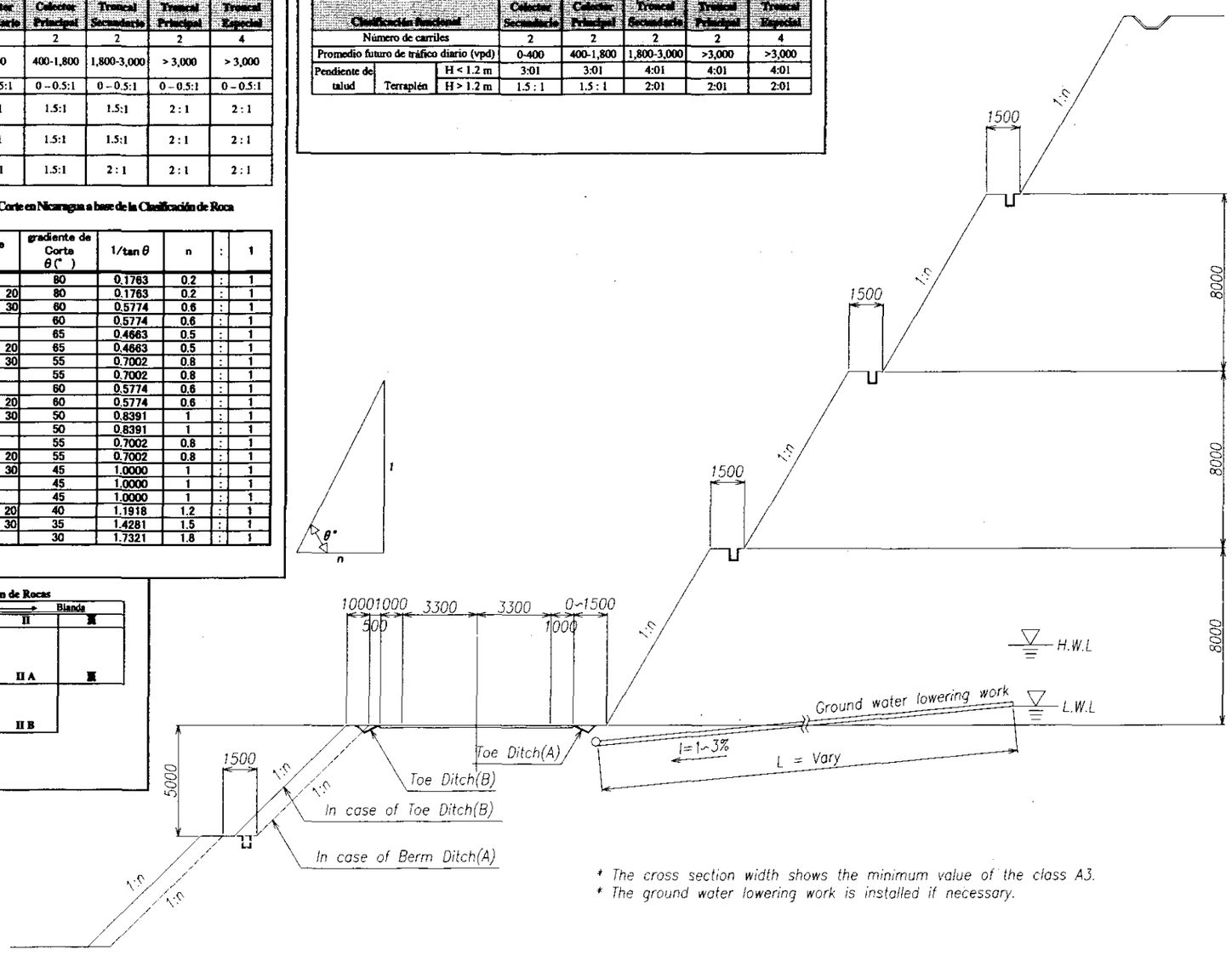
Concepto de Clasificación de Rocas

Clasificación de Calidad de Roca de acuerdo con la Dureza		Dura ←		→ Blanda
		I	II	III
Clasificación de Calidad de Roca de acuerdo con el grado				
Grande ↑	A	I A	II A	III
pequeño ↓	B	I B	II B	

PARA TERRAPLEN

El Estándar Recomendado para la Gradiente del Terraplén conforme al Tipo de Carretera

Clasificación Funcional			Colector Secundario	Colector Principal	Troncal Secundario	Troncal Principal	Troncal Especial
Número de carriles			2	2	2	2	4
Promedio futuro de tráfico diario (vpd)			0-400	400-1,800	1,800-3,000	>3,000	>3,000
Pendiente de talud	Terraplén	H < 1.2 m	3:01	3:01	4:01	4:01	4:01
		H > 1.2 m	1.5 : 1	1.5 : 1	2:01	2:01	2:01



ORIENTAL CONSULTANTS CO., LTD. JAPAN ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.	CONTENIDO:	PROYECTO: STUDY OF VULNERABILITY REDUCTION FOR MAJOR ROADS IN THE REPUBLIC OF NICARAGUA	CALCULO:	DIBUJO:	HOJA N°
	UBICACION:		LEVANTO :	FECHA: November 2002	1
	SITIO:		RESPONSABLE TECNICO :	ESCALA: S = 1:200	1

4) Diseño de obra de protección de caída de roca

La obra de protección de caída de roca objeto de este estudio es solamente la malla de prevención. Sin embargo, se muestra el resultado del cálculo de la forma necesaria del muro de protección, que tiene que tomar en consideración en la etapa del examen de contramedidas, por cada diámetro de rocas que caen.

a) Malla de prevención

La malla de prevención reprime la roca que perdió la fuerza combinada con tierra por medio de la malla metálica y la resistencia de fricción de tierra. Cada parte debe tener la fuerza para resistir la tensión y el peso propio. El coeficiente de seguridad debe ser 2.0 a la carga de corte de la cuerda metálica.

i) Diseño de la soga principal

La fuerza de la soga principal cubre el peso de roca que cae dentro de un (1) claro entre las sogas auxiliares y el peso propio. La carga " W_A " que la soga principal recibe se calcula como sigue.

$$W_A = K \times (W1 + W2)$$

Donde;

W1: Carga de roca que cae (tf) por un (1) claro de soga auxiliar del largo del talud.

$W1 = W_{11} + W_{12} + W_{13} + \cdots W_{1n}$

W2: Peso propio (tf) de malla en l.

$W2 = Wn \times l \times H$

Wn: Peso propio (tf/m2) del área unitaria.

L: Intervalo de soga principal (m).

H: Largo de malla de prevención (m).

K: Compensación por el ángulo de talud.

$K = \sin\theta - \mu \times \cos\theta$

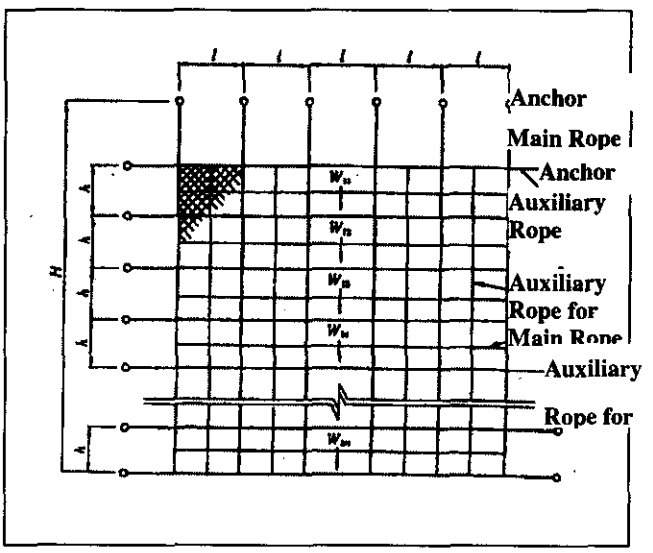


Figure. 2.2.10 Diseño de Malla de prevención

θ : Ángulo de talud (grado)

μ : Coeficiente de fricción de roca que cae y suelo. (=0.5)

La resistencia de ruptura (Tb) de la soga debe tener solamente el coeficiente de seguridad (Fs) más de 2.0 contra la carga de acción calculada.

$$Fs=T_b/W_A>2.0$$

ii) Diseño de soga auxiliar

La soga auxiliar recibe el peso propio de tres (3) claros en dirección al talud y la carga de roca que cae como carga uniforme. La carga (W_B) que la soga auxiliar tiene y la carga uniforme se calcula como se indica abajo.

$$W_B=K \times (W1'+W2') \text{ (kN)}$$
$$w_b=W_B/l \text{ (kN)}$$

Donde;

W1': La carga de roca que cae (tf) en el talud rodeado por l y h.
W2': El peso propio (tf) de malla de prevención rodeado por l y h.

La cantidad pendiente (f) de la soga auxiliar debe ser 10% de un (1) claro.

$$F=0.1 \times l \text{ (m)}$$

La tensión (T) de la soga auxiliar;

$$T=w_b \times l^2/(8\times f) \text{ (kN)}$$

La resistencia de ruptura (Tb) de la soga debe tener el coeficiente de seguridad (Fs) más de 2.0 contra la tensión T calculada

$$Fs=T_b/T>2.0$$

iii) Diseño de malla metálica

La carga de la malla metálica debe ser igual que la de soga auxiliar. La tensión (P_{an}) de la malla metálica debe tener el coeficiente de seguridad (Fs) más de 2.0 contra la carga uniforme calculada (wb).
Es calculada por lo siguiente.

$$Fs= P_{an} /w_b>2.0$$

b) Muro de protección

El muro de protección será construido como el muro de retención de gravedad. En esta teoría básica, la energía de movimiento de la roca que cae se absobe cambiando en la energía de deformación del lecho soporte, y se para la roca que cae. El cálculo es muy complicada, por lo tanto, la forma del muro de retención será estudiada refiriendose a los resultados del cálculo que se muestra a continuación. Varios números fijos que se usaron para el cálculo se muestra en el Apéndice - 2.

i) Ejemplo de Cálculo -

Muro de Protección Tipo A: véase el Anexo-2

Tamaño de Rocas en caída: 1.7kN (0.5m de diámetro)

Forma de Talud: Altura del Talud: 10m, Grado del Talud 30grados

ii) Análisis de Estabilidad en el momento del Choque

(1) Cálculo de la Velocidad de Caída de la roca

$$V_0=\sqrt{2\times g\times(1-\mu/\tan\theta)\times H}$$

$$=\sqrt{2\times 9.80\times\{1-0.18/\tan(30)\}\times 10.000}$$

$$= 11.614(m/sec)$$

(2) Cálculo del Muro de Protección

Peso de la longitud efectiva (L=10.000m)

$Ww = 1/2\times(b1+b2)\times H\times L\times\gamma c = 1/2\times(0.500+1.500)\times 2.000\times 10.000\times 23.000 = 460.00(kN)$

Momento de inercia

$I=Ww/(3\times g)\times(b1^2+b2^2)/2+H^2-1/2\times(b2-b1)/(b1+b2)\times H^2-1/3\times(2b1+b2)^2\times H^2+(b1^2+b2^2+b1*b2)^2\}$
$/(b1+b2)^2] = 20.13$

Momento secundario del fondo

$I_0 = b2^3 \times L/12 = 1.500 \times 1.500 \times 1.500 \times 10.000 / 12 = 2.81$ (m4)

Area del fondo

$A = b2 \times L = 1.500 \times 10.000 = 15.000$ (m2)

Altura del centro de gravedad

$S = H/3 \times (2b1+b2)/(b1+b2) = 2.000/3 \times (2 \times 0.500+1.500)/(0.500+1.500) = 0.833$ (m)

Distancia del centro de gravedad y del centro del fondo (se suma el lado izquierdo)

$dx = -H/6 \times (2b1+b2) \times (Nf-Nr)/(b1+b2)$

$= -2.000/6 \times (2 \times 0.500+1.500) \times (0.500-0.000)/(0.500+1.500) = -0.208$ (m)

Coeficiente de reacción del terreno

$Kv = \alpha E_0/0.3 \times (A^{1/2}/0.3)^{-3/4} = 3783 \times N \times A^{-0.375} = 3783 \times 30 \times 15.000^{-0.375}$

$= 41{,}108$ (kN/m^3)

Constante elástico de corte

$Ks = A \times Kv/4 = 15.000 \times 41{,}108 / 4 = 154{,}155$ (kN/m)

Constante elástico de giro (Gradiente de ab en la fig. 2.2.11)

$Kr = My/(?y-?_0) = 420.660 / (0.00463+0.00083) = 77{,}044$ (kNm)

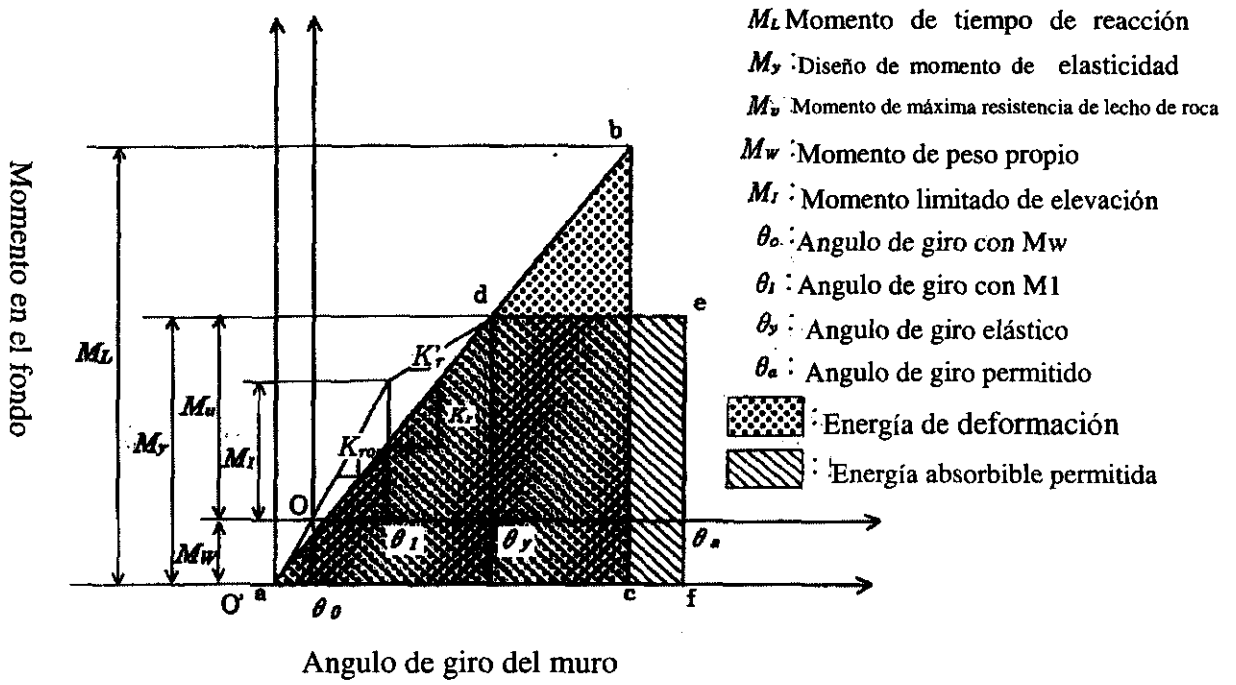


Figura. 2.2.11 Curva de Desplazamiento y Carga

Distancia del centro de giro y del centro de gravedad (Z_1)

$e0^2 = Kr/Ks = 77{,}044 / 154{,}155 = 0.500$

$i0^2 = I/m = I \cdot g/Ww = 20.130 \times 9.8/460.000 = 0.429$

$$Z_1 = (S^2+e0^2-i0^2)/2S+\sqrt{(s^2+e0^2-i0^2)^2/4S^2+i0^2}$$
$$= 1.259$$

(3) Cálculo de la Velocidad del Punto (A) en el Muro de Protección después del Choque

Distancia del centro de giro y fondo

$L1 = Z_1-S = 1.259-0.833 = 0.426$ (m)

Distancia del centro de giro y la parte superior

$L2 = L1+H = 0.426+2.000 = 2.426$ (m)

Distancia del centro de giro y el punto de choque

$L = L1+h = 0.426+1.800 = 2.226$ (m)

Coeficiente de revisión

$$\alpha' = 4(b2\times L2-B1\times L1)(L2^2+L1\times L2+L1^2)-3(B2-B1)(L2+L1)(L2^2+L1^2)/ 6L^2(b1+b2)H$$
$$= 4\times 3.426\times 7.100-3\times 17.303/6\times 4.955\times 2.000\times 2.000$$
$$= 45.389/118.920 = 0.382$$

Velocidad del muro de protección después del choque

$V = 2\times W\times V_0/(W+a'\times Ww)= \quad 2\times 1.7\times 11.614/(1.7+0.382\times 460.0) = 0.223$(m/sec)

V_0: Velocidad de la roca en caída (m/sec)

W : Peso de la roca en caída (kN)

Ww: Longitud efectiva (kN)

(4) Cálculo del Angulo de Rotación y Desplazamiento con Choque

Conversión de constante de elasticidad de giro (Kr1)

$Kr_1 = Ks(e0^2+L1^2) = 154{,}155\times(0.500+0.426\times 0.426) = 105{,}053$ (kNm)

Desplazamiento dinámico del punto de choque (δ d)

$$\delta_d = \sqrt{\alpha'\times W\times L^2\times V^2/ Kr_1\times g}$$

$$=\sqrt{0.382\times460.0\times2.226\times2.226\times0.223\times0.223/105{,}053\times9.80} = 0.00649(m)$$

Angulo de rotación del muro de protección (θ_L)

$\theta_L = \delta_d/L = 0.00649 / 2.226 = 0.00292$ (rad) = 0.167 (grados)

L: Distancia del punto de choque y centro de giro

Desplazamiento del fondo

$\delta_L = \delta_d(1-h/L) = 0.00649\times(1-1.800/2.226) = 0.00124$ (m)

(5) Cálculo de Energía de Deformación con Choque

Energía de deformación de giro

$E_{ML} = 1/2\times Kr\times \theta_L^2 = 1/2\times77{,}044\times0.00292\times0.00292 = 0.33$ (kJ)

Energía horizontal

$E_{HL} = 1/2\times Ks\times d_L^2 = 1/2\times154{,}155\times0.00124\times0.00124 = 0.06$ (kJ)

(6) Cálculo de Energía Absorbente Permitida

Momento de peso propio

Mw = dx×Ww = -0.208×460.000 = -95.68 (kNm)

dx: Distancia del centro de gravedad y el centro del muro

Ww: Peso de la longitud efectiva

Momento limitado de levantamiento

M_1 = Ww×b2/6 = 460.000×1.500 /6 = 115.00(kNm)

b2: Anchura del fondo

Un momento de elasticidad cuando el lecho rocoso del fondo alcanza la capacidad de resistencia permitida del terreno.

Cuando el lecho rocoso del fondo alcanza la capacidad de resistencia permitida, la carga horizontal por la caída de rocas se busca por medio del cálculo de prueba.

Hr = 233.7 (kN)

Momento de la carga horizontal en el centro del fondo (Diseño del momento elástico)

My = Hr×h = 233.700×1.800 = 420.66 (kN·m)

h: Altura de caída

Momento de resistencia máxima del lecho rocoso en el centro del fondo

Mu = My + Mw = 420.660-95.680 = 324.98 (kN·m)

Distancia excéntrica del punto del trabajo resultante del peso propio y carga horizontal

E = Mu / Ww = 324.980 /460.000 = 0.706 (m)≧b2/6 = 0.250 (m)

Distribución de la reacción del terreno

Distribución deltaica

Reacción máxima de terreno

qmax = 2×Ww/ {3×(b2/2-e) ×L} = 2×460.000/ {3×(1.500/2-0.706)×10.000}

= 697.0 ≦Qa = 700.0(kN/m²)

Constante inicial de elasticidad de giro (Constante de elasticidad de giro de M<M1)

$Kr_0 = I_0 \times Kv$ = 2.810×41,108 = 115,513 (kN m/rad)

Grado de amortiguación de giro

$\Theta y = (2\times Mu/M_1-1)\cdot M_1/Kro$= (2×324.980/115.000-1)×115.000/115,513

= 0.00463 (rad) = 0.265 (grado)

Grado de giro de Mw(momento de propio peso)

θ_0 = Mw／Kr0 = -95.680/115,513 = -0.00083(rad) = -0.048(grado)

Constante de elasticidad de giro

Kr = My / (θ y- θ_0) = 420.660 /(0.00463+0.00083) = 77,044 (kN・m)

Grado de giro permitido

$\Theta a = \mu \times \theta y$ (θ a≦2.0 grados)

= 5.0×0.00463 = 0.02315 (rad) = 1.326 (grados) ≦2.0(grados) ..... OK!

Energía absorbente permitida

E_M = 1/2×My(θ y- θ_0) + My×(θ a- θ y)

= 1/2×420.660×(0.00463+0.00083)+420.660×(0.02315-0.00463)

= 8.94 (kJ)

(7) Estabilidad de tiempo de choque

Energía de deformación de giro

E_{ML}=**0.33** (kJ)

Energía absorbente permitida

E_M =**8.94** (kJ)

Considerando

$E_M > E_{ML}$ ..... OK!

iii) Análisis de Estabilidad de muros de protección

(1) Cálculo de Carga

(a) Peso de muro de protección (por 1m)

$W = 1/2\times(b1+b2)\times H\times \gamma c = 1/2\times(0.500+1.500)\times 2.000\times 23.000 = 46.000$ (kN)

(b) Altura del centro de gravedad (Y)

$Y = H/3\times(2b1+b2)/(b1+b2) = 2.000/3\times(2\times 0.500+1.500)/(0.500+1.500) = 0.833$

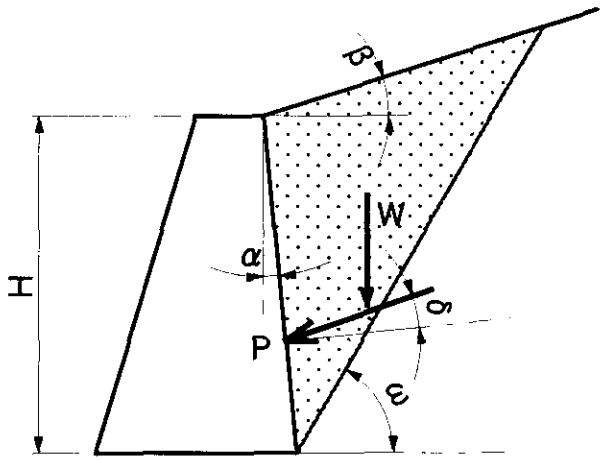
(c) Posición del centro de gravedad (X: distancia desde el pie del fondo)

$X = B2/2+H/6\times(2b1+b2)\times(Nf-Nr)/(b1+b2)$

$= 1.500/2+2.000/6\times(2\times 0.500+1.500)\times(0.500-0.000)/(0.500+1.500) = 0.958$ (m)

(2) Cálculo de la carga de tierra (tiempo de acumulación)

$Pa = Ws \times \sin(\omega - \phi)/\cos(\omega - \phi - \delta - a)$



Donde;

Ws: Peso de un pedazo de suelo (tf/m)

ϕ : Angulo de fricción interna (grado)

α : Angulo posterior y vertical (grado)

β : Grado de acumulación (grado)

δ : Angulo de fricción (grado)

ω : Angulo de superficie deslizante (grado)

H: Altura del muro (m)

Cálculo de la condición de la carga de tierra

Altura del muro: H=2.00 (m)

Peso unitario de suelo acumulado: γ s=20.00 (kN/m^3)

Angulo de fricción interna: ϕ =35.00 (degree)

Angulo de la parte posterior y vertical: α =0.00 (grado)

Angulo de fricción (d=2/3×f): δ =23.33 (grado)

Grado de acumulación (grado): β =30.00 (grado)

Angulo de superficie deslizante: ω =47.80 (grado)

El ángulo de superficie deslizante encuentra el ángulo que la carga de tierra (Pa) llegando a ser mayor por medio de cálculos de prueba.

Angulo de Deslizamiento	Peso del trozo de suelo	Peso de tierra	Observaciones
ω (°)	Ws(kN)	Pa(kN)	
47.6	77.251	17.1518	
47.7	76.682	17.1526	
47.8	76.119	17.1528	Max
47.9	75.561	17.1525	
48.0	75.010	17.1516	

Cálculo de la carga de tierra

$Ws = 1/2\times \gamma s\times H^2\times\cos(\omega-a)\cos(a-\beta)/\sin(\omega-\beta)\cos^2\alpha$

$= 1/2\times20.00\times2.000\hat{}2\times\cos(47.80)\times\cos(-30.00)/\sin(17.80)\times\cos(0.00)\hat{}2$

$= 76.119(kN/m)$

$\omega-\alpha = 47.80$ (grado)

$\alpha-\beta = -30.00$ (grado)

$\omega-\beta = 17.80$ (grado)

$\omega-\phi = 12.80$ (grado)

$\delta+\alpha = 23.33$ (grado)

$\omega-\phi-\delta-\alpha = -10.53$ (grado)

Carga máxima de tierra

$Pa = W\times\sin(\omega-\phi)/\cos(\omega-\phi-\delta-\alpha) = 76.119\times\sin(12.800)/\cos(-10.53)$

$= 17.153(kN/m)$

Carga horizontal de tierra

$Ph = Pa\times\cos(d+a) = 17.153\times\cos(23.33) = 15.751(kN/m)$

Carga vertical de tierra

$Pv = Pa\times\sin(d+a) = 17.153\times\sin(23.33) = 6.793(kN/m)$

Posición de trabajo de la carga de tierra

$X = B2-Y\times Nr$ (Nr: grado de la parte posterior del muro)

$= 1.500-0.667\times0.000 = 1.500(m)$

Altura de trabajo de la carga de tierra

$Y = 1/3\times H = 1/3\times2.000 = 0.667(m)$

(3) Fuerza de trabajo en el fondo

(a) Tiempo regular (Peso propio)

Categoría	Carga (kN)		Distancia (m)		Momento (kNm)	
	Peso propio	Inercia	Horizontal	Peso propio	Inercia	Horizontal
	V	H	X	Y	Mr	Mo
Peso propio	46.000	-	0.958	-	44.068	-
Total	46.000	-	-	-	44.068	-

(b) Tiempo de acumulación (Propio peso + acumulación de suelo)

Categoría	Carga (kN)		Distancia (m)		Momento (kNm)	
	Peso propio	Inercia	Horizontal	Peso propio	Inercia	Horizontal
	V	H	X	Y	Mr	Mo
Peso propio	46.000	-	0.958	-	44.068	-
Peso de tierra	6.793	15.751	1.500	0.667	10.190	10.506
Total	52.793	15.751	-	-	54.258	10.506

(c) Tiempo de sismo (Peso propio + Inercia)

Categoría	Carga (kN)		Distancia (m)		Momento(kNm)	
	Peso propio	Inercia	Horizontal	Vertical	Fricción	Caída
	V	H	X	Y	M r	M o
Peso propio	46.000	6.440	0.958	0.833	44.068	5.365
Total	46.000	6.440	-	-	44.068	5.365

Inercia: H = Kh×W = 0.140×46.000 = 6.440

(4) Análisis de Estabilidad

(a) Tiempo regular

Caída

d = ΣMr/SV = 44.068 / 46.000 = 0.958 m

d: Distancia del pie y del punto de trabajo de la fuerza resultante

e = B/2-X = 1.500 /2-0.958 = 0.208 m

e: Distancia excéntrica desde el centro del fondo B: Anchura del fondo = 1.500 (m)

Valor permitido B/6 = 0.250 m$\geqq$0.208 m ..... OK!

Capacidad de apoyo

Q1 = ΣV/B×(1+6e/B) = 46.000/1.500×(1+6×0.208/1.500)

= 56.181 kN/m^2$\leqq$Qa=700kN/m^2 ..... OK!

Q2 = ΣV/B×(1-6e/B) = 46.000/1.500×(1-6×0.208/1.500)
= 5.152 kN/m²≦Qa=700kN/m² ..... OK!

(b) Tiempo de acumulación (Peso propio + acumulación de suelo)

Caída
d = (SMr-SMo)/SV = (54.258-10.506)/ 52.793 = 0.829 m
e = B/2-X = 1.500 /2-0.829 = 0.079 m
Valor permitido B/3=0.500 m≧0.079 m・・・・OK

Deslizamiento
Fs = μs×SV／SH = 0.600×52.793/15.751 = 2.01
Fs: Factor de seguridad de deslizamiento μs: Coeficiente de fricción del fondo
Valor permitido Fsa=1.50 ≦2.01 ..... OK!

Capacidad de apoyo
Q1 = ΣV/B×(1+6e/B) = 52.793/1.500×(1+6×0.079/1.500)
=46.317 kN/m²≦Qa=600kN/m² ..... OK!
Q2 = ΣV/B×(1-6e/B) = 52.793/1.500×(1-6×0.079/1.500)
= 24.074 kN/m²≦Qa=600kN/m² ..... OK!

(c) Tiempo de sismo (Peso propio + Inercia)

Caída
d = (SMr-SMo)/SV = (44.068-5.365)/ 46.000 = 0.841 m
e = B/2-X = 1.500 /2-0.841 = 0.091m
Valor permitido B/3=0.500 m≧0.091 m..... OK!

Deslizamiento
Fs = μs×SV／S = 0.600×46.000/6.440 = 4.29
Valor permitido Fsa = 1.50≦4.29 ..... OK!

Capacidad de apoyo
Q1 = ΣV/B×(1+6e/B) = 46.000/1.500×(1+6×0.091/1.500)
=41.829 kN/m²≦Qa=450kN/m² ..... OK!
Q2 = ΣV/B×(1-6e/B) = 46.000/1.500×(1-6×0.091/1.500)
=19.504 kN/m²≦Qa=450kN/m² ..... OK!

2.2.3 Diseño de Contramedidas para Estructuras

1) Carga Móvil

(HS2D-44 para una o dos formas) + 25%

2) Substructuras

En la subestructura se aplicarán los métodos utilizados en los muros de mampostería masiva, muros de concreto armado, y muros de concreto armado en columnas hechos del mismo material.

3) Superstructuras

En la superestructura se aplicarán los métodos de concreto armado con vigas en T con losas, hechas del mismo material, el de las vigas de acero en I con losas de concreto armado y las losas de concreto armado.

4) Cimientos

Los métodos de mampostería masiva o concreto y de concreto armado serán aplicados en los cimientos.

5) Estimación del rango de socavación

La profundidad de la socavación se puede calcular en base al resultado del experimento dirigido por el Instituto Nacional para la Administración de la Tierra e Infraestructura, Ministerio de la Tierra , Infrastructure y Transporte (el Ex-Instituto de Investigación de Obras Públicas) (Figura 2.2.13).

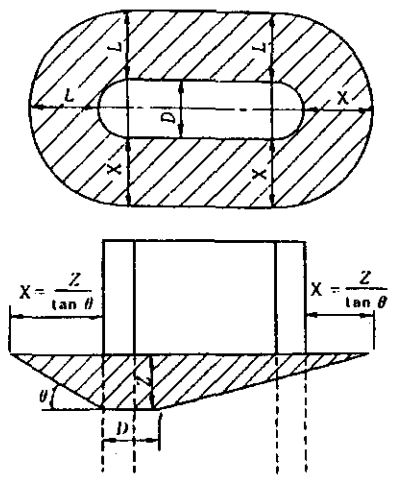
Sin embargo, lo que se calcula en esta tabla, el rango es ho/D<3.5.
(ho: Profundidad media de agua de inundación, D:Ancho del pilar).

Este valor calculado es el estándar y es importante confirmar la dimensión de socavación por la medición en el sitio.
El ejemplo del cálculo se muestra a continuación.

Ancho del río : W=31.6m
Ancho del pilar : D= 1.1m
Velocidad de nivel de altas aguas : V=60.12
Profundidad media de agua de inundación : ho=2.67m
Diámetro promedio de grano de los materiales del lecho : dm=3.0mm

ho/D=2.43
Fr = (V/(W·ho)) v (g·ho) = 0.14
Proporción de la profundidad y el diámetro de grano ho/dm=890

Z/D se puede obtener ho/D desde la relación (Fig2.2.14-Fig2.2.17) entre ho/dm y Fr como parámetro.



X: Distancia horizontal del rango de socavación
Z: Profundidad máxima de socavación
θ :Angulo de reposo

Figura 2.2.13 Área de Socavación

Z/D =0.8
Z =0.96m

La relación entre el ángulo de reposo ? y el promedio del tamaño de grano se muestra en la Figura 16.2.7.
Angle of repose θ =32°
Tan θ =0.62
X=Z/tan θ =1.54m

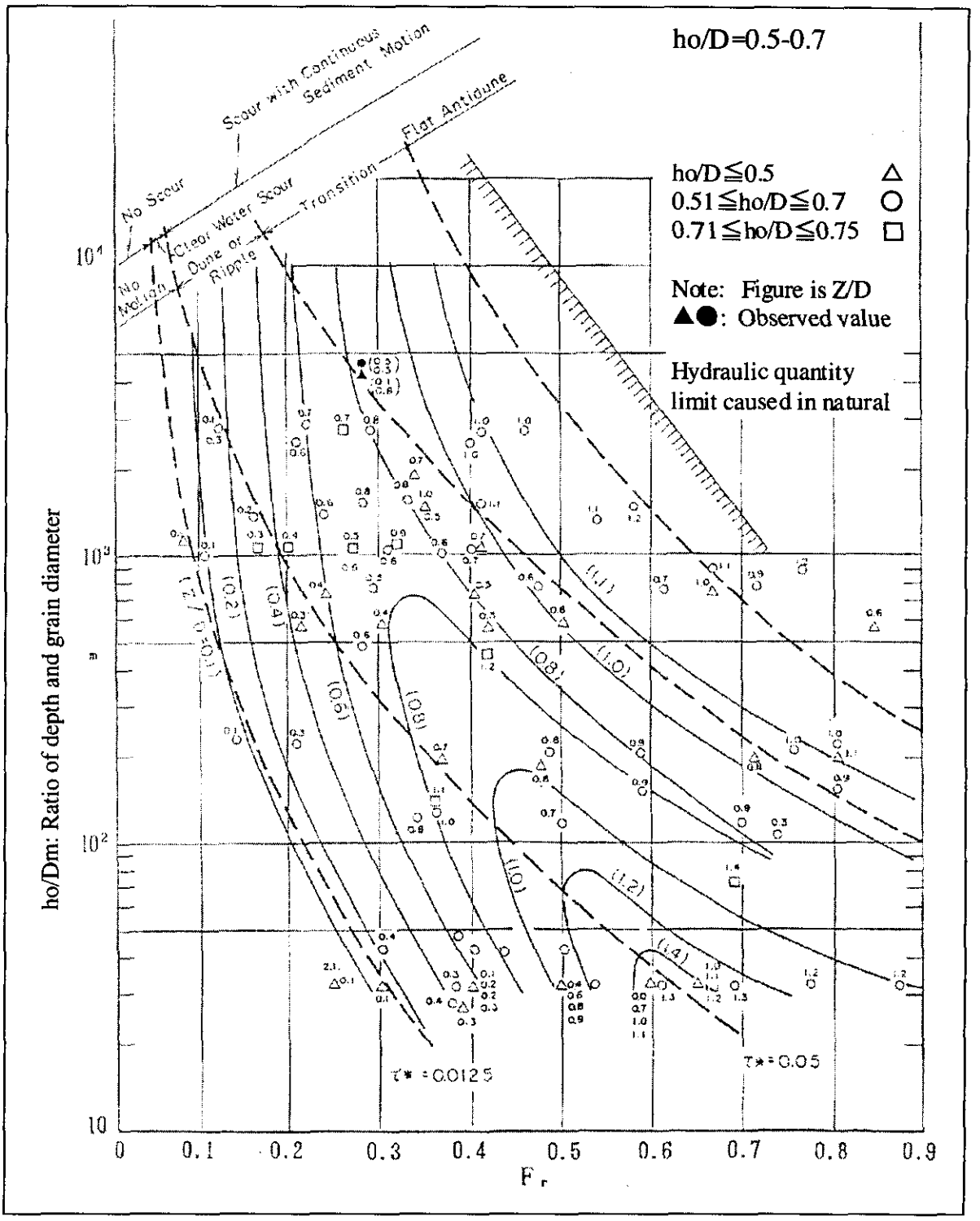


Figura 2.2.14 Suposición de la profundidad de socavación (ho/D= 0.5-0.7)

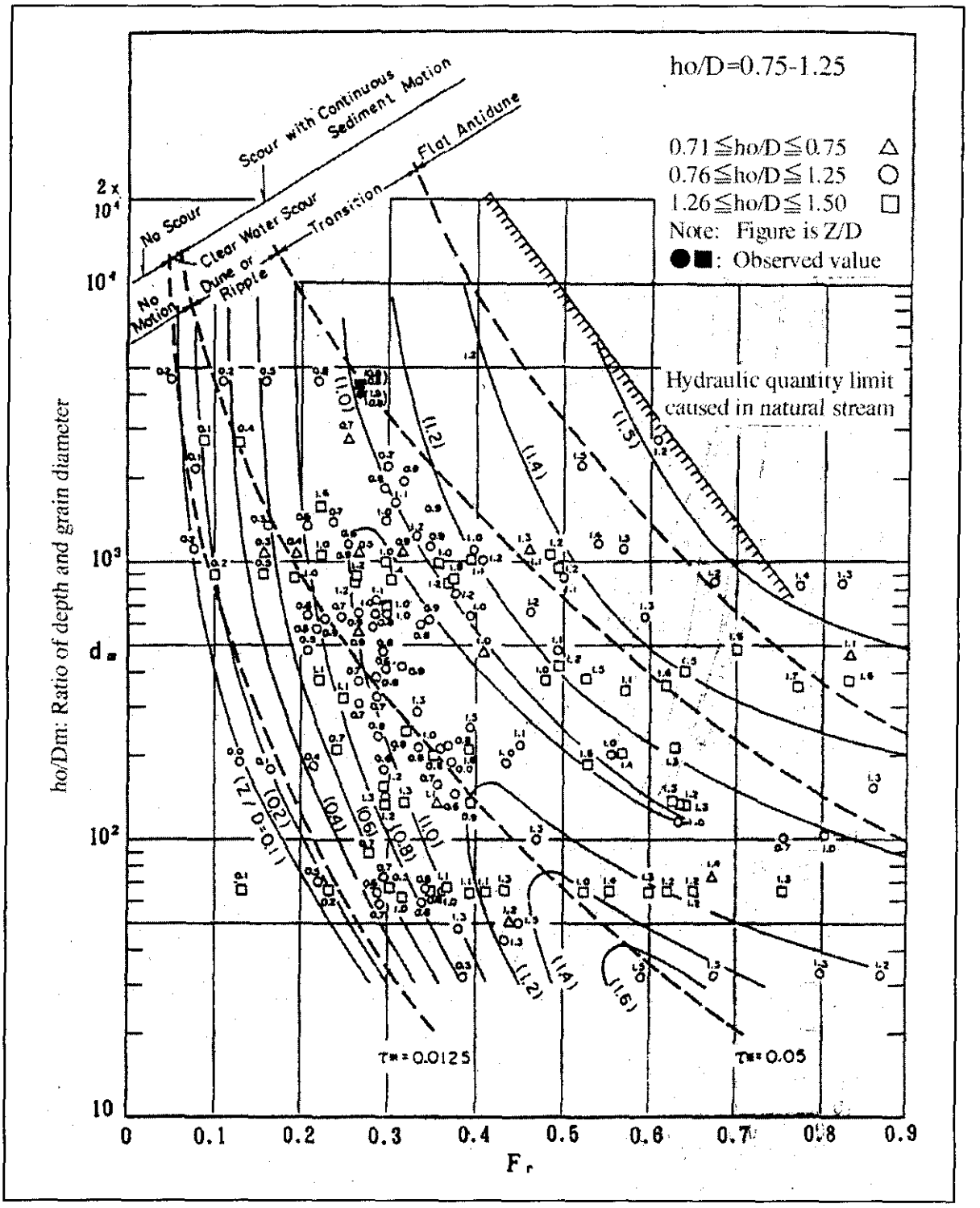


Figura 2.2.15 Suposición de la profundidad de socavación (ho/D= 0.75-1.25)

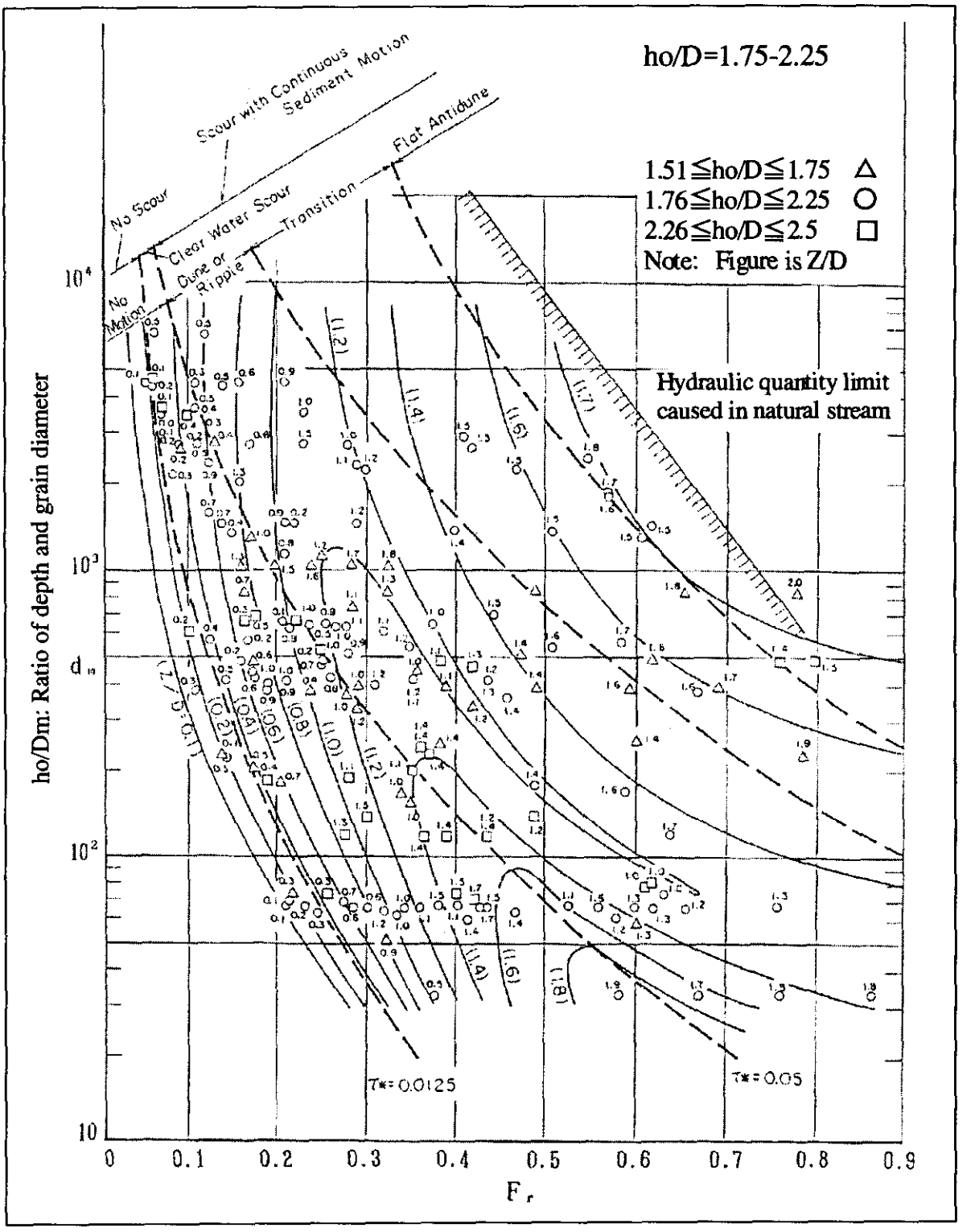


Figura 2.2.16 Suposición de la profundidad de socavación (ho/D=1.75～2.25)

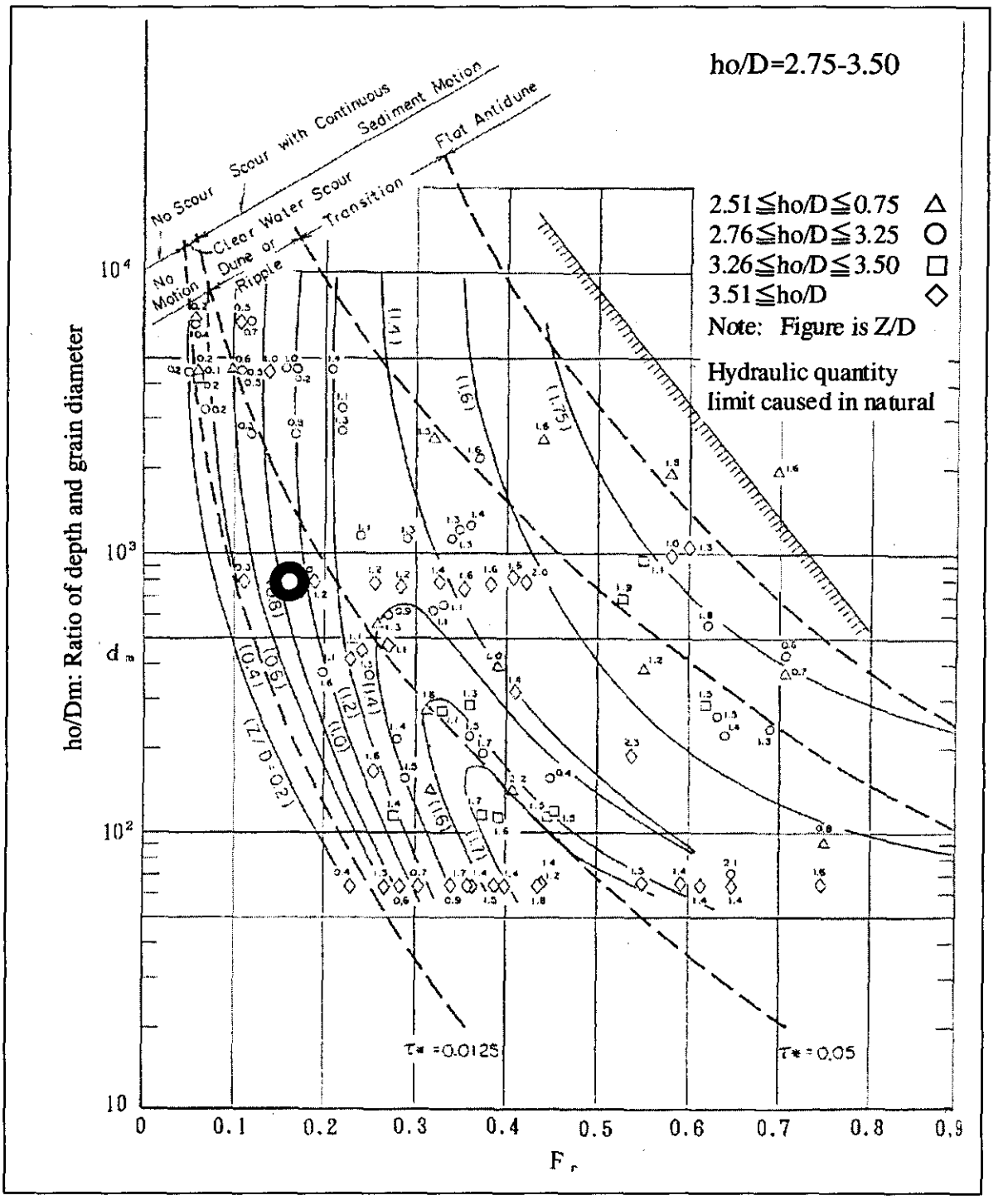


Figura 2.2.17 Suposición de la profundidad de socavación (ho/D=1.75～2.25)

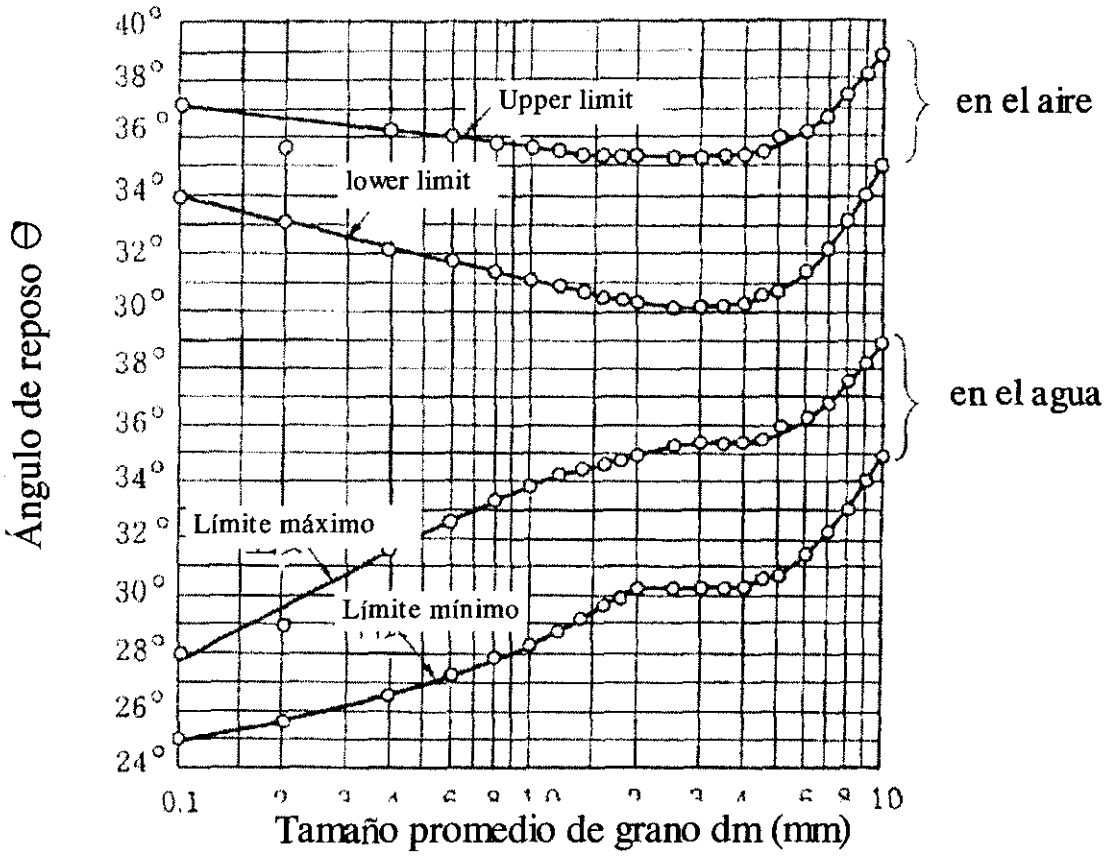


Figura 2.2.18 Relación entre el tamaño promedio de grano y ángulo de reposo

2) Relación entre el tamaño de piedra escollera y bloque y la velocidad del flujo

Cuando se utilizan los escombros y el bloque de hormigón, el peso y el tamaño de esos materiales deben ser diferentes con la velocidad del flujo de agua. El valor de referencia de la relación entre el peso de bloque y velocidad del flujo de agua se muestra en la Figura 2.2.19 y la Tabla 2.2.15

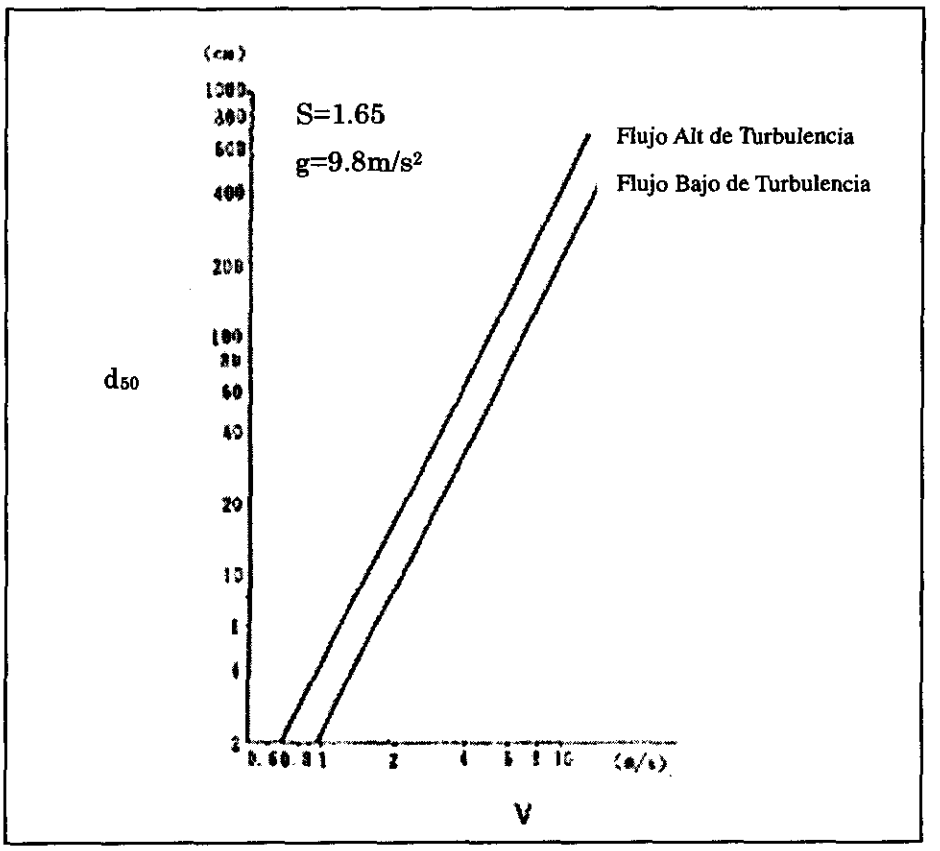


Figura 2.2.19 Relación entre el tamaño de escombros y la velocidad del flujo de agua

Tabla 2.2.15 Relación entre el peso del bloque y la velocidad del flujo de agua

Forma	Peso de Bloque (kg)	Velocidad de Fujo de Agua (m/s)
Tipo plano	1	2.5
	2	3.0
	3	3.5
	4	4.0
	5	4.5
	6	5.0

2.3 Control de Calidad de Materiales

1) Concreto

Las especificaciones para el concreto estructural se dan en la Sección 602 del NIC-2000.

En la Sección 602 se dan detalles sobre este producto, las clases de concreto, clasificación de los diferentes materiales que forman el concreto, muestreos y pruebas que deben realizarse, requerimientos que deben reunir los compenentes del concreto para construcciones, métodos de medición y bases para el pago.

2) Estructuras de concreto pretensado

En la Sección 603 de NIC 2000 se describe este producto. Allí se indica el método de pretensado; asesoramiento de servicio; requerimientos que deben reunir los componentes del concreto, tales como la lechada, cemento, acero, acero reforzado, acero pretensado y almohadillas de soporte elastomérico; pruebas que deben realizarse; métodos de pretensado; métodos postensado; dispositivos de anclaje; requerimientos de construcción; equipos de pretensado; patios de colada, dispositivos para el vaciado de concreto; colocación del acero; pretensado; colada; endurecimiento; postensado; adherencia de acero; acero no adherido; administración; instalación; métodos de medición; bases para el pago.

3) Acero Reforzado

En la Section 604 de NIC2000 se describe este material; los requerimientos que debe reunir; requerimientos de construcción; la protección que debe tener; plegamento; colocación y amarre del acero; métodos de medición y base para el pago.

4) Refuerzo

Las especificaciones para el acero reforzado se describen en las Secciones 604 y 1009 de NIC-2000.

5) Gaviones

Las especificaciones de los gaviones se indican en la Sección 918 de NIC-2000. Esta sección describe el producto, lo define, describe las características de sus componentes, indica los requerimientos de construcción; detalla su ensamblaje e instalación; indica métodos de medición; y establece bases para el pago.

6) Mampostería

Las especificaciones de la mampostería se describen en las Secciones 608 y 913 de NIC-2000. En dichas secciones se reseñan los productos; se definen sus alcances; se indican los diferentes tipos de obras de mampostería; se establecen las características de los materiales que forman el producto; se indican los tamaños y formas de rocas; tallado de la superficie de la roca para la base, de la superficie para las uniones, estratificación y ladrillos de mortero. También se indican los requerimientos para la construcción, métodos de medición y base para el pago. Para el mantenimiento de carreteras, autopistas y puentes generalmente se utiliza la especificación de materiales contenidos en el manual de SIECA.