

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA
Y METALURGICA



ESTUDIO GEOLOGICO - GEOTECNICO DE LA RUTA DE LA
LINEA DE SUBTRANSMISION EN 33 KV HUANUCO -
DOS DE MAYO - HUAMALIES

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEOLOGO

MIGUEL ANGEL DAVILA TRUJILLO

Promoción "Antonio Raimondi"

1990 - I

**Lima - Perú
1997**

INDICE

ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTECNICO DE LA RUTA DE LA LINEA DE SUBTRANSMISION EN 33 kV HUANUCO - DOS DE MAYO - HUAMALIES

INTRODUCCION

CAPITULO Nº 1

1. GENERALIDADES

- 1.1. Objetivos
- 1.2. Ubicación y acceso
- 1.3. Morfología y Clima
 - 1.3.1. Tramo Huánuco - Hacienda Higueras
 - 1.3.2. Tramo Hacienda Higueras - Pampas
 - 1.3.3. Pampas - Ayapite
 - 1.3.4. Ayapite - Rain
- 1.4. Metodología de Trabajo
 - 1.4.1. Etapa de gabinete
 - 1.4.2. Etapa de Campo

CAPITULO N° 2

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 Litología

2.1.1. Substratum Pre-cambriano

2.1.2. Rocas Paleozoicas

2.2 Marco Tectónico

2.2.1. Tectónica Hercínica

2.2.2. Tectónica Eo-hercínica

2.2.3. Tectónica Tardi-Herciniana

2.1.4. Plutonismo

CAPITULO N° 3

3. GEOLOGIA LOCAL

3.1. Litología

3.1.1. Rocas Precámbricas

3.1.2. Rocas Paleozoicas

3.1.3. Rocas Mesozoicas

3.1.4. Rocas Intrusivas

3.1.5. Depósitos Cuaternarios

3.1.5.1. Depósitos fluviales

3.1.5.2. Depósitos fluvio-aluviales

3.1.5.3. Depósitos coluvio-residuales

3.2. Geología Estructural

CAPITULO N° 4

4. GEODINAMICA EXTERNA

4.1. Clasificación de los fenómenos de Geodinámica Externa

4.2.1. Movimiento de Masa

4.2.1.1. Deslizamientos

4.2.1.2. Derrumbes

4.2.1.3. Remoción de escombros de talud y desprendimientos de rocas

4.2.2. Flujos Hídricos

4.2.2.1. Huaycos

4.2.2.2. Torrenteras

4.2.3. Por erosiones

4.2.3.1. Erosión de ladera

4.2.3.2. Erosión de Ribera

4.3.3. Inundaciones

4.2. Criterios para la definición de la ruta del trazo

CAPITULO N° 5

5. GEOTECNIA

5.1. Muestreo de suelos y ensayos de laboratorio

5.2. Terminología usada para la descripción de suelos y rocas

5.3. Estimación de la capacidad portante de los suelos

5.4. Tipos normalizados de terrenos

CAPITULO N° 6

6. SECTORIZACION Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZO DE LA RUTA

6.1. Tramo Huánuco - Hacienda Higueras

6.2. Tramo Hacienda Higueras - Pampas

6.3. Pampas - Ayapite

6.4. Ayapite - Rain

CAPITULO N° 7

7. MEDIDAS CORRECTIVAS POR LA OCURRENCIA DE FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA.

7.1. Medidas correctivas

7.1.1. Contra la erosión en cárcavas

7.1.2. Medidas correctivas contra el desprendimientos de rocas.

7.1.3. Medidas correctivas contra los derrumbes.

7.1.3.1. Tratamiento de taludes .

7.1.3.2. Ejecución de terrazas o banquetas.

7.1.3.3. Muros de contención .

7.1.3.4. Zanjas de coronación o cunetas.

7.1.3.5. Forestación y reforestación

7.1.4. Medidas correctivas contra los deslizamientos

7.1.4.1. Estabilización de taludes por sistema de plantaciones y/o estacones.

7.1.4.2. Consolidación de los deslizamientos.

7.1.5. Medidas correctivas contra la erosión fluvial e inundaciones.

7.2. Materiales de construcción

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Anexo 1 Descripción de calicatas

Anexo 2 Resultados de ensayos de laboratorio

Anexo 3 Planos Geológicos - Geotécnicos a escala 1: 25, 000

INTRODUCCION

Dentro del desarrollo de los proyectos de ingeniería de Líneas de Transmisión la definición de ruta está sujeta a diversos criterios de orden técnico dentro de los que se encuentran el aspecto geológico - geotécnico, principalmente en la evaluación del riesgo de la ocurrencia de los fenómenos de geodinámica externa a lo largo su recorrido, a fin de definir la ruta más óptima en concordancia con todos los demás aspectos que la determinan. Posterior a esta etapa se procede a la obtención de los parámetros geotécnicos y análisis de cimentación de los suelos donde se ubicarán las estructuras de soporte de las líneas para finalmente sectorizar la ruta de acuerdo a las características geomorfológicas, geológicas y geotécnicas del terreno.

En el presente estudio de la Línea de Transmisión en 33 kV Huánuco - Dos de Mayo - Huamalies se aplicó la metodología indicada anteriormente, haciendo énfasis en la descripción , evaluación y análisis de los principales fenómenos de geodinámica externa, la descripción y estimación de las características físicas y mecánicas de los suelos a fin establecer los parámetros de resistencia que determinan la capacidad portante de estos y finalmente se recomiendan mediadas, diseños y proyectos que pudieran ser aplicados como mediadas correctivas por la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa.

CAPITULO N° 1

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVOS

El presente estudio geológico - geotécnico de la ruta de la línea de transmisión del Eje Huánuco - Huamalíes - Dos de Mayo está orientada principalmente a la evaluación de la estabilidad de los terrenos a lo largo de esta, con el fin de evitar las áreas inestables determinando su evolución, magnitud y área de influencia, efectuar una adecuada zonificación de los terrenos a lo largo del trazo en base a sus las características geomorfológicas, geológicas y geotécnicas, determinación de las características geotécnicas y la capacidad portante de los suelos encontrados y finalmente se presentan algunas medidas, diseños y proyectos que pueden ser usados como mediadas contra la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa.

1.2. UBICACION Y ACCESO

El área de estudio se encuentra ubicado en le departamento de Huánuco, abarcando las provincias de Huánuco, Yarowilca y Dos de Mayo. Geográficamente está localizado entre las siguientes coordenadas :

Latitud Sur 9° 45' 20" a 9° 53' 10"

Longitud Oeste 76° 41' 23" a 76' 18' 30"

Las elevaciones en la zona de estudio fluctúan entre 1950 a 4300 m.s.n.m.. El acceso desde Lima se realiza por medio de la Carretera Central hasta la localidad de la Oroya, desde donde se toma la carretera Federico Basadre hasta la ciudad de Huánuco con un recorrido total de 402 km.. Vía aérea se accede al aeropuerto de la ciudad luego de un recorrido de una hora y media . Desde la ciudad de Huánuco se deriva la carretera afirmada Huánuco - La Unión por donde se accede a la zona de estudio.

1.3. GEOMORFOLOGIA Y CLIMA

De acuerdo a las características geomorfológicas que se presentan a lo largo de la ruta se pueden diferenciar los siguientes tramos

1.3.1. Tramo Huánuco - Hacienda Higueras (KM 00+00 a 12+553)

El área corresponde a la cuenca baja del río Higueras fluctuando su elevación entre 1,900 y 2,300 m.s.n.m. .

La topografía predominante es moderada oscilando entre 30° y 40° de pendiente; habiéndose desarrollado un valle ancho con terrazas antiguas fluvio-aluviales potentes (20 m. de espesor) y medianamente extensas a la margen derecha del río.

El principal drenaje lo constituyen del río Huallaga de dirección andina (NW-SE) y sus tributarios como el río Higueras están alineados con la dirección de la foliación E-W de las rocas metamórficas, fallas menores y contactos litológicos controlan el drenaje hacia el río Higueras.

1.3.2. Tramo Hacienda Higueras - Pampas (KM 12+553 a 26+500)

El tramo corresponde a la cuenca hidrográfica del río Mito oscilando sus cotas entre 2,300 a 3,900 m.s.n.m.

La topografía predominante es medianamente accidentada, siendo la pendiente de laderas moderada, oscilando entre 20° y 30° y más

abrupta en la margen derecha del río Mito, constituido principalmente por intrusivos recientes.

El drenaje está controlado principalmente por contactos litológicos, los cuales fueron cortados por quebradas y ríos, caso del río Mito, principal drenaje.

El valle es fluvial, característico por su sección transversal en “V”, existiendo un predominio de la acción erosiva de fondo en vez de la lateral, originando valles profundos y angostos.

1.3.3. Tramo Pampas - Ayapite (KM 26 +500 a 34+638)

La ruta de la línea de transmisión en este tramo atraviesa la zonas más altas de la cordillera oriental, fluctuando su elevación entre 3,900 a 4,300 m.s.n.m..

La topografía predominante es suave caracterizado por zonas de bajo relieve, ubicados por encima de los 4,000 m.s.n.m. ; son característicos los valles de origen glacial en forma de “U”, típicos en las superficies puna entre San Cristóbal y Ayapite .

El drenaje está controlado por fallas paralelas y transversales a los principales anticlinales y sinclinales existentes, con orientación predominante NW-SE.

1.3.4. Tramo Pampas - Rain (KM 34 +638 a 49 + 741)

El área corresponde a la zona alta de la cuenca del río Marañón, fluctuando su elevación entre 3,000 a 3,600 m.s.n.m.; la topografía es ligeramente accidentada con pendientes de ladera moderadas de 20° a 30° de inclinación, siendo más suaves hacia cotas altas.

El clima es templado con noches frescas y frías entre Junio y Agosto y fuerte intensidad de lluvias entre Enero y Marzo. En la sierra la temperatura

promedio es de 14 °C y en la puna de 3 °C con temperaturas de congelación en forma ordinaria durante casi todo el año.

1.4. METODOLOGIA DE TRABAJO

El desarrollo del estudio se efectuó mediante una etapa de gabinete y otra etapa de campo

1.4.2. Etapa de gabinete.-

Esta etapa se realizó en dos partes, una al inicio del estudio y la otra, durante y después de la etapa de campo. La primera parte consistió en la recopilación, selección y evaluación de la información bibliográfica y cartográfica existente, tales como :

- Planos topográficos del IGN a escala 1 : 50,000 y 1: 25,000
- Estudios geológicos y geotécnicos de la zona de estudio.
- Planos de ubicación de restos arqueológicos de I.N.C. , entre otros.

Posterior a la etapa de campo se desarrolló la etapa final de gabinete la cual consistió principalmente en la descripción y evaluación de la información de campo obtenida, realización de los ensayos de campo de muestras alteradas, determinación de los parámetros geotécnicos y análisis de cimentación de los suelos encontrados, elaboración de planos geológicos - geotécnicos y sectorización de la ruta del trazo de acuerdo a las características geomorfológicas, geológicas y geotécnicas.

1.4.2. Etapa de Campo.-

Esta etapa consistió en la determinación de las características geológicas de los terrenos a lo largo de la ruta de la línea, evaluación de los fenómenos de geodinámica externa que la puedan afectar,

ejecución de calicatas exploratorias, descripción y muestreo de suelos a fin de realizar los ensayos de laboratorio necesarios.

CAPITULO N° 2

2. GEOLOGIA REGIONAL

El área de estudio regionalmente corresponde enteramente a la Cordillera Oriental, abarcando sus vertientes occidentales y orientales. La casi totalidad de la región (60% aproximadamente) está constituida por terrenos metamórficos de edad Pre-cambriana representada por series metamórficas poli-deformadas. El resto está constituido por terrenos Paleozoicos, aflorando estos principalmente en la región sub-occidental, entre Ambo y Huánuco.

Morfológicamente la zona está caracterizado por macizos con alturas que pasan los 5,000 m. (macizo de Huagaruncho al sur de Huánuco, 5,870 m), separados por valles profundos.

Hacia el Oeste está limitado por el valle profundo del río Marañón, al Norte constituye la zona de transición entre la Cordillera Oriental y la Cordillera Occidental. Al Sur, a la altura de Ambo - Cerro de Pasco la cordillera Oriental pasa, al Oeste, a una zona de altas planicies, bien desarrolladas en el Perú Central. Hacia el Este el río Huallaga corresponde al límite entre la cordillera y la zona sub-andina.

2.1. Litología

2.1.1. Substratum Pre-cambriano

El substratum Pre-Cambriano, se caracteriza por su composición litológica, su metamorfismo y su tectónica. En base a estas observaciones se afirma que más del 60% de los terrenos que afloran en el interior de un vasto anticlinorium, que constituye la Cordillera

Oriental de la Región de Huánuco, pertenecen al Substratum Pre-Cambriano .

Este complejo Pre-Cambriano que aflora en forma extensa a nivel de la transversal de Huánuco, persiste sin interrupción hacia el norte, por lo que la casi totalidad de la Cordillera Oriental situada al Norte de 10° S, está constituida por el Pre-Cambriano.

Como se indicó anteriormente están constituidas por terrenos metamórficos de edad Pre-Cambriana representada por series metamórficas poli-deformadas. Estas metamorfitas generalmente están representadas por facies “esquistos verdes” localmente marcadas por facies anfibolita profunda y muy localmente pueden pasar a facies granulita.

2.1.2. Material Paleozoico

Regionalmente en el área de estudio los terrenos del Paleozoico inferior están representados por series incompletas y bastantes reducidas correspondientes al borde nor-oriental de la cuenca Paleozoica, siendo el Paleozoico inferior marino, con espesores de 500 a 1,000 m. y el Paleozoico superior nerítico y continental con un espesor que puede llegar a 2,000 m.

2.1.2. 1 Paleozóico Inferior .-

Este aflora poco en la zona. Se le encuentra sobre el borde Occidental de la cordillera Oriental, en el valle de Yanahuanca y en el alto Marañon.

Al Norte de Huánuco (9° 30' S) en el corazón de la Cordillera Oriental aflora un gran sinclinal de material Paleozoico. En esta región el Paleozoico inferior está representado por una serie reducida (700 a 800 m.) .

En la región del Valle de Yanahuanca los terrenos Paleozoicos se encuentran bien definidos en el sector oriental; hacia el sector occidental. en el Valle del Alto Marañón aflora una secuencia muy gruesa de tipo flysh azóica e intensamente plegada, a la que se denomina “Serie de Yanahuanca” que contrasta con el Paleozoico inferior que aflora más al este en lo que respecta al tipo de tectónica y al tipo de material. Las secuencias están atribuidas en su mayoría al Ordovícico constituida principalmente por conglomerado basal, una serie lutítica fosilífera y un miembro superior más grosero de arenisca y cuarcitas.

2.1.2.2 Paleozoico Superior .-

Está constituido por las siguientes unidades litoestratigráficas definidas por N.D. NEWELL , J. CHRONIN y T. G. ROBERTS EN 1953 en su obra “Upper Paleozoic Perú”

Grupo Ambo .-

Correspondiente al Misisipiano. El Grupo Ambo aflora únicamente sobre el borde occidental de la Cordillera Oriental al Norte de esta región J. Wilson (1964 - 1967) este reposa directamente sobre el Pre-Cámbrico o sobre el Ordovícico.

En la base está constituido por un conglomerado basal que reposa en discordancia angular sobre sedimentos plegados del Paleozoico inferior o sobre el zócalo metamórfico Pre-Cambriano. Está constituido por elementos bien redondeados y subangulosos de cuarcitas, areniscas, esquistos y micaesquistos de grosores variables, el conjunto está cementada por una matriz de arenisca feldespática y micáceas

.La parte superior del Grupo Ambo, corresponde a nuevas facies detríticas continentales (areniscas y lutitas con plantas) con un espesor de 500 a 600 m. en la parte terminal del Grupo Ambo existen pasos de tufos volcánicos - sedimentarios de composición riolítica, en laminas delgadas presenta una textura igninbrítica. Se observan afloramientos importantes en la zona del pueblo de Nausa en el Valle de 77Chacaya (10° 18' S S 76° 05' W), en el sinclinal Buenvista (10° 15 ' S - 76° 18' W) y el perfil Rondos - San Cristobal al norte de San Rafael (10°10' S - 76° 10' W).

Grupo Tarma .-

Corresponde al Pensilvaniano. En la región el Grupo Tarma no está bien definido, generalmente se pasa de una serie molásica continental con numerosas plantas a un conjunto calcáreo, habitualmente atribuidos al Grupo Copacabana. Así, está representado por un conglomerado rojo con rodados bien redondeados de areniscas y cuarcitas, luego areniscas finas amarillentas intercaladas con lutitas negras y hacia el tope de la serie se encuentran niveles finos de calcáreos grises en bancos pequeños de 10 a 20 cm., así como niveles de 5 a 8 m. de cuarcitas blancas de aspecto sacaroide.

Es probable que la parte terminal, detrítica, del grupo Ambo corresponda al Pensilvaniano inferior.

Grupo Copacabana

Corresponde al Pérmico inferior . En la zona no aflora sino en muy raros puntos de la cordillera Oriental. Sobre la ribera izquierda del Huallaga entre Salcachupan y Ambo, se observa una secuencia de 200 a 300 m. de espesor, de calcáreos marinos atribuido al Copacabana. La cual está

constituida por calizas gris clara intercaladas en la base con lutitas negras a brumo-oliva. Las calizas se encuentran en capas regulares (30 a 40 cm.) intercaladas hacia el tope de la serie con areniscas finas y algunos pequeños bancos de cuacitas . Las calizas areniscosas son frecuentes en el tope de la serie y se pasa muy rapidamente , sin ninguna traza de discordancia, a las molasas rojas del pérmico superior.

Serie Continental del Pérmico Inferior.

Al oeste de Huánuco en la encañonada de Ayapite sobre la ruta Huánuco - Chavinillo - La Unión se encuentra una formación concordante debajo de los conglomerados Mitu y bastante diferente del Grupo Copacabana. De Oeste a Este se tiene al zócalo metamórfico Pre-Cambriano y encima, en discordancia angular, una serie constituida por 200 m. de lutitas gris-verduscas intercaladas con areniscas oscuras algunas veces rojizas. Una serie análoga aflora sobre la ribera izquierda del Marañón ligeramente al NNO de Jibia. Lo que evidencia que el Pérmico localmente puede estar representado por niveles detríticos continentales.

Grupo Mitu .

De edad Pérmico medio y superior - Triásico inferior. Regionalmente en la zona de estudio, está bien desarrollada en la parte sur-oeste , entre Cerro de Pasco y Ambo donde reposa directamente sobre las calizas del Copacabana. Al norte de Ambo, y en todo el valle del Marañón el Mitu reposa en discordancia angular neta, directamente sobre el zócalo metamórfico Pre-cambriano. Sobre la vertiente oriental de la Cordillera Oriental el Mitu, reposa igualmente en discordancia sobre el zócalo Pre-cambriano. Está bien desarrollado con predominio de material volcánico. La

secuencia detrítica está constituida por conglomerados y areniscas groseras intercaladas con niveles finos de lutitas; el conjunto tiene una coloración rojiza (tono de vino, muy característico).

Los conglomerados están formados por cantos más o menos redondeados de esquistos, mica-esquistos, cuarcitas y granitos y algunas veces pequeñas proporción de fragmentos de calizas del carbonífero. El cementante está constituido por arenas finas con predominio de cuarzo, feldespatos, hematita y minerales pesados. Se conocen algunos niveles carbonatados sobre la vertiente oriental de la cordillera . Las intercalaciones volcánicas son reducidas en la parte occidental (Cerro de Pasco, Ambo y Valle del Marañón) y sobre la vertiente oriental , las rocas volcánicas representan cerca de 70% de la sección. Se trata de coladas o brecha, de tufos consolidados, de composición riolítica. La presencia de estos volcánicos indica que durante la deposición del Pérmico superior, se produjeron movimientos de distensión acompañados de fallas sin sedimentarias.

2.2. Marco Tectónico

2.2.1. Tectónica Hercínica

La cadena Hercínica en el Perú y Bolivia ha sido constituida en el curso de dos fases tectónicas (MEGARD et al 1971).

- La primera fase o fase Eo-hercínica datada como Devónico superior; marca la discordancia general del Misisipiano sobre los terrenos plegados del Paleozoico inferior

- La segunda fase o fase tardihercínica se manifiesta por una fase de plegamiento. En el Centro y en el Norte se produce solamente una epirogénesis .

2.2.2. Tectónica Eo-hercínica

Dada la ausencia de terrenos devonianos en la zona se conviene en llamar discordancia Eo-hercínica a la discordancia del Misisipiano poco deformado sobre terrenos plegados del Paleozoico inferior. Esto es evidente en la discordancia de Nausa, sobre la ribera izquierda del río Huallaga, 4 kms. al sur de Huánuco, en la discordancia de Misisipiano en el Valle de Chaupihuanga entre Ambo y Parcoy y en la Discordancia de Higueras al oeste de Huánuco, cerca del pueblo de Higueras.

De modo general, la región en estudio, se caracteriza por tener una fase eo-hercínica de poca intensidad. El plegamiento eo-herciniano es característico de la parte superior del nivel estructural inferior, en el límite del frente superior de esquistosidad.

2.2.3 Tectónica Tardi-Herciniana

El gran corte del Pérmico medio, señalado por N.D. NEWELL (1953), se traduce en el Perú Central por un cambio brusco de sedimentación. A los depósitos marinos del Leonardiano (Grupo Copacabana) suceden molasas rojas y el volcanismo del Pérmico superior -Grupo Mitu. Este cambio brusco de tipo de sedimentación es debido a una emersión general del territorio peruano , emersión generada por un solevantamiento general asociado a un sistema de fallas longitudinales.

En primera aproximación, la región del Perú Central está caracterizado, en el Tardi - Hercínico, por una tectónica cesante acompañada de vulcanismo. Estos dos corresponden a un régimen

general en distensión que prefigura la evolución mesozoica.

2.1.4. Plutonismo

En la Cordillera Oriental de la Región de Huánuco, afloran importantes macizos intrusivos, la mayor parte de estos se ubican dentro del complejo Pre-cambriano, la ausencia total de determinación geo-cronológica y el escaso estudio efectuado, no permite su ubicación exacta en una u otra orogenia.

De modo general, se puede diferenciar dos grandes tipos de macizos ; lo macizos relativamente pequeños que afloran al Norte y Oeste de Huánuco hasta la región del Marañon y el gran batolito complejo que constituye la casi totalidad de la Cordillera Oriental al Sur de Huánuco.

CAPITULO N° 3

3. GEOLOGÍA LOCAL

3.1. Litología

3.1.1. Rocas Precámbricas

Estos afloramientos son los más abundantes en el área de estudio. Están constituidos por rocas metamórficas de esquistos micaceos y fillitas color gris y marrón grisácea intercalados por pequeños bancos cuarcíticos color gris claro.

Presentan una foliación característica y con orientación predominante E-W y buzamiento 30° - 40° al NE . Afloran desde la localidad de Miraflores hasta Pampas hacia la margen izquierda del río Higueras y Mito, y desde San Cristóbal de Jacas Chico hasta Obas .

3.1.2. Rocas Paleozoicas

Grupo Mitu

Se le atribuye una edad Pérmico medio y superior - Triásico inferior .

Litológicamente está constituido por una secuencia detrítica molásica representada por lutitas y lodolitas color marrón ladrillo. Sobreyacen en discordancia angular sobre los depósitos precámbricos.

Presentan una orientación NW-SE y buzamiento 30°-40° al SW. Estos depósitos afloran entre la localidad de Pampas y San Cristóbal de Jacas Chico.

3.1.3 Depósitos Mesozoicos

Grupo Pucará

De edad triásico superior a Jurásico inferior

Litológicamente están constituidas por una serie carbonatada representada por rocas calcáreas color gris plomizo. Esta secuencia sobreyace a la lutitas y lodolitas del Grupo Mitu.

Sus afloramientos presentan una orientación NW-SE y buzamiento 30°-40° al SW. Afloran entre la localidad de Pampas a Rosapampa y Ayapite a San Cristóbal de Jacas Chico donde forma, conjuntamente con la secuencia anteriormente descrita, un sinclinal de orientación NW-SE.

3.1.4 Rocas Intrusivas

Están conformadas por afloramientos de dioritas de grano medio a fino de coloración oscura, las mismas que están cortados por un granito gris claro a rosado de grano medio con biotita -plagioclasa -feldespatos potásicos. Estas están afectadas por dos sistemas de fallas: un sistema N 20° E con estrías horizontales y un sistema N 60° E con estrías oblicuas. Estas rocas intruyen a las secuencias precambrianas.

La edad de estos macizos no está aún definida. La ausencia de deformación, excepto las grandes fallas recientes, hacen pensar que son probablemente de edad Andina.

Estas rocas afloran desde Húanuco hasta la Localidad de Miraflores y hacia la margen izquierda del río Mitu desde la Hda. Higueras hasta cerca a la localidad de Pampas.

3.1.5 Depósitos Cuaternarios

3.1.5.1 Depósitos fluviales

Localizados en el cauce actual de los ríos, en forma de lentes, tanto en las márgenes como en las partes centrales, provienen del material aluvial aterrizado o coluvial, retrabajados y limpios; consistentes en cantos rodados de 1" a 10" de tamaño envueltos en una matriz

arenosa. De acuerdo a la composición litológica de los cantos se aprecian rocas metamórficas, granodioritas, dioritas y calizas.

3.1.5.2. Depósitos fluvio- aluviales

Son depósitos aterrazados con predominio de gravas constituidos por andesitas, granodioritas, dioritas y caliza envueltos en una matriz areno -limosa compacta. Estos se presentan principalmente hacia la margen derecha del río Higueras entre Huánuco y la Hacienda del mismo nombre.

3.1.5.3. Depósitos coluvio - residuales

Son los depósitos de materiales provenientes de la descomposición y disgregación física-mecánica de los afloramientos rocosos acumuladas generalmente en las laderas de los cerros.

Están constituidos por bloques subangulosos y angulosos de rocas metamórficas y graníticas, envueltos en una matriz areno-arcillosa y limo- arenosa.

CAPITULO N° 4

4. GEODINAMICA EXTERNA

Es conocido que nuestro territorio por sus especiales características fisiográficas, geológicas, geomorfológicas y climáticas conforman en su conjunto, un cuadro aparente para la ocurrencia de fenómenos de Geodiámica Externa, que en la mayoría de los casos tienen incidencia en la seguridad de las obras de ingeniería y centros poblados.

La definición de la ruta de la línea de transmisión se efectuó considerando todos los criterios técnicos que la determinan, dentro de los cuales se encuentran la evaluación del riesgo de los fenómenos de geodinámica externa a lo largo de la ruta determinando su evolución, magnitud y área de influencia a fin de evitar las zonas inestables. A continuación se hace una descripción de los principales fenómenos de geodinámica externa localizados a lo largo de la ruta de la línea de transmisión y los principales criterios a considerar para la definición del trazo de la ruta de la línea de transmisión.

4.1. CLASIFICACION DE LOS FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA

Teniendo en cuenta criterios tales como : tipos de fenómenos, volumen o magnitud y tipo de material ; se ha realizado la clasificación en 4 grupos principales que se indican a continuación:

4.2.1. Movimiento de Masa

Son los fenómenos de geodinámica externa en los que el tipo de material predominante son los elementos sólidos (roca y suelo). Es la transposición o desplazamiento de un volumen de material de suelo y/o roca pendiente abajo sobre una superficie cóncava o irregular.

Puede ser causada por procesos gravitacionales, por influencia directa o indirecta de la presión de agua, obras humanas, movimientos sísmicos, por esfuerzo de corte o cizalla y por erosión, entre otros. Su mecanismo puede ser lento, imperceptible y rápido. Los efectos pueden ser destructivos y en otros casos catastróficos. Los movimientos de masa según la magnitud y el mecanismo se dividen en :

4.2.1.1. Deslizamientos

Se denomina así a la ruptura y desplazamiento del material de suelo o roca sobre un talud y que va pendiente abajo. Puede ser causada por alteración de un talud natural, sobre saturación del terreno, procesos gravitacionales y movimientos sísmicos de intensidad, fuerte pendiente del terreno y excesivas precipitaciones pluviales, etc. :

- Deslizamientos recientes : son remociones de masa continuas y recientes, de gran magnitud de rocas y/o suelos.
- Deslizamientos antiguos : Son remociones de suelo y/o roca antiguos y que permanecen en reposo o estacionarios.

Tenemos tres tipos de deslizamientos que pasaremos a definir :

Deslizamiento rotacional : Es la ruptura y movimiento de un material pendiente abajo. Puede ser debido a esfuerzos cortantes o cizalla, movimientos sísmicos, etc. Involucra bloques de suelo o roca que giran sobre un plano de deslizamiento, con movimiento circulares y semi circulares,

rotando de arriba hacia abajo o viceversa.

Deslizamiento traslacional o retrogresivo ; Llamado así cuando una masa de suelo o roca tiende a moverse de abajo hacia arriba en segmentos circulares parciales sobre un plano de deslizamiento. Este tipo de fenómeno está compuesto por una serie de simples deslizamientos rotacionales que se continúan sucesivamente.

Deslizamientos en loza o planar ; producidos cuando en una masa de suelo o de roca estratificadas, los estratos superiores tienden a deslizarse con respecto a los inferiores. Puede ser causado por la ruptura de ligazón, por esfuerzos cortantes, corte de talud , entre otros (ver gráfico N° 1).

4.2.1.2. Derrumbes

Es el movimiento o desplome de una masa de suelo, roca o mezcla de ambos, de poca magnitud y volumen pendiente abajo de un talud natural o ladera, a causa de la excavación o corte, pérdida de soporte lateral, socavamiento de un río o acción marina de los acantilados, formando colinas o depósitos en conos de deyección

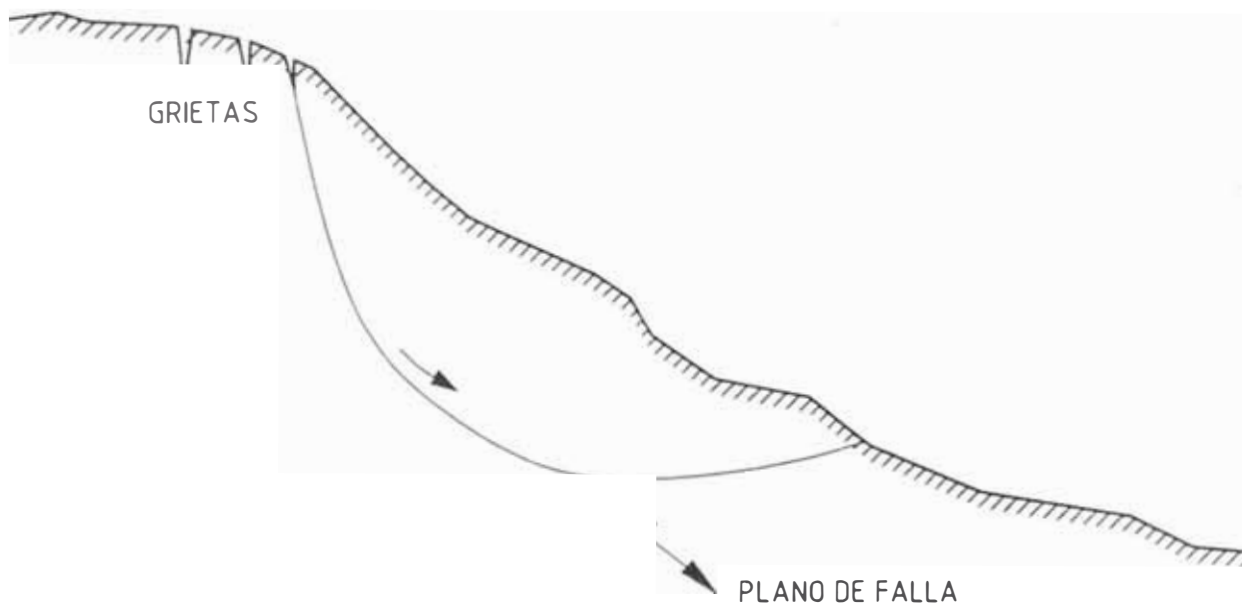
4.2.1.3. Remoción de escombros de talud y desprendimientos de rocas.

Son remociones activas y masivas de fragmentos y escombros rocosos, de poca magnitud, que se presentan con mucha frecuencia en tramos relativamente cortos. Ocurre en las laderas de alta pendiente en forma de cono. Se inician en las partes altas de las laderas en forma de pequeños rodados de fragmentos rocosos y sueltos, por efecto de la gravedad , las lluvias y el viento se desplazan en forma de

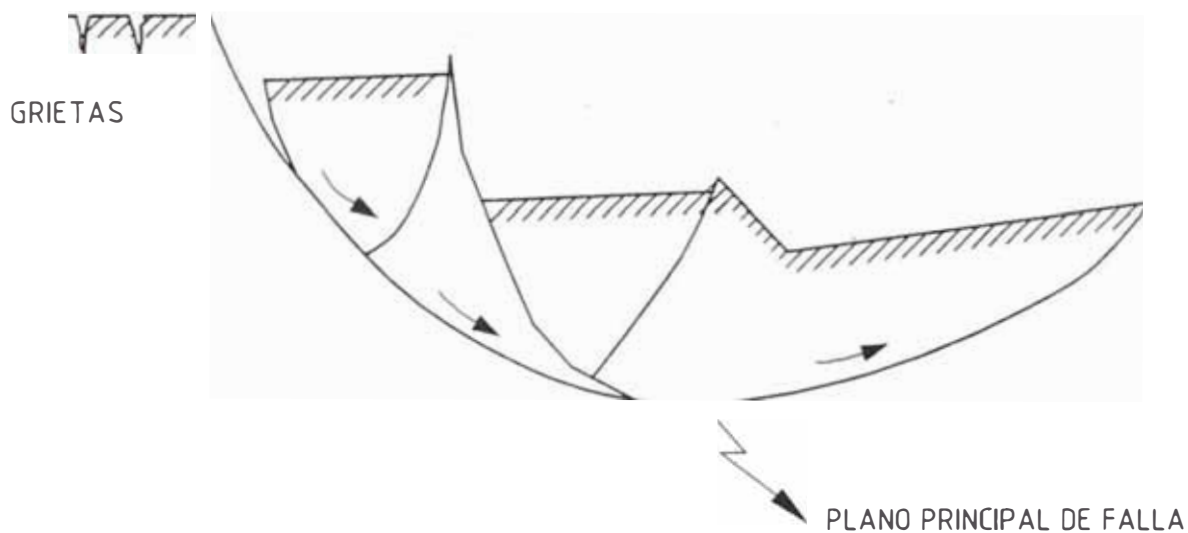
GRAFICO N° 1

T POS DE DESL ZAMENTOS

DESLIZAMIENTO ROTACIONAL



DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL O RETROGRESIVO



DESLIZAMIENTO PLANAR



abanico hacia la parte inferior.

Los desprendimientos de roca ocurren en materiales que muestran amplia familia de diaclasamiento y disyunción de las rocas; que en sus procesos avanzados dejan numerosos bloques libres en estado de equilibrio crítico. Las causas que incentivan la acción de estos son las fuertes pendientes de talud, la fuerza de la gravedad, lluvias abundantes y torrenciales y alivio de tensiones laterales en los cañones. De estas se consideran las vibraciones sísmicas como las que provocan situaciones de mayor riesgo ya que en estos casos los desprendimientos se producen simultáneamente.

4.2.2 Flujos Hídricos

Son los desplazamientos en forma violenta y destructiva de masas de agua, lodo y rocas a través de una quebrada ó valle :

Las causas que la producen son : intensas precipitaciones pluviales, fusión del hielo, incremento intempestivo del caudal de los ríos, movimientos sísmicos y gravedad.

4.2.2.1 Huayco

Son las avenidas intempestivas de aguas turbias, turbulentas o flujos de barro cargadas de sólidos de diferentes tamaños, troncos de árboles, ramas y diferentes tipos de rocas provenientes del sector de las nacientes de los cursos de agua especialmente en áreas interfluviales, que se desplazan a través de quebradas y valles, con movimientos lentos o rápidos.

Los factores que intervienen en la generación de huaycos son :

- Topográficos : Fuertes pendientes que varían entre 22 y 60 grados en las laderas y 3 a 8 grados en las quebradas .

Litológicos : tipos de roca que permiten la rápida meteorización, alteración y consecuente desintegración formando importantes acumulaciones de material suelto, los cuales se localizan en las quebradas subsidiarias.

- Tectónicos : crean las zonas de debilidad a causa del intenso fracturamiento.
- Climatológicos : zonas de clima árido a semiárido con intensas precipitaciones en cortos periodos de tiempo, estacionarios y/o excepcionales.

Antrópicos producidos por acción del hombre, consiste en actividades ganaderas (sobre pastoreo) y tala indiscriminada de bosques naturales.

Para entender estos fenómenos es necesario definir tres zonas de diferentes características

- Cuenca de Recepción o zona de producción.
- Cuenca media o zona de transporte y erosión
- Cuenca baja o zona de acumulación o cono de deyección.

Las precipitaciones de alta intensidad que se producen en la cuenca de recepción, saturan los materiales sueltos produciendo luego la escorrentía superficial la cual acarrea materiales con relativa violencia. En la zona de transporte estos flujos causan una intensa erosión lateral en la base del canal, produciendo derrumbes y embalses momentáneos, los cuales al romperse y ayudados por las fuertes pendientes adquieren gran energía que al llegar a la zona de menor pendiente (cono de deyección) y mayor extensión depositando bloques de gran extensión en el vértice, así como lodo y materiales finos en los extremos del cono.

4.2.2.2 Torrenteras

Son flujos de agua turbias, impetuosas, temporales e irregulares que ocurren en quebradas y valles de régimen hídrico intermitente. Generalmente ocurre en la zona de la costa.

4.2.3. Por erosiones

4.2.3.1. Erosión de ladera

Es la destrucción, lavado y transporte sucesiva de la capa superior del suelo en forma de lámina continua causada por el escurrimiento superficial, producto de las lluvias y riego indiscriminado. Las partículas del suelo se desprenden y el agua los arrastra pendiente abajo hasta el valle, transportados por el río y su red tributaria. Esta erosión puede ser incrementada por la practica agrícola inadecuada y el resultado de este proceso es la disminución gradual del espesor del perfil del suelo con su consecuencias desfavorables para la vegetación y árboles, así como para

los terrenos de cultivo.

El grado superior de este fenómeno es la erosión en cárcavas que se produce cuando el agua que corre por la pendiente desprotegida de vegetación y según la cantidad y velocidad se abre una endidura profunda en el suelo. Cuando la pendiente es empinada en el extremo inferior se forma un escalón que gradualmente va avanzando cuesta arriba . Lo que comenzó como un hilo de agua que discurría por un surco se convierte en una grieta de decenas de metros de profundidad y cientos metros de anchura , formándose así los llamados circos erosivos activos.

4.2.3.2. Erosión de Ribera

En el régimen de un río irregular y torrencioso en épocas de crecida se incrementa su caudal con el aporte de sólidos y carga que transporta ya sea en disolución , suspensión, saltación, rodamiento y arrastre, elementos que actúan como componentes horizontal y vertical de la fuerza erosiva de la corriente.

Estos procesos erosivos actúan con mayor fuerza en lugares de mayor velocidad de circulación , en los meandros y en las rocas de menor resistencia. La componente horizontal es la que produce la erosión lateral por socavamiento y derrumbes de los márgenes los márgenes, cuyos materiales sólidos son transportados aguas abajo luego nuevamente depositados por pérdida del poder de transporte del río, así como por la disminución de la pendiente, velocidad y caudal ocasionado la sedimentación en esta parte del río.

4.3.3. Inundaciones

Es la acción y efecto de cubrir temporalmente las áreas de los terrenos adyacentes a las riberas de los ríos por desbordes o obstrucción de su lecho. Este fenómeno ocurre mayormente como consecuencia de las fuertes lluvias. Es en esta época que el lecho del río es insuficiente para transportar el volumen de agua incrementado, así como la carga de sólidos; por lo tanto el río se desborda e inunda los terrenos aledaños.

4.2. Criterios para la Definición de Ruta de la Línea de Transmisión

Los principales criterios técnicos a considerar para la definición de la ruta de la línea de transmisión son los siguientes :

- Evitar generar vanos (distancia entre estructuras) excepcionales de gran longitud, a fin de evitar el uso de estructuras especiales.
- Evitar en lo posible el cruce de carreteras, caminos, líneas de energía eléctrica, entre otros.
- Evitar pasar por zonas pobladas, edificios públicos, construcciones de recreo, cuarteles, polvorines, campos de maniobras militares, campos de aterrizaje, fabricas, cementerios, zonas arqueológicas, zonas de reserva natural y otras zonas de exclusión.
- El ángulo mínimo de cruces con carreteras y otras líneas (transmisión, telégrafo o teléfono) debe ser menor a 20°
- La distancia del eje de la línea a la berma de un camino, o al riel más cercano de una línea férrea, no podrá ser menor en ningún caso menor de 20 metros.
- Llevar el trazo por zonas de buen grado de acceso, poco accidentados a fin de facilitar la construcción, operación y mantenimiento de la línea.

- Evitar las zonas inestables o afectadas por fenómenos de geodinámica externa de acuerdo su evolución, magnitud y área de influencia.

CAPITULO N° 5

5. GEOTECNIA

La Geotécnia es la ciencia de aplicación de las diferentes especialidades de la ingeniería, que basadas en la información y estudios básicos de Geología y Geomorfología, así como de mecánica de suelos y otras ciencias naturales permiten efectuar una correcta planificación y ejecución de las diferentes obras de construcción.

Así, con el objetivo de conocer la capacidad portante de los suelos donde se ubicarán las estructuras, en base a la determinación de las características físicas y mecánicas de estos, se realizó la exploración de suelos ubicándose los sitios más representativos de los diferentes tipos terrenos encontrados a lo largo de la ruta.

5.1. Muestreo de Suelos y ensayos de laboratorio

Con el objetivo de determinar el tipo y características del subsuelo, así como, obtener muestras alteradas representativas de este, se realizaron pozos exploratorios mediante el ejecución de calicatas.

5.1.1. Metodología de Muestreo

Una vez ubicado el sitio de exploración se procedió a la excavación manual del pozo exploratorio hasta una profundidad de 2.00 m. ó hasta encontrar roca.

Seguidamente una vez seleccionada la capa de suelo a muestrear se extrajo de 5 a 6 kgr. de muestra de suelo alterada procediendo a enbolsarlo en dos bolsas de plástico con su respectiva identificación de proyecto, lugar, fecha y código de muestra.

5.1.2. Ensayos de laboratorio

A fin de determinar el tipo de suelo, de acuerdo a la clasificación SUCS y otras características de este, se realizaron ensayos estándar sobre muestras alteradas. Esta clasificación sirvió para obtener de una manera comparativa y aproximada los parámetros de densidad, cohesión y ángulo de fricción interna necesarios y así, aplicando fórmulas empíricas determinar de manera aproximada la capacidad portante de los suelos .

Las muestras de suelos alteradas fueron sometidos a los siguientes ensayos estándar

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422)
- Clasificación SUCS
- Limite Líquido (ASTM D-423)
- Límite Plástico e índice de Plasticidad (ASTM D-424)
- Peso específico.

En el Anexo N° 1 se incluye la relación de las calicatas realizadas, las mismas que se ubican en los planos geológicos - geotécnicos.

5.2. Terminología usada para la descripción de Suelos y Rocas

Para la descripción de suelos se uso la siguiente terminología

A .- Color

Se registra el color del material en estado natural. Si las paredes del sitio de investigación están secas, se pica en ella lo suficiente para dejar a la vista el terreno con su humedad natural y se registra el color de este suelo.

B.- Tamaño de los Grano

Denominación	<u>Dimensiones en Pulgadas</u>
Bolos y bloques	> 3”
Gravas	0.078” - 3 “
Arenas	2.46×10^{-3} - .0078”
Limos y Arcillas	$< 2.46 \times 10^{-3}$

C.- Graduación

Es aplicada solo a suelos granulares

<u>Denominación</u>	<u>Descripción</u>
- Bien Graduada	Si hay partículas de todos los tamaños entre el máximo y el mínimo en proporciones adecuadas. Se le denomina con la letra “W”.
- Mal Graduadas	Si hay exceso ó ausencia de partículas de un determinado rango de tamaño entre el máximo y el mínimo. Se le asigna la letra “E”.

D.- Plasticidad

<u>Denominación</u>		<u>Resistencia en estado seco</u>	<u>Ensayo de Campo</u>
No plástico	● - 3	Muy Bajo	Se cae en pedazos

muy fácilmente

Ligeramente Plástico	4 - 15	ligera	Se tritura fácilmente con los dedos
Medianamente	16- 30	Mediana	Difícil de Triturar Plástico
Muy plástico	>31	Alta	Imposible triturar con los dedos

E.- Humedad

<u>Denominación</u>	<u>% de Humedad</u>
Seco	0
Ligeramente Húmedo	1- 25
Húmedo	26 - 50
Muy Húmedo	51 - 75
Mojado	76 - 79
Saturado	80 - 100

F. Consistencia o compacidad

El término consistencia se reserva para los suelos cohesivos con una cantidad apreciable de finos y para su descripción se usan los siguientes términos

Denominación	<u>Descripción</u>
Muy Blando	Tiene una resistencia a la compresión simple menor de 0.25 Kg./cm.; el puño de la mano entra con facilidad en el suelo natural.
Blanda	Resistencia a la compresión simple entre 0.25 y 0.50 Kg./cm.; el dedo índice entra en el suelo siempre que se ejerza una presión importante.
Media	Resistencia a la compresión simple entre 0.5 y 1.0 Kg./cm. ; se puede enterrar un lápiz empujándolo con la mano o el dedo pulgar penetra hasta la uña.
Firme	Resistencia a la compresión simple entre 1 y 2.0 kg./cm. ; un lápiz empujado con presión deja o entra un mínimo o el pulgar no penetra.
Muy firme	Resistencia entre 2 y 4 Kg./cm. ; un lápiz empujado con fuerte presión apenas deja huella.
Duro	Resistencia superior a 4 Kg./cm. ; un lápiz empujado con fuerte presión no deja huella.

El término compacidad se reserva solo para suelos granulares (gravas y arenas). Para su descripción se usan los siguientes términos :

Denominación	<u>Descripción</u>
Sueltos	Corresponde a suelos fácilmente desmoronables (no confundir con falta de cohesión), con granos en posiciones inestables; desplazamiento relativo de las partículas de grava al ser presionadas fuertemente. Se requiere entibar las paredes.
Media	Pequeños golpes de martillo sobre piedras en la pared pozo dan origen a caída de los materiales mas próximos a la piedra, se observan desplazamientos relativos de partículas de grava al ser solicitados por golpe de martillo, no siempre es necesario entibar las paredes.
Densos	En general todas las piedras se encuentran bien trabadas y presentan cierta dificultad de extracción, no

se requiere entibar las paredes.

G.- Materia Orgánica

<u>Denominación</u>	<u>Descripción</u>
Nada	Si no existen indicios
Escasa	Si solo se observan raíces finas aisladas o hay algún indicio de materia orgánica.
Media	Si hay raíces en cantidades apreciables o si hay raíces gruesas aunque estén aisladas
Alta	Si el Suelo presenta un alto contenido de materia orgánica y o raíces.

H Símbolo de Grupo

Se clasificó de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) , considerando solo la fracción de suelos con tamaño inferior a los 3 pulgadas , cuya clasificación se indica a continuación

Suelo granulares

- GW Gravas bien graduadas, mezcladas de gravas y arena con poco o nada de finos.
- GP Gravas mal graduadas bien graduadas, mezcladas de gravas y arena con poco o nada de finos .
- GM Gravas limosas , mezcladas de gravas, arena y limo.
- GC Gravas arcillosas, mezclas de grava arena y arcilla
- SW Arena bien graduada, arenas con grava, con poco o nada de finos
- SP Arena mal graduada, arenas con grava, con poco o nada de finos
- SM Arena limosas, mezclas de arena y limo.
- SC Arena arcillosas, mezclas de arenas y arcilla.

Suelos cohesivos :

- ML Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillas ligeramente plásticas .
- CL Arcilla inorgánica de baja a media plasticidad, arcilla con grava, arcillas arenosas , arcillas limosas, arcillas pobres

- OL. Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
- MH Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos plásticos.
- CH Arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcillas francas .
- OH Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.

La descripción de suelos de las calicatas realizada a lo largo del trazo se incluyen en el anexo N° 1

Para la descripción de rocas se usó la siguiente clasificación, la misma que se resume en el Cuadro N° 1:

A. Grado de alteración

Roca Fresca : No hay señales visibles de material de roca lixiviada, tal vez una ligera decoloración en la superficie de la discontinuidad.

Roca Ligeramente alterada: Se observa la decoloración profunda en el material y en la superficie de discontinuidad.

Roca moderadamente alterada : Menos del 35% del material rocoso está descompuesto y/o disgregado, la roca fresca está presente como una estructura discontinua o como testigo de roca.

Roca extremadamente alterada : Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado, la roca se disgrega con la mano y se conserva únicamente los rasgos de la estructura original.

Suelo residual : Cuando todo el material rocoso se ha convertido en suelo, no se observa ni estructura ni fábrica y no hay transporte de material.

B.- Grado de fracturamiento

Roca ligeramente fracturada : El macizo presenta menos de 2 fracturas por metro lineal.

Roca fracturada : Presenta 2 a 5 fracturas por metro lineal.

Roca muy fracturada Presenta 6 a 10 fracturas por metro lineal.

Roca extremadamente fracturada: Presenta 11 a 20 fracturas por metro lineal

Roca triturada : Presenta mas de 20 fracturas por metro lineal.

C.- Grado de Dureza

Roca muy resistente : Requiere de varios golpes de

	martillo para romperse. Resistencia estimada mayor a 200 MPa.
Roca Resistente	Se rompe en uno o dos golpes del martillo. Resistencia estimada de 100 a 200 MPa.
- Roca moderadamente resistente	Se indenta en la picota. Resistencia estimada de 50 a 100 MPa.
Roca suave :	Se disgrega con golpes de picota. Resistencia estimada de 20 a 40 MPa.
Roca muy débil	Se rompe fácilmente con la mano. Resistencia estimada menor de 10 MPa.

D.- Grado de estratificación

Muy gruesa	Estratos con potencia mayor de 2 metros.
Gruesa :	Estratos con potencia de 1 a 2 metros.

CUADRO N° 1
**CLASIFICACION GEOTECNICA DE
 MACIZOS ROCOSOS**

Grado de Alteración (ISRM, 1978)

Parámetro	Calificativo	Descripción
a1	Roca Fresca	No hay señales visibles de material de roca lixiviada, tal vez una ligera decoloración en la superficie de la discontinuidad
a2	Roca ligeramente alterada	Se observa la decoloración más profunda en el material y en la superficie de discontinuidad.
a3	Roca moderadamente alterada	Menos del 35% del material rocoso está descompuesto y/o desintegrado, la roca fresca o decolorada se presenta como una estructura continua y como testigo de roca
a4	Roca altamente alterada	Más del 35 % del material rocoso está descompuesto ó disgregado, la roca fresca está presente como una estructura discontinua o como testigo de roca.
a5	Roca extremadamente alterada	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado, la roca se disgrega con la mano y se conserva unicamente los rasgos de la estructura original
a6	Suelo residual	Cuando todo el material rocoso se ha convertido en suelo, no se observa ni estructura ni fábrica y no hay transporte de material

Grado de fracturamiento

Parámetro	Calificativo	Descripción
b1	Roca ligeramente alterada	El macizo presenta menos de 2 fracturas por metro lineal
b2	Roca fracturada	Presenta 2 a 5 fracturas por metro lineal
b3	Roca muy fracturada	Presenta 6 a 10 fracturas por metro lineal
b4	Roca extremadamente fracturada	Presenta 11 a 20 fracturas por metro lineal
b5	Roca triturada	Presenta más de 20 fracturas por metro lineal

Grado de Dureza (Deere y Miller, 1966)

Parámetro	Calificativo	Descripción
c1	Roca muy resistente	Requiere de varios golpes de martillo para romperse Resistencia estimada mayor a 200 MPa
c2	Roca resistente	Se rompe en uno o dos golpes de picota Resistencia estimada de 100 a 200 MPa
c3	Roca moderadamente resistente	Se indenta con la picota Resistencia estimada de 50 a 100 MPa
c4	Roca suave	Requiere de varios golpes de martillo para romperse Resistencia estimada de 20 a 50 MPa
c5	Roca muy débil	Se rompe facilmente con la mano Resistencia estimada menor de 20 MPa

Grado de Estratificación

Parámetro	Calificativo	Descripción
d1	Muy gruesa	Estratos con potencia mayor de 2 metros
d2	Gruesa	Estratos con potencia de 1 a 2 metros
d3	Moderada	Estratos con potencia de 0.5 a 1 metro
d4	Delgada	Estratos con potencia de 0.01 a 0.50 metro
d5	Laminar	Estratos con potencia menor de 0.01 metros

Moderado	Estratos con potencia de .05 a 1 metro.
Delgado :	Estratos de 0.01 a 0.5 metros de potencia.
Laminar :	Estrato con potencia menor de 0.01 metros.

5.3. Estimación de la capacidad portante de los suelos

Se determinó la capacidad admisible de carga en base a la fórmula de TERZAGHI - PECK.

$$q_{ult} = C * N_c + \gamma * D_f * N_q + \frac{1}{2} * \gamma * N_\gamma * B \quad \dots (1)$$

$$q_{ad} = \frac{q_{ult}}{F_s} \quad \dots (2)$$

donde :

q_{ult}	–	Capacidad última de carga
C	–	Cohesión
γ	–	Densidad Natural
B	–	Ancho de la zapata
D_f	–	Profundidad de cimentación
N_c, N_γ, N_q	–	Parámetros en función del ángulo de Fricción interna. (cuadro N ° 2)
q_{ad}	–	Capacidad admisible de carga
F_s	–	Factor de seguridad = 3

CUADRO N° 2

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			
Angulo de Fricción interna	Nc	Nq	N _γ
0	5,14	1,00	0,01
5	6,50	1,60	0,50
10	8,30	2,50	1,20
15	14,00	3,90	2,60
20	14,80	6,40	5,40
25	20,70	10,70	10,80
30	30,10	18,40	22,40
32	35,50	23,20	30,20
34	42,20	29,40	41,10
36	50,60	37,70	56,50
38	61,40	48,90	78,00
40	75,30	64,90	109,20
42	93,70	85,40	155,50
44	118,40	115,30	224,60
46	152,10	158,50	330,50
48	199,30	222,30	496,30
50	266,90	319,10	762,50

Terzaghi, 1943

En base a las observaciones y evaluación geotécnica de campo, los resultados de ensayos de laboratorio y la aplicación de experiencias anteriores ; en el cuadro N° 3 se indican la clasificación y características físico - mecánicas de los diferentes tipos de suelos encontrados y la capacidad portante calculada de estos. Para el caso de terrenos rocosos se asume capacidades portantes de acuerdo a sus características litológicas considerando que estas presentan las mejores condiciones de cimentación.

Así, para el caso de un suelo limoso de baja plasticidad la capacidad portante se obtiene de la siguiente manera :

Donde :

$$\text{Densidad Natural} = 1.70 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Cohesión} = 0,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Angulo de Fricción interna} = 30^\circ$$

Parámetros en función del ángulo de Fricción

$$N_c = 30.1$$

$$N_\gamma = 22.0$$

$$N_q = 18.4$$

$$\text{Ancho de la zapara de cimentación} = 1.00 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad de la cimentación} = 2.00 \text{ m.}$$

Aplicando la fórmula (1)

$$q_{ult} = 8.13 \text{ kg/cm}^2$$

Finalmente asumiendo un factor de seguridad de 3 y aplicando la fórmula (2) obtenemos la capacidad admisible de carga :

$$q_{ad} = 2.71 \text{ kg/cm}^2$$

Para el caso de una arena fina arcillosa la capacidad portante se obtiene de la siguiente manera

Donde :

$$\text{Densidad Natural} = 1.62 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Cohesión} = 0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Angulo de Fricción interna} = 27^\circ$$

Parámetros en función del ángulo de Fricción

$$N_c = 25.4$$

$$N_\gamma = 16.6$$

$$N_q = 14.55$$

$$\text{Ancho de la zapara de cimentación} = 1.00 \text{ m.}$$

$$\text{Profundidad de la cimentación} = 2.00 \text{ m.}$$

Aplicando la fórmula (1)

$$q_{ult} = 6.06 \text{ kg/cm}^2$$

Finalmente asumiendo un factor de seguridad de 3 y aplicando la fórmula (2) obtenemos la capacidad admisible de carga :

$$q_{ad} = 2.06 \text{ kg/cm}^2$$

5.3. Tipos normalizados de terrenos

Esta clasificación contenida Cuadro N° 3 , considera unicamente la facilidad o resistencia que presenta el terreno para ser excavado de acuerdo clasificación que se indica a continuación :

Suelo compacto .- Es todo aquel material que puede excavarse con el uso de pico y pala u otro medio mecánico sin el uso de explosivos . Puede estar constituido por bloques de piedra cuyo volumen no sobrepase el 75 % del total del material . Se consideran en esta clasificación a los conglomerados, arenas muy compactas, limos, arcillas, entre otros. Este tipo de suelo normalmente es el que tiene una capacidad portante mayor a 1.5 kg/cm².

Roca fracturada Es el material rocoso muy fracturado o alterado que puede ser excavado con el uso de martillos neumáticos o de forma manual pero ofreciendo mucha resistencia con el uso de puntas o combas . De acuerdo a la clasificación geotécnica de macizos rocosos (cuadro N° 1) en esta clasificación están incluidas los macizo que se presentan moderadamente alterada, muy fracturados, moderadamente resistente y con estratificación moderada (a3,b3,c3,d3) o con mayor grado de alteración, mayor fracturamiento, menor resistencia y con estratificación más delgada (a2-a6,b3-b5,c3-c5,d3-d5) sin que este criterio de clasificación sea rígida.

Roca sana : Es todo aquel cuyo volumen compacto sobrepasa el 75% del total del material cuya resistencia y

estructura son tales que no puede ser removido o demolido sin el empleo de explosivos. De acuerdo a la clasificación geotécnica de macizos rocosos (cuadro N° 1) en esta clasificación están incluidas los macizo que se presentan ligeramente alterada, fracturados, resistente y con estratificación gruesa (a2,b2,c2,d2) o con mayor grado de alteración, mayor fracturamiento, mayor resistencia y con estratificación muy gruesa (a1,b1,c1,d1), sin que este criterio de clasificación sea rígida.

CAPITULO N° 6

6. SECTORIZACION Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZO DE LA RUTA

De acuerdo a la características geomorfológicas de la ruta , la litología de los terrenos y las propiedades geotécnicas de los suelos encontrados se ha hecho una zonificación de la ruta de la línea, la cual se resume en cuatro tramos como se indica en el cuadro N°4.

En el anexo N° 3 se presentan los planos geológicos - geotécnicos a escala 1: 25,000 de la ruta de la línea de transmisión.

A continuación se hace una descripción de las características geológicas y geotécnicas del los tramos indicados :

6.1. Tramo Huánuco - Hda. Higueras (KM 00+00 a 12+600)

En este tramo la ruta de la línea de transmisión se ubica hacia la margen derecha del río Higueras.

Desde el Km. 00+00 (V-0) al Km. 8 + 059 (V-8) la ruta de la línea atraviesa potentes (20 m.) depósitos aterrazados fluvio - aluviales, con predominio de gravas constituidos por andesitas, granodioritas y dioritas envueltas en una matriz areno limosa compacta. Este tramo está sometido a torrenceras que presentan fuerte erosión lateral y de fondo bastante activos (cárcavas) y a la erosión de las riberas de los ríos en temporadas de lluvias. Cabe indicar a la margen izquierda del río se tiene la ocurrencia periódica de huaycos, debido a que en la zona las lluvias no son continuas ni tienen igual intensidad todos los años, lo que permite la acumulación de materiales superficiales y suelos residuales producidos por la meteorización e intemperismo, los cuales al sobresaturarse, por efecto de fuertes lluvias, hasta

sobrepasar su límite líquido y en muchos casos pasan del estado sólido al semisólido y descienden por quebradas, erosionado el material acumulada en la parte baja del valle, así mismo se ubican bloques de roca sueltos que podrían ocasionar desprendimiento de estos . Por lo que el margen derecho del río Higueras presenta las mejores condiciones de estabilidad evitando la ubicación de estructuras de soporte de la línea cerca al área de influencia de las torrenteras y erosión de riberas. Los terrenos de acuerdo a la clasificación de terrenos efectuada son del Tipo III y aptos para soportar la carga a ser transmitida por las estructuras de soporte de la línea.

Desde el Km. 8 + 059 (V-8) al Km. 10 + 750 (V-9) la ruta de la línea atraviesa afloramientos rocosos constituidos por granitos color gris claro a rosado de grano medio . Estas rocas se presentan, de acuerdo a la clasificación geotécnica de rocas (cuadro N° 1), con un grado de alteración ligera, fracturada y de una dureza resistente (a2,b2,c2) . Se ubican bloques de roca sueltos que podrían ocasionar desprendimiento de estos y no existen evidencias de algún otro fenómeno de geodinámica externa que puedan afectar la ruta de la línea . Los terrenos de acuerdo a la clasificación efectuada son del tipo I , con condiciones de cimentación muy favorables.

Desde el Km. 10+ 750 (V-9) al Km. 12 + 553 (V-10) el trazo de la línea atraviesa nuevamente depósitos aterrazados fluvio - aluviales, con predominio de gravas constituidos por rocas metamórficas, granodioritas dioritas y cuarcitas envueltas en una matriz areno-limosa compacta y depósitos fluviales constituidos por cantos rodados de 1” a 10” de tamaño envueltos en una matriz arenosa. De acuerdo a la composición litológica de los cantos se aprecian rocas metamórficas, granodioritas y dioritas . En este tramo se debe tratar de ubicar las estructuras fuera del área de influencia del río Higueras evitando las zonas de inundaciones y las cercanías zonas de erosión de laderas. Los terrenos de acuerdo a la clasificación efectuada son del Tipo III y aptos para soportar la carga a ser transmitida por las estructuras de soporte de la línea. El porcentaje de roca sana estimado en este tramo es de 15 %, y

el de suelo compacto 85 %.

6.2. Tramo Hda. Higueras - Pampas (KM 12+553 a 26+500)

A partir de este tramo la ruta de la línea de transmisión se ubica hacia la margen izquierda del río Mitu.

Desde el Km. 12+ 553 (V-10) al Km. 26 + 500 (V-19 a V-20) el trazo de la línea cruza alternadamente afloramientos rocosos y depósitos cuaternarios con predominio de estos últimos. Los primeros están constituidos por rocas metamórficas consistentes en esquistos y fillitas, las mismas que se presentan moderadamente alteradas, muy fracturada y con grado de resistencia moderada (a3,b3,c3). Los depósitos cuaternarios lo conforman suelos coluvio-residuales provenientes de la alteración de las rocas metamórficas y están conformados por bloques subangulosos y angulosos, envueltos en una matriz areno-arcillosa con espesores que varían de centímetros a decenas de metros. Los terrenos de acuerdo a la clasificación efectuada son del Tipo I y IV y son aptos para soportar la carga a ser transmitida por las estructuras de soporte de la línea.

No hay evidencias de la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa de envergadura que puedan afectar la estabilidad de los terrenos a lo largo del trazo. Existen pequeños deslizamientos y derrumbes activos de suelos originados por el corte de la carretera Húanuco - La Unión y que se activan especialmente en temporadas de lluvias por lo que se deberá evitar la ubicación de estructuras de soporte en el área de influencia de estos deslizamientos. El porcentaje de roca sana estimado en este tramo es de 40 % y el de suelo compacto 60 %.

6.3. Tramo Pampas - Ayapite (KM 26+500 a 34+638)

Desde el Km. 26+ 500 (V-19 a V-20) al Km. 30 + 000 (V-20 a V-21) la ruta de la línea cruza afloramientos de lutitas y limolitas color marrón rojizo, cuyas características geotécnicas son de moderadamente alterada, muy

fracturada a extremadamente fracturada, de resistencia suave y estratificación delgada (a3,b3-4,c4,d4) , seguidamente atraviesa una secuencia de rocas calizas de color griz plomiso que se presenta ligeramente alterada, fracturada , con dureza resistente y estratificación gruesa (a2,b2,c2,d2) , para nuevamente atravesar la secuencia inicialmente descrita. Los depósitos cuaternarios, que se presenta en igual proporción que las rocas, están constituidos por suelos coluvio-residuales conformados por limoso y arcillosas de baja plasticidad y limos de alta plasticidad con espesores de centímetros a varios metros.

Desde el Km. 30+ 00 (V-20 a V-21) al Km. 34 + 638 (V-22) el trazo de la línea cruza alternadamente afloramientos rocosos y depósitos cuaternarios, predominado los primeros, los cuales están constituidos por rocas metamórficas consistentes en esquistos y fillitas, las mismas que se presentan moderadamente alteradas, muy fracturada y con grado de resistencia moderada (a3,b3,c3) . Los depósitos cuaternarios lo conforman suelos coluvio-residuales provenientes de la alteración de las rocas metamórficas y están conformados por bloques subangulosos y angulosos, envueltos en una matriz areno - arcillosa y arcillosas con espesores que varían de centímetros a decenas de metros. Seguidamente la ruta de la línea vuelve a cruzar afloramientos de lutitas y limolitas color marrón rojizo, cuyas características geotécnicas son de moderadamente alterada, muy fracturada a extremadamente fracturada, de resistencia suave y estratificación delgada (a3,b3-4,c4,d4) . Los depósitos cuaternarios en este tramo, lo conforman suelos coluvio-residuales conformados por limos y arcillosa de baja plasticidad y limos de alta plasticidad con espesores de centímetros menos de dos metros .

Los terrenos de acuerdo a la clasificación efectuada son del Tipo I,II, IV, V, VI y son aptos para soportar la carga a ser transmitida por las estructuras de soporte de la línea. El porcentaje de roca sana estimado en este tramo es de 15 % y el de roca fracturada 35 % suelo compacto 50 %.

No hay evidencias de movimientos de suelos o rocas que puedan amenazar la estabilidad de los terrenos que atravesará la ruta de la línea de transmisión.

6.4. Tramo Ayapite - Rain (KM 34+638 a 49 + 741)

El trazo de la línea cruza alternadamente afloramientos rocosos y depósitos cuaternarios con predominio de estos últimos. Los primeros están constituidos por rocas metamórficas consistentes en esquistos y fillitas, las mismas que se presentan moderadamente alteradas, muy fracturada y con grado de resistencia moderada (a3,b3,c3). Los depósitos cuaternarios lo conforman suelos coluvio-residuales provenientes de la alteración de la roca metamórficas y están conformados por bloques subangulosos y angulosos, envueltos en una matriz areno arcillosa con espesores que varían de centímetros a decenas de metros. Los terrenos de acuerdo a la clasificación de terrenos efectuada son del Tipo I y IV y son aptos para soportar la carga a ser transmitida por las estructuras de soporte de la línea. El porcentaje de roca sana estimado en este tramo es de 40 % y el de suelo compacto 60 %.

No hay evidencias de la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa de envergadura que puedan afectar la estabilidad de los terrenos a lo largo del trazo. Existen pequeños deslizamientos activos y derrumbes de suelos originados por el corte de la carretera Húanuco - La Unión y que se activan mayormente en temporadas de lluvias por lo que se deberá evitar la ubicación de estructuras de soporte en el área de influencia de estos deslizamientos.

CAPITULO N° 7

7. MEDIDAS CORRECTIVAS POR LA OCURRENCIA DE FENOMENOS DE GEODINAMICA EXTERNA.

Durante definición de ruta de los proyectos de línea de transmisión es prioritario minimizar el riesgo de la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa que amenacen las estructuras de soporte de la línea de subtransmisión, siendo este un factor determinante en la definición de dicha ruta . Sin embargo, existe la posibilidad de que condiciones físicas y de diseño no permitan el evitar este riesgo y la posibilidad de la ocurrencia de estos fenómenos posterior a la construcción de la línea de transmisión .

De acuerdo a la descripción de tramos de la ruta de la línea de subtransmisión los fenómenos de geodinámica externa a los que pudieran afectar las estructuras de soporte de la línea son los siguientes : erosión en cárcavas, desprendimientos de rocas, derrumbes, deslizamientos, erosión de riberas e inundaciones.

En esta etapa del estudio del proyecto definitivo se presentan algunas medidas, diseños y proyectos que pueden ser aplicados, para el tratamiento de estos fenómenos de geodinámica externa, considerando que para su posible aplicación se deberá hacer estudio puntual y escala por cada caso particular.

7.1. Medidas correctivas.

7.1.1. Contra la erosión en cárcavas

La cabeza de la cárcava suele ser el lugar donde la actividad de la erosión es más intensa. Debido a la acción erosiva el borde de la cabeza y al mismo tiempo su pared frontal, retroceden contra la pendiente (Fig N° 2).

A fin de limitar el escurrimiento superficial se usa el suelo agrícolamente mediante el uso de fajas marginales de vegetación, procedimiento efectivo y al mismo tiempo económico a fin de proteger la cabeza de la cárcava, ubicando fajas marginales de árboles y arbustos.

La anchura de la faja dependerá principalmente de las condiciones locales de terreno y de la incorporación del terreno protegido a la zona cultivada.

El efecto protector aumenta sustancialmente si la siembra de los árboles alrededor de la cárcava se hace más densa por medio de hileras de arbustos con un sistema de raíces bien desarrollado.

7.1.2. Medidas correctivas contra el desprendimientos de rocas.

Para el tratamiento de bloques inestables se consideran las siguientes medidas :

Fijación “in situ” mediante cuñas simples o con la ayuda de un mortero.

Ejecución de boladuras , mediante el sistema de plasta para no afectar áreas de influencia.

- Gutinado o bulonado, en caso de amenaza directa.
- Desquinche sistemático de bloques , en caso no afecten ninguna estructuras en su trayecto.

Construcción de banquetas en los taludes para mejorar su estabilidad. (Fig. N° 3) .

- Vallas para protección de caídas de rocas, tipo malla.

7.1.3. Medidas correctivas contra los derrumbes.

Se consideran las siguientes actividades

7.1.3.1 Tratamiento de taludes .

Se debe considerar : ángulo de pendiente: considerados en los cortes y rellenos de ángulo de reposo correspondiente para cada tipo de suelos y rocas.

Desquinche y peinados sistemáticos de los taludes de arriba hacia abajo.

7.1.3.2 Ejecución de terrazas o banquetas.

Si las condiciones de inestabilidad persisten después de realizados los desquinches y peinados , será conveniente la construcción de terrazas o banquetas de acuerdo a las características física-mecánicas de los suelos y rocas. (Fig. N° 3).

7.1.3.3. Muros de contención .

En condiciones particulares y necesarias para su construcción debe estar ceñida, a la magnitud del derrumbe y a las obras a protegerse.(Fig. N° 4 y 5).

7.1.3.4. Zanjas de coronación o cunetas.

Constituidas en la parte perimétrica superior del derrumbe y a las obras a protegerse.

7.1.3.5. Forestación y reforestación .

Como medida destinada a limitar el escurrimiento superficial en el talud.

7.1.4. Medidas correctivas contra los deslizamientos

Son muchas medidas para evitar, minimizar o corregir un deslizamiento, desde simples a complejas, según la magnitud del fenómeno. A continuación se indica sola algunas de ellas.

Cuando ocurre un deslizamiento, cabe seguir su evolución controlando lo movimientos de una o varias alineaciones de jalones dispuestos

perpendicularmente al sentido del movimiento y controles por triangulación topográfica con estaciones o BM y/o el uso de GPS (Global Position System) de precisión.

7.1.4.1 Estabilización de taludes por sistema de plantaciones y/o estacones.

Las raíces de las plantas aumentan la resistencia del suelo contra los deslizamientos. Cuando el movimiento de masa ha ocurrido, antes de empezar cualquier plantación, debe obtenerse una estabilidad temporal que permita un normal desarrollo de las plantas y un buen desarrollo del sistema reticular, filtraciones y escurrimiento superficial por medio de drenes interceptores a lo largo del borde superior del área afectada. (Fig N° 6).

Generalmente se trata de colocar barreras que permita la formación de andenes: para este fin se pueden usar estacones o pilotes, de preferencia eucaliptos de 8 cm. de diámetro por 1.2 m. de alto. Estos se clavan hasta penetrar al suelo firme. Se colocan varios grupos de 1, 2 y 3 hileras, siendo la distancia entre ellos de aproximadamente 50 cm. Las hileras de cada grupo son paralelas a 0.5 m. La distancia entre los grupos de hileras varía con la pendiente del terreno. Para mejorar la eficacia se recomienda trenzar ramas al rededor de las estacas. Entre el trenzado se colocan plantas de ágave. Esta planta por su sistema reticular y parte aérea forma verdaderos muros y además es muy rústico, no requiriendo ninguna práctica especial.

Después de un periodo de 1 a 2 años ya contribuyen efectivamente en la estabilización del talud.

7.1. 4.2 Consolidación de los deslizamientos.

Cuando se requiera consolidar un talud en deslizamiento, no es de importancia que la forma de la superficie de rotura sea circular, logarítmica, plana o incluso no se halle ninguna definida (derrumbe).

Pero si es de vital importancia conocer sus dimensiones , el origen, sobrecargas, filtraciones de agua características del suelo y escorrentía superficial, ya que de esta dependerá el la elección del método de consolidación.

7.1.5. Medidas correctivas contra la erosión fluvial e inundaciones.

Las acciones a ejecutar para proteger las márgenes de los ríos susceptibles a erosiones e inundaciones , tienen que estar íntimamente relacionadas a las que se ejecutaran a las quebradas afluente, ya que el aporte de sólidos es considerable especialmente en épocas de intensas precipitaciones , provocando la colmatación del lecho.

- Estructuras marginales .- Son estructuras de encausamientos contra crecidas . Son construcciones longitudinales en el mismo sentido de la corriente del río, para proteger directamente las laderas de la acción erosiva de la corriente. Se consideran las siguientes estructuras :

* Muros de contención .- dado su elevado costo, solo son recomendables en caso estrictamente necesarios y de acuerdo a las características del suelo y dinámica fluvial. Pueden ser de hormigón y hormigón armado, siendo adecuados para cualquier altura. (Fig N° 4,5 y 7).

* Gabiones .- Estas estructuras son adecuadas debido a su características de flexibilidad, permeabilidad alta resistencia mecánica, facilidad y rapidez de ejecución y principalmente por su bajo costo .

Los gabiones utilizados pueden ser del tipo fuertemente galvanizado, en malla hexagonal a doble torsión tipo 8 x 10, con diámetro de alambre de 2.70 mm. y con diafragmas de metro en metro. (Fig. N° 8,9 y 10).

* Enrocados . - son estructuras de seguridad de márgenes formados

por acumulación de bloques de roca de alta resistencia y de tamaño mayores a 0.8 m. y que se colocan en forma superpuesta a lo largo de las orillas de los ríos.

- Estructuras paralelas .- Las estructuras paralelas son en su mayoría diques de protección contra crecidas y de perfil trapezoidal. Se ubican a una distancia determinada paralela a la orilla de modo que la corriente del río pierda su velocidad, así como, parte de su fuerza erosiva, permitiendo de esta manera la depositación de los acarreos en el espacio comprendido en el dique y la orilla del río. A esta función contribuyen también los diques transversales, llamados traviezas, los que se disponen paralelamente entre sí uniéndolos con la orilla. (Fig. N° 11 y 12) .

Para la protección de diques en general , debe partirse de la posibilidades locales de material, debido a que el volumen de estos, así como el trabajo suelen ser considerables (Fig. N° 12). La estructura será de mampostería de piedra, cuyos parámetros serán asentados y emboquillados con mortero cemento - arena, con núcleo constituido por material granular y piedras grandes. Sus dimensiones estarán de acuerdo a la naturaleza del terreno, magnitud, volumen y fuerza erosiva de la corriente.

- Estructuras Transversales. Son construcciones que se realizan sobre la corriente fluvial. Su fin es desviar la corriente de la orilla o retener los acarreos. Estas estructuras se combinan generalmente con las estructuras paralelas . Dentro de estas obras se consideran los diques transversales (Fig. N° 11 y 13).

* Diques transversales .- Estas estructuras se podrán construir ya sea perpendicularmente a la dirección de la corriente o bien siguiendo un ángulo determinado; pueden ser : espigones disipadores de energía o espigones de sedimentación.

* Espigones disipadores de energía. Esta obra puede ser perpendicular u oblicua con respecto al flujo de la corriente y su objeto es disipar el flujo torrente que pasa cerca a la orilla del río hacia el eje principal

central, mediante una estructura sumamente rígida capaz de amortiguar impactos y fricciones del flujo torrencioso . Su estructura será de concreto armado de alta resistencia, con núcleos formados con rieles de acero empotrado en la cimentación. (Fig. N° 14)

* Espigones de sedimentación son estructuras ubicadas en forma escalonada paralelamente y espaciadas unas de otras . La estructura será de sección trapezoidal, construida de mampostería de piedra, los cuales serán asentados y emboquillados con mortero cemento arena con núcleo constituido con material granular y piedras grandes. El objetivo de esta obra es provocar la acumulación de material que arrastra la corriente entre los espigones. (Fig. N° 14).

Encausamiento .- Los trabajos comprendidos en esta actividad contemplan la excavación, remoción y transporte de material de fondo del lecho del río. Tiene como objetivo encausar y mantener estable el curso del río de tal manera que se mejoren las condiciones de hidráulicas sobre todo durante las épocas de las avenidas.

Las secciones hidráulicas pueden ser de perfil trapezoidal o en forma de parábola cúbica. Este perfil posibilita una conducción compacta del agua sin formación de meandros y las excavaciones deberán ser refinadas de manera que en ningún punto de la sección excavada quede un desnivel mayor de 10 cm.

Todo encauzamiento del río debe proveer tanto el caudal medio como el caudal de crecidas.

7.2 Materiales de construcción

Para la construcción de las obras antierosivas debe utilizarse materiales de construcción canteras de la zona a fin de disminuir los costos de la obras. Estos están disponibles en los depósitos fluviales y fluvio- aluviales del río Higueras.

Entre los materiales a utilizarse se tienen :

Rocas : Utilizados para la protección contra la acción directa del agua ,
constituyendo : diques o enrocados y material para enrocados.

Este material será homogéneo, limpia de materiales orgánica y su resistencia deberá cumplir las exigencias impuestas para las rocas sedimentarias y además no deberá ser fácilmente desintegrables. Estas rocas deberán tener fuerza adhesiva y su absorción no parará el 3% de su peso.

Arena : a usarse para la producción de morteros y hormigón. Este no deberá contener limo, arcilla carbón etc. No deberá tener 2 % de partículas arcillosas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La ruta de la línea de transmisión a lo largo de su recorrido atravieza terrenos de una geomorfología variada ; desde terrenos de formas suaves a medianamente accidentadas y elevaciones que fluctúan de 1,900 a 4,500 m.s.m..m .

El trazo de la ruta cruza principalmente afloramientos Pre-Cambrianos del Complejo Marañon constituido por esquistos y fillitas y en menor proporción lutitas y lodolitas del Grupo Mitu, calizas del Grupo Pucará e intrusivos de granitos y dioritas no diferenciados.

- Los depósitos cuaternarios están conformados por depósitos fluviales, fluvio aluviales y coluvio residuales, con predominio de estos últimos.
- No se ha observado evidencias de deslizamientos activos de envergadura u otro proceso de geodinámica externa que pueda afectar la estabilidad de los soportes de la línea de transmisión a lo largo de todo el trazo.

En el tramo Húanuco - Hacienda Higueras, se debe evitar la colocación de estructuras en áreas de influencia de las quebradas que presentan erosión lateral y de fondo bastante activos, ubicándolos a una distancia prudencial de los bordes de estas.

- En el tramo Hacienda Higueras - San Cristobal antes de llegar a la localidad de Pampas existen deslizamientos de pequeña envergadura que afectan la carretera pero no amenazan la ruta de la línea.
- El cruce de los principales ríos se deberá efectuar con un solo vano apoyando las estructuras en terrenos estables fuera del área de influencia de los ríos.

- Los terrenos encontrados a lo largo de la ruta de acuerdo a su características geotécnicas se ha diferenciado en seis tipos que se indican en el Cuadro N° 3 y cuyas capacidad admisible de carga es mayor a 2 kg./cm². No existe suelos con presencia de agua que incidan en la reducción de este parametro.

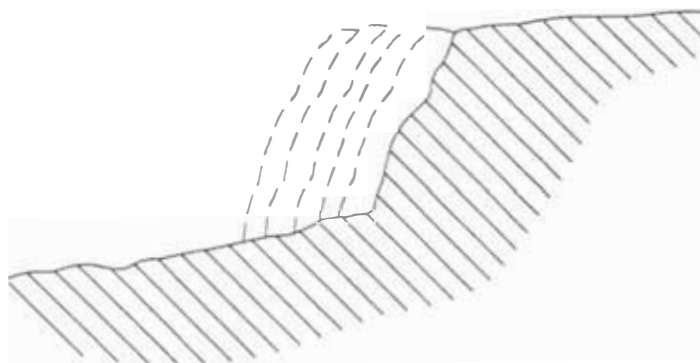
Acorde a las características geomorfológicas, la litología y los parámetros geotécnicos de los terrenos a lo largo de la ruta de la línea de transmisión se ha dividido esta en cuatro tramos presentado en el cuadro N° 4

El material de excavación es adecuada como material de relleno para el compactado de la cimentación de postes salvo en el tramo Húanuco - Hda. Higuera donde se tendrá que usar material de aporte.

Durante el proceso constructivo se recomienda realizar estudios geotécnicos puntuales principalmente en la ubicación de las estructuras de soporte de vértices a fin de obtener y verificar la capacidad portante de los suelos.

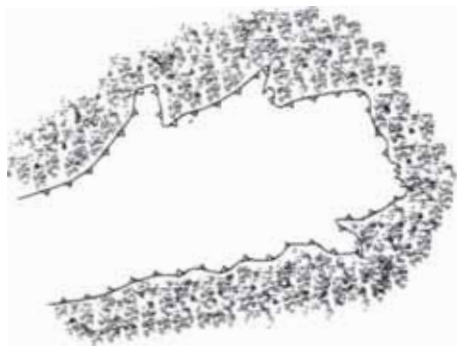
Acorde a la clasificación normalizada de terrenos a lo largo de toda la línea de transmisión el porcentaje estimado de roca sana es de veintiseis por ciento (26 %), el de roca fracturada es de 10 % y el de suelo sesentaicuatro por ciento (64 %).

FAJAS MARGINALES DE VEGETACION



a

- ESQUEMA DEL AVANCE DE LA CABEZA DE CARCAVA CONTRA LA PENDIENTE.

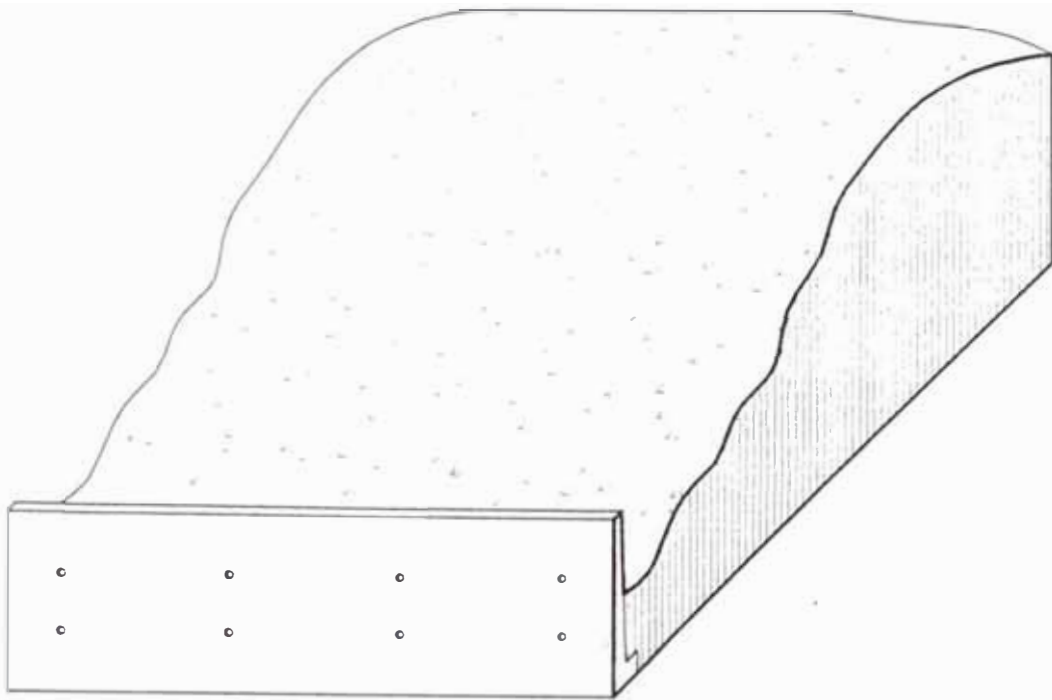


b



- UBICACION DE LAS FAJAS MARGINALES DE VEGETACION ALREDEDOR DE LAS CABEZAS DE CARCAVA SEGUN SU FORMA.

MUROS DE CONTENCION



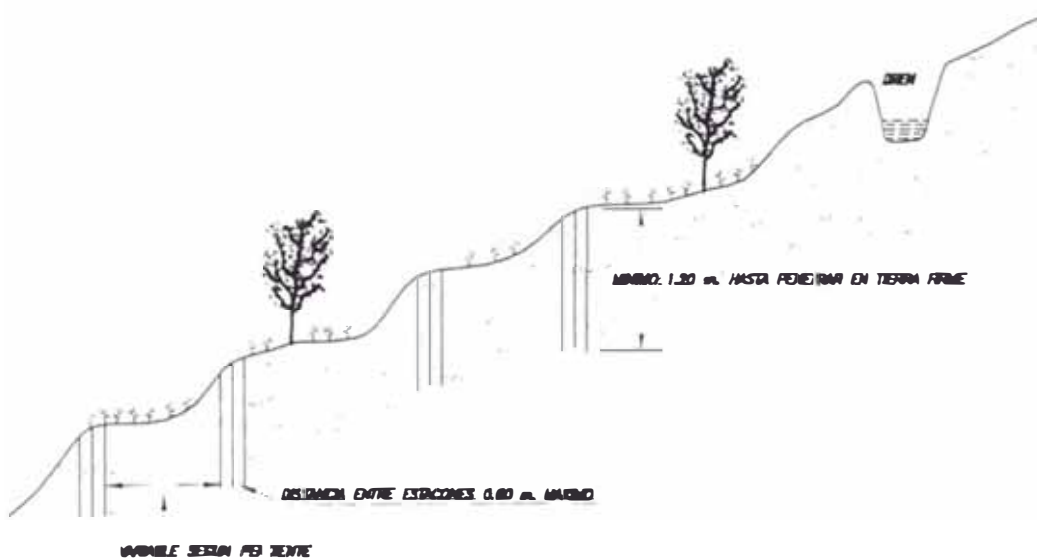
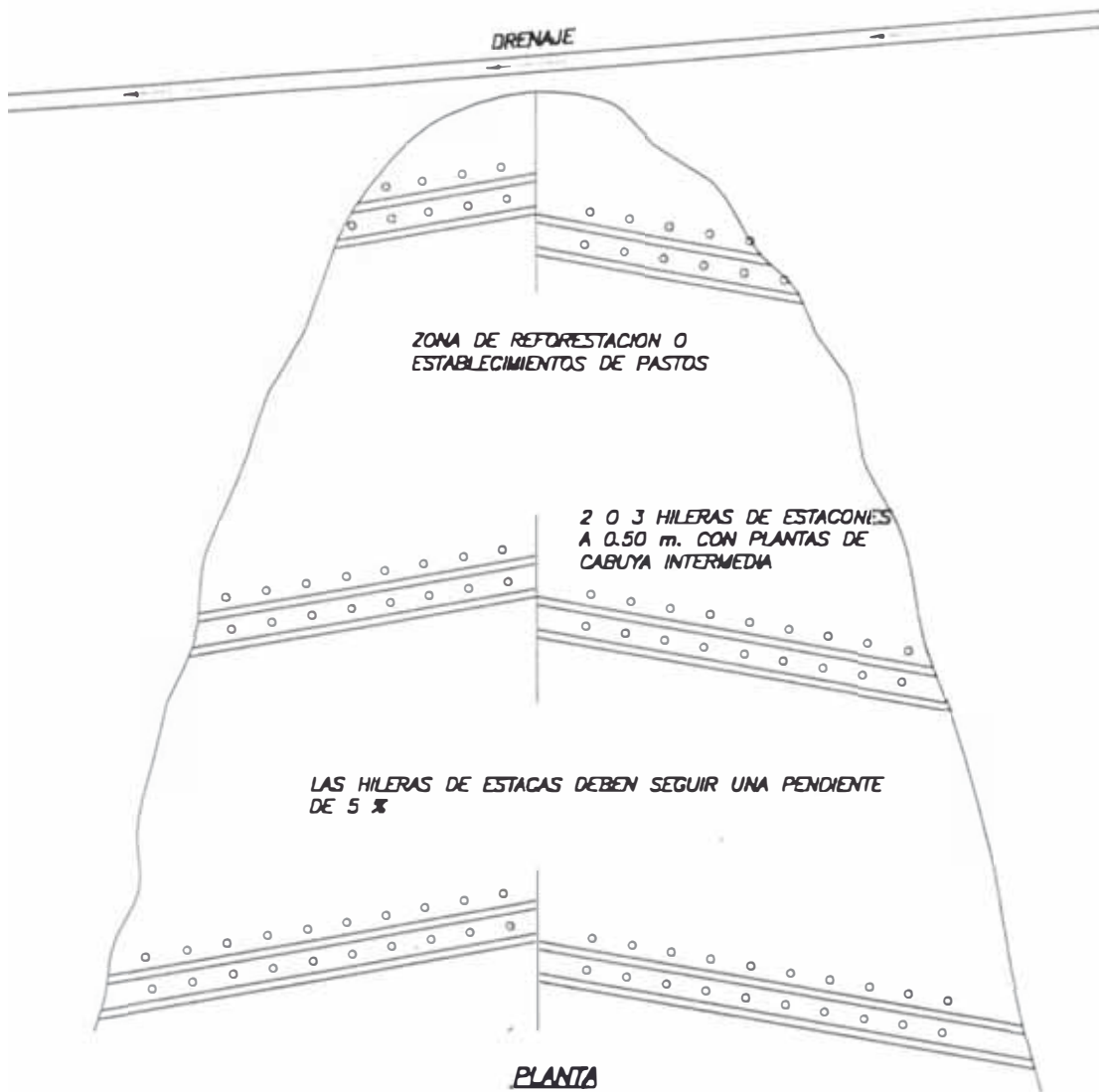
- VISTA FRONTAL DE UN MURO DE CONTENCION COLOCADO AL PIE DE TALUD DE UNA ZONA INESTABLE.



- VISTAS EN PERFIL DE LOS MUROS DE CONTENCION DE CEMENTO CICLOPEO O CONCRETO ARMADO.

FIG. N° 5

ESTABILIZACION DE TALUDES

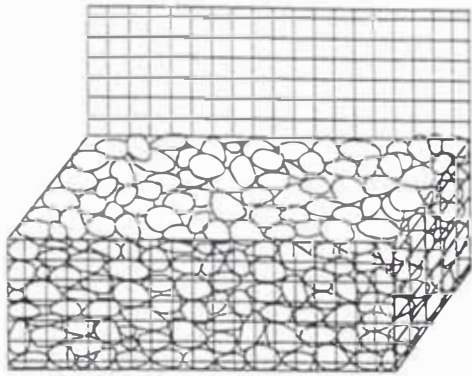


SECCION TRANSVERSAL

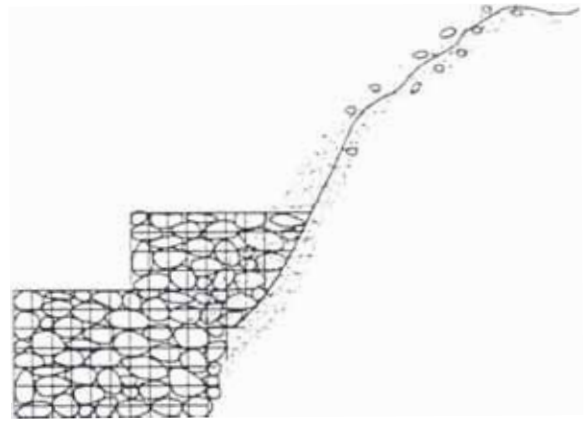
ESTABILIDAD DE TALUDES CON BANQUETAS Y PLANTACIONES.

FIG. N° 6

GABIONES



- GABION EMPLEADO EN OBRAS DE PROTECCION DE LADERAS O EROSION.



- EMPLEO DE GABIONES AL PIE DEL TALUD.

FIG. N° 9

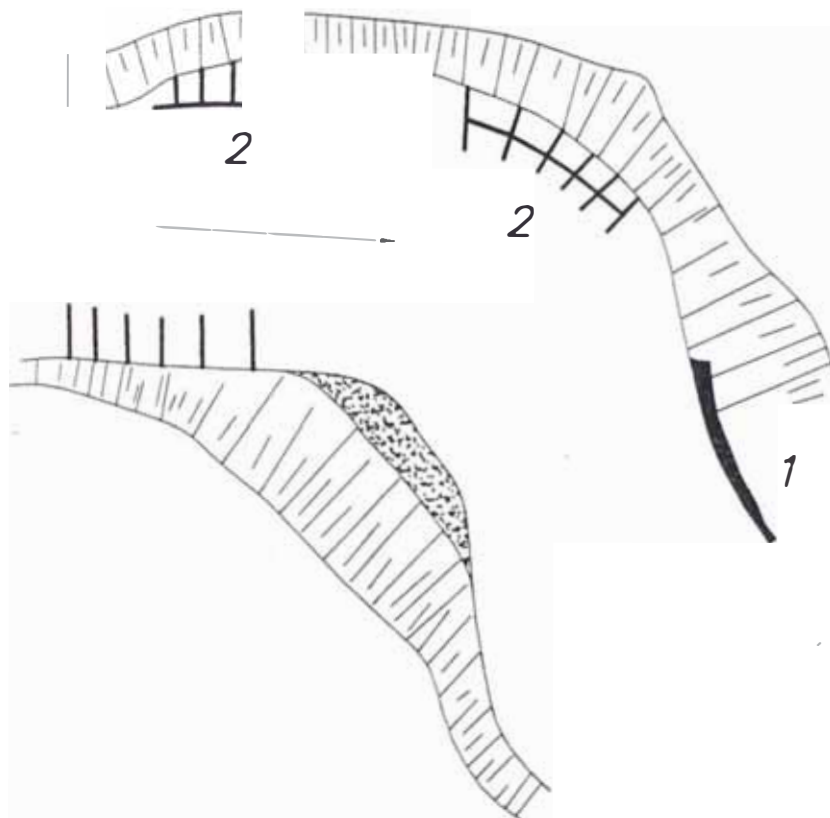
GABIONES



GABIONES CILINDRICOS ENMALLADOS
(FUNCIONAN COMO ESTRUCTURAS TRANSVERSALES)

FIG. N° 10

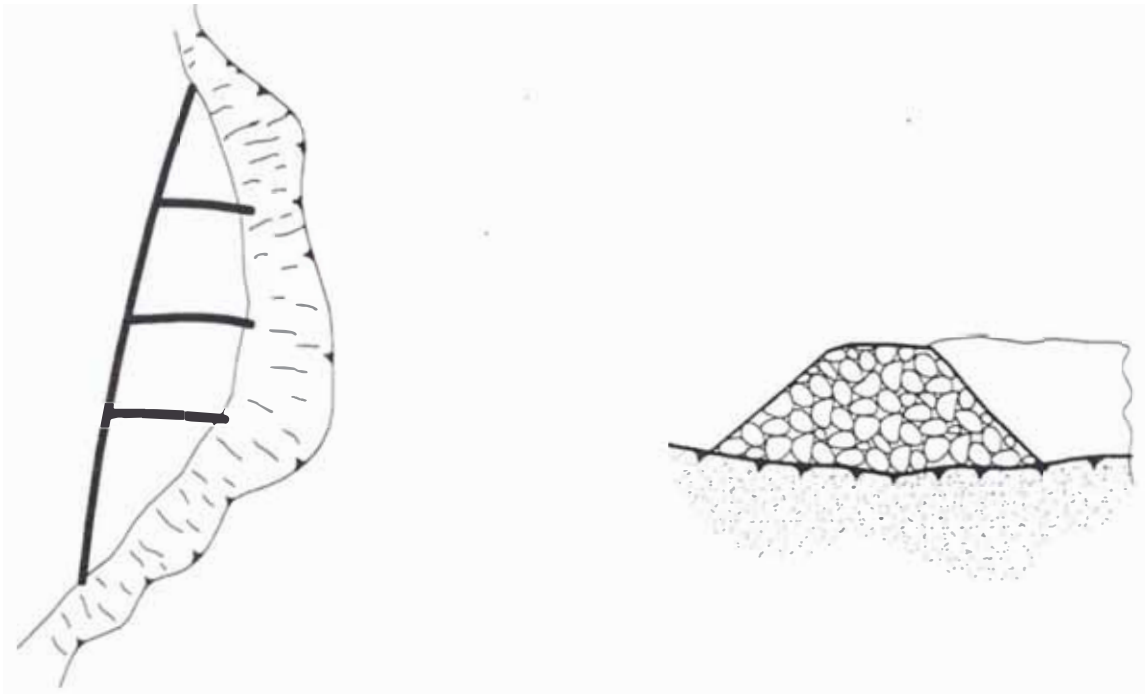
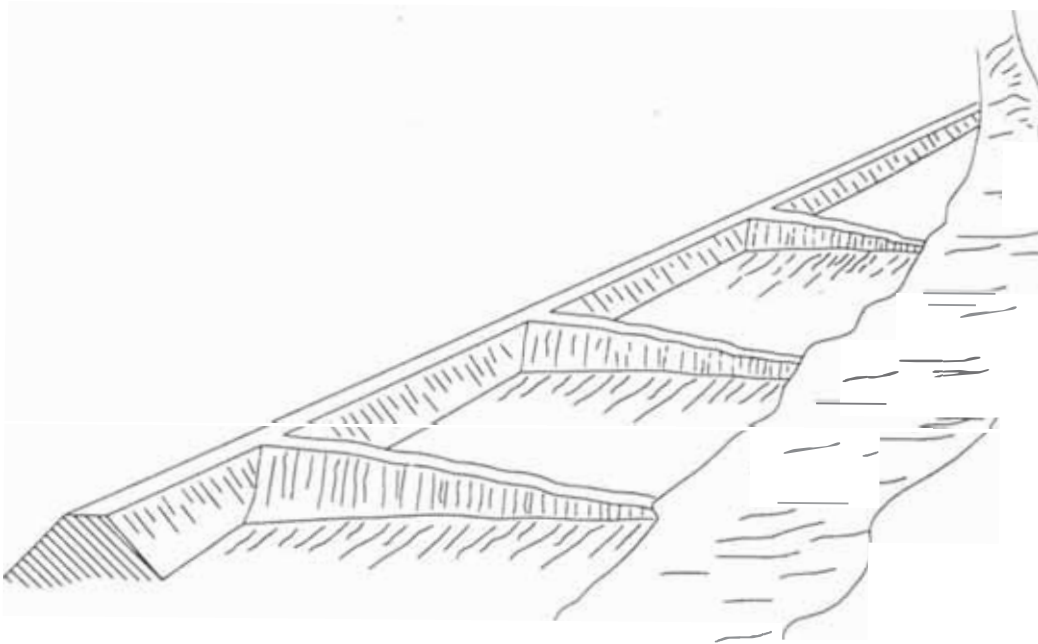
UBICACION DE ESTRUCTURAS



- 1.- ESTRUCTURAS MARGINALES
- 1.- ESTRUCTURAS PARALELAS
- 1.- ESTRUCTURAS TRANSVERSALES

FIG. N° 11

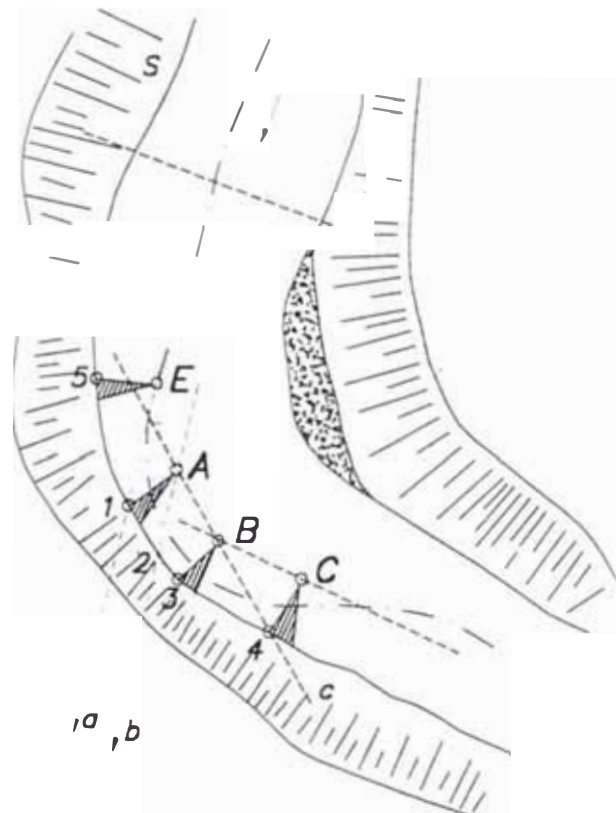
ESTRUCTURAS PARALELAS



ESQUEMA DE LA DISPOSICION FUNDAMENTAL DE LOS DIQUES PARALELOS
COMPLEMENTADOS POR TRAVIESAS.

FIG. N° 12

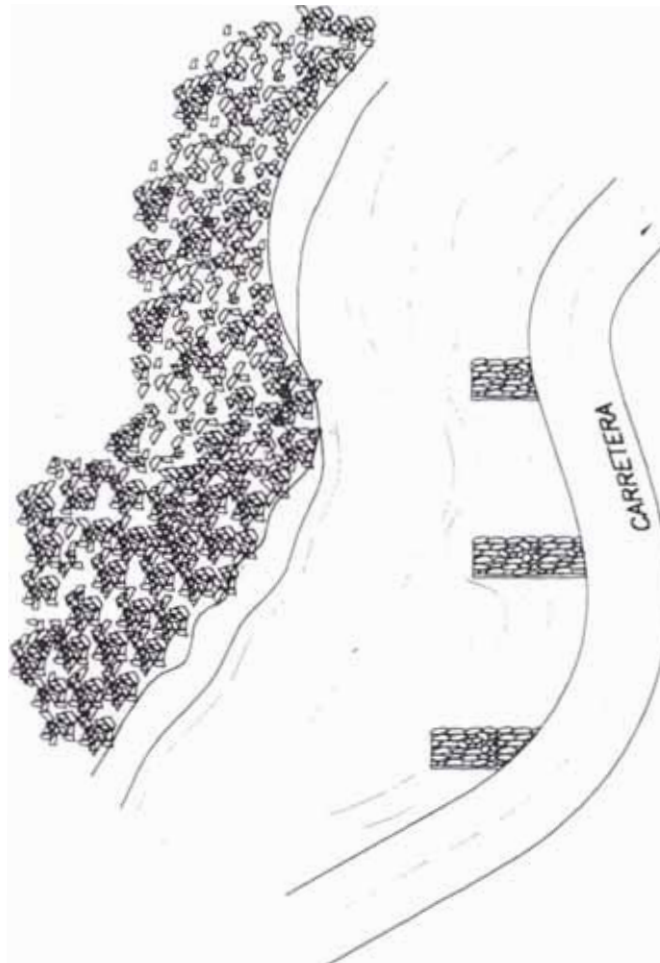
ESTRUCTURAS TRANSVERSALES



— ESQUEMA DEL METODO DE UBICACION DE LAS CONSTRUCCIONES TRANSVERSALES PARA LA PROTECCION DEL PIE DE LA PENDIENTE.

FIG. N° 13

ESPIGONES



- PROTECCION DE UNA MARGEN CON ESPIGONES

BIBLIOGRAFIA

- CESEL S.A. INGENIEROS CONSULTORES: Estudio Definitivo de la Línea de Transmisión 138 KV. Estudio Geológico. Cerro de Pasco - Huánuco - Tingo María. Oct. 1987.

- ASOC. PERUANA DE INGENIERIA GEOLOGICA Normas Para Estudios Ingeniero - Geológicas. Marzo 1992.

- COPEMI S.A. INGENIEROS Estudio Geológico- Geotécnico Sub - Estación Talara L.T. 220 KV Talara - Piura Julio de 1996.

- COPEMI S.A. INGENIEROS Estudio Geológico - Geotécnico. L.T. 220 kV Aguaytía - Paramonga Marzo de 1996.

- ASOC. COPEMI S.A. - MATELLINI Electrificación de Eje Huánuco - Dos de Mayo - Huamalies. Primera Etapa. Estudio Definitivo. Abril de 1992.

- JUAREZ BADILLO - RICO RODRIGUEZ Mecánica de Suelo . Tomo II.

- INGENDESA
 - Especificaciones Técnicas para la ejecución de estudios Geotécnicos. Chile, Marzo de 1996.

- BERNARD DALMAYRAC
 - Estudio Geológico de la Cordillera Oriental Región Huánuco.
 - Boletín No 11 INGEMMET
 - Abril - 1986.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS / OFICINA DE SERVICIOS Y PROYECTOS.
 - Memoria Descriptiva y Especificaciones Técnicas . Bases de Licitación . Obras Civiles y montaje L.T. 138 kV San Gaban II - Azángaro.

- INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 - Estudio Geodinámico de la cuenca del río Casma - Sechín. Dpto. de Ancash. 1984.