



REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES - INRENA
INTENDENCIA DE RECURSOS HIDRICOS
OFICINA DE PROYECTOS DE AFIANZAMIENTO HIDRICO



P E R F I L

PROYECTO DE IRRIGACION LISCAY – SAN JUAN DE YANAC



VOLUMEN II ESTUDIOS BÁSICOS

ANEXO 1: OFERTA, DEMANDA Y BALANCE HÍDRICO ANEXO 2: GEOLOGÍA

Lima, Junio del 2007

A N E X O 1

OFERTA, DEMANDA Y BALANCE HIDRICO

I N D I C E

| | pág. |
|---|-----------|
| 1. HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA | |
| 1.0. Introducción | 3 |
| 1.1. Antecedentes | 3 |
| 1.2. Objetivos | 3 |
| 2.0. La Cuenca del Lambra | 3 |
| 2.1. Aspectos Generales de la Cuenca del Lambra | 3 |
| 2.2. Características de las Cuencas | 4 |
| 2.2.1. Sub cuencas de Llajhua, Llamacancha y Sallalli | 4 |
| 2.2.2. Cuenca del Lambra o Yánac | 4 |
| 3.0. Evaluación de la información | 4 |
| 3.1. Generalidades | 4 |
| 3.2. Metodología General | 5 |
| 3.3. Información Pluviométrica | 5 |
| 3.3.1. De la Zona de Estudio | 5 |
| 3.3.2. Información disponible | 5 |
| 3.3.3. Análisis Precipitación – Altitud | 5 |
| 3.3.4. Consistencia de la Información Pluviométrica | 6 |
| 4.0. Disponibilidad Hídrica | 6 |
| 4.1. Información hidrométrica disponible | 6 |
| 4.2. Análisis Regional de Descargas | 7 |
| 5.0. Caudales Máximos | 8 |
| 6.0. Resultados y Comentarios Finales | 9 |
| | |
| 2. CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA | |
| 2.1. Introducción | 10 |
| 2.2 Cédulas de Cultivos | 10 |
| 2.3 Demandas de Agua | 11 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------|-----------|
| 2.3.1 | Evapotranspiración de referencia | 11 |
| 2.3.2 | Eficiencias de Riego | 11 |
| 2.3.3 | Demanda de agua por usos agrarios | 11 |
| 2.3.4 | Demanda de agua por usos no agrarios | 12 |
| 3. | BALANCE HIDRICO | |
| 3.1. | Introducción | 13 |
| 3.2. | Resultados | 13 |

RELACION DE CUADROS:

| | |
|----|--|
| 01 | Estaciones Pluviométricas, cuenca del Pacífico y Atlántico |
| 02 | Análisis de Descargas: Estaciones Hidrométricas |
| 03 | Análisis de Descargas: Estaciones Seleccionadas |
| 04 | Generación de Caudales: Cuenca del Lambras (Yánac) |
| 05 | Caudales Máximos: Llijhua |
| 06 | Caudales Máximos: Llamacancha |
| 07 | Caudales Máximos Sallali |
| 08 | Caudales Máximos Yanac |
| 09 | Cédula de cultivo |
| 10 | Características climatológicas |
| 11 | Cálculo de la evapotranspiración de referencia |
| 12 | Eficiencias de riego |
| 13 | Demanda de agua para usos agrarios |
| 14 | Demanda de agua para 500 ha |
| 15 | Coberturas de atención |
| 16 | Balance hídrico Período 1966 - 1995 |

RELACION DE GRAFICOS:

| | |
|----|---|
| 01 | Relación Precipitación Altitud: Totalidad de Estaciones |
| 02 | Relación Precipitación Altitud: Estaciones >4200 msnm |
| 03 | Relación Precipitación Altitud: Estaciones <4200 msnm |
| 04 | Análisis de Doble Masa: Cazapatos |
| 05 | Análisis de Doble Masa: Hueghue |
| 06 | Análisis de Doble Masa: Marcapomacocha |
| 07 | Análisis de Doble Masa: Morococha |
| 08 | Análisis de Doble Masa: Pachacayo |

RELACION DE ANEXOS:

| | |
|----|---------------------|
| 01 | Sección Lljhua |
| 02 | Sección Llanacancha |
| 03 | Sección Sallali |
| 04 | Sección Yánac |

RELACION DE PLANOS:

| | |
|----|--------------------------------|
| 01 | Estudio Hidrológico - Isoyetas |
|----|--------------------------------|

1. HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

1.0. Introducción

1.1. Antecedentes

El Proyecto está orientado a mejorar el aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales del río Lambra, para lo cual se contempla el almacenamiento y regulación de uno de los afluentes de la parte alta, denominado Tranca o Lljhua.

El Proyecto comprende el mejoramiento de riego de las áreas de cultivo de Liscay y San Juan de Yánac. En la parte alta de la cuenca del río Lambra, Liscay y luego San Juan de Yánac, está situada la quebrada de Lljhua, cuyas aguas se han proyectado represar en el vaso de Sihuis, para que conjuntamente con las aguas de las quebradas de Llamacancha y Sallalli, coberturen los requerimientos del área agrícola de Liscay.

Aguas abajo de Liscay, se encuentra el área de riego de San Juan de Yánac, el cual tiene como principal fuente de abastecimiento el río Lambras o Yanac, el cual tendrá como posibilidad complementaria los aportes regulados en la cuenca alta.

El componente más importante del sistema estará centrado en un embalse de regulación, como alternativa única se proyecta el embalse Sihuis, con una capacidad de almacenamiento que está propuesta en función de los recursos disponibles y también en función de las características físicas naturales, de la sección del emplazamiento de la presa.

El estudio a desarrollarse, corresponde la revisión de la información disponible y al análisis hidrológico correspondiente, que estará apoyado en información de las cuencas del Mantaro y del Rímac.

1.2. Objetivos

El desarrollo del estudio hidrológico está orientado a cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Análisis y revisión de la información hidrometeorológica, incidiendo en los aspectos de precipitación y caudales.
- b) Definición de los caudales para las diferentes alternativas planteadas
- c) Definición de los caudales máximos

El estudio comprende diferentes fases en su desarrollo que van desde la recopilación, revisión y análisis de la información hidrometeorológica disponible, y la definición de los caudales en las secciones de interés.

2.0. La Cuenca del Lambra

2.1. Aspectos Generales de la Cuenca del Lambra

La cuenca del río Lambra, Liscay o San Juan de Yánac forma parte del sistema hidrográfico del río San Juan, en la vertiente de Pacífico, con varios afluentes que son motivo del análisis hidrológico, el cual comprende varias subcuencas: Lljhua, Llanacancha y Sallalli.

El acceso a la zona del Proyecto es a través de la carretera Panamericana Sur en el tramo Lima - Chíncha. Desde Chíncha el acceso al sector Liscay, se realiza a través de una carretera en parte afirmada y en parte carrozable, pasando por la Mina Santa Beatriz.

El acceso al sector de San Juan de Yánac, partiendo de Chíncha, se realiza a través de una carretera afirmada en parte y carrozable en su mayor longitud.

El acceso en las zonas beneficiadas de ambos sectores se realiza a través de caminos de herradura que convergen a los centros poblados respectivos.

Desde el punto de vista ecológico, las cuencas de la parte alta, Llajhua, Llamacancha y Sallali, conforman zonas de vida Bosque Húmedo Subalpino Subtropical, la configuración topográfica está caracterizada por laderas inclinadas, así como áreas montañosas y algunas veces de relieve suave hasta plano.

Desde el punto de vista ecológico, el sector de San Juan de Yánac pertenece al desierto superárido subtropical. Existe una vegetación natural propia de desierto superárido que responde a frentes de humedad como captación de neblinas.

El área es un pequeño valle interandino caracterizado por presentar topografía compleja con pendientes que van de ligeramente inclinadas a muy empinadas (10-50%). Las pequeñas áreas desarrolladas en terrazas de pendiente suaves se utilizan para la agricultura bajo riego, con agua proveniente del río Lambra.

2.2. Características de las Cuencas

2.2.1. Sub cuencas de Llajhua, Llamacancha y Sallali

La cuenca del vaso de Sihuis, tiene un área de 8.2 km² y se encuentra ubicada entre las coordenadas 13°01' y 13°03' de latitud y entre las longitudes 75°40' y 75°43', teniendo a la quebrada de Llajhua o Tranca, como cauce principal de escurrimiento y fuente de agua de la proyectada presa Sihuis.

Las cuencas de Llamacancha o Pucha y Sallali, tienen 7.00 km² y 16 km², respectivamente; están ubicadas adyacentes a la quebrada de Llajhua e integran el sistema de abastecimiento de riego del área de Liscay. Topográficamente el rango de altitudes fluctúa entre 3600 y 4450 msnm.

2.2.2. Cuenca del Lambra o Yánac

La cuenca del Yánac, hasta la bocatoma proyectada, tiene un área neta de 191.2 km², está situada entre las latitudes 13°00' y 13°14' y entre las longitudes 75°41' y 75°49'.

3.0. Evaluación de la información

3.1. Generalidades

La zona de estudio comprende la cuenca del río Lambra, sobre la cual no existe información hidrométrica, por lo que ha sido necesario producirla en base a la información de lluvia, rendimientos y coeficientes de escorrentía, que fueron motivo de análisis.

Se ha tomado como base la información disponible de cuencas de áreas pequeñas similares a la del Lambra, que cuentan con información registrada, sobre la que se ha realizado el análisis regional para determinar el rendimiento en las secciones de interés.

En cuanto a la información de lluvia, esta se presenta con mayor amplitud, las estaciones cubren el período 1947 a 1996, con diferentes períodos dentro del rango de años mencionado, para lo cual ha sido necesario primero homogenizar y complementar la información, seleccionando como período de análisis 1966-95.

La información disponible de precipitación, se analizó orientándose a su homogenización y complementación, para lo cual ha sido necesario primeramente seleccionar estaciones base, entre las que cuentan con información más abundante y con pocos vacíos, los cuales fueron complementadas en una primera fase, las cuales sirvieron para completar la información faltante de las otras estaciones, que fueron agrupadas en función de su proximidad, altitud y precipitaciones medias.

3.2. Metodología General

El procedimiento a ser desarrollado para el estudio hidrológico comprenderá lo siguiente:

- (1) Análisis de lluvia, de toda las estaciones con información disponible, y dentro el ámbito con períodos de registro variables. El resultado serán series homogenizadas y complementadas, para el período 1966-95.
- (2) Definición de caudales en las secciones de interés, para lo cual se ha contado con información de las estaciones hidrométricas de cuencas pequeñas de ríos tributarios del Mantaro, las cuales servirán de base, conjuntamente con la lluvia, para la determinación de los rendimientos, coeficientes de escorrentía, y con estos la producción de descargas en las secciones de interés.

3.3. Información Pluviométrica

3.3.1. De la zona de Estudio

El área de estudio pertenece a la vertiente del Pacífico. El régimen de precipitaciones es gobernado principalmente por la orografía propia de los Andes, con precipitación anual promedio relativamente homogénea, entre 500 mm/año y 700 mm/año.

De acuerdo con los registros, el periodo de lluvias ocurre generalmente entre noviembre y abril, el resto del año la precipitación es muy baja. La precipitación es el fenómeno meteorológico mejor registrado en la cuenca del río Mantaro y Rimac, en cuanto a su densidad, en la cuenca de estudio existen las estaciones Arma y Yanac.

Se utilizarán las estaciones cercanas a la zona de estudio, que se usarán para las evaluaciones, para definir las distribuciones espaciales de la precipitación.

La información más abundante existente en las cuencas de estudio corresponde a datos de lluvia, las estaciones escogidas para el análisis, cuentan con información variable en cuanto al número de años de registro.

3.3.2. Información disponible

La cuenca del Mantaro y Rimac, cuenta con abundante información pluviométrica como para realizar las estimaciones adecuadas de los valores esperados de precipitación total mensual.

En el Cuadro N° 1, se presentan las estaciones pluviométricas, de las cuales se dispone la información histórica, con sus respectivas altitudes.

3.3.3. Análisis Precipitación - Altitud

Se ha realizado análisis, precipitaciones v/s altitud, para definir la distribución de la precipitación. La información disponible se ha separado en dos grupos:

Grupo 1: corresponde a las estaciones ubicadas entre las Latitudes 11°30' - 10°30'

Grupo 2: corresponde a las estaciones ubicadas entre las Latitudes 12°30' - 11°30'

Se presentan en los Gráficos N° 1 al N° 3, las relaciones mencionadas, se presentan las estaciones analizadas y la correspondiente información estadística de relación.

De los resultados obtenidos se concluye que no existe una relación aceptable que defina que la altitud tiene una incidencia en la precipitación, mejora la relación cuando se trata de estaciones que se encuentran en cota superior a los 4200 msnm.

3.3.4. Consistencia de la Información Pluviométrica

Se ha seleccionado del grupo de estaciones con información pluviométrica, las que cuentan con período más extenso y menor número de años con información faltante.

Se ha realizado el análisis de las precipitaciones totales anuales de las estaciones Cazapatos, Hueghue, Marcapomacocha, Morococha y Pachacayo. Los análisis de consistencia de la información se realiza con las curvas de doble masa, para el período común 1970 - 1995. En los Gráficos N° 4 al N° 13, se presentan las relaciones de doble masa correspondientes, de los cuales se puede deducir lo siguiente:

- La consistencia de la Estación Cazapatos es adecuada, se ajusta a una recta sin saltos;
- La consistencia de la Estación Hueghue es adecuada, se ajusta a una recta sin saltos;
- La consistencia de la Estación Marcapomacocha tiene un quiebre en el año 1980, que será tomado en cuenta y no se utilizará como estación base de complementación de las otras estaciones;
- La consistencia de la Estación Morococha es adecuada, se ajusta a una recta sin saltos;
- La consistencia de la Estación Pachacayo es adecuada, se ajusta a una recta sin saltos.

4.0. Disponibilidad Hídrica

4.1. Información hidrométrica disponible

No existe información hidrométrica en las cuencas de estudio, se están tomando los registros de las estaciones con áreas pequeñas que tiene registro y corresponden a ríos tributarios del Mantaro.

Ha sido necesario seleccionar las siguientes estaciones, de las cuales 7 corresponden a la cuenca del Mantaro y 1 a la cuenca del Pacífico:

| Estación | Area | Altitud |
|----------|------|---------|
|----------|------|---------|

| | Km² | msnm |
|--------------|-----------------------|-------------|
| Canchachuco | 169 | 4125 |
| Carhuascayan | 456 | 4150 |
| Casaracra | 317 | 4000 |
| Huari | 467 | 3700 |
| Pachachaca | 186 | 4250 |
| Pinascocha | 195 | 3800 |
| Yanacochoa | 915 | 3500 |
| Yuracmayo | 101 | 4300 |

4.2. Análisis Regional de Descargas

Se ha realizado un análisis regional de las descargas, en base a 7 estaciones ubicadas en la cuenca del río Mantaro y 1 estación en el Pacífico, evaluando rendimientos (lps/km²) y coeficientes de escorrentía.

A cada estación de escorrentía, se le ha relacionado su correspondiente estación de precipitación, a fin de obtener los coeficientes de escorrentía, como sigue:

| Estación | Estación Pluviométrica | Pp (mm) |
|-----------------|-------------------------------|----------------|
| Canchachuco | Upamayo | 833 |
| Carhuascayan | Carhuacayan | 887 |
| Casaracra | Junin | 840 |
| Huari | Pachacayo | 679 |
| Pachachaca | Pomacocha | 717 |
| Pinascocha | Yauricocha | 842 |
| Yanacochoa | Cochas | 679 |
| Yuracmayo | Casapalca | 704 |

En el Cuadro N° 2, se presentan los coeficientes de escorrentía y rendimientos para cada una de las cuencas con registro de descargas. Asimismo se ha realizado un análisis estadístico, relacionando rendimientos y coeficientes de escorrentía, con la altitud, lo cual ha permitido seleccionar el mejor grupo de estaciones que permitirán los cálculos posteriores, los que se presentan en el Cuadro N° 3.

Los resultados obtenidos, permiten definir la relación de rendimientos como la más adecuada, con la siguiente expresión de regresión:

| Fórmulas Para Generación de CAUDALES | |
|---|--|
| Rendimiento (lps/km ²) | = (-30.38+0.0106*Altitud Media) |
| Volumen Escorrentía (MMC) | = Rendimiento * Área * Factor Altitud |
| Volumen Precipitado (MMC) | = Pp (Casapalca) * Área * Factor Altitud |

Los resultados se presentan en el Cuadro N° 4; los volúmenes producidos en cada sección, susceptibles de ser regulados y/o captados, corresponden a los siguientes:

Llajhua: 3.40 MMC/año
Llamacancha: 2.80 MMC/año

Sallalli: 6.30 MMC/año
Yánac: 21.29 MMC/año

Teniendo como base la Estación Casapalca, los coeficientes de escorrentía deducidos y los ajustes de precipitación en función de las curvas isoyetas, se está, generando los caudales para el período homogenizado 1966-95.

La cuenca del Llajhua, con una extensión de 8.20 km², tiene una masa total de agua del orden de 3.4 Hm³, de los cuales 0.9 Hm³ son susceptibles de regulación en Sihuis, que constituye una unidad geográfica importante como fuente atractiva para implementar en ella alternativas de regulación para lograr un afianzamiento de la cuenca.

5.0. Caudales Máximos

La estimación de las descargas máximas para diferentes períodos de retorno, se ha realizado utilizando el procedimiento regional apoyado en las curvas envolventes de Creager.

Este método inicialmente desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica por W. Creager, estableció una curva envolvente de una serie de observaciones de descargas máximas. Esta curva es de la forma:

$$Q = 46 \times C \times A^n$$

$$n = 0.894 \times A^{(-0.048)}$$

Donde:

Q = Descarga máxima en pies³/seg.

A = Área de la cuenca en millas cuadradas.

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca.

Ante la ausencia de mediciones hidrométricas, profesionales de la Cooperación Energética Peruana-Alemana y de la ex-Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ex-ONERN) con el objetivo de realizar el análisis regional de avenidas, adecuaron para el país las relaciones anteriores.

La fórmula de Creager puede expresarse en función del área de la cuenca y el período de retorno:

$$Q_{\max} = (C_1 + C_2) \log(T) A^{m A^{-n}}$$

Donde:

Q_{max} = caudal máximo en m³/s

T = período de retorno en años

Para la Región N° 4, donde se ubica la cuenca del Lambra, se tienen los valores: C₁ = 0.09, C₂ = 0.36, m = 1.24 y n = 0.04.

Los resultados obtenidos definen la descarga máxima para las secciones de interés en la cuenca del Lambras son los siguientes:

| CAUDALES MAXIMOS | | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Cuenca | Area (km²) | Caudales Máximos | |
| | | Tr₍₁₀₀₎ | Tr₍₁₀₀₀₎ |
| Llajhua | 8.20 | 10 | 15 |
| Llamacancha | 6.99 | 8 | 13 |
| Sallali | 16.00 | 20 | 29 |
| Yánac | 191.20 | 177 | 265 |

6.0. Resultados y Comentarios Finales

Del estudio realizado y de los resultados obtenidos, que permiten contar con el análisis de un conjunto de aspectos, que van desde la recopilación y validación de la información pluviométrica disponible, hasta la definición de los caudales a ser regulados en las diferentes alternativas propuestas, se puede resumir y comentar los siguientes resultados:

Información y su Calidad:

- 1) La red de estaciones pluviométricas cuyos registros de precipitación se han consignado para el presente estudio, que permitieron definir la base de estaciones para los cálculos de los caudales en las secciones de interés.
- 2) La red de estaciones hidrométricas, comprenden registros de cuencas pequeñas tributarias del Mantaro, que sirvieron de base para la definición de los coeficientes de escorrentía.

Resultados:

- 1) La alternativa analizada es única: Sihuis, ubicada en la parte alta de la cuenca del Lambrá, aguas abajo llamado Liscay y luego San Juan de Yánac.
- 2) Se ha previsto una regulación, que será utilizada en los períodos críticos, analizado para todo el estiaje (Junio - Noviembre), que permite afianzar los recursos hídricos de la cuenca y utilizarlos para fines principalmente agrícolas.
- 3) La cuenca del Llijhua, con una extensión de 8.2 km², tiene una masa total de agua del orden de 3.4 Hm³, de los cuales 0.9 Hm³ son susceptibles de regulación en Sihuis, por lo que constituye una unidad geográfica importante como fuente atractiva para implementar en ella alternativas de regulación para lograr un afianzamiento de la cuenca.

2. CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

2.1 Introducción

En esta sección se presenta la información concerniente al análisis de las demandas de agua para la condición Con Proyecto que propone el Perfil del Estudio.

El Proyecto atenderá a un total de 500 ha pertenecientes a las márgenes derecha e izquierda del río Liscay, y que aguas abajo toma el nombre de río San Juan de Yánac.

Para el diseño de la cédula de cultivos con Proyecto a nivel de Perfil, se ha consultado con la información que ofrecen tres fuentes:

El Censo Nacional Agropecuario, realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el año 1994.

El portal del Ministerio de Agricultura, a través de Sistema de Información Agraria.

La tercera fuente lo ha constituido el trabajo de campo ejecutado por el personal de la Oficina de Proyectos de Afianzamiento Hídrico, apreciando las características físicas de los suelos tanto de la parte alta como de la parte baja: tales como textura y consistencia.

Además se efectuó reuniones de trabajo con los productores a fin de medir su grado de conocimiento acerca de las labores culturales así como los cultivos que actualmente se explotan, las fechas de siembra y cosecha y finalmente, conocer sus expectativas sobre la inserción de nuevos cultivos.

Los beneficiarios expresan su disposición a incursionar en el uso de métodos de riego modernos tales como el riego presurizado, pero sobre todo los de la parte alta tienen el limitante de que no estarían en condiciones de financiar los costos iniciales de adquisición de equipos de riego.

Una alternativa podría ser el apoyo social de Minera Buenaventura la que se encuentra realizando trabajos de exploración de oro en la margen izquierda del río Liscay, en el Caserío Santa Mercedes, con –al parecer- buenos resultados. Por otro lado, las relaciones entre la comunidad y la minera son buenas fundamentalmente por la generación de empleo que ha traído Buenaventura.

2.2 Cédula de Cultivos

La cédula de cultivos en el escenario con Proyecto, se presenta en el Cuadro 9, de cuya lectura se obtienen las siguientes conclusiones.

- El 29% del área física de Liscay se explotaría con cultivos semipermanentes.
- El 71% del área física de Liscay se explotaría con cultivos transitorios.
- El 50% del área física de Liscay que se explota con cultivos transitorios, será explotada en una segunda campaña agrícola.
- El coeficiente de uso de la tierra en Liscay es 1.36.
- El cultivo principal en Liscay es la papa, con el 36 % del área física total. Este concepto puede variar en las siguientes etapas de los Estudios de Pre-inversión, de acuerdo al trabajo de sensibilización y capacitación de los beneficiarios. A nivel de Perfil, hemos considerado conservadoramente que la aceptación al cambio de parte

de los productores será lenta. Definitivamente, cuando se efectúe el diseño de las cédulas de cultivo para los diferentes años del horizonte del proyecto, se espera que el área explotada con papa vaya disminuyendo, salvo que las condiciones de mercado ofrezcan otro escenario.

- Como cultivo nuevo se ha considerado a las plantas aromáticas, teniendo al orégano como cultivo representativo. Este es un cultivo en el cual los beneficiarios tienen muchas expectativas, tienen alguna experiencia en su explotación y actualmente los precios de mercado son interesantes. A nivel de Perfil, sólo hemos considerado este cultivo nuevo, pero en las siguientes etapas se puede evaluar otras opciones.
- El 31% del área física de San Juan de Yánac se explotaría con cultivos semipermanentes.
- El 69% del área física de San Juan de Yánac se explotaría con cultivos transitorios.
- El 36% del área física de San Juan de Yánac que se explota con cultivos transitorios, será explotada en una segunda campaña agrícola.
- El coeficiente de uso de la tierra en San Juan de Yánac es 1.36.
- El cultivo principal en San Juan de Yánac es el maíz amiláceo combinado con maíz choclo, con el 47 % del área física total.
- Se ha considerado tres cultivos nuevos: las flores, que tienen como a las rosas y los lirios como cultivos representativos; la uva, cultivo en el cual algunos productores ya han tenido experiencia aunque es indispensable el asesoramiento de entidades del Sector Agrario, básicamente SENASA, y el maíz morado que es un cultivo que se adapta a las condiciones climatológicas y de suelo de San Juan de Yánac, además de estar alcanzando buena cotización en el mercado nacional e internacional.

2.3 Demandas de Agua

2.3.1 Evapotranspiración de referencia

El cálculo de la evapotranspiración de referencia ha sido realizado utilizando el método de Penman-Monteith, aplicado al software CROPWATT preparado por la FAO.

La información climatológica básica se presenta en el Cuadro 10 y esta ha sido tomada de los Estudios a nivel de Factibilidad que en el año 1988 realizó el desaparecido Programa de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PEPMI. Se ha trabajado con los resultados de temperatura media, humedad relativa media, velocidad del viento y las horas de sol, que son los indicadores solicitados por el método de Penmann modificado.

En el Cuadro 11 se presentan los resultados de la Evapotranspiración de Referencia Eto obtenidos con la aplicación del software.

2.3.2 Eficiencias de Riego

Para el cálculo de la demanda de agua se ha trabajado con los valores de eficiencias que se presentan en el Cuadro 12. Estas son producto de nuestra apreciación efectuada durante nuestro trabajo de campo, de acuerdo al método de riego que utilizan los productores, el cual es exclusivamente por gravedad, así como de acuerdo a la cultura de roles de riego, horarios de riego que suelen utilizar los Comités de Regantes que conforman el área beneficiada con el Proyecto.

2.3.3 Demanda de Agua por Usos Agrarios

La demanda de agua del área de riego perteneciente al área con Proyecto asciende a 4.29 MMC, correspondiéndole 1.93 MMC a Liscay y 2.36 MMC a San Juan de Yánac.

Los resultados se presentan en los Cuadros 13 y 14, de cuya lectura se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- El 45% de la demanda total de agua atiende los requerimientos de Liscay.
- El 55% de la demanda total de agua atiende los requerimientos de San Juan de Yánac.
- En Liscay, el 52% de la demanda atiende cultivos semipermanentes.
- En Liscay, el 48% de la demanda atiende cultivos transitorios.
- En Liscay, el 29% de la demanda atiende los requerimientos de la segunda campaña.
- En San Juan de Yánac, el 56% de la demanda atiende cultivos semipermanentes.
- En San Juan de Yánac, el 44% de la demanda atiende cultivos transitorios.
- En San Juan de Yánac, el 26% de la demanda atiende los requerimientos de la segunda campaña.
- La demanda total de agua de la primera campaña es de 3.12 MMC.
- La demanda total de agua de la segunda campaña es de 1.18 MMC.

2.3.4 Demanda de Agua por Usos No Agrarios

En el ámbito de nuestro proyecto no tenemos usuarios no agrarios. Sin embargo, hay que reiterar la presencia de Minas Buenaventura efectuando trabajos de exploración en oro, en la zona del Centro Poblado Liscay. En caso, dicha Empresa obtenga resultados satisfactorios para sus objetivos, definitivamente solicitará licencia de uso de agua para fines mineros, cuyo volumen asignado deberá formar parte del balance hídrico.

3. BALANCE HIDRICO

3.1 Introducción

En esta sección se presentan los resultados de los cálculos de la simulación efectuada como parte del Balance Hídrico, es decir la relación entre la oferta de agua y la demanda de agua que en este caso es exclusivamente para fines agrarios.

3.2 Resultados

La simulación se ha efectuado en base al período de registro de 30 años comprendido entre 1966 y 1995. El volumen útil del embalse Sihuis es de 0.85 MMC.

Los criterios para la operación del sistema son los siguientes:

- Los requerimientos de Liscay son atendidos con los recursos de la Quebrada Llamacancha y de la Quebrada Sallalli.
- El 80% del área de Liscay es atendida exclusivamente con los recursos de la Quebrada Llamacancha.
- El 20% del área de Liscay es atendida exclusivamente con los recursos de la Quebrada Sallalli.
- Los recursos de la Quebrada Tranca son almacenados en el embalse Sihuis.
- Los recursos propios que atienden a los requerimientos de San Juan de Yánac están conformados por la producción de la cuenca intermedia entre Liscay y Yánac.

- Con embalse Sihuis operando, se satisfecerá en primer lugar las demandas no atendidas de Liscay y Sallalli.
- Luego, y con los reboses se satisfecerá las demandas no atendidas en San Juan de Yánac.

Los resultados se presentan en el Cuadro 15 y el detalle en el Cuadro 16, de cuya lectura obtenemos las siguientes conclusiones:

- Con recursos propios, la cobertura anual de Liscay es 0%. La cobertura mensual es de 57%. En el caso de la zona (margen izquierda del río Liscay) que es atendida con la Qda. Sallalli, la cobertura anual es 13% y la cobertura mensual de 85%. Con estos resultados se demuestra la escasez de agua para garantizar agricultura a lo largo del año calendario y su concentración en la época de avenidas.
- Con embalse Sihuis operando, este escenario mejora notablemente a 87% de cobertura anual y 98% de cobertura mensual. Es decir, estamos dentro de los niveles recomendados para una explotación agrícola seria y planificada.
- Con recursos propios, la cobertura anual de San Juan de Yánac es 3% y la cobertura mensual es de 76%.
- Con embalse Sihuis operando, este escenario alcanza cobertura anual de 70% y cobertura mensual de 95%.

P E R F I L
PROYECTO DE IRRIGACION LISCAY SAN JUAN DE YANAC
VOLUMEN II: ESTUDIOS BASICOS
ANEXO 2 - GEOLOGIA
I N D I C E

1.0 INTRODUCCION

- 1.1 REVISION Y EVALUACION DE LA INFORMACION EXISTENTE
- 1.2 PLANEAMIENTO HIDRAULICO DEL PROYECTO

2.0 GEOLOGIA REGIONAL

- 2.1 GEOMORFOLOGIA
- 2.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA
- 2.3 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS
- 2.4 SISMICIDAD
- 2.5 GEOLOGIA PARA OBRAS HIDRAULICAS
 - 2.5.1 Sub-Proyecto San Juan de Yanac
 - 2.5.2 Sub-Proyecto Sihuis
- 2.6 ALTERNATIVAS DE PRESA
 - 2.6.1 CRITERIOS DE EVALUACION
 - 2.6.2 ALTERNATIVA Nº I
 - 2.6.3 ALTERNATIVA Nº II
 - 2.6.4 CONSIDERACIONES INGENIERO GEOLOGICAS

3.0 GEOLOGIA DEL EMBALSE SIHUIS

- 3.1 GEOMORFOLOGIA
- 3.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA
 - 3.2.1 GRUPO SACCSAQUERO: Tim-s
 - 3.2.2 DEPOSITOS CUATERNARIOS
 - 3.2.3 SUB VOLCANICOS: T.m.s.
- 3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL
 - 3.3.1 BRECHAS VOLCANICAS
 - 3.3.2 LIMOLITAS Y ARENISCAS
 - 3.3.3 ANDESITAS
- 3.4 ESTABILIDAD DE TALUDES
- 3.5 HIDROGEOLOGIA

- 3.6 ESTANQUEIDAD DEL VASO
- 4.0 GEOLOGIA ZONA DE PRESA SIHUIS**
 - 4.1 GEOMORFOLOGIA
 - 4.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA
 - 4.2.1 GRUPO SACSAQUERO
 - 4.2.2 DEPOSITOS CUATERNARIOS
 - 4.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL
 - 4.4 SISMICIDAD
- 5.0 GEOTECNIA DE LA ZONA DE PRESA**
 - 5.1 CARACTERISTICAS INGENIERO GEOLOGICAS
 - 5.1.1 ESTRIBO IZQUIERDO: SONDAJE N° 1.
 - 5.1.2 CAUCE: SONDAJE N° 2.
 - 5.1.3 ESTRIBO DERECHO: SONDAJE N° 3.
 - 5.2 ZONAMIENTO GEOTECNICO
 - 5.3 CRITERIOS GEOTECNICOS CONSTRUCTIVOS
- 6.0 OBRAS DE CAPTACION Y DE CONDUCCION - LISCAY**
 - 6.1 OBRA DE CAPTACION – LISCAY
 - 6.1.1 CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
 - 6.1.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
 - 6.1.3 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
 - 6.1.4 MEDIDAS CONSTRUCTIVAS
 - 6.2 AREA DE CANALES – LISCAY
 - 6.2.1 CRITERIOS DE CLASIFICACION DE MATERIALES
 - 6.2.2 DESCRIPCION GEOLOGICA DEL CANAL
 - 6.2.3 SECTORIZACION INGENIERO GEOLOGICA
- 7.0 OBRAS DE CAPTACION Y DE CONDUCCION – SAN JUAN DE YANAC**
 - 7.1 OBRAS DE CAPTACION - SAN JUAN DE YANAC
 - 7.1.1 CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS
 - 7.1.2 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
 - 7.1.3 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
 - 7.1.4 MEDIDAS CONSTRUCTIVAS
 - 7.2 CANAL SAN JUAN DE YANAC – MARGEN IZQUIERDA
 - 7.2.1 CRITERIOS DE CLASIFICACION DE MATERIALES
 - 7.2.2 DESCRIPCION GEOLOGICA DEL CANAL

- 7.2.3 SECTORIZACION INGENIERO GEOLOGICA
- 7.3 CANAL SAN JUAN DE YANAC – MARGEN DERECHA
 - 7.3.1 CRITERIOS DE CLASIFICACION DE MATERIALES
 - 7.3.2 DESCRIPCION GEOLOGICA DEL CANAL
 - 7.3.3 SECTORIZACION INGENIERO GEOLOGICA
- 8.0 AREAS DE PRESTAMO Y CANTERAS**
 - 8.1 AGREGADOS SAN JUAN DE YANAC
 - 8.2 MATERIAL DE ENROCADO – SAN JUAN DE YANAC
 - 8.3 AGREGADOS LISCAY
 - 8.4 AGREGADOS SIHUIS
 - 8.5 CANTERA DE ROCA SIHUIS
- 9.0 PROGRAMA DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS**
 - 9.1 ZONA DE PRESA
 - 9.2 VASO
 - 9.3 BOCATOMAS
 - 9.4 CANAL
 - 9.5 AREAS DE PRESTAMO Y CANTERAS
- 10.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
 - 10.1 CONCLUSIONES
 - 10.2 RECOMENDACIONES

A N E X O S

- ANEXO Nº I. CUADROS Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- ANEXO Nº II FOTOGRAFIAS DEL AREA DE ESTUDIO

P E R F I L
PROYECTO DE IRRIGACION LISCAY SAN JUAN DE YANAC
VOLUMEN II: ESTUDIOS BASICOS
ANEXO 2 - GEOLOGIA

CAPITULO I INTRODUCCION

Por encargo del INRENA, se realizó la verificación y adecuación de las investigaciones geológicas y geotécnicas realizada para el Proyecto de Irrigación San Juan de Yanac – Liscay; proyecto que consiste en el aprovechamiento de los recursos hídricos regulados de la cuenca, con el objetivo de satisfacer las necesidades de riego de las zonas agrícolas de San Juan de Yanac y Liscay.

El presente informe técnico, es resultado de la evaluación y correlación de las investigaciones geológicas y geotécnicas anteriormente realizadas por ENI - Ministerio de Agricultura; que en el presente caso se complementó con una fase de verificación de campo que incidió en las características ingeniero geológicas de la zona de presa, obras de captación y trazos de canales.

Como el proyecto considera una obra de represamiento, se realizaron las respectivas clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos volcánicos y calificaciones geológicas de cada alternativa, con el propósito de aportar los elementos técnicos mínimos que son requeridos para una fase de alternativas de zona de presas.

El presente informe técnico incluye la interpretación geotécnica y los parámetros geotécnicos al presente nivel de estudios, de los materiales de cimentación y de los materiales de construcción; se adjuntan los resultados de las Investigaciones ejecutadas, sectorización ingeniera geológica y las evaluaciones geotécnicas que sustentan el informe.

1.1 REVISION Y EVALUACION DE LA INFORMACION EXISTENTE

La zona ha sido objeto de estudios geológicos y geotécnicos anteriores, en tal sentido se procedió a la revisión y evaluación de la información geológica y geotécnica existente en el Archivo Técnico del INRENA, con el propósito de proceder a una adecuación de la información técnica referida a la Irrigación.

A continuación se hará una breve descripción de cada estudio revisado y se incluirán las principales conclusiones y recomendaciones, que serán de utilidad para el presente caso.

- Estudio Geológico y Geotécnico del Proyecto de Irrigación San Juan de Yanac – Liscay. INAF – ENI – M. Agricultura (1987). Estudio realizado a Nivel de Factibilidad, durante el cual se realizaron: Levantamientos geológicos de la zona del embalse, descripciones geológicas de los trazos de los canales y de las ubicaciones de las captaciones; complementariamente se realizó una primera fase de evaluación de áreas de préstamos y canteras.

Las investigaciones han sido desarrolladas con suficiente detalle, lo que permite contar con suficientes elementos de juicio para la elaboración del presente Perfil del Proyecto con la determinación de los parámetros geotécnicos de la cimentación de la principal estructura y las características físicas y mecánicas de los materiales de préstamos y canteras.

Los parámetros y características de cada material se sustentan con los resultados de las investigaciones de Mecánica de Suelos: Excavaciones exploratorias, perforaciones diamantinas y ensayos de laboratorio.

- Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuana, Tupe, Chincha, Tantará y Castrovirreyna. Ingemmet - 1993. Serie Carta Geológica Nacional. Estudio a Nivel Regional con planos a escala 1:100000; desarrolla los aspectos de fisiografía, geomorfología, litología, estratigrafía, geología estructural, geología histórica y geología económica, delimitando las áreas de ocurrencia de las diferentes formaciones y los límites o contactos geológicos.

La zona materia del presente estudio se localiza en el Cuadrángulo de Tantará, sector en donde predominan las rocas volcánicas e intrusivas; las volcánicas predominan en la zona de presa Sihuis.

- Estudio Geodinámico de la Cuenca del río San Juan. Ingemmet - 1980. Estudio a Nivel Regional con planos a escala 1:100000; desarrolla los aspectos de fisiografía, geomorfología, litología, estratigrafía, geología estructural, geología histórica y geodinámica, delimitando las áreas de ocurrencia de las diferentes formaciones y los límites o contactos geológicos.

En este estudio se han agrupado las Formaciones Geológicas en Unidades; en tal sentido la zona materia del presente estudio se localiza en la subcuenca Liscay - San Juan de Yanac (Parte superior de la Cuenca San Juan, en donde predominan las Unidades Volcánicas, Volcánicos Sedimentarios e Intrusivos y/o rocas intrusivas del tipo diorita - tonalita,

1.2 PLANEAMIENTO HIDRAULICO DEL PROYECTO

El Estudio a Nivel de Factibilidad del Proyecto de Irrigación San Juan de Yanac - Liscay (INAF - ENI - M. Agricultura. 1987), considero el siguiente planeamiento hidráulico:

- Represamiento Sihuis
- Bocatoma Liscay
- Canal Liscay
- Dos Captaciones en el río San Juan de Yanac
- Canal Margen Derecha - San Juan de Yanac
- Canal Margen Izquierda - San Juan de Yanac.

CAPITULO II GEOLOGIA REGIONAL

El rea del proyecto se localiza en el Sector Occidental de la Cordillera Occidental de los Andes, entre Altitudes de 2,400 a 4,200 m.s.n.m y a lo largo de la sub-cuenca del río Sihuis - San Juan de Yanac, que corresponde a la parte superior de la Cuenca de San Juan.

La región se caracteriza por un amplio desarrollo de rocas volcánicas de edad terciaria (brechas volcánicas, derrames volcánicos del tipo andesíticos, dacíticos y riolíticos que predominan sobre las del tipo intrusivo (diorita, tonalita, andesitas y dacitas porfiríticas) y sedimentarias (limonitas y areniscas) que en forma dispersa afloran en las zonas de implantación de las obras hidráulicas previstas.

A continuación se procederá a describir los aspectos geológicos a nivel regional, en base a la información existente.

2.1 GEOMORFOLOGIA

La unidad geomorfológica principal la constituye la Cordillera Occidental de los Andes que corresponde a una divisoria de cuencas; sobre esta se desarrolló la sub unidad geomorfológica del valle de Sihuís, que desciende con fuerte pendiente en dirección al Océano Pacífico.

El modelado actual está relacionado a la evolución del sistema hidrográfico, río Sihuís, teniendo en cuenta la heterogeneidad litológica (volcánicos intrusivos y sedimentarios), rasgos estructurales (fracturas, diaclasas, fallas) topografía y efectos climáticos (lluvias, cambios de temperatura) actuantes en la zona.

El relieve tiene rasgos cordilleranos con cadenas de cerros moderados y altos con pendientes suaves a abruptas, que se encuentra atravesado por el río Sihuís y sus quebradas afluentes. La intermitencia de la cuenca (cambios de altitud) originó ciclos de erosión y deposición, observándose mayormente una marcada erosión con disección profunda y valles encañonados con sección transversal en forma de “V” mayormente simétrica.

Al río Sihuís por su evolución en el área del estudio se le ha dividido en los siguientes tramos:

- a) **Curso Superior.-** Corresponde a la cuenca de recepción próxima a la divisoria de cuencas, se localiza en altitudes superiores a 4,100 m.s.n.m zona que en las nacientes, presenta quebradas angostas de fuerte pendiente (Quebradas Pucarasja y Cuncamiyoc) que al confluir forman la quebrada Sihuís a partir de donde se produce un amplio desarrollo del valle por procesos aluviales y que constituyen el vaso del reservorio previsto.

La topografía en la zona del embalse, es suave con pequeñas pendientes en el valle y que en las márgenes adoptan formas de colinas bajas con pendientes superiores a 15° sin llegar a superar los 30°.

- b) **Curso medio.-** Zona en que se comienza un encañonamiento del río Sihuís, actuando los procesos de erosión lineal y acumulación, predominando el transporte y los procesos erosivos; la sección transversal del valle es en forma de V mayormente simétrica. Al inicio del encañonamiento del valle, se ubica la posible zona de presa Sihuís.

Zona que se caracteriza por un relieve mayormente abrupto, con montañas con superficies rugosas e irregulares se han desarrollado en las formaciones rocosas resistentes.

A lo largo de este tramo el río Sihuís va cambiando de nombre según las poblaciones que cruce así tenemos Liscay – San Juan de Yanac, etc; el río es de fuerte pendiente (variable entre 15° a 30°) por los desniveles y longitud del recorrido; asimismo presenta quebradas afluentes con una disección profunda.

En el Curso Medio existen esporádicos ensanchamientos del valle, ocasionado por la rotura pendientes originándose secciones planas con una deposición de materiales aluviales de acarreo, que constituyen áreas potenciales para la explotación de agregados.

En general, el desarrollo del río Sihuís de ser amplio en la parte alta y encañonada a continuación, nos indica etapas de erosión de valle y de cañón relacionado a la edad de los Andes Occidentales que demuestran una actividad dinámica fuerte que originaron periodos de intermitencia en la frecuencia de los fenómenos que cambian la morfología superficial. Uno de los agentes que han influido en el modelo es el cambio brusco de temperatura que disgregan las rocas (Gelivación).

La sección de cierre del embalse Sihuis, se ubica en un estrechamiento de la quebrada Sihuis, originado por la erosión del valle aluvial en rocas volcánicas; la sección transversal del valle muestra laderas de fuerte pendientes (superiores a 40°), con un cauce angosto con escaso a nulo desarrollo de los depósitos fluviales. A lo largo del valle se observan pequeños deslizamientos en los flancos por la sobresaturación de los materiales no consolidados por efecto de las lluvias.

Los drenajes de las cuencas de los ríos y quebradas más importantes están caracterizados por gradientes fuertes y altos declives; actualmente en la región predominan los procesos erosivos.

2.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA

Los afloramientos del área corresponden principalmente a volcánicos terciarios, intrusiones y depósitos cuaternarios. Las formaciones volcánicas que predominan en el flanco occidental de los Andes, están asociados al gran magmatismo efusivo del área y comprenden una gran variedad litológica cuyos contactos muchas veces se truncan ó constituyen formas lenticulares que hacen difícil su diferenciación por los cambios a corta distancia tanto en sentido vertical como horizontal. A continuación, se hará una descripción geológica regional, adoptando la clasificación del Estudio Geodinámico de la cuenca del río San Juan (Ingemmet - Mayo 1980):

- a. **Unidad Volcánica.-** Terciario Inferior.- Eoceno Superior, comprende las formaciones Astobamba, Huichiriga, Caudalosa y Tantará; que constituyen rocas con similitud litológica, constituidos por derrames andesíticos, dacíticos, riolíticos, flujos de brecha, tufos piroclásticos y limolitas a escala menor. En la zona de estudio, predominan los afloramientos del Grupo Tantará.
- b. **Unidad Volcánica - Sedimentaria.-** Terciario Inferior medio Eoceno Superior – oligoceno.- Agrupa las formaciones Auquivilca, Castro Virreina, Gpo. Sacsaquero y formaciones Huaranquillo y Quilmaza. Serie de afloramientos de rocas volcánicas sedimentarias en las que destacan las rocas piroclásticas, tufos, brechas andesíticas, intercaladas con lutitas y calizas de estratificación fina, asimismo limonitas y areniscas de composición volcánica, con extensión y potencia muy variables. Los afloramientos observados en la zona del proyecto, corresponden al Grupo Sacsaquero.
- c. **Rocas Plutónicas.-** Representadas por un complejo de intrusiones de diferentes rangos que atraviesan la serie volcánica del terciario.

Algunos afloramientos aparecen esporádicamente a lo largo de la cuenca, siendo los principales los siguientes:
 - ❖ **Diorita-Tonalita.-** Aflora en el sector de San Juan de Yanac y corresponden a rocas mesócratas de grano grueso que se encuentran atravesadas por diques ácidos de granodiorita y adamelitas.
 - ❖ **Diorita.-** Sus afloramientos se encuentran en las cercanías del pueblo de Liscay. Rocas ígneas de grano grueso, mesócratas.
- d. **Rocas sub-volcánicas.-** Aparecen como intrusiones menores e inyecciones dispersas y están constituidas mayormente por andesitas y dacitas porfiríticas.

2.3 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

La cadena volcánica terciaria comprende una faja de terreno con orientación NO-SE que geográficamente se encuentra en la parte alta del flanco occidental andino, y fue afectada por el ciclo tectónico andino en sus diversas fases.

El conjunto volcánico (volcánico y volcánico-sedimentario) presenta estructuras y plegamientos moderados con buzamiento suaves (ángulos de 10°).

El batolito se emplazó en forma de cuerpos alargados siguiendo la orientación NO-SE y afecta a la secuencia volcánica Tantará, indicando que el magnetismo intrusivo, está asociado a la fase tectónica Peruana e Incaica, en forma contemporánea y post tectónica. El fallamiento está constituido por fallas menores longitudinales y transversales así como sistemas de diaclasas y fracturas.

La tectónica reciente se relaciona con los movimientos epirogenéticos con emersión y fallamiento gravitacional del tipo Horst que influenciaron en la formación de la actual; asociado a esta tectónica reciente ocurrió el gran magnetismo efusivo relacionado a los centros volcánicos.

2.4 SISMICIDAD

El Perú se encuentra dentro del círculo Circum Pacífico de alta actividad sísmica, así como en las proximidades de la zona Benioff dentro del área de subducción de la placa Nazca por debajo de la placa Continental Sur-Americana, soportando intensos movimientos y cambios corticales con atributos de alta sismicidad.

Según la zonificación sísmica del Perú, el área materia del informe está comprendida en la zona N° 5 que tiene las siguientes características: Zona sismoactiva del presente siglo, vinculada con los sismos de profundidad intermedia (71 a 300 Km) que se encuentra ampliamente distribuidas en la región sur; no existe fallamiento activo superficial asociado a los sismos.

Se encuentra al norte de la zona de transición sismotectónicas del sur del Perú (Deflexión de Abancay) constituyendo fundamentalmente la Cordillera Occidental de los Andes y la mayor parte de la Planicie Altiplánica. Zona con alto índice de sismicidad en los próximos 30-40 años (Ref. Estudio Geodinámico de la cuenca del río San Juan-INGEMMET-Mayo 1980).

La distribución en profundidad de los sismos es el característico de las zonas de Subducción Oceánica-Continental, es decir la profundidad de los sismos aumenta desde superficiales en el lado oceánico donde la placa comienza a introducirse bajo la continental, hasta profundos en el lado continental donde también la placa oceánica ha alcanzado niveles profundos (700 Km) las características sísmicas del área deben ser tomadas en cuenta para efecto de los diseños (factor sísmico) de las obras hidráulicas sobre todo en lo referente a la presa Sihuis.

2.5 GEOLOGIA PARA OBRAS HIDRAULICAS

En consideración a las características litológicas en las áreas de implantación de las obras hidráulicas previstas tenemos los siguientes afloramientos:

2.5.1 Sub Proyecto San Juan de Yanac

- Bocatoma San Juande Yanac
Roca Basamento: Volcánicos andesíticos de la Formación Tantará (Edad - Terciario)
- Canales: Margen Izquierda y Derecha de San Juan de Yanac
Rocas Basamentos: Volcánicos andesíticos (Form. Tantará), Diorita-Tonalita (Intrusivo terciario), Andesita porfirítica y granodiorita (Inyecciones - terciario)

2.5.2 Sub Proyecto Liscay

- Vaso Sihuis:

Roca Basamento: Brecha Volcánica, limolita-areniscas (Grupo Sacsaquero-Terciario) e intrusiones hipoabisales (terciario)

- Zona de Presa Sihuis:

Roca Basamento: Brecha volcánica (Grupo Sacsaquero-Terciario)

- Bocatoma Liscay:

Roca Basamento: Volcánicos Silicificados (Formación Tantará-terciario).

- Cana Liscay:

Roca Basamento: Derrames volcánicos (Formación Tantará-terciario), Diorita y andesitas porfíricas (intrusiones, menores-terciario)

2.6 ALTERNATIVAS DE PRESA

Se consideraron dos alternativas de la presa, la primera en la zona de Sihuis (nacientes del río Sihuis) y la segunda en un tramo encañonado del Río San Juan de Yanac, próximo al Pueblo de San Juan de Yanac.

Las ubicaciones de las alternativas de presa, se han ubicado en los planos geológicos a escala 1:100000.

2.6.1 Criterios de Evaluación

Como parte de la selección de las alternativas de presas, se procedió a la evaluación de la información geológica existente complementada con una fase de reconocimiento de campo. Como parte de esta evaluación en cada alternativa propuesta se realizaron las siguientes actividades.

- Clasificación geomecánica de la roca de fundación, en base a las Tablas elaboradas por Bieniawsky. (Referencia: Cuadros del N° G - 2 al G - 9; Clasificación Geomecánicas)
- Determinación de las características geológicas - topográficas (litología, geomorfología, pendientes, estructuras geológicas, potencias de los depósitos aluviales y coluviales, grado de alteración de las rocas, etc.). Observar el Cuadro N° G - 10 "Índices Morfométricos - Alternativas de Zonas de Presas".
- Calificación geológica, definiendo para cada zona el factor geológico. Se utilizaron cuadros de calificación geológica previamente elaborados de acuerdo a la magnitud de las obras proyectadas; las calificaciones obtenidas, para cada alternativa de presa se acompañan en los Cuadros N° G - 11 y N° G - 12. El factor geológico se define como el complemento aritmético de su correspondiente calificación geológica; así para una calificación 100 el factor geológico (F. G) será 1.0.

Los datos obtenidos permiten afirmar que las alternativas de presas, reúnen condiciones geológicas favorables, se ubican en afloramientos de rocas intrusivas ó volcánicas, con una parcial cobertura de suelos coluvio residuales y presencia de los depósitos aluviales en el cauce; en algunos casos se presentan variaciones en cuanto a los pendiente de los estribos y limitaciones de orden topográficos (Morfología de los estribos y pendiente longitudinal de los cauces).

Un factor adicional considerado es la presencia de una quebrada afluente en la margen derecha en la Alternativa N° 2 (San Juan de Yanac), quebrada tiene una incidencia desfavorable, ubicándose en la margen derecha a unos 20m de la zona de presa

(Sección de cierre). Factor a tener en cuenta por su grado de incidencia a la sección transversal de la presa.

A continuación se darán las características Ingeniero geológicas de cada alternativa, las que se complementan con el Cuadro N° G - 10 "Índices Morfométricos de las Zonas de Presas" y los Cuadros N° G - 11 y N° G - 12 "Calificación Geológica de las Alternativas de Presa".

2.6.2 Alternativa N° I

- Localización : Sector de Sihuis, aguas abajo de la confluencia de las quebradas Pucarasja y Cuncamiyoc. Corresponde a la cuenca de recepción con altitudes superiores a 4,000 m.s.n.m
- Geología : Ambos estribos está conformados por brechas volcánicas, que superficialmente se encuentran fracturadas y con una mediana a parcial intemperización. La cobertura coluvio-residual es prácticamente nula.
- Geomorfología : Sector encañonado de la quebrada Sihuis, con un valle con sección transversal en forma de "V" casi simétrica, con estribos que presentan pendientes promedios superiores a 40^oa sub verticales. Con relación a los estribos, se tiene que ambos son casi simétricos.
- Orientación del eje : Normal a la orientación del cauce de la quebrada.
- Cauce : Inferior a 16.00m; con una potencia de material aluvial máximo de 1.65 m.
- Longitud de coronación : Considerando una altura de presa de 24.50m se tiene aproximadamente 40ml.
- Factor geológico : 1. 26 (Favorable - Calificación N° 1).
- Zonamiento Geológico:
 - Suelo residual = Ausente
 - Depósito Aluvial = Máximo 1.65m. (Cauce)
 - Roca Muy Intemperizada = Un máximo de 2.00m en la zona de estribos y de 1.35m en la zona entre estribos (Cauce); corresponden a rocas con RMR = IV y V (Muy mala a mala).
 - Roca Sana a ligeramente meteorizada y fracturada = A continuación de la roca muy intemperizada y fracturada. Por sectores se alternan pequeños tramos fracturados y meteorizados. Rocas con RMR = III y II (Mediana a buena).

2.6.3 Alternativa N° II

- Localización : Aproximadamente 800m aguas arriba del Pueblo San Juan de Yanac, sobre la quebrada del mismo nombre.
- Geología : Afloramientos de rocas intrusivas, que gradan entre dioritas a tonalitas. Las rocas se muestran fracturadas y con parcial meteorización; la cobertura coluvio-residual cubre parcialmente la parte baja de los estribos.
- Geomorfología : Sector encañonado de la quebrada San Juan de Yanac, el valle presenta una sección transversal en forma de "V" casi simétrica, flancos con pendientes superiores a 40^o; el estribo derecho muestra un escalonamiento, con acumulaciones de coluvios en la parte inferior del estribo.
- Orientación del eje : Casi perpendicular al eje de la quebrada

- Cauce : Superior a 25m., con potencia de material aluvial superior a 4.00m.
- Longitud de coronación : Considerando una altura de presa de 24.50m, se tiene una longitud aproximada superior a 90ml
- Factor geológico : 1.35 (Favorable - Calificación N° 2).
- Zonamiento Geológico:
 - Suelo coluvial = En la base de los taludes con potencias máximas de 2.00m.
 - Depósito Aluvial = Superior a 4.00m. (Cauce)
 - Roca Muy Intemperizada = Promedio de 2.00m en toda la sección de la presa; rocas con RMR = IV y V (Muy mala a mala).
 - Roca Sana a ligeramente meteorizada, a continuación de la roca muy meteorizada y fracturada; potencias de 10 a 15m. Rocas con RMR = III y II (Mediana a buena).
 - Roca Fresca = Infrayace a la roca sana; predominan rocas con RMR = II y I (Buena a excelente calidad).

2.6.4 Consideraciones Ingeniero Geológicas - Zonas de Presa

De las dos zonas de presa, la alternativa N° 1 (Sihuis) presenta la mejor calificación geológica, en razón de la amplitud del embalse en comparación a la Alternativa N° 2 (San Juan de Yanac) en la que el vaso se localiza en un valle sin mucha amplitud y que presenta un cauce con fuerte pendiente longitudinal.

La zona de presa N° I, tiene una mejor calificación geológica con un valor de Factor Geológico de 1.26 (Favorable) con una sección de cierre de menor longitud de coronación, inferior a 50ml.

Un factor en contra de la zona de presa N° 2, es que se localiza aguas abajo de la quebrada afluente de la margen derecha a una distancia aproximada de 20m., lo que implicaría un mayor costo en las investigaciones geotécnicas y el posible incremento del área que requiera tratamiento de la cimentación.

Ambas zonas presentan condiciones para la construcción de una presa de de concreto - gravedad, se ubican en zonas encañonadas; el de menor longitud de coronación, corresponde a la zona de presa N° 1 (Sihuis).

La zona de Presa N° 1, presenta mejores condiciones geológicas y topográficas para todo tipo de presa; características que son valederas para el área del embalse (Vaso de almacenamiento) que reúne mejores condiciones topográficas.

El rango de excavación para la implantación de la presa, es menor en la Alternativa N° 1 (Sihuis).

El rango de tratamiento de la cimentación en profundidad, son similares para ambos casos; lo que incluye los aspectos geomecánicos y las condiciones geomorfológicas, estructurales, estanqueidad, estabilidad de taludes y procesos geodinámicos en el área de los embalses. Se estima que no se presentarán problemas críticos de inundación de áreas agrícolas y presentan similares características de estanqueidad.

CAPITULO III GEOLOGIA DEL EMBALSE SIHUIS

El Embalse de Sihuis, s localiza en el curso superior del río Sihuis, el cual se desarrolló sobre afloramientos volcánicos-sedimentarios de edad terciaria que se encuentran atravesadas por inyecciones dispersos de rocas volcánicas.

Los afloramientos volcánicos sedimentarios de este sector de la Cordillera Occidental (Grupo Sacsaquero-Terciario Inferior-medio) presentan un suave buzamiento de sus capas en dirección hacia las nacientes del río; así mismo se encuentran atravesados por sistemas de diaclasas y/o fracturas relacionadas a la tectónica reciente y magmatismo efusivo ocurrido.

A continuación, se realizará la interpretación y descripción a lo largo del embalse Sihuis, en tal sentido se ha utilizado la información técnica existente a Nivel Regional y/o Local, complementándola con verificaciones de campo a lo largo de la zona de estudio. Como resultado, se han elaborado los respectivos planos geológicos de Superficie y una sección geológica transversal a la quebrada.

3.1 GEOMORFOLOGIA

El carácter del relieve está predeterminado por el amplio desarrollo de rocas volcánicas y la presencia de intrusiones; el relieve contemporáneo se formó por los procesos de denudación en los afloramientos rocosos y uno de erosión y acumulación en el sector del valle de Sihuis.

El vaso se emplaza en el cauce del río Sihuis en un tramo donde alcanzó su mayor desarrollo transversal por acción de la quebrada principal (erosión lateral) y sus afluentes Cuncaniyoc y Pucarasja dando un valle amplio en forma de artesa con una pequeña planicie de suava inclinación en el cauce.

La erosión del valle fue controlada por el macizo de brechas volcánicas de la zona de presa (labrado del cauce) que ofrecieron mayor resistencia a los procesos erosivos en contra posición de la menor resistencia de las limonitas y areniscas que cruzan el vaso en su parte central (erosión diferencial). Todo indica que en este sectores río sufrió un represamiento temporal hasta labrar su cauce en la brecha volcánica, adoptando un valle encañonado con alineamiento casi recto, como consecuencia de la influencia de los sistemas diaclasas y/o fracturas (Control estructural en el desarrollo del valle encañonado) que atraviesan la brecha volcánica.

En el lecho del río Sihuis (vaso) se aprecian depósitos y terrazas de inundación como manifestación de la evolución de la cuenca; las quebradas existentes originaron el transporte de sedimentos (arenas, arcillas y gravas) en épocas de lluvias.

Con relación al relieve actual de la zona se tiene que los flancos del vaso son de pendientes suaves en las partes bajas que oscilan entre 7°- 15° que se empinan en las partes altas (zonas de afloramientos rocosos) sin llegar a escarpados; en la parte central en el eje mayor del vaso la pendiente de la terraza llega a valores máximos de 3°. En las nacientes en la confluencia de las quebradas Cuncaniyoc y Pucarasja se observaron afloramientos de sub-volcánicos con pendientes del terreno superior a 30°.

3.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA

La secuencia lito estratigráfica en la zona de estudio, está determinada por el desarrollo de rocas volcánicas-sedimentarios y emplazamiento de pequeños cuerpos intrusivos de sub-volcánicos. Las acumulaciones cuaternarias tienen variada distribución y están constituidos principalmente por los de origen aluvial.

De acuerdo a estudios de geología regional (INGEMMET) y teniendo en cuenta las características de los afloramientos volcánicos-sedimentarios encontrados, estos han sido datados como de edad terciaria pertenecientes al Grupo Sacsaquero.

3.2.1 Grupo Sacsaquero: Tim-s

Conjunto volcánico-sedimentario cuya proporción de rocas volcánicas respecto a las sedimentarias y piroclásticas es variable y generalmente tiene un carácter lenticular lo que origina que la litología cambie a poca distancia tanto en sentido vertical como lateral.

Afloran en todo el sector del vaso y la secuencia observada de la base al tope es la siguiente: brecha volcánica, aglomerado volcánico, limonitas-areniscas y recubriéndolos tenemos derrames volcánicos estratificados ampliamente distribuidos y bastante alterados.

a) Brecha Volcánica:

Sus afloramientos constituyen el sector encañonado del río Sihuis; roca de color rojiza compacta algo densa de estructura vesicular, los fragmentos que componen las brechas son andesitas y volcánicos heterogéneos de diferentes tamaños y mayormente angulosos; la matriz que los engloba es tufácea-limolítica. La roca se presenta con geodas y vesículas, y en la superficie ha sufrido la acción intempérica (agua y hielo) favorecida por los sistemas de diaclasas presentes.

Se les aprecia con una pseudo estratificación cierta estratificación lo que se hace más notorio por el intemperismo; el rumbo predominante es transversal al cauce y una inclinación hacia aguas arriba. Superficialmente, los afloramientos con rugosidades y cavidades por acción del agua (erosión areolar) así como fracturas abiertas por la erosión lineal.

b) Limonitas y Areniscas

Rocas de mediana compactación de coloración rojiza y violeta de composición volcánica, que en la base presentan aglomerados volcánicos de mediana consolidación con una matriz limolítica, un espesor aproximado 8 m se aprecia en la quebrada del flanco derecho cerca a la boquilla. (Quebrada Aliviadero. Intemperizados forman los suelos de tipo arcillo limoso a limo arenosos.

Este miembro del Grupo Sacsaquero esta constituido por intercalaciones de limonitas y areniscas de colores violeta y rojizas que afloran en el flanco derecho del vaso, así como en pequeños cortes de la quebrada Cuncaniyoc y Sihuis a continuación de la confluencia de las quebradas Cuncaniyoc y Pucarasja.

Las limonitas y areniscas se encuentran mayormente con fina estratificación y se aprecian diaclasas dando por intemperización pequeños bloques angulosos.

Los estratos de limonitas y areniscas presentan un Azimut de buzamiento de 40 a 50° y un ángulo de buzamiento de 20°, 35° y 40°.

c) Derrames Volcánicos

Corresponden a andesitas de color gris a chocolate bastante intemperizado e intercaladas con brechas volcánicas compactas de igual características de resistencia y naturaleza andesíticas. Estos derrames se muestran estratificados y recubren a las rocas existentes en el flanco derecho del vaso; sus afloramientos se observan en la parte superior del flanco derecho del vaso Sihuis.

3.2.2 Depósitos Cuaternarios

Se han originado por procesos evolutivos de las quebradas principales: Sihuis, Cuncaniyoc, Pucarasja, etc. Algunos de ellos tiene su origen poligenético al haber actuado la escorrentía superficial sin cauce definido y el meteorismo químico que degradaron las rocas o suelos afectados por los procesos físicos de denudación, erosión, transporte y depositación. La descripción de los diferentes depósitos aflorantes en el vaso de Sihuis se acompaña a continuación:

- a) **Aluviales de cauce.-** Producto de la alteración, denudación y erosión de los afloramientos rocosos, que fueron trasladados por las corrientes permanentes hasta su posterior depositación en el vaso de Sihuis.

Constituyen los demás recientes y están formados por arenas, gravas, guijarros y pequeños bloques con cantos, que corresponden a depósitos no consolidados. Los clastos y las arenas se han originado de rocas volcánicas efusivas e hipoabisales; los depósitos presentan pequeñas intercalaciones de limos arcillosos ó lentes de suelos finos (limo-arcillas). Estas áreas se han prospectados como canteras para materiales de agregados.

- b) **Terraza de Inundación.-** Originados por procesos aluviales, se ubican en niveles superiores a los depósitos del cauce y están constituidos por arcillas limosas, limo-arcillosos y arenas arcillosas de coloración rojiza, que presentan inclusiones de clastos de limonitas o las terrazas son sub-horizontales con pendientes del orden de 2^o-5^o.

- c) **Eluvial Deluvial.-** Productos de la alteración físico-química derrubios y depositados por pequeños chorros y finos flujos de agua sin cauce; posteriormente sobre estos depósitos y prácticamente in situ, ocurrieron alteraciones físico-químicas. Estos procesos se alternaron para la formulación de estos tipos de depósitos, que se han acumulado en las superficies de las laderas en la forma de una fina capa que aumenta su espesor en la base de la ladera y en las proximidades de la quebrada aliviadero.

Los depósitos están constituidos por arena arcillosa liviana, con inclusiones de cantos, guijarros y pequeños bloques en proporción variable de 15 á 30%; hacia la base de las laderas se incrementa el contenido de arcilla (zona de contacto de la brecha volcánica con limonitas y areniscas).

- d) **Deluvial Proluvial.-** Depósitos del cauce y conos de desembocadura de las quebradas, así como los depósitos marginales de pie de monte. Estos depósitos están constituidos por arena arcillosa inclusiones de gravas, guijarros y cantos de Andesitas, limonitas y areniscas. Espesores promedios de 1.00 á 2.50 m. en el estribo derecho de la quebrada Cuncaniyoc; en el cauce se observan arenas, gravas y guijarros que forman un cono de deyección en la confluencia con la quebrada Pucarasja.

- e) **Aluvial - Deluvial - Eluvial.-** Depósitos poligenéticos que constituyen la parte inclinada del valle de Sihuis. Son depósitos originados por procesos aluviales y diluviales que posteriormente sufrieron cambios por la acción del meteorismo químico; estas etapas se alteraron cíclicamente.

Alcanzan su mayor desarrollo en la margen izquierda del vaso de Sihuis y están constituidos por intercalaciones de arcillas arenosas y arena arcillosa con poca a media plasticidad. Las intercalaciones tienen potencias variables de 0.30 a 0.60 m, y su coloración varía de marrón oscuro a pardo amarillento. En esta zona se debe ejecutar un programa de evaluación de materiales para ser usado como núcleo impermeable.

- f) **Coluvial de Derrumbe.-** Alcanzan su mayor desarrollo en el estribo izquierdo y están constituidos por bloques y heterométricos que han caído por efectos gravitatorios de las partes superiores de los afloramientos de las brechas volcánicas. Estos depósitos presentan una matriz areno-limosa a limo-arcillosa que se origino por la acción de los agentes climáticos que fueron degradando los bloques in situ. Presentan una disposición caótica sin selección de sus componentes que están ampliamente distribuidos a unos 90 m., aguas abajo del

inicio del encañonamiento del río Sihuis recubriendo su lecho no permitiendo la observación del cauce.

3.2.3 Sub Volcánicos: T.m.s.

Se manifiestan como intrusiones menores e inyecciones dispersas, sus afloramientos se localizan en el flanco izquierdo y la parte del vaso limitado por las quebradas Pucarasja y Cuncaniyoc.

Corresponden a rocas hipoabisales del tipo Andesita porfírica con signos de silicificación, que mayormente se encuentran al estado sano y son de color gris verdoso oscuro con fenoristales blancos de plagioclasas. Una de las características de los sub-volcánicos la constituyen con los sistemas de diaclasas que siguen un patrón principal con rumbo. NE-SO. Los sub-volcánicos atraviesan los otros afloramientos, aprovechando superficies de debilidad (fracturas) y por consiguiente son posteriores asignándoseles una edad Terciario Medio-Superior.

3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURALg

Los rasgos estructurales del área están manifestados por diaclasas y/o fracturas originadas mayormente por enfriamiento (rocas volcánicas), esfuerzos tectónicos y en menor proporción por relajación de esfuerzos. A continuación se explicará las estructuras principales encontradas según el tipo de formación geológica.

3.3.1 Brechas Volcánicas

Se observan tres tipos principales de diaclasas que han sido agrupados en tres sistemas principales, adicionalmente se observan fracturas de relajación de esfuerzos:

Sistema I.- Han incidido en el alineamiento de la escorrentía principal (río Sihuis) y son paralelos al cauce actual; tienen un azimut de buzamiento de 120° a 155° con buzamientos del orden de 60° hasta sub verticales.

La longitud es variable de 2 m., hasta 40 m. y tienen un alineamiento mayormente recto; en las partes superiores de los afloramientos presentan aberturas del orden de cm., por acción interpérica, cuya tendencia es disminuir la profundidad hasta ser mínimas. El espaciamiento de los planos estructurales es variable de estrecho a muy ancho 60 mm-200 mm y mayores de 2 m.).

Sistema II.- Son transversales al cauce del Sihuis y tienen un azimut de buzamiento variable de 210 a 240° con ángulos de buzamientos de 60° a sub verticales.

Espaciamiento de las estructuras es variable estrecho a muy ancho.

Sistema III.- Sin patrón definido en cuanto a su orientación pero presentan un buzamiento del orden de 8 a 14° hasta sub-horizontales **Fracturas de Relajación de Esfuerzos:** Se aprecian en los estribos de la zona de presa en las proximidades del valle encañonado. La más notoria es la observada en el estribo izquierdo que tiene un azimut de buzamiento de 275° y un buzamiento de 50°.

3.3.2 Limolitas y Areniscas

El sistema principal tiene azimut de buzamientos de 310° a 330° y un buzamiento de 70° hasta sub verticales; el otro sistema es normal al casi perpendicular al primero; y con ángulos de 60° a 70°; al tercer sistema presenta un buzamiento de 10 a 15°. Las superficies de las discontinuidades estructurales es recta y presentan un espaciamiento de extremadamente estrechas a muy ancho (20 mm hasta 2 m).

3.3.3 Andesitas

Se han observado un sistema principal con azimut de buzamiento variable de 90-120° con buzamientos de 70° hasta sub-verticales. Los planos estructurales son rectos y presentan un espaciamiento mayor que 3 m.

3.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

La estabilidad de los flancos del vaso se definen en relación a las formaciones rocosas a ser involucradas por el embalse; en el presente caso los afloramientos rocosos, constituyen la mayor parte de las laderas del vaso y cuentan con una estabilidad aceptable; por sectores depósitos cuaternarios en laderas con pendientes moderadas, por lo que no se prevé grandes movimientos de masa.

En general los taludes del vaso se pueden considerar estables no previniéndose movimientos de masa considerables que pueden afectar la seguridad de la obra. Así tenemos en el flanco izquierdo las pendientes varían de 4° a 14° incrementándose paulatinamente; el derecho oscila entre 4° a 17° hasta llegar a los afloramientos rocosos donde las pendientes son superiores a 30° pero se desarrolla en rocas andesíticas con buena resistencia en los taludes y con poco porcentaje de desprendimiento a la altura del embalse. En el sector que corresponde al contacto con las brechas volcánicas; el estribo derecho presenta pendientes moderadas (10° a 12°) y el izquierdo en sus inicios es de 12° a 15° y se va incrementando alcanzando en algunos casos pendientes superiores a 35° en los terrenos rocosos que no presentan porcentajes altos de materiales sueltos, esto nos permite indicar que no ofrecería riesgos potenciales de grandes deslizamientos.

3.5 HIDROGEOLOGIA

La escorrentía superficial de la región es hacia el colector principal (río Sihuis) que canaliza el mayor porcentaje de las aguas.

Se han apreciado filtraciones en el flanco derecho del vaso que han sobresaturado los depósitos aluvio deluviales originando un pequeño bofedal que drena sus aguas hacia el cauce del río.

Teniendo en cuenta los sistemas de diaclasas así como las evidencias de los afloramientos de aguas, el curso que siguen las aguas a través de las fracturas es hacia el cauce de Sihuis, siguiendo el patrón de la escorrentía superficial.

Por las características encontradas en la columna geológica aflorante en el vaso se pueden clasificar los tipos de materiales en:

- Permeables a muy permeables: Depósitos deluvio proluviales y los depósitos aluviales del Cauce.
- Mediana a baja permeabilidad: Depósitos aluvio deluvial y las rocas volcánicas.
- Baja permeabilidad a casi impermeables: Lutitas y Limonitas.

En lo referente a las brechas volcánicas, estas deben variar de $K = 10^{-3}$ a 10^{-6} cm/seg, por el rango de incidencia de los sistemas de diaclasamiento que superficialmente presentan aberturas en el orden de cm; es conveniente indicar que durante la construcción de las obras en la sección de cierre se deben proyectar un tratamiento de impermeabilización, que garantizará un conveniente embalse.

3.6 ESTANQUEIDAD DEL VASO

Superficialmente el vaso, está constituido por depósitos aluviales de cauce permeables, terrazas aluviales de poca permeabilidad a casi impermeables y depósitos deluvio

coluvial semi-permeables, que supreyacen mayormente sobre rocas limolíticas y areniscas de grano fino (roca base) que teniendo en cuenta sus características físicas se comportarían como material de rangos de permeabilidad 10^{-4} - 10^{-6} cm/seg, correspondiendo más altos a los conglomerados volcánicos, pero sin llegar a ser críticos en razón de que su matriz es limo arcilloso en un porcentaje superior 20% que darían condiciones aparentes de impermeabilidad.

La orientación y buzamiento de las capas es un factor que nos permite asegurar que las filtraciones no se canalizarían fuera de la cuenca afectando la zona del embalse. Si bien las limonitas y areniscas se presentan diaclasas estas superficies estructurales son mínimos a virtuales en cuanto a separación ó abertura.

Es conveniente indicar que la zona del embalse corresponde a un Represamiento temporal de la cuenca; características que indican sobre las condiciones de estanqueidad.

CAPITULO IV GEOLOGIA ZONA DE PRESA SIHUIS

La zona de presa elegida se emplaza íntegramente sobre afloramientos rocosos constituidos por brechas volcánicas pertenecientes al Grupo Sacsacero de edad terciaria y se localiza en un tramo encañonado del río Sihuis con estribos sub-verticales.

Las brechas volcánicas se presentan diaclasadas con dos sistemas principales que siguen rumbos paralelos y transversales al cauce del río. La matriz de la brecha es tufácea y limolítica cuyo contenido y grado de compactación es variable. Estas dos características nos indica la heterogeneidad del macizo en cuanto a su resistencia y permeabilidad.

4.1 GEOMORFOLOGIA

El rango geomorfológico principal lo constituye el valle del río Sihuis, que adopta forma encañonada con estribos sub-verticales, en donde predominan los procesos erosivos del tipo lineal que profundizó un lecho angosto y profundo.

La característica topográfica del valle da condiciones aparentes para un represamiento, observándose que los taludes que dan hacia el desagüe son casi verticales; el estribo izquierdo es corto y algo parado hacia el vaso, en cambio el derecho es ligeramente más bajo y alargado en la parte superior (por encima de la cota del embalse) con un talud de 22° hacia adelante.

El cauce se ha desarrollado aprovechando los rasgos estructurales del área (diaclasas y/o fracturas) lo que se manifiesta por un alineamiento casi rectilíneo; el río descendiente bruscamente estando en un proceso de erosión regresiva hacia sus nacientes.

Al inicio encañonamiento y entre ambos estribos se encuentra un peñón de brechas volcánicas que en superficie están muy intemperizadas y que inicialmente causó la bifurcación del cauce hasta que se profundizó el actual quedando el otro en un nivel superior. Este patrón originó que el cauce actual se desplace hacia el estribo izquierdo.

En ambos estribos se encuentran antiguos que canalizaron la escorrentía durante el represamiento temporal del río, encontrándose en la actualidad colgados, es decir en niveles superiores al actual cauce.

Los rasgos observados nos indican el efecto marcado de la erosión lineal, influenciado por las diaclasas, apreciándose aberturas en las superficies estructurales hacia el cañón se aprecian grietas de tensión y de relajación de esfuerzos; zonas de desprendimientos de bloques se encuentran en el sector hacia aguas debajo de la zona de presa elegida, dando topografías abruptas en forma angulosa cuyos límites son las superficies de diaclasas.

Uno de los agentes modeladores del relieve lo constituyen los cambios de temperatura y la Gelivación (rotura de rocas por el hielo). La acción mecánica del hielo y deshielo origina desplazamiento, disgregación y desprendimientos de masas rocosas.

Estos procesos de geodinámica externa que originaron depósitos de derrumbes con bloques son muy marcados a +/- 40 m. aguas abajo del eje AA; en donde el valle se ensancha y se presenta una escarpa de derrumbe en el estribo izquierdo, con abundantes bloques heterométricos en los conos de derrubio.

En la parte inferior del estribo izquierdo (aguas abajo de la presa) se presenta una caverna, con las siguientes:

Ancho = 18 m, altura = 6m y una longitud aproximada de 55 m que va desplazándose a mayor profundidad. Al inicio tiene un azimut de 120° y 25 m. de longitud después cambia a un azimut de 30° y longitud de 8 m. y su último tramo tiene un azimut de 350° y longitud de 22 m. Esta caverna posiblemente se inició en una gran vacuola tubular, la misma que habría englobado cenizas volcánicas con débil consolidación; se observan signos de filtraciones a través de las superficies estructurales.

En el estribo derecho de la zona de presa existe una semi caverna originada por erosión de una vacuola rellena por tufos ó cenizas volcánicas en la que se observa filtraciones de aguas lo que se hace a través de las diaclasas; esto nos indica que el diaclasamiento presenta aberturas a través del estribo y que están interconectadas.

4.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA

Los afloramientos rocosos observados en la zona de presa corresponden a una brecha volcánica que constituye los estribos así como el cauce del río Sihuis; en el cauce existen por tramos, depósitos aluviales que no alcanzan gran desarrollo en el eje elegido. Aguas abajo de la zona de presa, los afloramientos son recubiertos por depósitos del tipo derrubio con gran porcentaje de bloques.

A continuación se describirá la secuencia geológica encontrada en la zona de presa.

4.2.1 Grupo Sacsaquero

Como se mencionó en la descripción geológica de la zona del vaso, el Grupo Sacsaquero está constituido en la base por una secuencia de rocas volcánicas piroclásticas del tipo brecha volcánica; estas conforman todos los afloramientos rocosos del área de presa.

Las brechas son de color rojizo con fragmentos heterométricos de forma angulosa a sub-angulosa constituidas por andesitas, dacitas y volcánicos heterogéneos; la matriz que los engloba es de naturaleza limolítica y tufácea cuyo estado de compactación y porcentaje en relación a los fragmentos es muy variable, por lo que se infiere que las condiciones de resistencia y permeabilidad no son homogéneas.

Este macizo que se estima con una potencia de +/- 70 m. tiene una textura vesicular que en algunos casos se encuentran rellenas por filtraciones posteriores de material fino de matriz, en otros se encuentran sin rellenos constituyendo cavidades. En algunos muestreos efectuados se noto que algunas amígdalas han sido rellenas con material fino (sericita, sílice, tufos y cenizas), que se encuentran muy alterados y que son fácilmente erosionables y afectadas por meteorización; en otros casos se encuentran sin rellenos, constituyendo cavidades pequeñas.

Debido al intemperismo las brechas volcánicas en su parte superficial parecen estar estratificadas y presentan diaclasas con aberturas; la alteración es probable que lleguen a profundidades entre 2 a 4m.

4.2.2 Depósitos Cuaternarios

En la zona de presa existen dos tipos de depósitos cuaternarios:

- **Aluvial de cauce.-** No alcanzan gran desarrollo y están constituidos por gravas, guijarros y boleos con una matriz arenosa de granulometría gruesa, se han originado de las brechas volcánicas y tienen formas que varían de sub-angulosas a sub-redondeadas.

En los primeros 60 m del encañonamiento del río Sihuis su potencia es mínima (0.20 – 1.65m) a continuación se presentan grandes bloques y pequeñas playas de depósitos de material aluvial que de todas maneras no alcanzan gran espesor y ancho por presentar un cauce de pendiente pronunciada (predominan procesos erosivos) que no permitió la depositación de los materiales de acarreo.

- **Depósito Coluvial de Derrumbes.-** Constituidos por bloques heterométricos de los afloramientos. Las causas que han incidido en el origen de estos depósitos es la pendiente, estructuras de las rocas y efectos climáticos. La matriz que engloba a los bloques es de diferente naturaleza variando de areno-limosa a limoarcillosa. Las potencias de estos depósitos, es superior a los 3 m; encontrándose bloques semi-enterrados con dimensiones de 15 m x 18 m x 5.00; estos recubren asimismo el lecho de la quebrada no permitiendo la observación del cauce.

Estos depósitos están ampliamente desarrollados en el estribo izquierdo a unos 90 m aguas abajo del inicio del encañonamiento del río Sihuis; en donde se aprecia una topografía escarpada de los afloramientos rocosos y un cono de deyección de los depósitos. En el estribo derecho a unos 120 m. se aprecian que estos depósitos, presentan menores dimensiones en los bloques en relación al del estribo izquierdo. Las acumulaciones de rocas sueltas presentan una disposición caótica.

Los depósitos de derrubio una vez depositados por efectos gravitatorios han sufrido cambios producto de la acción de los agentes atmosféricos que fueron degradándolos dando origen a los suelos de granulometría fina.

4.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Los afloramientos de brechas volcánicas se presentan muy diaclasados y/o fracturados originados mayormente por enfriamiento, esfuerzos tectónicos y en menor proporción por relajamiento de esfuerzos. Se han observado dos sistemas principales uno paralelo al cauce y el segundo transversal al valle; en los bordes de los estribos existen fracturas de relajamiento de esfuerzos que se han originado por las cargas de los afloramientos y topografía abrupta de los estribos hacia al valle.

Muchas de estas superficies estructurales presentan aberturas en el orden de cm por efectos de los agentes atmosféricos que originaron una marcada erosión lineal a través de las diaclasas, así mismo la acción de los cambios de temperatura ha originado desprendimientos y roturas de las rocas. Las características litoestructurales van a incidir en la resistencia y permeabilidad del macizo rocoso.

La tendencia de las diaclasas es de disminuir su separación a profundidad, mejorando de esta manera la resistencia e impermeabilidad de la brecha volcánica. A continuación se describen los sistemas principales de diaclasas:

- **Sistema I.-** Es paralelo al cauce actual del río Sihuis; y tiene un azimut de buzamiento de 120° a 165° con buzamiento de 60° a sub verticales.

En la parte superficial de los afloramientos presenta aberturas en el orden de cm 1 a 5 cm que en algunos casos se encuentran rellenos de material limo arcilloso.

La longitud de las diaclasas es variable de 2 m a 20, 30 y 40 m. y las estructuras son mayormente rectas.

El espaciamiento de las superficies estructurales es variable. Estrecho a muy ancho (de 60 mm – 200 mm. y mayores de 2 m). Este sistema da origen a fracturas de relajación de esfuerzos que son observados en ambos estribos cerca al valle encañonado.

- **Sistema II.-** Son transversales al cauce y tienen un azimut de buzamiento variable de 210°-240° con buzamiento de 60° a sub verticales. Las discontinuidades estructurales presentan aberturas en las partes superiores de los afloramientos rocosos en el orden de 1 a 4cm; con tendencia a disminuir en profundidad.

En las partes superficiales de los afloramientos, este sistema de diaclasas da origen a pequeñas fracturas de relajación de esfuerzos en ambos estribos que dan límites rectos y angulosos en el macizo de brechas volcánicas en su sector Sur Occidental. El desplazamiento de las discontinuidades es variable de estrecho a muy ancho.

- **Sistema III.-** No tiene patrón definido en cuanto a su orientación pero presenta un buzamiento del orden de 8°-14° hasta sub horizontales.

4.4 SISMICIDAD

Según la zonificación sísmica del Perú, el área de desarrollo del sub-proyecto Sihuiscay, esta comprendido en la zona N° 5 que corresponde a una zona sismoactiva del presente siglo en donde la profundidad de los sismos es mayor que 70 km., es decir sismos intermedios y con alto índice de sismicidad paralelos próximos 30 á 40 años (observar mapa de zonificación sísmica del Perú) con posibles intensidades máximas iguales a VIII M.M.M.

Este tipo de actividad sísmica está relacionada a la subducción de la placa Nazca por debajo de la placa Continental Sudamericana que origina que la profundidad de los sismos se profundicen conforme se interna la placa Nazca en el Continente Sudamericano, en donde alcanza niveles profundos (700 km).

La zona N° 5 constituye la unidad de deformación mesoterciaria (fase Quichuana) ampliamente distribuida al Sur del Perú; No existe un fallamiento activo superficial asociado a la naturaleza de los sismos. Para los diseños de las obras y en consideración a las características sísmicas del área de estudio, se recomienda un factor sísmico de aceleración de 0.15 a 0.20g.

CAPITULO V GEOTECNIA DE LA ZONA DE PRESA

En está fase de estudios las condiciones geotécnicas de la zona de presa se han basado en las características lito estructurales de los afloramientos rocosos y las encontradas durante las investigaciones en la zona de presa mediante sondajes diamantinos; estas se complementaron con ensayos físico Y mecánicos de rocas. En la zona de presa se realizaron tres perforaciones diamantinas (Año de 1985), distribuidos de la siguiente manera:

"PERFORACIONES DIAMANTINAS EJECUTADAS EN LA PRESA SIHUIS"

| Nº | Perforación | Ubicación | Diámetro | Inclinación | Cota (m.s.n.m) | Longitud Perforada (m) |
|----|-------------|----------------|----------|-------------|----------------|------------------------|
| 1 | S – 1 | Est. Izquierdo | NX - BX | Vertical | 4095.00 | 35.00 |

| | | | | | | |
|---|-------|--------------|---------|----------|---------|-------|
| 2 | S - 2 | Cauce | NX - BX | Vertical | 4071.00 | 35.60 |
| 3 | S - 3 | Est. Derecho | NX - BX | Vertical | 4088.00 | 31.20 |

5.1 CARACTERISTICAS INGENIERO GEOLOGICAS

La boquilla se encuentra en un pequeño contrafuerte de brechas volcánicas que constituye la base del grupo Sacsaquero (Terciario inferior medio), en donde por procesos aluviales de erosión se ha formado un pequeño cañón a partir del cual el río Sihuis Desciende bruscamente.

Teniendo en cuenta la configuración y orientación del macizo rocoso así como el posible nivel de coronación de la presa, solo existe un eje que puede cumplir los requerimientos en cuanto a morfología, esto en razón de que el estribo derecho tiene un nivel máximo de 4,099.936 m.s.n.m lo que limita la elección del eje.

Las brechas volcánicas que constituyen todos los afloramientos rocosos de la zona de presa presentan discontinuidades estructurales (diaclasas y/o fracturas) cuyo espaciamiento es variable a lo largo de los ejes, esta característica aunada a la variación de la proporción de la matriz tufo limonítica que engloba los fragmentos volcánicos origina que el macizo rocoso no ofrezca condiciones de resistencia y de permeabilidad homogéneas.

A continuación se dará las características litológicas del subsuelo de la sección de cierre, delimitando los tramos con similares características (Litología, RQD, etc); una descripción más detallada de cada sondaje, se adjuntan en los Cuadros del N° G - 16 al G - 18 "Descripción Litológica de las Perforaciones".

5.1.1 Estribo Izquierdo: Sondaje N° 1. Profundidad de 35.00m.

- **De 0.00 a 1.80m.-** Brecha volcánica, masiva de baja resistencia, color ocre, constituido por clastos andesíticos y cuarzo hasta de 2", presentan una matriz tufácea. Roca alterada y fracturado, con sistemas oblicuos, paralelos y transversales, con superficies oxidadas.

Tramo con RQD de muy mala a regular, con coeficientes de permeabilidad superior a 1.5×10^{-3} cm/seg; tendencia mejorar sus propiedades geotécnicas en profundidad.

- **De 1.80 a 4.20m.-** Brecha volcánica, masiva de mediana resistencia, color ocre, constituido por clastos andesíticos y cuarzo hasta de 3", presentan una matriz tufácea. Roca semi alterada y fracturado, con sistemas oblicuos, paralelos y transversales, con superficies oxidadas.

Tramo con RQD de mala a regular, con coeficientes de permeabilidad de 1.5×10^{-3} a 5.5×10^{-5} cm/seg; tendencia mejorar sus propiedades geotécnicas en profundidad.

- **De 4.20 a 22.00m.-** Brecha volcánica, masiva, dura, de color gris amarillento y rosado; constituido por clastos andesíticos y cuarzo hasta de 3", englobados por una matriz tufácea y areniscosa. Rocas con poca alteración y Fracturamiento.

Tramo con RQD de bueno excelente y coeficientes de permeabilidad que varían entre 5.8×10^{-5} cm/seg. a 1.0×10^{-6} cm/seg.

- **De 22.00 a 29.00m.-** Brecha volcánica, alterada y fracturada, ocre rosado; mayor Fracturamiento entre 24.00 a 25.30m; presentan fracturas oblicuas, transversales

y paralelas al testigo. Rocas constituidas por clastos andesíticos y cuarzo hasta de 3", englobados por una matriz tufácea y areniscosa.

Tramo con RQD malo que tiende a regular, se han encontrado coeficientes de permeabilidad promedios de 3.0×10^{-5} cm/seg.

- **De 29.00 a 35.00m.-** Brecha volcánica silicificada, masiva, dura, de color gris amarillento y rosado; constituido por clastos andesíticos y cuarzo hasta de 3", englobados por una matriz tufácea y areniscosa. Rocas con poca alteración y Fracturamiento moderado.

Tramo con RQD de bueno a regular; con coeficientes de permeabilidad que varían entre 3.3×10^{-6} cm/seg. a impermeable.

5.1.2 Cauce: Sondaje N° 2. Profundidad de 35.60m.

- **De 0.00 a 1.65m.-** Depósito aluvial gravo arenoso, con algunos bloques hasta de 1.00m; material friable, que debe ser retirado en la etapa constructiva.
- **De 1.65 a 6.00m.-** Brecha volcánica, masiva, color ocre, de baja resistencia hasta los 3.00m de ahí roca de mediana resistencia, constituido por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, de hasta 3" de diámetro, angulosos, con matriz tufácea, muy alterado y muy fracturado, con superficies oxidadas. Tramo con RQD de excelente a regular a bueno, con coeficientes de permeabilidad de 2.5×10^{-5} cm/seg. a impermeables.
- **De 6.00 a 11.00m.-** Brecha volcánica, masiva, color ocre, de mediana resistencia, constituido por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, de hasta 3" de diámetro, angulosos, con matriz tufácea, muy alterado y muy fracturado, con superficies oxidadas. Tramo con RQD bueno, con coeficientes de permeabilidad de 2.5×10^{-5} cm/seg.
- **De 11.00 a 20.00m.-** Brecha volcánica, masiva, buena a mediana resistencia, de color gris, amarillentos y azulados; constituido por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, hasta de 3" de diámetro. Rocas con mayor grado de meteorización y Fracturamiento.

Tramo con RQD de bueno a excelente, existen tramos con RQD regular a malo, que se puede atribuir al proceso de perforación. Los coeficientes de permeabilidad varían de 3.4×10^{-5} a 9.0×10^{-5} cm/seg; la tendencia es a mejorar sus propiedades geotécnicas en profundidad.

- **De 20.00 a 35.60m.-** Brecha volcánica, masiva, buena resistencia, de color gris, amarillentos y azulados; constituido por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, hasta de 3" de diámetro. Moderadamente alterado y con poco fracturado, medianamente metamorfizado por efecto metasomático.

Tramo con RQD de bueno a excelente, existen tramos con RQD malo, que se puede atribuir al proceso de perforación. Los coeficientes de permeabilidad varían de 3.4×10^{-5} cm/seg, 3.5×10^{-6} cm/seg a impermeables.

5.1.3 Estribo Derecho: Sondaje N° 3. Profundidad de 31.20m.

- **De 0.00 a 1.20m.-** Brecha volcánica, masiva, color ocre, de baja resistencia, constituido por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, de hasta 3" de diámetro, angulosos, con matriz tobácea. La roca se presenta alterada y fracturada anárquicamente; con superficies oxidadas.

Tramo con RQD de muy mala; se estiman coeficientes de permeabilidad superiores a 2.5×10^{-3} cm/segde 10^{-1} a 10^{-3} cm/seg. No se pudo ejecutar pruebas de permeabilidad por el grado de Fracturamiento de las rocas.

- **De 1.20 a 5.10m.-** Brecha volcánica, masiva, color ocre, de baja a mediana resistencia, la mediana resistencia predomina a partir de los 2.00m; roca constituida por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, de hasta 3" de diámetro, angulosos, con matriz tobácea. La roca hacia el techo se muestra más alterada y fracturada anárquicamente; con superficies oxidadas; mejorando sus condiciones a partir de 1.75m.

Tramo con RQD de regular a buena, se estiman coeficientes de permeabilidad superiores a 5.0×10^{-4} cm/seg. No se pudo ejecutar pruebas de permeabilidad por el grado de Fracturamiento de las rocas.

- **De 5.10 a 11.00m.-** Brecha volcánica, masiva, resistente, de color gris, violáceo y azulado; constituido por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, de hasta 3" de diámetro, angulosos. Roca que se presenta poco alterada y fracturada. Tramo con RQD regulara bueno, con coeficientes de permeabilidad de 1.0×10^{-4} a 19.0×10^{-5} cm/seg. Tendencia a mejorar sus propiedades en profundidad.

- **De 11.00 a 35.00m.-** Brecha volcánica, masiva, resistente, de color gris, violáceo y azulado; constituido por clastos andesíticos, cuarzo y vidrio volcánico, de hasta 3" de diámetro, angulosos. Roca que es presenta poco alterada y fracturada, habiendo sufrido metamorfismo por efecto metasomático.

Tramo con RQD de bueno a excelente, con coeficientes de permeabilidad de 2.9×10^{-5} cm/seg, 6.8×10^{-6} cm/seg a impermeables.

5.2 ZONAMIENTO GEOTECNICO

Se ha elaborado un cuadro, con la Sectorización Ingeniero Geológica de la Zona de Presa Sihuis en base al procesamiento de la información del logeo geológico obtenida mediante las perforaciones diamantinas ejecutadas; en el presente caso se han complementado los datos con clasificaciones geomecánicas de los macizos rocosos (Criterio de Bieniawski).

Los criterios técnicos adicionales a las clasificaciones geomecánicas y que se han utilizado en la interpretación geotécnica del área de cimentación de la presa, se adjuntan en los siguientes cuadros:

- Cuadro N° G - 13 "Clasificación según el Sistema RG (Rock Grades - Kikuchi. 1982)"; se correlaciona con las clasificaciones RMR.
- Cuadro N° G - 14 "Clasificación de las Rocas Igneas fracturadas y meteorizadas. Según Hunt. 1984", al igual que el caso anterior, se correlaciona con las clasificaciones RMR.
- Cuadro N° G - 15 "Recomendaciones para las excavaciones de la cimentación y tratamiento de consolidación. Según DMR.2004". Se toma en cuenta las clasificaciones RMR de las rocas de la cimentación.

La información obtenidas en las perforaciones diamantinas, que ha sido procesada, se adjunta en los siguientes cuadros resúmenes:

- Descripciones Litológicas de cada perforación: Cuadros del N° G - 16 al N° G - 18.
- Cálculo del RQD: Cuadros del N° G - 19 al N° G - 21.

- Coeficientes de permeabilidad: Cuadros del N° G - 22 al N° G - 24.

Complementariamente, en la interpretación geotécnica, se han utilizado los resultados de los ensayos estándar y especiales de mecánica de rocas, con muestras representativas de las perforaciones; los resultados se adjuntan en los siguientes cuadros resúmenes:

- Cuadros N° G - 25 y N° G - 26 “Pesos Específicos y Grado de Absorción”.
- Cuadro N° G - 27 “Intemperismo de Rocas – Método sulfato de sodio”.
- Cuadro N° G - 28 “Ensayos de Compresión Simple en Testigos de Perforación”.

El zonamiento ingeniero geológico en profundidad, según las variaciones de las calidades de las rocas: es el siguiente.

- Depósito Aluvial = Máximo 1.65m. (Cauce)
- Roca Muy Meteorizada y fracturada = Se han estimado las siguientes potencias: Estribo izquierdo de 1.80, cauce 1.35 y en el estribo derecho un máximo de 1.75m. Material considerado de mala calidad para la implantación de una presa de concreto.
- Roca Moderada a Ligeramente meteorizada, con mediano a bajo Fracturamiento = Infrayace a las rocas muy meteorizadas y fracturadas y se proyectan en todo el rango de investigación. Rocas con regulares a buenas condiciones como cimentación; las partes superficiales merecen tratamiento.

Las características de cada zona geológica: Resistencia, grado de alteración, fracturamiento, RQD, coeficientes de permeabilidades y RMR, se indican en el Cuadro N° G - 29 “Parámetros Ingeniero Geológicos - Alternativa de Presa Sihuis”.

5.3 CRITERIOS GEOTECNICOS CONSTRUCTIVOS

La presa recomendada es la del tipo gravedad de concreto; esto basado en las condiciones morfológicas, geológicas y geotécnicas, así como la disponibilidad de materiales de construcción.

Al presente nivel y basado en las investigaciones ejecutadas, se indicarán los principales criterios constructivos, desde el punto de vista de la geotecnia.

Para implantar una Presa de Concreto - Gravedad, es norma usual excavar hasta la roca dura y resistente; en el presente caso, se deben retirar los materiales fluviales del cauce, bloques rocosos inestables y la roca muy fracturada y meteorizada.

Es conveniente indicar que el área de limpieza debe ser total en el área de la presa; en el presente caso, para la implantación de la presa, se dan los siguientes rangos de las excavaciones:

- **Estribo izquierdo:** Excavación mínima de dos (02) metros por debajo del relieve actual de la roca, medido normalmente al relieve del estribo.
- **Zona entre estribos:** Retirar los materiales aluviales (Potencia máxima de 1.65m, a continuación una excavación mínima de 1.35m. para eliminar las rocas de mala calidad. Medidas tomadas normalmente al releive más bajo de la roca del cauce (Contacto material fluvial / roca).
- **Estribo derecho:** Excavación mínima de dos (02) metros debajo del relieve actual, medido normalmente al relieve del estribo.

Con estos rangos de excavación se trata de eliminar las zonas con rocas más

meteorizadas y con fracturadas; según los ensayos de compresión las rocas por debajo de la profundidad de excavación presentarán resistencias a la compresión simple de 797.40 a 950.00 Kg/cm². (Rocas de alta a moderada resistencia).

Como medida de seguridad, una vez ejecutada la excavación en roca, se deberá eliminar el material muy fracturado de las superficies estructurales (Fracturas, diaclasas), para a continuación rellenarlas con mortero de cemento.

En todos los casos para lograr el nivel de implantación de la presa, se deben efectuar voladuras controladas, a fin de no afectar las características geomecánicas de los macizos rocosos.

La base de la sección transversal de la presa debe estar ligeramente ascendente hacia aguas abajo; medida que colabora en la estabilidad; puede admitirse el escalonamiento de la cimentación en sentido transversal al cauce, para adaptarse a la pendiente de las laderas, pero procurando evitar en todos los casos, grandes desniveles y haciendo coincidir las juntas de contracción con las aristas de los escalones mayores.

Es normal que para la implantación de una Presa de Concreto - Gravedad se debe excavar hasta la roca dura y resistente; en caso contrario se podría aceptar la cimentación de la presa de concreto sobre roca más fracturada, para lo cual habrá que considerar inyecciones de consolidación con 3 a 4m. de profundidad.

Para el control de las filtraciones habrá que considerar además de una cortina de inyecciones de cemento hasta una profundidad de 0.7 H, la proyección de una cortina de drenaje hasta la profundidad de 0.4 H, siendo H la carga hidráulica en el reservorio; esto merece un análisis durante la fase de estudios definitivos y cálculo de las pérdidas a través de la cimentación.

En la zona de descarga al lecho de la quebrada Sihuis, para evitar que el chorro de agua erosione la roca fracturada, se deberá proyectar un colchón amortiguador. Es conveniente indicar, que a continuación de la zona de presa, se observa una marcada erosión regresiva de la quebrada, con notorios desniveles y fuerte pendiente longitudinal del cauce.

Existen procesos de geodinámica externa manifestado por desprendimientos, tanto en el eje como a continuación del eje a unos 40 m en donde existe una topografía abrupta de los afloramientos y una zona de desprendimientos de grandes bloques que podrían incidir en la seguridad de la obra; será necesario su limpieza. En la margen izquierda, a unos 40 m aguas abajo del eje, existe una caverna que sigue un alineamiento inicialmente paralelo al eje y que posteriormente es paralelo al cauce del río; esto podría debilitar al estribo; asimismo según manifestación de los moradores del lugar en temporadas de lluvias en el interior de la caverna se origina pequeños charcos de agua lo que nos indica que existe una interconexión de las diaclasas ó fracturas que permite la infiltración de las aguas. Esto debe ser convenientemente analizado en la siguiente etapa de estudios, para ver su incidencia en las obras.

Inicialmente y al presente nivel de estudios, los taludes a considerarse en las excavaciones que se deben realizar para la construcción de este proyecto deberían ser: Roca fresca 0.10 : 1.00 (H : V); roca sana fracturada 0.20 : 1.00 (H : V); roca descompuesta y material suelto 1.00 : 1.00 (H : V). En los diseños preliminares se puede considerar una aceleración máxima de 0.20g; considerando un período de retorno de 100 años.

En relación a los materiales de construcción, estos se pueden obtener de la cantera de roca Sihuis, mediante chancado; esto debido a que las investigaciones en los depósitos aluviales dekl cauce del Sihuis han determinado limitaciones para su utilización como

agregados.

CAPITULO VI OBRAS DE CAPTACION Y DE CONDUCCION - LISLAY

Los parámetros geológicos y geotécnicos de los materiales de cimentación de las obras de captación y de conducción, se han definido en base a la información geológica existente y reconocimientos de campo, lo que ha permitido obtener los datos requeridos según el presente nivel de estudios.

6.1 OBRA DE CAPTACION – LISLAY

El lugar escogido está a +/- 40 m aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Quero en la Sihuis ambos cursos superficiales de aguas tienen un descenso brusco, a apreciándose pequeños desniveles (caídas con rápidas).

6.1.1 Características Geomorfológicas

La captación se localiza en la zona interandina, con relieves irregulares y pendientes variables desde abruptas hasta suaves; como resultado de los procesos erosivos se han originado quebradas y/o valles con secciones que varían entre encañonadas hasta en forma de “V” generalmente asimétricas.

Zona en que el río Sihuis adopta un valle estrecho con sección transversal en forma de “V” asimétrica con el flanco derecho de talud casi vertical y rocoso, mientras que el izquierdo es más tendido con taludes variables de 15° a 20° conformado por materiales inconsolidados, que terminan en un pequeño corte en el lecho del río; el lecho del cauce tiene un ancho de 10 a 13m, con pendientes de 4° a 6°, con pequeños desniveles en su sección longitudinal aguas abajo.

6.1.2 Características Geológicas

El flanco derecho del valle está constituido por afloramientos del Volcánico Tantará (Terciario superior), mientras el izquierdo los conforman los depósitos cuaternarios.

Los afloramientos rocosos corresponden a volcánicos andesíticos silicificados que se encuentran intemperizados con una coloración blanquecina a parda amarillenta con una incipiente oxidación; corresponden a rocas compactas y resistentes.

Los materiales de cobertura están ausentes en el estribo derecho, el izquierdo presenta depósitos coluvio deluviales con bloques que han rodado de las partes altas; sus tamaños oscilan entre 0.20 a 1.50m de diámetro mayor; el espesor no ha sido determinado pero se estiman mayor a 2m.

En el lecho yacen depósitos fluviales de cantos, gravas, guijarros con una matriz arenosa de grano grueso; se estiman potencias entre 1 a 2m. .

En el estribo izquierdo a unos 4 m de dirección aguas arriba se aprecia una capa de suelo orgánico saturado (bofedal) con poca compactación y aspecto hinchado, con espesores probablemente menores a 1m.

En el área, no se han observado estructuras geológicas importantes, sin embargo, la roca está fracturada hasta un grado mediano; las fracturas no presentan una orientación definida.

6.1.3 Características Geotécnicas

La estructura de captación, se cimentará en dos unidades litológicas diferentes; la primera constituida por rocas volcánicas y el segundo por depósitos inconsolidados de origen aluvial y coluvio deluvial. La distribución y sus características son como sigue:

- **Estribo Izquierdo.-** Constituidos por depósitos deluvio-coluvial de arcilla arenosa con inclusiones de cantos, guijarros y bloques que tienen un espesor superior de 2.0m; infrayaciéndolos se encuentra los volcánicos silicificados.
Permeabilidad = 10^{-4} - 10^{-6} cm/seg (suelos)
Carga admisible = No mayor que 3.0 Kg/cm² .
Pendiente = 15° a 20°.
- **Cauce.-** Colmatados por depósitos fluvio-aluviales con espesor máximo de 1 a 2m, de materiales no consolidados constituidos por arenas, gravas, guijarros y cantos rodados.
Permeabilidad = $K = 10^{-2}$ a 10^{-3} cm/seg.
Carga admisible = No mayor de 3.0 Kg/cm² .
Pendiente = subhorizontal.
- **Estribo Derecho.-** Afloran volcánicos silicificados intemperizados con un marcado diaclasamientos sin un patrón definido. La acción del intemperismo se viofacilitado por los rasgos estructurales del área (diaclasas). Las rocas se presentan con cavidades y porosidades, que no están interconectadas.
Permeabilidad = 10^{-4} - 10^{-6} cm/seg.
Carga admisible = 10 a 15 Kg/cm²
Pendiente = > 60°.

6.1.4 Medidas Constructivas

La zona reúne buenas condiciones para la ubicación de una captación, las obras se cimentaran en rocas volcánica y depósitos cuaternarios (Mezcla de gravas, arenas y finos, con presencia de cantos rodados).

Para evitar los procesos erosivos en las márgenes y fondo del cauce se deben proyectar obras de encauzamiento y de defensa de riberas y cauce.

Diseñar y ubicar la bocatoma, lo más adaptada posible a las condiciones locales (Amplitud del lecho de inundación, dirección del cauce principal etc), procurando en todos los casos, una transición gradual, desde el ingreso del río una estructura artificial, a fin de no alterar el equilibrio geodinámico.

6.2 AREA DE CANALES - LISCAI

El Canal Liscay tiene una longitud aproximada de 5.6Km para un caudal de 300lt/seg; se desarrolla por la margen izquierda de la quebrada y llega hasta la población de Liscay.

6.2.1 Criterios de Clasificación de Materiales

En el presente caso y para los fines de medición y estimación de los costos de obra, las excavaciones en superficie serán clasificadas según el tipo de material a excavar de acuerdo a la siguiente descripción:

- Excavación en Roca Fija.-** Las excavación en roca fija consiste en la remoción de todos los materiales que no pueden ser removidos por pala mecánica o por equipos de movimiento de tierra, sin continuos y sistemáticos disparos o voladuras, barrenos y acuñamientos; la remoción de rocas individuales de más de un metro cúbico de volumen será clasificado como excavación en roca fija.
- Excavación en Roca descompuesta.-** Consiste en la remoción de todos los materiales que pueden ser removidos con pala mecánica o equipo pesado de

movimiento de tierras, con uso ocasional de cargas explosivas; la remoción de piedras y bloques individuales de menos de 1.00 metro cúbico y mayor de 0.5 metro cúbico de volumen, será clasificada como excavación en roca descompuesta.

- C. Excavación en Material Suelto.-** La excavación consiste en el levantamiento de todos los materiales que pueden ser removidos a mano, con excavadoras con equipos de movimiento de tierras.

6.2.2 Descripción Geológica del Canal

- **Del Km 0+000 al 0+040.-** Superficialmente suelos orgánicos del tipo limo-arenoso en potencia de 0.25 cm infrayaciéndolos se encuentran depósitos coluviales con restos de rocas volcánicas efusivas. Talud del terreno 6° a 10°.
- **Del Km 0+040 al 0+080.-** Predominan los volcánicos andesíticos, parcialmente silicificados, con estructuras vesiculares. En la superficie parcialmente recubierta por bloques y una cobertura areno-arcillosa con grava y gravillas. Pendiente del terreno 15° - 20°.
- **Del Km 0+080 al 0+240.-** Volcánicos, de aspecto tufáceo por la alteración; se muestran silicificados, con zonas facturadas y en partes con cavernas.

Predominan taludes de 20° - 25° partes superiores de los afloramientos son sub verticales, esto originó los desprendimientos de bloques (depósitos coluviales).

- **Del Km 0+240 al 0+300.-** Andesita hipoabisal Pendiente 20°.
- **Del Km 0+300 al 0+670.-** Volcánicos andesíticos y tufos volcánicos que al intemperizar adoptan una coloración amarillenta y rojiza. Predominan las rocas volcánicas con una escasa cobertura de cascajo compuesto de gravas y guijarros angulosos. Pendiente, del Km 0+300 al 0+500 predominan 20° a 30° y del Km 0+500 al 0+670 de 45° a 50°.
- **Del Km 0+670 al 0+760.-** Predomina depósitos de derrumbes sobre aluviales; constituidos por bloques, gravas, guijarros con una matriz areno-limoso. Partes con afloramientos volcánicos de aspecto tufáceo (alterados). A la altura del Km 0+760 cruza la quebrada Hachus que en su lecho presenta rocas silíceas y tufáceas.
- **Del Km 0+760 al 2+040.-** Predominan afloramientos volcánicos andesíticos, parcialmente silicificados y tufos volcánicos blancos; que al intemperizar toman coloración amarillenta hasta rojiza. Se han observado fracturas y/o diaclasas con azimut de buzamiento de 200° - 240° con ángulos de buzamientos de 50° hasta sub verticales.

Partes de este tramo con bloques y cantos y guijarros angulosos con matriz areno-limoso. Pendientes del terreno varían: Km 0+800; pendiente 55° - 65°; Km 0+900, pendiente de 35°; Km 0+920, pendiente de 30°; Km 1+140 al 1+320, pendientes de 25° a 30°; Km 1+320 al 1+500, pendientes de 60° a 70° y Km 1+500 al 2+040, contendientes de 30° a 45°.

- **Del Km 2+040 al 2+300.-** Afloramientos de andesitas porfiríticas y tufos volcánicos parcialmente silicificados alterados presentan coloración pardo amarillenta y rojizas.

Afloramientos muy fracturados con azimut de buzamiento de 70° y un ángulo de buzamiento de 10° a 15°; otros con azimut de buzamiento de 180° y un buzamiento de 60°.

Tramos presentan depósitos coluviales de bloques con una matriz areno-limosa. Pendientes de las laderas varían de 25° a 60°

- **Del Km 2+300 al 2+800.-** Volcánicos tufáceos y andesitas silicificadas, algunos sectores con cobertura de depósitos constituidos por guijarros y gravas angulosas con matriz areno-limosa; en algunos casos con bloques de volcánicos caídos de los afloramientos de las partes superiores. Pendientes: predominan de 20 a 25°.
- **Del Km 2+800 al 3+200.-** Volcánicos ácidos color blanco con cavidades e incipiente mineralización cobertura escasa con máximo espesor columnas. Se aprecian afloramientos con pendientes de 60°.
- **Del Km 3+200 al 3+450.-** Volcánicos silicificados color blanco, partes alterados que parecen tufos, sector con intercalaciones de andesitas porfíricas en forma sub-vertical. Fracturas con azimut de buzamiento de 190° y un ángulo de 55 a 60°, algunas con coberturas en el orden de mm y cm. Pendientes varían de 35° - 50°.
- **Del Km 3+450 al 3+800.-** Volcánicos silicificados con intercalaciones de andesitas; se aprecian bloques y gravas con guijarros que recubren parcialmente los afloramientos. Pendientes varían de 35°, disminuyendo conforme se acerca al cruce de la quebrada Florida.
- **Del Km 3+800 al 3+940.-** Depósitos coluviales y deluvio-proluvial, predominando suelos del tipo areno-limoso con gravas, guijarros, bloques (2 x 3 x 1.5 m). A partir de 3 – 850 disminuye los bloques y guijarros. Pendientes varían de 20°, 10° y 8°, haciéndose más tendida conforme se acerca a la quebrada Florida.

Km 3+940 al 3+953, cruce con la quebrada Florida, lo que se desarrolló sobre volcánicos parcialmente silicificados que en los afloramientos se aprecian alterados con un aspecto tufáceo de color blanco con oxidaciones fe-mg.

- **Del Km 3+940 al 4+000.-** Depósitos de arena arcillosa marrón oscura con inclusiones de gravas y guijarros en un porcentaje de 15 al 30°.
- **Del Km 4+000 al 4+200.-** Volcánicos tipo tufáceo con intrusiones de diques andesíticos sub-horizontales y una potencia de 1.50 m partes con cobertura o depósitos coluviales. Pendiente 8°.
- **Del Km 4+200 al 4+500.-** Volcánicos parcialmente silicificados intercalados por diques andesíticos con potencia de 2 m., por sectores recubriendo a los afloramientos se observa gravas, guijarros angulosos con porcentajes máximos de 15% y una potencia de 0.30 – 0.40 m. Pendiente promedio de los taludes es de 20° - 30°.
- **Del Km 4+500 al 5+340.-** Diorita y tonalitas que se presentan diaclasados; coloración gris de grano grueso a muy grueso. En algunos afloramientos se presentan intemperizados al estado de arena que en algunos casos alcanzan potencias de 0.60 cm.

Las diaclasas han permitido la formación de bloques. Pendiente por la que atravesará el canal varían de 15° a 20°.

- **Del Km 5+340 al 5+600.-** Andesitas gris verdosa muy resistente que se presenta diaclasada y otros tramos con volcánicos blancos de mediana resistencia (parcial

silicificación) por sectores se aprecia una cobertura de arena limoso con gravas, guijarros angulosos con potencia máxima de 0.40 a 0.50 m. Pendiente del terreno, entre 25° y 30°.

6.2.3 Sectorización Ingeniero Geológica

Basado en la información técnica existente y al reconocimiento de campo, se ha realizado una Sectorización Ingeniero Geológica Preliminar del Canal Liscay, que se acompañan al informe en los Cuadros del N° G - 30 al N° G - 32.

Se han considerado los siguientes taludes de corte, según los tipos de materiales a ser involucrados por el trazo del canal:

- Rocas Volcánicas = 0.20 : 1.00 a 0.10 : 1.00 (H : V); los taludes más tendidos corresponden a la roca meteorizada y fracturada.
- Rocas Intrusivas = 0.20 : 1.00 a 0.10 : 1.00 (H : V); los taludes más tendidos corresponden a la roca meteorizada y fracturada.
- Suelos = 0.75 : 1.00 a 0.50 : 1.00 (H : V).

Los materiales de cimentación se consideran aceptables; estimándose cargas admisibles de 1.50 a 2.00 Kg/cm² en los suelos y superiores a 15Kg/cm² en las rocas; no previéndose problemas de asentamientos.

CAPITULO VII OBRAS DE CAPTACION Y DE CONDUCCION - SAN JUAN DE YANAC

Los parámetros geológicos y geotécnicos de los materiales de cimentación de las obras de captación y de conducción, se han definido en base a la información geológica existente y reconocimientos de campo, lo que ha permitido obtener los datos requeridos según el presente nivel de estudios.

El planeamiento hidráulico del Proyecto, considera dos canales en ambas márgenes de la quebrada Yanac:

7.1 OBRAS DE CAPTACION - SAN JUAN DE YANAC

Se han proyectado dos captaciones, para cubrir ambas márgenes; se localizan en un sector encañonado de la quebrada San Juan de Yanac, en donde predominan los procesos de erosión y transporte.

7.1.1 Características Geomorfológicas

En el sector de ubicación de las bocatomas, la quebrada Yanac es estrecha con una sección transversal del valle en forma "V" simétrica con estribos sub-verticales de pendientes mayores de 65° a sub verticales. Zona con amplio desarrollo de rocas volcánicas del tipo andesitas y andesitas porfiríticas.

7.1.2 Características Geológicas

Los afloramientos están constituidos por rocas volcánicas del tipo andesitas y andesitas porfiríticas que afloran al estado sano presentando una coloración gris a gris rojiza, con fenocristales de color blanco (plagioclasas) que le dan un aspecto moteado.

Los afloramientos corresponden al Volcánico Tantará carecen de cobertura con suelos residuales (nivel de construcción de la bocatoma) y pertenecen a la formación Tantará del terciario inferior. Estos se encuentran diaclasados con un patrón principal de rumbo transversal al cauce de la quebrada.

En el cauce existen depósitos fluviales constituidos por gravas, guijarros y cantos rodados con una matriz arenosa de diferente granulometría que se originaron por procesos erosivos en rocas intrusivas y volcánicas. En forma aislada se aprecian bloques heterométricos de andesitas en el lecho de la quebrada, tanto aguas arriba como aguas abajo de la zona de Bocatoma.

7.1.3 Características Geotécnicas

La obra se sustentará en volcánicas andesíticas al estado sano que los que ofrecen buenas condiciones de resistencia a los esfuerzos cortantes y portantes, asimismo el diaclasamiento que presentan las rocas es muy espaciado (60 cm y 2 m.) con superficies rectas y con mínima separación, que otorga garantía para la seguridad de la obra. A continuación las características en el eje de Bocatoma:

- **Estribo Izquierdo:**

Roca Basamento: Volcánicos andesíticos al estado sano sin cobertura de suelos residuales.

Diaclasamiento: Ancho a muy ancho; separación mínimo y con superficies rectas y lisas.

Cargas admisibles = 10 a 15Kg/cm².

K coeficiente de permeabilidad (cm/seg) = 10⁻⁵ a 10⁻⁶ cm/seg.

Pendiente > 65°

- **Cauce:**

- a) Depósitos fluviales**

Máximo espesor no mayor de 1 m de grava, guijarros con matriz arenosa de diferente granulometría.

Requiere limpieza del cauce por los bloques y cantos rodados.

Carga admisible = Inferior a 3.0Kg/cm².

Permeabilidad = 10⁻¹ a 10⁻³ cm/seg.

Pendiente = sub-horizontal.

- b) Roca basamento**

Volcánico andesíticos de iguales características de resistencia y permeabilidad que los estribos.

- **Estribo Derecho:**

Roca basamento = volcánico andesítico del estado sano.

Carga admisible = 10 a 15 Kg/cm².

K coeficiente permeabilidad = = 10⁻⁵ a 10⁻⁶ cm/seg.

Pendiente = > 65°.

7.1.4 Medidas Constructivas

La obra se sustentará en volcánicas andesíticas al estado sano que los que ofrecen buenas condiciones de resistencia a los esfuerzos cortantes y portantes, asimismo el

diaclasamiento que presentan las rocas es muy espaciado (60 cm y 2 m.) con superficies rectas y con mínima separación, que otorga garantía para la seguridad de la obra.

En el lecho se encuentran depósitos fluviales con espesores estimados no superiores al metro, por lo que se considera que la Bocatoma se sustentará casi íntegramente en la roca basamento de volcánicos.

Por la configuración rocosa del valle y su forma encañonada el cauce es estable por lo que no será necesario obras de encauzamiento ó de protección de riberas; lo que si sería recomendable es disminuir los pendientes por presentar sucesivas caídas, este con el propósito de disminuir la acción erosiva y un mayor arrastre de sólidos.

Aguas debajo de la captación, hay una zona de deslizamiento de bloques, que está fuera del radio de acción de la estructura hidráulica prevista. Estas zonas con bloques requieren una limpieza anterior a la ejecución de los trabajos.

7.2 CANAL SAN JUAN DE YANAC – MARGEN IZQUIERDA

Tendrá una longitud de 5.74 Km para un caudal de 140 lt/seg.; la captación directa se localiza en la cota 2,668.7 m.s.n.m

7.2.1 Criterios de Clasificación de Materiales

Se han seguido similar criterio al empelado para el canal Liscay, clasificándose los materiales como: Roca Fija, Roca Descompuesta y Material Suelto.

7.2.2 Descripción Geológica del Canal

- **Del Km 0+000 al 0+100.-** Rocas volcánicas andesíticas al estado sano
Tramo con pendientes pronunciados superiores a 50°
- **Del Km 0+100 al 0+320.-** Predominan los depósitos de derrubio constituido por arenas arcillosas, con 40% de inclusiones: gravas y guijarros pequeños bloques de andesitas. Algunos sectores con afloramientos rocosos de andesitas. Pendiente 20°- 25° - 30°.
- **Del Km 0+320 al 0+400.-** Volcánicos andesíticos; aproximadamente en el Km 0+360 zona de derrumbe. Pendiente 35° a 40°.
- **Del Km 0+400 al 0+850.-** Andesita hipoabisal textura porfirítica, cobertura de suelo con potencia máxima de 0.40 m. diaclasa principal Az bz 60° con buzamiento sub-vertical. Diaclasas permite la disyunción en bloques. Pendiente 45° - 50°.
- **Del Km 0+850 al 1+750.-** Intercalaciones de intrusivos (diorita a tonalita) con hipoabisales andesíticos. Cobertura de suelo residual con máxima potencia de 0.40 m. pendiente 35° - 50°.
- **Del Km 1+750 al 2+370.-** Parte marginal del intensivo diorita-tonalita atravesado por diques andesíticos. Cobertura de suelo residual máximo 0.40 m de espesor. Pendiente 35° - 45°.
- **Del Km 2+370 al 2+620.-** Diorita intemperizada y diaclasada, que dio origen a cobertura de suelo arenoso de diferente granulometría. Parte del canal se desarrolla en depósitos coluviales y de talud de escombros. Superficies de diaclasas rellenas de carbonato de calcio de aspecto limoso. Pendiente 40° - 45° - 50°.

- **Del Km 2+620 al 3+740.-** Diorita poco intemperizada, en superficie se encuentra bloques y cantos con gravas angulosas. Pendiente terreno 40° - 45° - 50°. Tramos con diques de granodiorita con potencia de 0.50 m. cruce Qda. 3+/690. 3+740 cruce de quebrada Pathy que es de los estribos, con pendientes, abrupta y constituido por afloramientos de diorita al estado sano. En este sector se ha proyectado una caída.
- **Del Km 3+740 al 3+850.-** Cascada natural constituida por afloramientos de dioritas, poco meteorizadas y fracturadas; con escasa cobertura eluvial. Predominan pendientes de 43° a 45° y longitud de 110m; la roca es de buena calidad (RMR = II y III) para cualquier cimentación de obras civiles.
- **Del Km 3+880 al 4+480.-** Diorita atravesada por diques de granodiorita con máxima potencia de 0.90 m. Se aprecian diaclasas en algunos casos con carbonatos a manera de relleno. Pendiente del terreno varía de 35° - 45°; en este tramo esta el cruce de la quebrada Chillahui.
- **Del Km 4+480 al 5+740.-** Diorita poco intemperizada con venas de carbonatos, zona de escasa cobertura de suelos residuales, se aprecian bloques. Pendiente del terreno varía de 35° - 50°.

7.2.3 Sectorización Ingeniero Geológica

Basado en la información técnica existente y al reconocimiento de campo, se ha realizado una Sectorización Ingeniero Geológica Preliminar del Canal Liscay, que se acompañan al informe en los Cuadros N° G - 33 y G - 34.

Se han considerado los siguientes taludes de corte, según los tipos de materiales a ser involucrados por el trazo del canal:

- Rocas Volcánicas = 0.20 : 1.00 a 0.10 : 1.00 (H : V); los taludes más tendidos corresponden a la roca meteorizada y fracturada.
- Rocas Intrusivas = 0.20 : 1.00 a 0.10 : 1.00 (H : V); los taludes más tendidos corresponden a la roca meteorizada y fracturada.
- Suelos = 0.75 : 1.00 a 0.50 : 1.00 (H : V).

Los materiales de cimentación se consideran aceptables; estimándose cargas admisibles de 1.50 a 2.00 Kg/cm² en los suelos y superiores a 15Kg/cm² en las rocas; no previéndose problemas de asentamientos.

7.3 Canal San Juan de Yanac – Margen Derecha

Tendrá una longitud de 7.50 Km para un caudal de 110 lt/seg.; la captación directa se localiza en la cota 2,669.68 m.s.n.m

7.3.1 Criterios de Clasificación de Materiales

Para los fines de medición y estimación de los costos de obra, las excavaciones en superficie serán clasificadas según el tipo de material a excavar de acuerdo a la siguiente denominación: Roca Fija, Roca Descompuesta y Material Suelto.

7.3.2 Descripción Geológica del Canal

- **Del Km 0+000 al 0+230.-** Afloramientos de rocas volcánicas del tipo andesitas, al estado sano son de color pardo violáceo e intemperizadas adoptan un color rojizo. Presentan matriz afanítica con vidrio volcánico, la textura es porfirítica y se observan epidotización en la roca.

Tramo en que el canal se desarrolla en la parte encañonada de la quebrada Yanac; al inicio del canal los pendientes de las laderas son abruptas mayor de 50° a sub-verticales.

- **Del Km 0+230 al 0+300.-** Depósitos deluviales y coluviales constituidos por arenas arcillosa pardas con restos de rocas volcánicas en un 30%. A los 230m, cruce de quebrada. Pendiente del terreno varía de 15° - 20°.
- **Del Km 0+300 al 0+370.-** Volcánicos andesíticos, poco porcentaje de cobertura suelo areno arcilloso con inclusiones de gravas y guijarros mayormente sub-angulosos. Pendiente del terreno 35° - 50°.
- **Del Km 0+370 al 0+500.-** Predomina depósitos arcillo-arenoso con inclusiones de guijarros y gravas. Afloramientos de volcánicos escasos. Pendiente de 30° - 50°.
- **Del Km 0+500 al 0+820.-** Andesitas porfíricas hipoabisales, color gris verdosos con fenocristales blancos de plagioclasas presentan diaclasamiento con azimut de buzamiento 270° y 80° y buzamientos de 60° hasta sub-verticales. Pendiente del terreno 35° - 50°.
- **Del Km 0+820 al 1+440.-** Predominan las andesitas porfíricas, también se aprecian rocas intrusivas del tipo tonalita y adamelita hornbléndicas. Pendiente 45° con algunos tramos abruptos en el intervalo 1+380 1+440 con pendientes sub-verticales mayores de 60°, cobertura de suelo es de poca potencia máxima 30 cm.
Rocas atravesadas por diaclasas cuyo patrón principal es transversal al valle de Yanac.
- **Del Km 1+440 al 2+000.-** Parte marginal del intrusivo diorita tonalita el que se encuentra atravesado por diques de hipoabisales de andesitas porfíricas y en algunos casos adamelitas hornbléndicas.
Contacto de intrusivo con el mayor dique andesítico es a la altura del Km 2+000 mediante una fractura de azimut de buzamiento 220° - 230° y 230° y un buzamiento de 70° en el que se observó material triturado aproximadamente en una potencia de 4.50 m.
Roca diaclasada que por tramos produce su disyunción en bloques. Pendiente del terreno 35° - 40° - 50°.
- **Del Km 2+000 al 2+200.-** Roca intrusiva diorita-tonalita mesocrata de grano grueso, poco intemperizada. En la superficie se aprecian bloques (acción del intemperismo a través de las diaclasas). Pendiente de la ladera variable de 30° - 35°.
- **Del Km 2+200 al 3+100.-** Diorita intemperizada grano grueso color gris oscuro que en la superficie presenta una cobertura de suelo de textura arenosa de grano grueso. A partir de 1Km 2+500 m se observaron algunas fracturas menores cuyas superficies se encuentran con carbonatos. A lo largo del tramo se aprecian bloques aislados de diorita. Pendiente del terreno 35° - 40°.
- **Del Km 3+100 al 3+230.-** Diorita muy intemperizada que origina una cobertura de suelo de textura arenosa fácilmente disgregable y muy permeable. Partes con cobertura de arena arcillosa con cantos y bloques con potencia máxima de 1m predomina la diorita intemperizada.
- **Del Km 3+230 al 3+500.-** Diorita intemperizada que se desagrega con la mano no esta al estado de suelo pues se le aprecia características de la roca originaria.

En la superficie se aprecian bloques, cantos y guijarros angulosos a subangulosos. Pendiente del terreno varía de 35° - 42°. Entre Km 3+440, 3+490, cruce de Quebradilla.

- **Del Km 3+500 al 3+620.-** Diorita atravesada por diques ácidos de granodiorita con potencias de 0.60 m, asimismo se aprecian venas de cuarzo rellenas en las juntas en diámetros de 1-3-4 cm. Afloramientos medianos a poco intemperizados. Pendiente del terreno varía de 30° - 40°.
- **Del Km 3+620 al 4+100.-** Diorita poco intemperizada; superficialmente se aprecian bloques del intrusivo; esporádicamente algunas fracturas rellenas con material que reaccionan al HCL.

Las diaclasas (carbonatos) observadas tienen los siguientes parámetros:

Az bz 290° bz 75° Az bz 180° bz 65° - 75°

Las pendientes del terreno varían entre 40° a 45°; cruce de quebrada en el Km 4+000 (Qbda. Sotonga)

- **Del Km 4+100 al 4+420.-** Afloramientos de diorita diaclasadas con separación mínima de las superficies estructurales; algunos sectores presentan carbonatos rellenos en las superficies de las diaclasas.

Cruce de quebrada un Km. 4+100 que presenta estribos de pendientes mayores de 40°, en las que se aprecian bloques erráticos. Pendiente del terreno fluctúa entre 35° - 40°.

- **Del Km 4+420 al 4+640.-** Predominan afloramientos de diorita al estado sano con pendientes superiores a 45°. Quebrada en Km 4+540. Tramo en que se incrementa contenido de carbonatos rellenos en las superficies de las fracturas.
- **Del Km 4+640 al 5+200.-** Diorita intemperizada que da suelos arenosos; en la superficie se observan cantos y guijarros ángulo a subángulo, también existen zonas con bloques caídos.

Tramos con diques ácidos en Km 4+700, 5+110, 5+130. Pendiente del terreno 35°, 40° y 45°, cruce de quebradilla en Km 5+140.

- **Del Km 5+200 al 5+640.-** Diorita muy intemperizada al grado de arena de grano grueso que en la parte superior presenta bloques del intrusivo. Se observan venas oblicuas con carbonatos. Pendiente del terreno varía de 30° a 40°.
- **Del Km 5+640 al 5+800.-** Suelo areno-arcilloso de poca plasticidad con bloques y cantos en porcentajes de 25% y, zonas de diorita muy intemperizada atravesada por diaclasas rellenas por carbonatos al estado limoso. Diaclasas principales con azimut de buzamiento de 160° y un ángulo de buzamiento de 60°. Las pendientes de las laderas varían de 45° - 50°.
- **Del Km 6+100 al 6+200.-** Predomina diorita poco intemperizada con escasa cobertura de suelos residuales con textura arenosa se aprecian bloques 1.5 x 3 x 3 m. Pendientes superiores a 50°. En el Km 6+130 cruce de quebradilla.
- **Del Km 6+200 al 6+400.-** Diorita intemperizada que por sectores se desagradan fácilmente dando arena de diferente granulometría.

Este tramo se encuentra atravesado por numerosas quebradas menores, por lo que se requiere canalizar la escorrentía superficial para no afectar el canal. Pendiente varía entre 25° a 32°.

- **Del Km 6+400 al 7+000.-** Se incrementa potencia de suelos residuales y de roca intemperizada. Suelo con potencia promedio de 0.50 m.
En superficies bloques y cantos. Venillas con carbonatos se aprecian en las rocas. Pendiente 25° - 30° - 35°.
- **Del Km 7+000 al 7+300.-** Diorita intemperizada con cobertura de suelo residual con potencia próxima de 30 cm que en superficies presentan bloques y cantos de diorita. Algunos sectores con venillas de carbonato se aprecian en este tramo.
Diaclasas con azimut de buzamiento 160° - 170° y buzamientos de 60° a 70°. Canal en laderas con pendiente de los terrenos entre 35°, 40° y 45°.
- **Del Km 7+300 al 7+400.-** Diorita atravesada por diques ácidos; se incrementa el contenido de carbonato relleno de fracturas (patina). Taludes con pendientes de 40° a 45°.
- **Del Km 7+400 al 7+500.-** Incrementa potencia de suelos residuales de textura arenosa con bloques, cantos, guijarros, con una potencia máxima de 0.70 m.
Tramos de rocas intemperizadas atravesadas por venillas perpendiculares y oblicuas con carbonato de calcio. Trazo del canal en laderas con pendientes de 25° a 30°.

7.3.3 Sectorización Ingeniero Geológica

Basado en la información técnica existente y al reconocimiento de campo, se ha realizado una Sectorización Ingeniero Geológica Preliminar del Canal San Juan de Yanac - Margen Derecha, que se acompañan al informe en los Cuadros del N° G - 35 al G - 37.

Se han considerado los siguientes taludes de corte, según los tipos de materiales a ser involucrados por el trazo del canal:

- Rocas Volcánicas = 0.20 : 1.00 a 0.10 : 1.00 (H : V); los taludes más tendidos corresponden a la roca meteorizada y fracturada.
- Rocas Intrusivas = 0.20 : 1.00 a 0.10 : 1.00 (H : V); los taludes más tendidos corresponden a la roca meteorizada y fracturada.
- Suelos = 0.75 : 1.00 a 0.50 : 1.00 (H : V).

Los materiales de cimentación se consideran aceptables; estimándose cargas admisibles de 1.50 a 2.00 Kg/cm² en los suelos y superiores a 15Kg/cm² en las rocas; no previéndose problemas de asentamientos.

CAPITULO VIII AREAS DE PRESTAMO Y CANTERAS

Se han determinado áreas de explotación de agregados y enrocado, que se pueden utilizar en la ejecución de las obras proyectadas; las principales fuentes de abastecimientos de los agregados corresponden a los cauces de los ríos Sihuis y San Juan de Yanac. En la mayoría de los casos, se deben ejecutar y/o complementar los caminos de accesos a las obras proyectadas.

La distribución de las áreas seleccionadas, utilización y las distancias estimadas a las obras se indican en el Plano de Ubicación. La correlación, evaluación y análisis geotécnico de la información técnica existente han permitido inferir las características de los materiales y según su utilización, serán calificados de acuerdo a las Normas ASTM y del Manual del U.S Department of the Interior del Bureau of Reclamation. Los resultados

de los ensayos de laboratorio ejecutados en las diferentes etapas de estudios, se acompañan del Cuadro N° G - 38 al N° G - 48.

8.1 AGREGADOS SAN JUAN DE YANAC

En el cauce de la quebrada Yanac existen depósitos aluviales no consolidados y constituidos por una mezcla de gravas y arenas, en diferentes proporciones y de naturaleza polimixta (diorita, granodiorita, andesitas porfiríticas, volcánicos andesíticos, etc.) cuyos granos y clastos varían de sub-angulosos a sub-redondeados. Estos depósitos presentan en la parte superficial bloques y cantos rodados en forma errática; así mismo en su constitución presentan finos (arcillas y limos) en proporciones bajas.

Desde la zona de Bocatoma hasta el final de los canales de irrigación, en la quebrada de Yanac, se encuentran depósitos aluviales dispersos que deben ser explotados en forma manual y selectivamente por no constituir un depósito homogéneo.

Teniendo en cuenta las variaciones texturales de los depósitos, en la fase de campo se muestreo 2 zonas a lo largo del río Yanac: a 400 y 2000 m de la bocatoma y los sectores de Santa Clara y Sotonga; obteniéndose una muestra representativa que fue analizada en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto del INAF – Ministerio de Agricultura, a fin de tener las características generales de los materiales, que como es usual en los estudios de Mecánica de Suelos van a sufrir desviaciones por la heterogeneidad del área prospectada, esto relacionado a su distribución granulométrica y proporción de finos menores a la malla N° 200. Las características de los materiales granulares del cauce del río Yanac, son las siguientes

- Geología : Depósitos fluvio-aluviales, mezcla de arenas y gravas, clastos sub redondeados a sub angulosos, que se han derivado litológicamente de rocas intrusivas y volcánicas.
- Clasificación SUCS : SP (Arenas gravosas mal gradadas) aceptable distribución granulométrica
- Porcentaje de gravas : 44.00%
- Porcentaje de arenas : 55.30%
- Porcentaje de finos : Inferior a 1.00%
- Peso específico de gravas : 2.60
- Absorción de Gravas : Inferior a 1.80%
- Peso específico de arenas : 2.62
- Absorción de arenas : Inferior 2.20%
- Módulo de Fineza : 3.64
- Peso Varillado : 1.90 gr/cm³.

En base a los resultados de los ensayos efectuados, litología de origen, forma y resistencia de clastos y el grado de conservación, puede indicar que los agregados prospectados son de aceptable calidad.

8.2 MATERIAL DE ENROCADO – SAN JUAN DE YANAC

Material para utilizarse como mampostería de piedra, se puede obtener de los afloramientos de diorita-tonalita y de las andesitas porfíricas, debiéndose determinar las zonas menos intemperizadas; una muestra de diorita se analizó en el laboratorio de Mecánica de Suelos del INAF. Las características de los afloramientos de intrusivos que predominan en la zona, presentan las siguientes características:

- Litología : Dioritas - Tonalitas
- Alteración : W2 a W3 (Ligera a moderada meteorización)
- Fracturamiento : F2 a F32 (Amplio a moderado).
- P. Específico : 2.81 (Alto)
- % Absorción : 0.49 (Bajo)
- RMR : Roca tipo II
- Calidad RMR : Buena
- Intemperismo : Sin pérdida.

Extensos afloramientos de rocas intrusivas, se ubican a lo largo del trazo del canal, que pueden cubrir los requerimientos de las obras proyectadas.

8.3 AGREGADOS LISCAY

En el cauce de la quebrada Liscay existen esporádicos depósitos aluviales no consolidados compuestos por guijarros, gravas y cantos con una matriz arenosa de diferente granulometría.

Los depósitos asociados al cauce actual reúnen mejores condiciones por presentar menor porcentaje de finos, asimismo por las rocas originarias se estima que reúne aceptables condiciones referentes a su calidad.

Estos depósitos por la evolución de la quebrada no alcanzan gran desarrollo, razón por los que sus volúmenes son restringidos, además presentan alto porcentaje de bloques y cantos rodados. Lo anteriormente indicado, obliga a una explotación selectiva, en los bancos más potentes.

Durante las investigaciones realizadas por el INAF, se realizó un muestreo representativo, obteniéndose las siguientes características en el laboratorio de mecánica de suelos:

- Geología : Depósitos fluvio-aluviales, mezcla de arenas y gravas, clastos sub redondeados a sub angulosos, que se han derivado litológicamente de rocas intrusivas y volcánicas.
- Clasificación SUCS : SP (Arenas gravosas mal gradadas) aceptable distribución granulométrica
- Porcentaje de gravas : 39.50%
- Porcentaje de arenas : 56.90%
- Porcentaje de finos : Inferior a 3.70%
- Módulo de fineza : 2.64

- Peso específico de gravas : 2.57
- Absorción de Gravas : 3.67%
- Peso específico de arenas : 2.70
- Absorción de arenas : Inferior 2.05%
- Peso Varillado : 1.825 gr/cm³.

En base a los resultados de los ensayos efectuados, litología de origen, forma y resistencia de clastos y el grado de conservación, puede indicar que los agregados prospectados son de aceptable calidad.

En la quebrada Florida existen depósitos aislados de aluviales de gravas, guijarros y arenas que no alcanzan gran volumen y que requieren de un trabajo laborioso para su explotación, de todas maneras sus volúmenes no son significativos.

Un depósito de regular extensión se ha localizado en la quebrada Allamachay (+/- Km 7 220 del trazo del canal); con una longitud aproximada de 240 m ancho de 26 m y una potencia utilizable de aproximadamente 0.60 m que nos daría un volumen estimado de 3,500 m estos depósitos están constituidos por agregado fino y grueso, originándose rocas volcánicas (andesitas) Diorita y Tonalita que superficialmente presentan cantos y pequeños bloques.

8.4 AGREGADOS SIHUIS

Dentro de las alternativas del tipo de Presa Sihuis, se considera la mas favorable, la de gravedad con concreto ciclópeo; en tal sentido se ubicaron áreas de préstamos que se requieren para su construcción a presa. Estas se localizan aguas arriba de la zona de presa a lo largo del cauce.

Con fines de estimación de su volumen y calidad de los materiales granulares, se realizaron 12 calicatas, donde se hizo la descripción litológica y extracción de muestras para su análisis respectivo.

Las áreas prospectadas para agregados, están ubicadas aguas arriba de la presa, en una distancia que va de 100 a 1000m a lo largo del cauce del río Sihuis.

Los depósitos aluviales prospectados, por la evolución de la quebrada no alcanzan gran desarrollo, razón por los que sus volúmenes son restringidos.

Durante las investigaciones realizadas por el INAF, se realizó un muestreo representativo, obteniéndose las siguientes características en el laboratorio de mecánica de suelos:

- Geología : Depósitos fluvio-aluviales, mezcla de arenas y gravas, clastos sub redondeados a sub angulosos, que se han derivado litológicamente de rocas intrusivas y volcánicas.
- Clasificación SUCS : GP (Gravas arenosas mal gradadas)
- Porcentaje de gravas : 53.10 a 66.90%
- Porcentaje de arenas : 31.70 a 45.10%
- Porcentaje de finos : Inferior a 2.00%
- Módulo de fineza : 3.23 a 3.66

- Peso específico de gravas : 2.58 – 2.62
- Absorción de Gravas : 2.30 a 2.78%
- Peso específico de arenas : 2.65 a 2.71
- Absorción de arenas : 0.81 1.30%
- Peso Varillado : 1.650 gr/cm³.
- Pérdida Intemperismo : Agreg. Grueso = 34.43 a 34.51%
Agreg. Fino = 46.26 a 49.44%

Los depósitos aluviales prospectados, alcanzan un volumen aproximado de 4,500m³.

En base a los resultados de los ensayos efectuados, litología de origen, forma y resistencia de clastos y el grado de conservación, puede indicar que los agregados prospectados no son de buena calidad.

Las pérdidas por intemperismo superan ampliamente los valores máximos permitidos y presentan limitaciones en cuanto a su distribución granulométrica (Módulos de Fineza entre 3.23 a 3.66).

8.5 CANTERA DE ROCA SIHUIS

Se localiza en las nacientes del vaso Sihuis, en donde existen afloramientos de andesitas, de aspecto masivo, entre las quebradas Pujarasja y Cuncaniyoc. Afloramientos que se muestran poco intemperizados y sn de buena calidad, resistentes; las diaclasas se presentan muy espaciadas.

En base a los estudios realizados, los afloramientos de rocas volcánicas, presentan las siguientes características

- Litología : Andesitas
- Alteración : Roca con ligera a moderada meteorización (W2 a W3), por sectores en la parte superficial con roca moderada a alta meteorización (W3 a W4), potencia promedio inferior a 1.25m.
- Pesos específicos (s.s.s.) : 2.49 (Moderado)
- Porcentaje de Absorción : 1.90% (Bajo)
- Intemperismo : Las pérdidas alcanzaron valores inferiores a 0.67%, en roca con ligero grado de meteorización.
- Clasificación geomecánica : Roca tipo I y II
- Calidad geomecánica : Buena

Las rocas volcánicas prospectadas, se consideran de buena calidad, existiendo un volumen aproximado de 5'000,000m³; pudiéndose explotar como cantera en la obtención de agregados necesarios, mediante el chancado.

Existe una trocha carrozable, que pasa muy cerca del vaso y de las zonas de canteras; lo que facilitaría su explotación, en tal sentido se requiere de obras complementarias de mejoramiento de las trochas.

CAPITULO IX PROGRAMA DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS

En el presente Rubro se indicarán las investigaciones geológicas y geotécnicas, requeridas para los niveles de Pre-Factibilidad y Factibilidad; el mayor detalle de las investigaciones se aplicaran en la ubicación de la Presa Principal y se apoyarán en:

- Levantamientos geológicos de Superficie.- Proceso de verificación y/o complementación de los levantamientos geológicos; se procederá a elaborar los planos geológicos de planta y las respectivas secciones o perfiles ingeniero geológicos; un mayor detalle se utilizará en la ubicación de la presa (Sector de la Caverna).
- Clasificaciones Geomecánica (Macizos rocosos)
- Métodos Directos (Perforaciones diamantinas y excavaciones manuales)
- Ensayos de Laboratorio (Mecánica de Suelos y Rocas, agregados y químicos).

La interpretación y correlación de los resultados permitirá determinar los parámetros geotécnicos de los materiales de fundación de las principales estructuras hidráulicas proyectadas; como parte de las investigaciones se complementará la fase de exploración y evaluación de áreas de préstamos y canteras.

El Programa de perforaciones Diamantinas es tentativo y se definirá del proceso de revisión y procesamiento de los datos obtenidos en las anteriormente ejecutadas; fase que necesariamente requiere de la evaluación de los cores de perforación: RQD, RMR y K (Coeficientes de permeabilidad)..

9.1 ZONA DE PRESA

- Geología de Superficie, escala 1:500 ó 1: 200.- El levantamiento geológico incidirá en los siguientes aspectos: Litología, estratigrafía, geomorfología, procesos geodinámicos, hidrogeología, estabilidad de taludes, aspectos estructurales (Fracturas, fallas, diaclasas).

El área del levantamiento abarcará 100m. aguas arriba y debajo del eje seleccionado y unos 15m. por encima de la cota de coronación de la presa; se incluye el levantamiento de la caverna existente.

- Perforaciones diamantinas: Dos (02) perforaciones diamantinas distribuidas en la zona de presa, con un total de 70ml; se incidirá en la zona de presa (Cauce y un estribo), paralelamente a las perforaciones se ejecutará el logeo geológico (Descripción litológica y estructural, recuperación de testigos y agua, cálculo del RQD y clasificaciones geomecánicas) y ensayos In Situ de permeabilidad (Gravedad y presión).
- Perfil Geotécnico.- El perfil se basará en la correlación de las investigaciones de superficie con las del subsuelo; se elaborará una sección de la presa con indicación en profundidad, de la variación de los parámetros de resistencia y permeabilidad. (Litología, grado de fracturamiento, variación de la meteorización, RQD, clasificaciones geomecánicas, coeficientes de permeabilidad, etc).

Actividad de importancia para determinar el rango del posible tratamiento de la cimentación de la presa.

9.2 VASO

- Geología de Superficie, escala 1:2000.- Se incidirá en los siguientes aspectos: Litología, estratigrafía, geomorfología, procesos geodinámicos, hidrogeología, estabilidad de taludes, valorización de pendientes, aspectos estructurales (Fracturas, fallas, diaclasas), estanqueidad del vaso, etc. El área del levantamiento se proyectará unos 20m. por encima de la cota de coronación de la presa.

9.3 BOCATOMAS

- Geología de Superficie escala 1:200.- El levantamiento geológico incidirá en los siguientes aspectos: Litología, estratigrafía, geomorfología, procesos geodinámicos, estabilidad de taludes, aspectos estructurales (Fracturas, fallas, diaclasas). El área del levantamiento comprenderá unos 50 a 75m. aguas abajo y arriba del eje seleccionado.

9.4 CANAL

- Geología de Superficie, escala 1: 2000.- Se incidirá en los siguientes aspectos: Litología, estratigrafía, geomorfología, procesos geodinámicos, estabilidad de taludes, aspectos estructurales (Fracturas, fallas, diaclasas).
- Investigaciones Geotécnicas.- Mediante excavaciones exploratorias, ensayos In - Situ y ejecución de ensayos de laboratorio.
- Sectorización Ingeniero Geológica.- Se fundamentará con el levantamiento geológico y los resultados de las investigaciones geotécnicas se delimitarán tramos con similares características Ingeniero Geológicas (Geología, morfología, clasificación de materiales, tipo de excavación, procesos geodinámicos, etc).

9.5 AREAS DE PRESTAMO Y CANTERAS

Ejecución de excavaciones exploratorias y ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y químicos; mediante los ensayos estándar y especiales se determinarán los parámetros geotécnicos de los materiales a utilizarse en la construcción de las obras civiles; en cada área de préstamo principal, se estima la ejecución de un mínimo de tres excavaciones.

Existiendo investigaciones ya ejecutadas, se complementará con datos en las siguientes zonas:

- Préstamo Liscay.- Agregados para concreto.
- Préstamo San Juan de Yanac.- Agregados para concreto.
- Canteras de rocas.- Materiales para enrocado; se requiere ubicar un frente de explotación próxima a la zona de presa.

CAPITULO X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la evaluación y adecuación de los estudios realizados anteriormente para el Proyecto San Juan de Yanac - Liscay, complementados con un proceso de verificación de campo, se tienen las conclusiones y recomendaciones, siguientes:

10.1 CONCLUSIONES

La zona de estudio se localiza en el sector Occidental de la Cordillera Occidental de los Andes, que se caracteriza por un amplio desarrollo de rocas volcánicas (Grupo Sacsacero y Formación Tantará) de edad terciaria, en menor proporción se desarrolla en intrusivas del tipo diorita-tonalita, e inyecciones dispersas de sub-volcánicas de edad terciaria superior.

Se han evaluado dos Alternativas de Presas, estimándose un zonamiento geotécnico (Referencias: Rubros 2.6.2 Alternativa I y Rubro 2.6.3 Alternativa II); la Alternativa N° I (Sihuis) es la que ofrece una mejor calificación geológica.

En un tramo encañonado del río Sihuis se ha ubicado la zona de presa Sihuis, que se emplaza sobre afloramientos de brechas volcánicas del Grupo Sacsaguero (Tim. A).

Las brechas volcánicas están constituidas por fragmentos angulosos heterométricos de volcánicos, englobados por una matriz tufácea y limolítica, cuya proporción en relación a los fragmentos es variable, así mismo difiere su grado de compactación.

Las brechas volcánicas se presentan diaclasadas con espaciamiento estrecho a muy ancho que siguen alineamientos paralelos y transversales al cauce del Sihuis o superficialmente por efectos del intemperismo se aprecian con una estratificación con buzamientos en dirección hacia aguas arriba de la escorrentía principal.

Las condiciones de resistencia e impermeabilidad varían por las características litológicas, texturales, grado de compactación, diaclasas y fracturas de relajación de esfuerzos de la zona de presa.

La tendencia en los afloramientos de la zona de presa Sihuis, es de aumentar su resistencia y disminuir su coeficiente de permeabilidad a mayor profundidad, lo que se ha confirmado con el Programa de Perforaciones Diamantinas ejecutadas en el año 1985 (Inaf – Ministerio de Agricultura), que incluyó los cálculos de RQD y pruebas de permeabilidad in situ.

En esta fase, en la zona de presa Sihuis, se han determinado los valores de permeabilidad y resistencia según las características físicas, análisis macroscópicos, ensayos especiales de mecánica de rocas y el logeo geológico de las perforaciones diamantinas. Datos que se acompañan en la Memoria y Anexos respectivos.

Teniendo en cuenta las características Ingeniero Geológicas de la zona de presa Sihuis (Cuadro N° G - 29), se requiere un tratamiento de la cimentación y estribos (impermeabilización, consolidación).

La presa Sihuis, se cimentará sobre roca volcánica poco intemperizada ó sana, debiéndose efectuar para tal caso, la limpieza de los materiales sueltos y de la roca muy intemperizada y fracturada; con un promedio de 2.00m en la zona de los estribos y de aproximadamente 3.00m en la zona entre estribos (Cauce).

La zona es sísmicamente activa lo que obliga a considerar parámetros sismorresistentes de acuerdo al dimensionamiento de la obra.

No se estima existan problemas críticos relacionados a inestabilidad de los taludes y estanqueidad del vaso Sihuis.

La Bocatoma Liscay se emplazará sobre un basamento de rocas volcánicas silicificadas de la Formación Tantará. Observar el Cuadro N° G - 49 "Parámetros Geotécnicos de la Bocatoma Liscay".

El canal Liscay se desarrolla principalmente, sobre volcánicos de la Formación Tantará e intrusivos del tipo diorita. Se desarrolla a través de laderas con pendientes del orden de 30° - 45° - 50°, el tramo con mayor pendientes corresponde hasta la quebrada Florida, en donde se aprecia ocurrencia de bloques heterométricos que pueden originar problemas constructivos.

Las Bocatomas ubicadas en la quebrada Yanac, se emplaza en un tramo encañonado de la quebrada San Juan de Yanac, con afloramientos de andesitas porfiríticas mayormente al estado sano (Formación Tantara), las condiciones geológicas y

geomorfológicas son favorables para la obra a construir. Observar el Cuadro N° G - 50 "Parámetros Geotécnicos de las Bocatomas Yanac".

Los canales principales de San Juan de Yanac, principalmente en el intrusivo diorítico – tonalítico y en menor proporción en volcánicos andesíticos; rocas que afloran que afloran con diferentes grados de meteorización y Fracturamiento. La zona presenta, en algunos casos la ocurrencia de bloques heterométricos y cárcavas profundas.

Para cada canal se han realizado las sectorizaciones, delimitando los tramos con similares características Ingeniero Geológicas; estas se adjuntan en los Cuadros del N° G - 30 al N° G - 32 "Canal Liscay"; N° G - 33 y N° G - 34 "Canal San Juan de Yanac - Margen Izquierda" y del N° G - 35 al N° G - 37 "Canal San Juan de Yanac – Margen Derecha".

Los materiales de cimentación a través de los canales (Liscay y San Juan de Yanac) se consideran como aceptables; estimándose cargas admisibles de 1.50 a 2.00 Kg/cm² en los suelos y superiores a 15.0 Kg/cm² en las rocas; no previéndose problemas de asentamientos.

Las canteras prospectadas no satisfacen los requerimientos en cuanto a volumen (zona de presa Sihuis) y en otros casos requieren un trabajo laborioso en su explotación lo que debe ser selectiva y manual (Area de Captaciones y canales: San Juan de Yanac y Liscay).

El Proyecto San Juan de Yanac - Liscay, cuenta con un avance significativo en las Investigaciones Geológicas y Geotécnicas, las que requieren ser complementados para alcanzar el Nivel Definitivo.

10.2 RECOMENDACIONES

En esta fase de diseños, en la zona de presa Sihuis, adoptar las consideraciones que se incluyen en el Rubro N° 5.3 "Criterios Geotécnicos de la Zona de Presa Sihuis".

Para las Captaciones, se acompañan las Medidas Constructivas en los Rubros N° 6.1.3 "Bocatoma Liscay" y en el N° 7.1.4 "Bocatoma Yanac".

En las zonas de Canales, se recomienda los siguientes taludes de corte, según los tipos de materiales a ser involucrados por los trazos de los canales: Rocas Volcánicas e Intrusivas = 0.20 : 1.00 a 0.10 : 1.00 (H : V), los taludes más tendidos corresponden a la roca meteorizada y fracturada; en suelos = 0.75 : 1.00 a 0.50 : 1.00 (H : V).

Teniendo en cuenta las características Ingeniero Geológicas de la zona de presa Sihuis y disponibilidad de los materiales de construcción, se recomienda una presa de gravedad tipo concreto.

La explotación de agregados para los canales y captaciones, debe ser selectiva, eligiendo los depósitos con mayores acumulaciones. Los canales se pueden revestir con mampostería de piedra, lo que incidirá favorablemente en los costos.

Se deben efectuar diseños preliminares según las condiciones Ingeniero Geológicas determinadas en este nivel de estudio; adoptando un coeficiente sísmico de 0.20g.

Los estudios geológicos y geotécnicos requieren complementarse para alcanzar el nivel definitivo.

ANEXO I
CUADROS Y RESULTADOS DE ENSAYOS
DE LABORATORIO

CUADRO Nº G - 1
"PERFORACIONES DIAMANTINAS EJECUTADAS EN LA PRESA SIHUIS"
(Ejecutado por ENI - INAF - Ministerio de Agricultura).

| Nº | Perforación | Fecha | Ubicación | Diametro | Inclinación | Cota (m.s.n.m) | Longitud Perforada (m) |
|----|-------------|-------|----------------|----------|-------------|-------------------|------------------------------|
| 1 | S - 1 | 1985 | Est. Izquierdo | NX - BX | Vertical | 4095.00 | 35.00ml. |
| 2 | S - 2 | 1985 | Cauce | NX - BX | Vertical | 4071.00 | 35.60ml. |
| 3 | S - 3 | 1985 | Est. Derecho | NX - BX | Vertical | 4088.00 | 31.20ml. |

CUADRO N° G - 2

CLASIFICACION GEOMECANICA DE LOS MACIZOS ROCOSOS
(BIENIAWSKI: 1976 - 1989)

A. PARAMETROS DE CLASIFICACION Y SUS VALORES

| | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|
| RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA INTACTA | > 250 MPa | 100 - 250 MPa | 50 - 100 MPa | 25 - 50 MPa | < 25 MPa |
| VALOR | 15 | 12 | 7 | 4 | <= 2 |
| CALIDAD DEL NUCLEO (RQD) | 90 % - 100 % | 75 % - 90 % | 50 % - 75 % | 25 % - 50 % | < 25 % o muy alterada |
| VALOR | 20 | 17 | 13 | 8 | 3 |
| ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES | > 2 m | 0.6 m - 2 m | 0.2 m - 0.6 m | 60 mm - 200 mm | < 60 mm |
| VALOR | 20 | 15 | 10 | 8 | 5 |
| CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES | Muy rugosas, no continuas, no separadas, roca dura | Ligeramente rugosas, separación < 1mm, paredes duras | Ligeramente rugosas, separación < 1mm, paredes blandas | Lisas o rellenas < 5mm o juntas abiertas 1 - 5 mm continuas | Lisas o rellenas > 5mm o juntas abiertas > 5 mm continuas |
| VALOR | 30 | 25 | 20 | 10 | 0 |
| FLUJO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS | Seco | Agua Intersticial | Bañado | Agua a baja presión | Problemas debido a flujo |
| VALOR | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 |
| ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES RESPECTO AL TIPO DE OBRA | Muy Favorable | Favorable | Discreta | No Favorable | Muy Poco Favorable |
| VALOR: Para Galerías | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| VALOR: Para Cimentaciones | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |
| VALOR: Para Pendientes | 0 | -5 | -25 | -50 | -60 |

B. CLASES DE MACIZOS ROCOSOS Y SUS VALORES

| | | | | | |
|----------------------|----------------|------------|--------------|-----------|---------------|
| N° DE CLASE | I | II | III | IV | V |
| Descripción de Clase | Roca muy Buena | Roca Buena | Roca Regular | Roca Mala | Roca muy Mala |
| VALOR TOTAL | 100 - 81 | 80 - 61 | 60 - 41 | 40 - 21 | < 20 |
| Tipo de roca - Túnel | I | | II | III | |

C. SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE MACIZO ROCOSO EN EXCAVACION DE TUNELES

| | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|----------|---------|------------|
| N° DE CLASE | I | II | III | IV | V |
| Claro sin soporte | 5 m | 4 m | 3 m | 1,5 m | 0,5 m |
| Promedio del tiempo de soporte | 10 años | 6 meses | 1 semana | 5 horas | 10 minutos |

CUADRO N° G - 3

**ENSAYO DE INDICE MANUAL SOBRE LA RESISTENCIA DEL MATERIAL ROCOSO
(ISRM - 1978)**

| TERMINO | IDENTIFICACION DE CAMPO | RANGO APROX. RESIST. A COMPRESION UNIAXIAL (MPa) |
|--|---|--|
| ROCA EXTREMADAMENTE DEBIL | ES INDENTADA POR LA UÑA DEL DEDO PULGAR. | 0.25 - 1.00 |
| ROCA MUY DEBIL | SE DESMORONA BAJO GOLPES FIRMES CON LA PUNTA DEL MARTILLO DE GEOLOGO, PUEDE SER PELADO O DESCARRILLADO POR UN CUCHILLO DE BOLSILLO. | 1.00 - 5.00 |
| ROCA DEBIL | PUEDE SER DESCARRILLADO POR UN CUCHILLO DE BOLSILLO CON DIFICULTAD. CAVIDADES POCO PROFUNDAS SE FORMAN CON GOLPES FIRMES PROPINADOS CON LA PUNTA DEL MARTILLO DE GEOLOGO. | 5.00 - 25.00 |
| ROCA DE RESISTENCIA MEDIO MODERADAMENTE RESISTENTE | NO PUEDE SER RASPADA O DESCORTESADA CON UN CUCHILLO DE BOLSILLO. EL ESPECIMEN PUEDE SER FRACTURADO CON UN GOLPE FIRME DEL MARTILLO DE GEOLOGO. | 25 - 50 |
| ROCA RESISTENTE | EL ESPECIMEN REQUIERE MAS DE UN GOLPE CON EL MARTILLO DE GEOLOGO PARA FRACTURARLO. | 50 - 100 |
| ROCA MUY RESISTENTE | EL ESPECIMEN REQUIERE MUCHOS GOLPES CON MARTILLO DE GEOLOGO PARA FRACTURARLO. | 100 – 250 |
| ROCA EXTREMADAMENTE RESISTENTE | EL ESPECIMEN PUEDE SER SOLAMENTE DESCASCARADO CON LOS GOLPES DEL MARTILLO DE GEOLOGO. | > 250 |

CUADRO N° G - 4

GRADOS DE METEORIZACION DEL MACIZO ROCOSO
(ISRM - 1980)

| TERMINO | DESCRIPCION | GRADO |
|---------------------------|---|----------------|
| FRESCA (SANA) | SIGNOS NO VISIBLES DE METEORIZACION DEL MATERIAL ROCOSO TAL VEZ LIGERA DECOLORACION SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES. | W ₁ |
| LIGERAMENTE METEORIZADA | LA DECOLORACION INDICA METEORIZACION DEL MATERIAL ROCOSO Y LA SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES. TODO EL MATERIAL ROCOSO PUEDE ESTAR ALGO MAS DEBIL EXTERNAMENTE QUE EN SU CONDICION FRESCA. | W ₂ |
| MODERADAMENTE METEORIZADA | MENOS DE LA MITAD DEL MATERIAL ROCOSO ESTA DESCOMPUESTO Y/O DESINTEGRADO A UN SUELO. ROCA FRESCA O DECOLORADA ESTA PRESENTE AUN COMO UN ESQUELETO CONTINUO O COMO NUCLEO DE ROCAS. | W ₃ |
| ALTAMENTE METEORIZADA | MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ROCOSO DESCOMPUESTO Y/O DESINTEGRADO A SUELO. LA ROCA FRESCA O DECOLORADA ESTA PRESENTE AUN COMO UNA RED O ESQUELETO DISCONTINUO. O COMO NUCLEO DE ROCA | W ₄ |
| COMPLETAMENTE METEORIZADA | TODO EL MATERIAL ROCOSO ESTA DESCOMPUESTO Y/O DESINTEGRADO A SUELO. LA ESTRUCTURA ORIGINAL DEL MACIZO ESTA AUN EN PARTE INTACTA. | W ₅ |

CUADRO N° G - 5

ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES - ROCAS

| TERMINO | CLASIFICACION | ESPACIAMIENTO | RANGO (frac/m) | TIPO DE ROCA |
|----------------------------|------------------------------|---------------|----------------|----------------|
| MUY ANCHO | SOLIDA | $\geq 2,00$ | $< 1,0$ | F ₀ |
| ANCHO | MASIVO | 0,6 - 2,0 | 1,0 | F ₁ |
| MEDIO ANCHO | MEDIANO FRACTURAMIENTO | 0,20 - 0,60 | 1,0 - 5,0 | F ₂ |
| ESTRECHO | MUY FRACTURADO | 0,06 - 0,20 | 6,0 - 10,0 | F ₃ |
| MUY ESTRECHO | EXTREMADAMENTE FRACTURADO | 0,02 - 0,06 | 11,0 - 20,0 | F ₄ |
| EXTREMADAMENTE ESTRECHO | TRITURADO | $< 0,02$ | $> 20,0$ | F ₅ |

CUADRO N° G - 6

PESOS ESPECIFICOS (SSS) EN ROCAS

| RANGO (Pe sss) | TERMINO | TIPO DE ROCA |
|----------------|----------|----------------|
| $> 2,75$ | MUY ALTO | P ₁ |
| 2,55 - 2,75 | ALTO | P ₂ |
| 2,20 - 2,55 | MODERADO | P ₃ |
| 1,80 - 2,20 | BAJO | P ₄ |
| $< 1,80$ | MUY BAJO | P ₅ |

CUADRO N° G - 7
ROCK QUALITY DESIGNATION

| INDICE RQD (%) | CALIDAD DE ROCA | TIPO DE ROCA |
|----------------|-----------------|----------------|
| 90 - 100 | MUY BUENA | Q ₁ |
| 75 - 90 | BUENA | Q ₂ |
| 50 - 75 | REGULAR | Q ₃ |
| 25 - 50 | MALA | Q ₄ |
| 0 - 25 | MUY MALA | Q ₅ |

CUADRO N° G - 8

PARAMETROS GEOTECNICOS DE ROCAS SEGUN BIENIAWSKI

| CLASES DE ROCA | I | II | III | IV | V |
|--|-----------|------------------|--------------------|-------------------|------------|
| CALIDAD | MUY BUENA | BUENA | MEDIA | MALA | MUY MALA |
| CARGA PUNTUAL (Kg/cm ²) | > 80,0 | 80,0 - 40,0 | 40,0 - 20,0 | 20,0 - 10,0 | < 10,0 |
| COMPRESION SIMPLE (Kg/cm ²) | > 2500 | 2500 - 1000 | 1000 - 500 | 500 - 250 | 250 - < 10 |
| COEFICIENTE DE POISSON | < 0,10 | 0,10 - 0,15 | 0,15 - 0,20 | 0,20 - 0,25 | > 0,25 |
| MODELO DE DEFORMABILIDAD (kg/cm ²) | 600000 | 600000 350000 | < 350000 150000 | < 150000 50000 | < 50000 |

CUADRO N° G - 9

CLASIFICACION: METEORIZACION, RESISTENCIA Y FRACTURAMIENTO

| METEORIZACION (Grados) | | RESISTENCIA (MPa) | | FRACTURAMIENTO (Intervalos cm) | |
|---------------------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| Sana | W ₁ | Extrem. Alta > 250 | R ₀ | Muy amplio > 200 | F ₁ |
| Ligera | W ₂ | Muy Alta 100 - 250 | R ₁ | Amplio 60-200 | F ₂ |
| Moderada | W ₃ | Alta 50 - 100 | R ₂ | Moderado 20-60 | F ₃ |
| Alta | W ₄ | Media 25 - 50 | R ₃ | Cercano 6-20 | F ₄ |
| Completa | W ₅ | Baja 5 - 25 | R ₄ | Muy cercano < 6 | F ₅ |
| | | Muy Baja 1 - 5 | R ₅ | | |

CUADRO Nº G - 10 " INDICES MORFOMETRICOS - ALTERNATIVAS DE PRESA "

Proyecto: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
Area: Zona de Presa
Fase: Alternativas de Presas
Fecha: Julio del 2006

| EJE Nº | ALTURA DE PRESA (m) | ANCHO DEL CAUCE (m) | PENDIENTES DE ESTRIBOS (°) | | LONGITUD DE CORONACION (m) | LITOLOGIA | | | CONDICIONES GEOTECNICAS |
|--------|---------------------|---------------------|----------------------------|---------|----------------------------|-------------------|---|-----------------|---|
| | | | IZQUIERDO | DERECHO | | ESTRIBO IZQUIERDO | CAUCE | ESTRIBO DERECHO | |
| I | 25.00 | < 20 | > 40 | > 45 | 45.00 | Roca Volcánica | Material aluvial y bloques. Potencia máxima inferior a 2.00m. | Roca Volcánica | Condiciones geotécnicas favorables. Altura limitada por condiciones topográficas del estribo derecho. Cimentación en roca volcánica (Brecha Volcánica) . Laderas con buenas condiciones de estabilidad. Proyectar tratamiento de la cimentación. |
| II | 25.00 | > 25 | > 35 | > 35 | > 90.00 | Roca Intrusiva | Material aluvial y bloques. Potencia superior a 4.50m. | Roca Intrusiva | Condiciones geotécnicas favorables. Pequeños conos de derrumbes en la base de las pendientes. Cimentación en roca intrusivas (Diorita - Tonalita). Laderas con buenas condiciones de estabilidad. Proyectar tratamieto de la cimentación. Factores adversos: Quebrada en la margen derecha, fuerte pendiente del río y ancho del valle. |
| | | | | | | | | | |

CUADRO Nº G - 11 "CALIFICACION GEOLOGICA DE LAS ALTERNATIVAS DE PRESA"

| PROYECTO: IRRIGACION SAN JUAN DE YANAC - LISCAJ | | | | | |
|--|-----------------------------|---------------|--------------|---|-----------------|
| ALTERNATIVAS DE PRESA | | | | | |
| CALIFICACION GEOLOGICA | | | | | |
| 1.- | IDENTIFICACION | | | TIPO DE OBRA | |
| QUEBRADA | DENOMINACION | ALTERNATIVA | NIVEL | PRESA | |
| Sihuis | Sihuis | I | Diagnóstico | | |
| 2.- TIPO RECOMENDADO: Concreto. | | | | | |
| 3.- ELEMENTO | ASPECTO | CALIFICACION | | DESCRIPCION | |
| 3.1 EXCAVACION 35% | POTENCIA 20% | F: 20.0 | X | < 4.0 m (valor promedio) | |
| | | M: 10.0 | | 4.0 - 20 m (valor promedio) | |
| | | D: 2.0 | | > 20 m (valor promedio) | |
| | CONDICIONES 15% | F: 15.0 | | Con equipos convencionales | |
| | | M: 7.5 | X | Convencional y voladura ocasional | |
| | | D: 1.5 | | Con voladura | |
| 3.2 ESTABILIDAD DE APOYOS Y AREAS ADYACENTES 30% | LITOLOGIA 10% | F: 10.0 | | Rocas duras, isotrópicas, sanas | |
| | | M: 5.0 | X | Rocas medianamente duras, fracturadas, medianamente alteradas | |
| | | D: 1.0 | | Rocas débiles, intensa y desfavorablemente fracturadas, muy alteradas | |
| | DISCONTINUIDADES 10% | F: 10.0 | X | Baja frecuencia, actitud favorable | |
| | | M: 5.0 | X | Mediana frecuencia, actitud media | |
| | | D: 1.0 | | Alta frecuencia, actitud desfavorable | |
| | GEOMORFOLOGIA 10% | F: 10.0 | X | v) Pendiente < 20° ó escalonado y con capas portantes | |
| | | M: 5.0 | | v) Pendiente 20° - 35° ó poco escalonado y pocas capas portantes | |
| | | D: 1.0 | | v) Pendiente > 35° ó sin escalonamiento y sin capas portantes. | |
| 3.3 TECTONICA 10% | FALLAS 5% | F: 5.0 | X | Sin indicación de fallas en el área | |
| | | M: 2.5 | | Indicación de fallas pero cicatrizadas | |
| | | D: 0.5 | | Area intensamente fallada | |
| | FRACTURAS 5% | F: 5.0 | X | Poco fracturado | |
| | | M: 2.5 | X | Medianamente fracturado | |
| | | D: 0.5 | | Intensamente fracturado | |
| 3.4 FUNDACIONES 25% | CAPACIDAD DE SOPORTE 15% | F: 15.0 | | Fundación sin tratamiento | |
| | | M: 7.5 | X | Fundación con tratamiento y/o sobre excavación | |
| | | D: 1.5 | | Fundación con intenso tratamiento y sobre excavación | |
| | PERMEABILIDAD 10% | F: 10.0 | X | Fundación poco permeable | |
| | | M: 5.0 | X | Fundación medianamente permeable | |
| | | D: 1.0 | | Fundación muy permeable | |
| 4.- CALIFICACION GEOLOGICA (Σ) | | 74 | F: Favorable | M: Mediano | D: Desfavorable |
| CALCULOS DEL FACTOR GEOLOGICO | | 100 - 74 = 26 | | | |
| 5.- FACTOR GEOLOGICO | | 1.26 | F: Favorable | | |
| 6.- OBSERVACIONES: | | | | | |
| Cuando se cumplen dos condiciones se marcan ambas y se toman como valor de calificación el promedio. | | | | | |
| FECHA: | Lima, julio 2006 | | AUTOR: | Ing. CLAUDIO MANRIQUE RODRIGUEZ | |

CUADRO N° G - 12 "CALIFICACION GEOLOGICA DE LAS ALTERNATIVAS DE PRESA"

| PROYECTO: IRRIGACION SAN JUAN DE YANAC - LISCAJ | | | | | |
|--|--------------------------------|----------------------|---------------------|---|-----------------|
| ALTERNATIVAS DE PRESA | | | | | |
| CALIFICACION GEOLOGICA | | | | | |
| 1.- | IDENTIFICACION | | | TIPO DE OBRA | |
| QUEBRADA | DENOMINACION | ALTERNATIVA | NIVEL | PRESA | |
| San Juan Yanac | San Juan de Yanac | II | Diagnóstico | | |
| 2.- TIPO RECOMENDADO: Concreto. | | | | | |
| 3.- ELEMENTO | ASPECTO | CALIFICACION | | DESCRIPCION | |
| 3.1 EXCAVACION 35% | POTENCIA 20% | F: 20.0 | | < 4.0 m (valor promedio) | |
| | | M: 10.0 | X | 4.0 - 20 m (valor promedio) | |
| | | D: 2.0 | | > 20 m (valor promedio) | |
| | CONDICIONES 15% | F: 15.0 | | Con equipos convencionales | |
| | | M: 7.5 | X | Convencional y voladura ocasional | |
| | | D: 1.5 | | Con voladura | |
| 3.2 ESTABILIDAD DE APOYOS Y AREAS ADYACENTES 30% | LITOLOGIA 10% | F: 10.0 | | Rocas duras, isotrópicas, sanas | |
| | | M: 5.0 | X | Rocas medianamente duras, fracturadas, medianamente alteradas | |
| | | D: 1.0 | | Rocas débiles, intensa y desfavorablemente fracturadas, muy alteradas | |
| | DISCONTINUIDADES 10% | F: 10.0 | X | Baja frecuencia, actitud favorable | |
| | | M: 5.0 | X | Mediana frecuencia, actitud media | |
| | | D: 1.0 | | Alta frecuencia, actitud desfavorable | |
| | GEOMORFOLOGIA 10% | F: 10.0 | X | v) Pendiente < 20° ó escalonado y con capas portantes | |
| | | M: 5.0 | | v) Pendiente 20° - 35° ó poco escalonado y pocas capas portantes | |
| | | D: 1.0 | | v) Pendiente > 35° ó sin escalonamiento y sin capas portantes. | |
| 3.3 TECTONICA 10% | FALLAS 5% | F: 5.0 | X | Sin indicación de fallas en el área | |
| | | M: 2.5 | | Indicación de fallas pero cicatrizadas | |
| | | D: 0.5 | | Area intensamente fallada | |
| | FRACTURAS 5% | F: 5.0 | X | Poco fracturado | |
| | | M: 2.5 | | Medianamente fracturado | |
| | | D: 0.5 | | Intensamente fracturado | |
| 3.4 FUNDACIONES 25% | CAPACIDAD DE SOPORTE 15% | F: 15.0 | | Fundación sin tratamiento | |
| | | M: 7.5 | X | Fundación con tratamiento y/o sobre excavación | |
| | | D: 1.5 | | Fundación con intenso tratamiento y sobre excavación | |
| | PERMEABILIDAD 10% | F: 10.0 | X | Fundación poco permeable | |
| | | M: 5.0 | X | Fundación medianamente permeable | |
| | | D: 1.0 | | Fundación muy permeable | |
| 4.- CALIFICACION GEOLOGICA (Σ) | | 65 | F: Favorable | M: Mediano | D: Desfavorable |
| CALCULOS DEL FACTOR GEOLOGICO | | 100 - 65 = 35 | | | |
| 5.- FACTOR GEOLOGICO | | 1.35 | F: Favorable | | |
| 6.- OBSERVACIONES: | | | | | |
| Cuando se cumplen dos condiciones se marcan ambas y se toman como valor de calificación el promedio. | | | | | |
| FECHA: | Lima, julio 2006 | | AUTOR: | Ing. CLAUDIO MANRIQUE RODRIGUEZ | |

CUADRO N° G - 13

SISTEMA RG - ROCK GRADES (KIKUCHI - 1982)

| PARAMETROS GEOTECNICOS | | | | | COMPORTAMIENTO COMO CIMENTACION DE PRESAS | |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------|---|---|------------------------------|
| GRADO DE ROCA SISTEMA RG | CLASIFICACION RMR | COHESION (Kg/cm ²) | ANGULO FRICCION (°) | MODULO (Est.) ELASTICIDAD (Kg/cm ²) | CONCRETO GRAVEDAD | MATERIAL SUELTO |
| A | I (Muy Bueno a Excelente) | | | | Muy Bueno | Muy Bueno |
| B | I - II (Excelente a Bueno) | > 4.0 | 55 ≈ 65 | > 80,000 | Muy Bueno | Muy Bueno |
| C | II (Bueno) | .20 - 4.0 | 40 ≈ 55 | 40,000 - 80,000 | Casi Bueno | Casi Bueno |
| D | III (Regular) | 1.0. - 2.0 | 30 ≈ 45 | 15,000 - 40,000 | Regular (Puede ser mejorado) | Casi Bueno |
| E | IV (Malo) | | | | Malo | Malo (Puede ser mejorado) |
| F | V (Muy Malo) | < 1.0 | 15 ≈ 38 | < 15,000 | Muy Malo | Malo |

CUADRO N° G - 14

CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS FRACTURADAS Y METEORIZADAS SEGÚN LAS ONDAS "P" SISMICAS.

Referencia: Clasificacion HUNT - 1984.

| DESCRIPCION DEL MATERIAL | Vp (m/s) | MACIZO ROCOSO | | | |
|---|---------------|---------------|----------|------|-----------|
| | | RQD | RMR | TIPO | CALIDAD |
| Roca sana fresca y/o fracturamiento muy amplio | > 5,000 | 100 - 90 | 100 - 81 | I | Muy Buena |
| Ligeramente meteorizada y/o con fracturas ampliamente espaciadas. | 5,000 - 4,000 | 90 - 75 | 80 - 61 | II | Buena |
| Moderadamente meteorizada y/o con fracturas moderadamente espaciadas. | 4,000 - 3,000 | 75 - 50 | 60 - 41 | III | Regular |
| Intensamente meteorizadas y/o con fracturas cercanas. | 3,000 - 2,000 | 50 - 25 | 40 - 20 | IV | Mala |
| Muy intensamente meteorizadas y/o triturada. | 2,000 - 1,000 | < 25 | < 20 | V | Muy Mala |

CUADRO N° G - 15

RECOMENDACIONES PARA LA EXCAVACION DE LA CIMENTACION Y LAS INYECCIONES DE CONSOLIDACION

Referencia: Clasificacion DMR - 2004)

| TIPO DE PRESA | EXCAVACION HASTA RMR (*) | CONSOLIDACION DE ACUERDO AL RMR. | | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| | | SISTEMATICAS | OCASIONALES | NINGUNA |
| Materiales Suelos | - | - | ? | - |
| Escollera | > 20 (>30) | 20 - 30 | 30 - 50 | > 50 |
| Gravedad | > 40 (>60) | 40 - 50 | 50 - 60 | > 60 |
| Bóveda | > 50 (>70) | 50 - 60 | 60 - 70 | > 70 |

(*) = Mínimo deseable.

"Gravedad" incluye CVC, RCC y Relleno Duro (Hardfill).

"Escollera" incluye las sensibles al asiento (Con pantalla de Hormigón, - CFRD ó Asfáltico - AFRD)

CUADRO N° G - 16 "DESCRIPCION LITOLÓGICA - ESTRIBO IZQUIERDO"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1986

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA |
|-------------|--------------------|--|
| S - 1 | De 0.00 a 1.80m. | Brecha volcánica, color ocre, alterada y muy fracturada con sistemas oblicuos, paralelos y transversales al testigo, presenta oxidaciones ferrosas entre las fracturas. Los clastos angulosos alcanzan diámetros hasta de 5cm, son de naturaleza andesita y aplítica, distribuidos en forma irregular en una matriz tobácea con vidrio volcánico areniscosa de grano fino a medio. |
| | De 1.80 a 6.20m. | Brecha volcánica, color ocre algo grisáceo, semi alterada y fracturamiento oblicuo y transversal, con relleno de oxido. ferromagnesianos con aberturas que no llegan a los 2 cm; los clastos angulosos en un 25% en una matriz tobácea arenosa. La roca presenta vesículas con diámetro hasta de 2.3cm y clastos con diámetros hasta de 8cm. |
| | De 6.20 a 12.80m. | Brecha volcánica, color ocre claro poco alterada y poco fracturado, superficies estructurales en posición oblicua al testigo; con clastos angulosos a sub-angulosos de naturaleza andesita, cuarzo y otros en matriz tobácea areniscosa. |
| | De 12.80 a 18.25m. | Brecha volcánica, color ocre grisáceo, poco alterada y poco fracturada, con superficies oblicuas al testigo, con clastos angulosos a sub angulosos en un 30% de naturaleza andesita y cuarzo. Presenta tramos silicificados como entre 13.70 a 15.80m: Los clastos distribuidos en forma irregular, en una matriz tobácea silicificada. |
| | De 18.25 a 22.20m. | Brecha volcánica, color ocre claro, tramo con fracturamiento moderado alto, forma oblicua, paralela y transversal al testigo, juntas con aberturas de oxido ferromagnesianas; roca con matriz tobácea areniscosa. |
| | De 22.20 a 22.85m. | Andesita (clasto) color gris oscuro silicificado con fracturas oblicuas y oxido ferromagnesianas con pequeñas vesículas. |
| | De 22.85 a 29.30m. | Brecha volcánica, color ocre rosado, alterada y fracturada principalmente entre 24.00 y 25.30m; con fracturas oblicuas transversales y paralelas al testigo, con oxido ferruginoso. En el tramo, mas fracturado se recupera fragmentos guijarrosos, gruesos y angulosos. |
| | De 29.30 a 32.40m. | Brecha volcánica, color ocre violáceo, poco alterada y fracturada, rellenadas con cuarzo amorfo blanquecino,; las fracturas son oblicuas y transversales al testigo, algunas presentan abertura hasta de 0.5 cm. |
| | De 32.40 35.00. | Brecha volcánica, color grisáceo con tonos blanquecinos y rosado, silicificada, con cuarzo, fracturas pocas a moderadas en posición oblicuas y opuestas. Se observan clastos fracturados. |

CUADRO Nº G - 17 "DESCRIPCION LITOLÓGICA - CAUCE"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1986

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA |
|-------------|---------------------|---|
| S - 2 | De 0.00 a 1.65m. | Depósito aluvial de material areno gravosa color parduzco algo grisáceo con grava guijarro angulosos a sub-angulosos en un 30% de naturaleza andesitas, cuarzo y otros arena polimixta friable e la base material mas grueso a partir de 120 m |
| | De 1.65 a 9.60m. | Brecha volcánica, color ocre, estando el techo con un alto grado de alteración. Matriz de vidrio volcánico con oxidaciones de fierro, se observa pequeños flujos, los clastos son de cuarzo, minerales opacos, fragmentos de composición volcánica, textura brechoide |
| | De 9.60 a 13.35m | Brecha volcánica, color grisáceo, matriz andesítica con fracturamiento moderado, clastos con diámetro hasta de 10 cm; existen fracturas en posición oblicua horizontal al testigo con abertura que no pasa del cm. |
| | De 13.35 a 15.60m. | Brecha volcánica, silicificada muy fracturada, con oxidación ferromagnesiana entre las fracturas. |
| | De 15.60 a 17.40 m. | Brecha volcánica, con una matriz andesitica y fracturamiento moderado a bajo. |
| | De 17.40 a 19.70m. | Brecha volcánica, con una matriz andesitica y fracturamiento moderado a muy fracturado. |
| | De 19.70 a 35. 60m | Brecha volcánica, color gris azulado matriz tipo andesita, cambiando de tono blanquecino en la base; roca silicificada muy dura, con clastos hasta de 0.30m; de formas angulosos a sub angulosos. La roca presenta algunas vesículas con diámetro hasta de 3cm. |

CUADRO Nº G - 18 "DESCRIPCION LITOLOGICA - ESTRIBO DERECHO"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1986

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA |
|-------------|--------------------|---|
| S - 3 | De 0.00 a 3.50m. | Brecha volcánica, color rojizo ocre alterada y fracturada en sistemas paralelo, transversal y oblicuo al testigo con oxidaciones ferromagnesianas, los clastos son angulosos con diámetro hasta 9 cm en una matriz tobácea soldada dura en forma irregular; los clastos son de naturaleza andesítica, cuarzo y otros presentan vesículas pequeñas por acción del intemperismo. |
| | De 3.50 a 4.55m. | Brecha volcánica, color ocre, con alteración y moderada y fracturamiento de moderado a alto con sistemas oblicuos y algunos transversales al testigo, los clastos están en un 15% con diámetro hasta 4 cm predominando los de grava con algunos alterados formando vesículas. |
| | De 4.55 a 5.10m. | Brecha volcánica, color ocre algo violáceo, alterado y fracturado, con clastos angulosos en un 30% con diámetro hasta 8 cm de naturaleza andesítica y aplítica y otros, algunos alterados formando vesículas, fracturas son intensas dando origen a fragmentos de grava y guijarros angulosos en intervalos pequeños con oxido ferromagnesianas. |
| | De 5.10 a 11.00m. | Brecha volcánica, color ocre claro, poco alterada, con fracturas oblicuas algunas en dirección opuesta y en menor porcentaje paralelas y transversales, con oxido ferromagnesianas color negruzco, clastos angulosos con diámetro hasta 10 cm de cuarzo, andesita y aplita, distribuidos en forma irregular en una matriz tobácea areniscosa fina. Presenta algunas vesículas producto de la alteración de clastos. |
| | De 11.00 - 13.75m. | Brecha volcánica, color ocre violáceo, matriz algo silicificada, muy dura, con clastos en un 20% con diámetro hasta 6 cm angulosos, pequeños, (gravas), poco fracturado en sistemas oblicuos y transversales. |
| | De 13.75 - 17.75m. | Brecha volcánica, color ocre blanquecino poco alterado y fracturado con clastos en un 35% con diámetro hasta 14 cm matriz tobácea areniscosa fina. |
| | De 17.75 - 21.40m. | Brecha volcánica, color ocre blanquecino con clastos en un 50% de bordes angulosos de naturaleza andesítica y cuarzo distribuidos en forma irregular, con diámetro hasta 12 cm. Fracturamiento es bajo a moderado y muy poco alterado; fracturadas oblicuas y algunas transversales al testigo. |
| | De 21.40 - 23.70m. | Brecha volcánica, color ocre claro, muy poco fracturada y alterada, con clastos angulosos a sub angulosos en un 20%, distribuidos en forma irregular. Presenta pequeñas vesículas, clastos de naturaleza andesita, cuarzo y palita. Fracturas oblicuas y transversales. |
| | De 21.40 - 23.70m. | Brecha volcánica, color gris algo violáceo cambiando en forma gradual del ocre blanquecino grisáceo, con clastos angulosos de andesita con diámetro hasta 15 cm. Se observa fluidez con inclinación al testigo de 30% entre el intervalo de 27.10 a 28.0 mt. |

CUADRO Nº G - 19 "ZONAMIENTO SEGUN EL RQD - ESTRIBO IZQUIERDO"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA | RQD | CALIDAD |
|-------------|---------------|------------------|------------------------|---------|
| S - 1 | 0.00 - 1.80 | Brecha Volcánica | 23.30 | MM |
| | 1.80 a 4.20 | Brecha Volcánica | 72.50 a 74.00 | R |
| | 4.20 a 12.70 | Brecha Volcánica | > 75.00 á 100.00 | B - E |
| | 12.70 a 13.00 | Brecha Volcánica | 33.33 | M |
| | 13.00 a 17.60 | Brecha Volcánica | 90.00 á 94.37 | B - E |
| | 17.60 a 22.00 | Brecha Volcánica | 54.50 á 92.85 | R - E |
| | 22.00 a 29.00 | Brecha Volcánica | 40.00 a 48.00 | M |
| | 29.00 a 32.10 | Brecha Volcánica | 83.75 a 85.00 | B |
| | 32.10 a 35.00 | Brecha Volcánica | 63.30 a 74.00 | R - B |

CUADRO Nº G - 20 "ZONAMIENTO SEGUN EL RQD - CAUCE"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA | RQD | CALIDAD |
|-------------|---------------|------------------|---------------------|---------|
| S - 2 | 0.00 - 1.65 | Grava Arenosa | - | MM |
| | 1.65 a 6.00 | Brecha Volcánica | 69.60 á 98.00 | E - R |
| | 6.00 a 11.00 | Brecha Volcánica | 81.30 | B |
| | 11.00 a 20.00 | Brecha Volcánica | 35.00 a 50.00 | M - R |
| | 20.00 a 31.00 | Brecha Volcánica | 56.00 á 93.80 | R - E |
| | 31.00 a 35.60 | Brecha Volcánica | 57.50 á 96.70 | E - R |

CUADRO N° G - 21 "ZONAMIENTO SEGUN EL RQD - ESTRIBO DERECHO"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA | RQD | CALIDAD |
|-------------|---------------|------------------|---------------------|---------|
| S - 3 | 0.00 - 1.20 | Brecha Volcánica | 15.00 | MM |
| | 1.20 a 5.00 | Brecha Volcánica | 54.44 á 76.25 | R - B |
| | 5.00 a 11.00 | Brecha Volcánica | 56.57 á 80.00 | R - B |
| | 11.00 a 17.80 | Brecha Volcánica | 85.33 á 98.75 | E - B |
| | 17.80 a 25.50 | Brecha Volcánica | 85.00 á 96.66 | B - E |
| | 25.50 a 31.20 | Brecha Volcánica | 91.88 á 99.28 | E |

CUADRO Nº G - 22 "ZONAMIENTO SEGUN LOS COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD - ESTRIBO IZQUIERDO"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA | K (cm/seg) | OBESERVACIONES |
|-------------|---------------|------------------|---|-------------------|
| S - 1 | 0.00 - 1.80 | Brecha Volcánica | $> 1.5 \times 10^{-3}$ cm/seg. | Valores inferidos |
| | 1.80 - 4.20 | Brecha Volcánica | $> 1.5 \times 10^{-3}$ cm/seg. á 5.5×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 4.20 a 8.50 | Brecha Volcánica | 5.8×10^{-5} cm/seg. á 2.5×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 8.50 a 17.60 | Brecha Volcánica | 3.3×10^{-6} cm/seg. á 1.0×10^{-6} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 17.60 a 22.00 | Brecha Volcánica | 2.4×10^{-4} cm/seg. a 3.0×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 22.00 a 25.50 | Brecha Volcánica | 2.9×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 25.50 a 29.00 | Brecha Volcánica | 3.0×10^{-5} cm/seg. á 3.3×10^{-6} cm/seg. | Valores inferidos |
| | 29.00 a 35.00 | Brecha Volcánica | 3.3×10^{-6} cm/seg. á Impermeable | Prueba de Presión |

CUADRO N° G - 23 "ZONAMIENTO SEGUN LOS COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD - CAUCE"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA | K (cm/seg) | OBESERVACIONES |
|-------------|---------------|------------------|---|-------------------|
| S - 2 | 0.00 - 1.65 | Grava Arenosa | $> 1.5 \times 10^{-2}$ cm/seg. | Valores inferidos |
| | 1.65 a 6.00 | Brecha Volcánica | 2.5×10^{-5} cm/seg. á Impermeable | Prueba de Presión |
| | 6.00 a 11.00 | Brecha Volcánica | 2.40×10^{-5} cm/seg. á 2.70×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 11.00 a 20.00 | Brecha Volcánica | 8.10×10^{-5} cm/seg. á 3.40×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 20.00 a 30.00 | Brecha Volcánica | 3.40×10^{-5} cm/seg. á 9.00×10^{-6} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 30.00 a 35.60 | Brecha Volcánica | 3.50×10^{-6} cm/seg. á Impermeable | Prueba de Presión |

CUADRO Nº G - 24 "ZONAMIENTO SEGUN LOS COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD - ESTRIBO DERECHO"

Proyecto: Represamiento Sihuis
Area: Cimentación de la Presa
Referencia: Perforaciones Diamantinas - Zona de Presa
Ejecuto: ENI - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| PERFORACION | TRAMO (m) | LITOLOGIA | K (cm/seg) | OBESERVACIONES |
|-------------|---------------|------------------|---|-------------------|
| S - 3 | 0.00 - 1.20 | Brecha Volcánica | $> 2.5 \times 10^{-3}$ cm/seg. | Valores inferidos |
| | 1.20 a 5.00 | Brecha Volcánica | $> 5.0 \times 10^{-4}$ cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 5.00 a 11.00 | Brecha Volcánica | 1.0×10^{-4} cm/seg. á 9.0×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 11.00 a 17.80 | Brecha Volcánica | 6.8×10^{-6} cm/seg. á Impermeable | Prueba de Presión |
| | 17.80 a 25.50 | Brecha Volcánica | 2.9×10^{-5} cm/seg. á 3.5×10^{-5} cm/seg. | Prueba de Presión |
| | 25.50 a 31.20 | Brecha Volcánica | 2.9×10^{-5} cm/seg. á Impermeable | Prueba de Presión |

CUADRO Nº G - 25 "RESULTADOS DE PESOS ESPECIFICOS Y GRADO DE ABSORCION"

Proyecto: San Juan de Yanac - Liscay
Area: Cimentación.
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1983

| MUESTRA | | | PESOS ESPECIFICOS DE ROCAS | | | |
|-----------------------------|--------|---------------------|----------------------------|-------|--------|----------------|
| ESTRUCTURA | SECTOR | LITOLOGIA | MASA | S.S.S | SOLIDO | % ABSORCION |
| A 150m Aguas abajo de la | Sihuis | Roca Silicificada | 2.57 | 2.59 | 2.62 | 0.68 |
| Presa | Sihuis | Brecha Volcánica | 2.50 | 2.53 | 2.58 | 1.29 |
| | | | | | | |

CUADRO Nº G - 26 "RESULTADOS DE PESOS ESPECIFICOS Y GRADO DE ABSORCION"

Proyecto: San Juan de Yanac - Liscay
Area: Cimentación (Muestras de Perforación)
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1986

| TESTIGO | | | | PESOS ESPECIFICOS DE ROCAS | | | |
|---------|-------------|---------------|------------------|----------------------------|-------|--------|-------------|
| Nº | Perforación | Intervalo (m) | Litología | Masa | S.S.S | Sólido | % Absorción |
| M 1 | S - 2 | 4.65 - 4.90 | Brecha Volcánica | 2.58 | 2.62 | 2.70 | 1.67 |
| M 2 | S - 2 | 6.10 - 6.30 | Brecha Volcánica | 2.59 | 2.63 | 2.71 | 1,76 |
| | | | | | | | |

CUADRO Nº G - 27 "RESULTADOS DE ENSAYO DE INTEMPERISMO"

Proyecto: San Juan de Yanac - Liscay
Area: Cimentación.
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1983 y 1985

| MUESTRA | | | Peso en Gramos | | Pérdida (%) | Observaciones |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|--------|-------------|---|
| Estructura | Sector | Litología | Inicial | Final | | |
| A 150m Aguas abajo de la Presa | Sihuis | Roca Silicificada | 61.50 | 23.70 | 61.50 | Tamaño inicial de 2"; se desintegro en multiples partículas desde 1.1" hasta menores a N°4. |
| Presa | Sihuis | Brecha Volcánica | 170.00 | 144.30 | 15.00 | Tamaño inicial de 2"; final de 1.5", se desgastó los bordes. |
| Presa Sihuis | Cantera de Roca | Andesita | 448.00 | 445.00 | 0.67 | Desgaste en los bordes. |
| | | | | | | |

CUADRO Nº G - 28

SECTORIZACION Y PARAMETROS INGENIERO GEOLOGICOS - PRESA SIHUIS (ALTERNATIVA SELECCIONADA)

(Correlación de las Investigaciones Geotécnicas de Superficie con las del Subsuelo: Perforaciones Diamantinas: Logeo geológico, RQD y pruebas

| SECTOR | INTERVALO (m) | UBICACIÓN | | | CARACTERISTICAS GEOTECNICAS | |
|-------------------|---|--------------------------|--------------------------|---|---|--|
| | | Est. Izquierdo | Cauce | Est. Derecho | | |
| ALUVIAL | Potencia | - | 1.65 (0.00 - 1.65) | - | Suelos aluviales de textura granular no plásticos | |
| | Tramo | | | | Clasificación SUCS = GW y GP | |
| | | | | | Mala cimentación para una presa de gravedad. | |
| | | | | | Materiales muy permeables con $K = 2.5 \times 10^{-2}$ a 6.5×10^{-2} cm/seg. | |
| | | | | | Potencia máxima investigada de 1.65m. | |
| Brecha Volcánica. | Potencia | 1.80 (0.00 - 1.80) | 1.35 (1.65 - 3.00) | 1.75 (0.00 - 1.75) | M4 y M5 = Roca con alta meteorización y/o desintegrada. | |
| | Tramo | | | | Fracturamiento Tipo F5 = Roca fragmentada y/o triturada. | |
| | | | | | | Resistencia Tipo R4 y R - 5 = Roca débil a muy débil. |
| | | | | | | Permeabilidad = Roca permeable ($K > 7.5 \times 10^{-3}$ cm/seg.). |
| | | | | | | RQD = M - MM. RMR = V (Muy Malo). RG = "F" Muy Malo |
| | Potencia | 3.40 (1.80 - 4.20) | 8.00 (3.00 - 11.00) | 3.35 (1.75 - 5.10) | M3 = Roca moderada intemperizada, matriz poco intemperizada, | |
| | Tramo | | | | Fracturamiento: F3 = Roca fracturada con 1 a 5 fracturas por metro. | |
| | | | | | | Resistencia Tipo R2 y R3 = Resistencia media a resistente. |
| | | | | | | Permeabilidad = 5.0×10^{-4} a 2.5×10^{-5} cm/seg. (Media a baja) |
| | | | | | | RQD = Regular a Bueno. RMR = III (Regular). RG = "D" (Regular) |
| | Potencia | 17.80 (4.20 - 22.00) | - | 5.90 (5.10 - 11.00) | M2 y M3 = Predomina roca con ligera meteorización. | |
| | Tramo | | | | Fracturamiento: F3 = Roca fracturada con 1 a 5 fracturas por metro. | |
| | | | | | | Resistencia Tipo R2 a R3 = Resistencia media a resistente. |
| | | | | | | Permeabilidad = 1.0×10^{-4} a 3.3×10^{-6} cm/seg. (Media a baja) |
| | | | | | | RQD = B - E. RMR = II (Bueno). RG = "C" (Bueno) |
| | Potencia | 7.00 (22.00 - 29.00) | 8.00 (11.00 - 20.00) | - | M3 = Roca moderada intemperizada, matriz poco intemperizada, | |
| Tramo | Fracturamiento: F3 = Roca fracturada con 1 a 5 fracturas por metro. | | | | | |
| | | | | | Resistencia Tipo R2 a R3 = Resistencia media a resistente. | |
| | | | | | Permeabilidad = 8.1×10^{-5} a 3.3×10^{-6} (Media a baja) | |
| | | | | | RQD - M - R. RMR = III (Regular). RG = "D" (Regular). | |
| Potencia | 6.00 (29.00 - 35.00) | 15.60 (20.00 - 35.60) | 20.20 (11.00 - 31.20) | M2 y M3 = Predomina roca con ligera meteorización. | | |
| Tramo | | | | Fracturamiento: F3 = Roca fracturada con 1 a 5 fracturas por metro. | | |
| | | | | | Resistencia Tipo R2 = Resistencia alta. | |
| | | | | | Permeabilidad = 2.9×10^{-5} a 3.3×10^{-6} . Baja a Media). | |
| | | | | | RQD = B - E. RMR = II (Bueno). RG = "B" y "C" (Bueno) | |

CUADRO Nº G - 29

SECTORIZACION Y PARAMETROS INGENIERO GEOLOGICOS - PRESA SIHUIS (ALTERNATIVA SELECCIONADA)

(Correlación de las Investigaciones Geotécnicas de Superficie con las del Subsuelo: Perforaciones Diamantinas: Logeo geológico, RQD y pruebas de permeabilidad).

| ZONA | CARACTERISTICAS | POTENCIA (m) | | | PERMEABILIDAD (cm/seg) | | | R.Q.D | | | RMR | | | RG |
|---------------------------------------|--|--------------|--------|-----------|---|----------------------------------|---|----------|-------|-----------|----------|----------|-----------|-------|
| | | Est.Izq. | Cauce | Est. Der. | Est.Izq. | Cauce | Est. Der. | Est.Izq. | Cauce | Est. Der. | Est.Izq. | Cauce | Est. Der. | |
| SUELO RESIDUAL | Textura arenosa con limos y/o arcillas, derivados de rocas volcánicas ó sedimentarias | < 1.00 | - | < 1.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DEPOSITO ALUVIAL | Arena con gravas y cantos. Mala gradación | - | 1.65 | - | - | 1.5 x 10-2 a 7.5 x 10-2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ROCA MUY INTEMPERIZADA Y FRACTURADA. | Brecha volcánica con alta intemperización, gran cantidad de fracturas con sus planos muy oxidados. Roca de mala calidad. | < 2.00 | < 1.00 | < 2.00 | 1.50 x 10 ⁻³ | 7.50 x 10 ⁻⁴ | 2.50 x 10 ⁻³ | M.M | M | M.M | V | V | V | F a E |
| ROCA MEDIA INTEMPERIZADA | Brecha volcánica con fracturas y diaclasas cuyos planos estan con oxidaciones ferromagnesianas. Baja a Mediana resistencia | 2.5 | 1.25 | 3.00 | 5.8 x 10 ⁻⁴ | 2.5 x 10 ⁻⁵ a Imperm. | 5.0 x 10 ⁻⁴ | M a R | R | R a B | IV - III | IV - III | IV - III | E |
| ROCA LIGERAMENTE INTEMPERIZADA A SANA | Algunas fracturas y diaclasas cuyos planos estan con oxidaciones ferromagnesianas. Mediana a alta resistencia | 17.50 | 8.75 | 26.20 | 5.8 x 10 ⁻⁴ a 5.8 x 10 ⁻⁴ | < 5.00 Lugeones | 5.8 x 10 ⁻⁴ a 5.8 x 10 ⁻⁴ | R a E | B | R a E | III - II | II | III - II | C |
| ROCA POCO INTEMPERIZADA | Presencia de fracturas y diaclasas cuyos planos estan con oxidaciones ferromagnesianas. Mediana resistencia | 7.00 | 9.00 | - | < 5.00 Lugeones | < 5.00 Lugeones | < 5.00 Lugeones | B | B | B | II a I | II | III - II | B |
| ROCA LIGERAMENTE INTEMPERIZADA A SANA | Algunas fracturas y diaclasas cuyos planos estan con oxidaciones ferromagnesianas. Mediana a alta resistencia | 6.00 | 15.60 | - | < 5.00 Lugeones | < 5.00 Lugeones | < 5.00 Lugeones | B a E | B a E | B a E | I | II a I | II a I | B a A |

| Símbolo | RQD (%) | Calidad |
|---------|---------|-----------|
| M. M | 0 - 25 | Muy Mala |
| M | 25--50 | Mala |
| R | 50--75 | Regular |
| B | 75--90 | Buena |
| E | 90--100 | Excelente |

| Grado | R.G (Cimentación) | |
|-------|-------------------|------------|
| | Concreto | M. Suelto |
| A y B | Muy Bueno | |
| C | Casi Bueno | |
| D | Regular (1) | Casi Bueno |
| E | Malo | Malo (1) |
| F | Muy Malo | Malo |

| Rango de permeabilidad K (cm/seg) | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 10 ⁻² a 10 ⁻³ | Muy Permeable a Permeable |
| 10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁵ | Mediana a Poca Permeabilidad. |
| 10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁶ | Baja a Prácticamente Impermeable. |

| RMR | Calidad de Roca |
|-----|-----------------|
| I | Muy Buena |
| II | Buena |
| III | Media |
| IV | Mala |
| V | Muy Mala |

(1) = Puede ser mejorado.

CUADRO N° G - 30 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Principal - Liscay

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|--|------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 0+000 á 0+040 | Depósitos coluviales, con fragmentos de rocas volcánicas. | GM | 6° á 10° | NE | - | 5 | 95 | - | 0.75 : 1.00 á 0.50 : 1.00 | Superficialmente con materia orgánica (Potencia máxima de 0.25m). Canal se implantará en los depósitos coluviales. |
| 0+040 á 0+300 | Volcánicos andesíticos, parcialmente silicificados. | R | 15° á 25° | NE | 75 | 20 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Primer tramo hasta el Km 0+080m parcialmente cubiertos por coluvios. Roca con parcial meteorización y fracturamiento. Cimentación en rocas volcánicas tipo III y II. |
| 0+300 á 0+500 | Volcánicos andesíticos, parcialmente silicificados. | R | 20° á 30° | NE | 90 | 10 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Rocas meteorizadas con escasa cobertura coluvial. Cimentación en rocas con RMR = III. |
| 0+500 á 0+670 | Volcánicos andesíticos, parcialmente silicificados y tobas. | R | 45° á Sv. | NE | 75 | 20 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Cimentación en rocas volcánicas con RMR = III (Mediana Calidad). |
| 0+670 á 0+760 | Depósitos coluviales constituidos por fragmentos angulosos de volcánicos en una matriz areno limosa. | GM | 20° á 25° | NE | 10 | 20 | 70 | - | 0.75 : 1.00 á 0.50 : 1.00 | Por sectores pequeños afloramientos de volcánicos alterados. |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F.= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO Nº G - 31 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Principal - Liscay

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|--|---------------|-----------------|----------|-------------------|----------|--------|----------------------------------|-------|---|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 0+760 á 2+040 | Predominan afloramientos de volcánicos parcialmente silicificados alternados por tobas riolíticas. | R | 30° á Sv | NE | 75 | 15 | 10 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Eventualmente cobertura coluvial de escasa potencia. Al nivel de cimentación predominan rocas volcánicas con RMR = III. Cruce de quebrada en el Km 0+760m, con afloramientos de volcánicos. |
| 2+040 á 2+300 | Afloramientos de volcánicos (Andesitas) | R | 25° á Sv | NE | 75 | 15 | 10 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Eventualmente cobertura coluvial de escasa potencia. Al nivel de cimentación predominan rocas volcánicas con RMR = II - III. |
| 2+300 á 2+800 | Predominan afloramientos volcánicos tipo andesitas. | R | 20° á 25° | NE | 70 | 20 | 10 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Eventualmente cobertura coluvial de escasa potencia. Presencia de bloques inestables de volcánicos. Al nivel de cimentación predominan rocas volcánicas con RMR = III. |
| 2+800 á 3+200 | Predominan afloramientos volcánicos tipo andesitas y riolitas. | GM y GC | 35° á Sv | NE | 75 | 20 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Presencia de fragmentos de volcánicos (Bloques). Al nivel de cimentación volcánicos con RMR = II - III. |
| 3+200 á 3+800 | Predominan afloramientos volcánicos tipo andesitas. | R | 35° á 50° | NE | 80 | 15 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Los taludes disminuyen conforme se acercan a la quebrada Florida. Cimentación en rocas con RMR = III. |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F.= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO N° G - 32 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Principal - Liscay

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|--|---------------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 3+800 á 4+000 | Predominan los depósitos coluviales, con alto porcentaje de bloques. | GM á SM | 8° á 20° | NE | 10 | 20 | 70 | - | 0.75 : 1.00 á 0.50 : 1.00 | Cruce de la quebrada Florida (Km 3+940 al Km 3+953m). Al nivel de cimentación predominan los suelos gravo limosos de ligera plasticidad. Tramo final de 60m con suelos areno limosos. |
| 4+000 á 4+200 | Predominan afloramientos volcánicos con diques andesíticos. | R | <15° | NE | 80 | 20 | 10 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Eventualmente cobertura coluvial de escasa potencia. Al nivel de cimentación predominan las rocas volcánicas con RMR = III. |
| 4+200 á 4+500 | Predominan afloramientos volcánicos con diques andesíticos. | R | 20° á 30° | NE | 80 | 20 | 10 | 0.10 : 1.00 .a 0.20 : 1.00 | - | Eventualmente cobertura coluvial de escasa potencia. Al nivel de cimentación predominan las rocas volcánicas con RMR = III. |
| 4+500 á 5+340 | Intrusivos: Dioritas a tonalitas. | R | 15° á 25° | NE | 80 | 20 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.20 : 1.00 | - | Al nivel de cimentación predominan rocas intrusivas con RMR = III; presencia de bloques de intrusivos. |
| 5+340 á 5+600 | Predominan afloramientos de rocas volcánicas tipo andesitas. | R | 20° á 65° | NE | 80 | 20 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.20 : 1.00 | - | Al nivel de cimentación predominan las rocas volcánicas con RMR = III (Mediana Calidad). |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F.= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO N° G - 33 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Izquierdo - San Juan de Yanac

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|--|------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|----------------------------------|-------------------------------|---|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 0+000 á 0+100 | Volcánicos andesíticos al estado sano. | R | > 50° | NE | 100 | - | - | 0.10 : 1.00 .a 0.20 : 1.00 | - | Rocas andesíticas mayormente al estado sano. Cimentación en rocas con RMR = II (Buena calidad). |
| 0+100 á 0+320 | Depósitos coluviales constituidos por fragmentos angulosos de volcánicos en una matriz gravo areno limosa. | GM | 20° á 30° | NE | - | 40 | 60 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | 0.75 : 1.00 á 0.50:1.00 | Por sectores pequeños afloramientos de andesitas muy meteorizadas. Al nivel de cimentación predominan los suelos con SUCS GM. |
| 0+320 á 0+850 | Volcánicos andesíticos porfiríticos. Eventualmente una cobertura coluvial. | R | 35° á 50° | NE | 75 | 20 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Zona de derrumbes en el Km 0+360m. Rocas con parcial meteorización y fracturamiento. Cimentación en rocas con RMR = II - III. |
| 0+850 á 1+750 | Intercalaciones de intrusivos: Diorita - Tonalita con andesitas. | R | 35° á 45° | NE | 80 | 15 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Parte final con predominio de rocas intrusivas. Por sectores una parcial cobertura coluvial. Cimentación en rocas con RMR = III. |
| 1+750 á 2+370 | Parte marginal del Intrusivo: Diorita - Tonalita. | R | 35° á 50° | NE | 80 | 15 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Rocas intrusivas con diques entre el Km Km 1+750 al Km 2+370m. Por sectores una parcial cobertura coluvial. Cimentación en rocas con RMR = III. |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO Nº G - 34 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Izquierdo - San Juan de Yanac

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|---|------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|----------------------------------|-------|--|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 2+370 á 2+620 | Predominan los Intrusivos dioríticos parcialmente meteorizados. | R | 40° á 50° | NE | 75 | 20 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Parcial cobertura de coluvios. Cimentación en rocas intrusivas con RMR = III (Mediana Calidad). |
| 2+620 á 3+740 | Predominan los Intrusivos dioríticos. | R | 40° á 50° | NE | 90 | 10 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | En superficie rocas con parcial meteorización y presencia de bloques. Cruce de quebradas entre los Km 3+690m y en el Km 3+740m (Qbda. Pahy); sector final en donde se ha proyectado una caída. Cimentación en rocas intrusivas con RMR = III y II. |
| 3+740 á 3+850 | Predominan los Intrusivos dioríticos. | R | 45° á 50° | NE | 100 | - | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Se proyecta una caída (Cascada natural), íntegramente en roca, cimentación con dioritas con RMR = II y III. |
| 3+850 á 4+480 | Predominan los Intrusivos dioríticos. | R | 35° á 45° | NE | 90 | 10 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Tramo a continuación de la caída. Cruce de quebrada Chillahui. Cimentación en rocas dioríticas con RMR = II y III. |
| 3+850 á 5+740 | Predominan los Intrusivos dioríticos. | R | 35° á 50° | NE | 85 | 15 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Cimentación en rocas dioríticas con RMR = III y II. |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F.= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO Nº G - 35 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Derecho - San Juan de Yanac

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|--|------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 0+000 á 0+230 | Volcánicos andesíticos al estado sano. | R | 50° á Sv | NE | 100 | - | - | 0.10 : 1.00 .a 0.20 : 1.00 | - | Rocas andesíticas mayormente al estado sano. Tramo a desarrollarse en el gramo encañonado de la quebrada Yanac. Cimentación en rocas con RMR = II (Buena calidad). |
| 0+230 á 0+300 | Depósitos coluviales constituidos por fragmentos angulosos de volcánicos en una matriz gravo areno limosa. | GM | 15° á 20° | NE | - | 20 | 80 | - | 0.75 : 1.00 á 1.00:1.00 | Cruce de quebrada en el Km 0+230. Al nivel de cimentación predominan los suelos con SUCS GM. |
| 0+300 á 0+370 | Andesitas porfíricas. | R | 35° á 50° | NE | 80 | 20 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Rocas con parcial meteorización y fracturamiento; parcial cobertura coluvial. Cimentación en rocas con RMR = III. |
| 0+370 á 0+500 | Depósitos coluviales constituidos por fragmentos angulosos de volcánicos en una matriz gravo areno limosa. | GC | 30° á 50° | NE | 5 | 20 | 75 | - | 0.75 : 1.00 á 1.00 : 1.00 | Al nivel de cimentación predominan los suelos con SUCS GC. |
| 0+500 á 1+440 | Andesitas porfíricas, con intercalaciones de rocas intrusivas (Tonaitas). | R | 35° á 50° | NE | 80 | 20 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Tramo entre Km 1+240 al 1+340 con presencia de intrusivos (Tonalita); pendientes sub verticales entre los Km 1+380 al Km 1+440m. Tramo con bloques en superficie. Cimentación en rocas con RMR = III (Mediana Calidad). |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F.= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO Nº G - 36 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Derecho - San Juan de Yanac

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|---|------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 1+440 á 2+200 | Intrusivos: Diorita - Tonalita. | R | 30° á 50° | NE | 85 | 15 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Parcial cobertura de coluvios, con bloques. Cimentación en rocas intrusivas con RMR = III. |
| 2+200 á 3+500 | Predominan los Intrusivos dioríticos, meteorizados. | R | 35° á 45° | NE | 75 | 20 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Intrusivos meteorizados y fracturados. Cimentación con dioritas con RMR = III. |
| 3+500 á 4+640 | Predominan los Intrusivos dioríticos, con parcial meteorización. | R | 30° á > 45° | NE | 90 | 10 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Intrusivos con parcial meteorización. Cimentación con dioritas con RMR = III y II. Cruces de quebradas pequeñas en los Km 3+440m, Km 3+490m, Km 4+000 (Qbda. Satonga), Km 4+100m y Km 4+540m. |
| 4+640 á 5+640 | Predominan los Intrusivos dioríticos, con parcial meteorización. | R | 30° á > 45° | NE | 85 | 10 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Intrusivos con parcial meteorización, atravesado por diques ácidos. Cimentación con dioritas con RMR = III y II. Cruce de quebrada pequeña en el Km 5+140m. |
| 5+640 á 5+800 | Depósitos coluviales constituidos por fragmentos angulosos de intrusivos en una matriz arena gravos con arcillas. | SC | 30° á 35° | NE | - | 20 | 80 | - | 0.75 : 1.00 á 0.50 : 1.00 | Por sectores dioritas muy meteorizadas. Al nivel de cimentación predominan los suelos con SUCS SC. |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F.= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO Nº G - 37 CARACTERIZACION INGENIERO GEOLOGICA

PROYECTO: San Juan de Yanac - Liscay

ESTRUCTURA: Canal Derecho - San Juan de Yanac

ELABORADO: Ing. C. Manrique Rodríguez.

| TRAMO (Km) | GEOLOGIA | SUCS | P.T. | N.F. (m) | CLASE DE MATERIAL | | | TALUD CORTE | | OBSERVACIONES: FACTORES GEOLOGICO - GEOTECNICOS ADVERSOS. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS. |
|---------------------|---|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-----------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| | | | | | R.F. (%) | R.S. (%) | S. (%) | ROCA | SUELO | |
| 5+800 á 6+200 | Predominan los Intrusivos dioríticos, con diferentes grados de meteorización. | R | 30° á > 50° | NE | 85 | 10 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Intrusivos con venillas de carbonatos. Cruce de quebrada en el Km 6+130m. Cimentación con dioritas con RMR = III y II. |
| 6+200 á 6+400 | Predominan los Intrusivos dioríticos, con moderada y alta meteorización. | R | 25° á 32° | NE | 80 | 15 | 5 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Por sectores cobertura de suelos residuales al grado de arena de diferente granulometría. Tramo atravesado por numerosas quebradillas (Canalizar la escorrentía superficial). Cimentación con dioritas con RMR = III y IV. |
| 6+400 á 7+000 | Intrusivos dioríticos, con moderada y alta meteorización. Cobertura de suelo residuales. | R y SM | 25° á 35° | NE | 40 | 30 | 30 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | 0.75 : 1.00 á 0.50 : 1.00 | Cobertura parcial, de suelos residuales (Potencia de 0.50m). En superficie fragmentos de intrusivos (Bloques). Al nivel de cimentación predominan las rocas intrusivas con RMR = III. |
| 7+000 á 7+400 | Predominan los Intrusivos dioríticos, con moderada y alta meteorización. | R | 35° á 45° | NE | 85 | 15 | - | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | - | Por sectores, por sectores una parcial cobertura de suelos residuales al grado de arena de diferente granulometría. Cimentación con dioritas con RMR = III |
| 7+400 á 7+500 | Intrusivos dioríticos, con moderada y alta meteorización. Cobertura de suelos residuales (Potencia de 0.70m). | R y SM | 25° á 30° | NE | 20 | 40 | 40 | 0.10 : 1.00 .a 0.25 : 1.00 | 0.75 : 1.00 á 0.50 : 1.00 | En superficie fragmentos de intrusivos (Bloques). Al nivel de cimentación predominan las rocas intrusivas con RMR = III. |

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| P.T.= PENDIENTE DEL TERRENO | Sh= RELIEVE SUB HORIZONTAL | N.F.= NIVEL FREATICO | NE = N.F. NO ENCONTRADO |
| R.F.= ROCA FIJA | R.S.= ROCA SUELTA | S= SUELO | SUCS= SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS |

CUADRO N° G - 38 "RESUMEN DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS DE CLASIFICACION"

Proyecto: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
Area: Préstamos de Agregados
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1983

| EXCAVACION | | MUESTRA PROF. (m) | ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJE EN PESO PASA MALLA N° | | | | | | | | | | | L. CONSISTENCIA | | | SUCS | |
|------------------|----------------|-------------------------|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----------------|---------|---------|------|---------|
| SECTOR | N° | | 3" | 1 1/2" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | 4 | 8 | 16 | 30 | 50 | 100 | 200 | LL % | LP % | | IP % |
| Agregados Liscay | Mezcla | M1 - M2 | 100.00 | 99.60 | 85.10 | 77.30 | 71.50 | 60.50 | 48.80 | 40.10 | 31.10 | 15.50 | 7.10 | 3.60 | | NP | | SP |
| Agregados Yanac | Representativa | M1 - M2 | 100.00 | 98.70 | 82.50 | 73.50 | 67.50 | 56.00 | 38.00 | 23.40 | 10.40 | 3.50 | 1.10 | 0.70 | | NP | | SP |
| Agregados Sihuis | Representativa | M 1 | 100.00 | 85.90 | 69.70 | 61.30 | 56.30 | 46.90 | 36.70 | 28.70 | 23.90 | 12.20 | 5.80 | 1.80 | | NP | | GP |
| Agregados Sihuis | Representativa | M 2 | 100.00 | 72.10 | 51.50 | 44.80 | 40.70 | 33.10 | 25.10 | 16.40 | 9.50 | 4.90 | 2.90 | 1.40 | | NP | | GP |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CUADRO N° G - 39 "PORCENTAJES DE FRACCIONES GRANULOMETRICAS Y CLASIFICACION"

Proyecto: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
Area: Préstamos de Agregados
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1983

| EXCAVACION | | MUESTRA PROF. (m) | FRACCIONES GRANULOMETRICAS EN % | | | | | | | | DIAMETRO EN m m AL % ACUMULATIVO | | | COEFICIENTES DE FORMA | | SUCS |
|------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------------------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|------|
| SECTOR | N° | | GRAVAS | | | ARENAS | | | | FINOS | 60 | 30 | 10 | Cu | Cc | |
| | | | Total | Gruesa | Fina | Total | Gruesa | Media | Fina | | | | | | | |
| Agregados Liscay | Mezcla | M1 - M2 | 39.50 | 14.90 | 24.60 | 56.90 | 11.70 | 17.70 | 27.50 | 3.60 | 4.499 | 0.581 | 0.127 | 35.286 | 0.589 | SP |
| Agregados Yanac | Representativa | M1 - M2 | 44.00 | 17.50 | 26.50 | 55.30 | 18.00 | 27.60 | 9.70 | 0.70 | 5.956 | 1.452 | 0.499 | 11.925 | 0.709 | SP |
| Agregados Sihuís | Representativa | M 1 | 53.10 | 30.30 | 22.80 | 45.10 | 10.20 | 12.80 | 22.10 | 1.80 | 11.623 | 1.299 | 0.176 | 65.965 | 0.825 | GP |
| Agregados Sihuís | Representativa | M 2 | 66.90 | 48.50 | 18.40 | 31.70 | 8.00 | 15.60 | 8.10 | 1.40 | 27.116 | 3.647 | 0.526 | 51.509 | 0.932 | GP |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

CUADRO N° G - 40 "ENSAYO DE INTEMPERISMO"**Metodo del Sulfato de Sodio**

Proyecto: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
Estructura: Presa Sihuis
Area: Préstamo de Agregados - Sihuis
Muestra: M - 1
Ejecuto: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, Marzo de 1986

| AGREGADO GRUESO | | | | | |
|------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------|--|
| Tamices N° | Peso en Gramos | | Pérdida en Porcentaje | Gradación en Porcentaje | Pérdida corregida en Porcentaje |
| | Inicial | Final | | | |
| 3 - 2.5" | 1393 | 753.00 | 45.94 | 8.36 | 3.84 |
| 2.5" - 1.5" | 2451 | 1186.00 | 51.61 | 18.07 | 9.33 |
| 1.5" - 3/4" | 1500 | 1090.00 | 27.33 | 30.69 | 8.38 |
| 3/4" - 3/8" | 1000 | 775.00 | 22.50 | 15.19 | 5.67 |
| 3/8" - 4 | 300 | 178.00 | 40.67 | 17.73 | 7.21 |
| | | | | TOTAL: | 34.43% |

| AGREGADO FINO | | | | | |
|----------------------|-----|-------|-------|---------------|---------------|
| 4 -- 8 | 100 | 40.58 | 59.42 | 30.82 | 18.31 |
| 8 -- 16 | 100 | 38.85 | 61.12 | 21.51 | 13.15 |
| 16 -- 30 | 100 | 57.20 | 42.80 | 19.74 | 8.45 |
| 30 -- 50 | 100 | 65.88 | 34.12 | 27.93 | 9.53 |
| | | | | TOTAL. | 49.44% |

CUADRO N° G - 41 "ENSAYO DE INTEMPERISMO"

Metodo del Sulfato de Sodio

Proyecto: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
Estructura: Presa Sihuis
Area: Préstamo de Agregados - Sihuis
Muestra: M - 2
Ejecuto: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, Marzo de 1986

| AGREGADO GRUESO | | | | | |
|------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------|--|
| Tamices N° | Peso en Gramos | | Pérdida en Porcentaje | Gradación en Porcentaje | Pérdida corregida en Porcentaje |
| | Inicial | Final | | | |
| 3 - 2.5" | 1498 | 1240.00 | 17.22 | 13.23 | 2.28 |
| 2.5" - 1.5" | 3010 | 1969.00 | 34.58 | 28.47 | 9.84 |
| 1.5" - 3/4" | 1500 | 754.00 | 49.73 | 30.75 | 15.29 |
| 3/4" - 3/8" | 1000 | 765.00 | 23.50 | 16.20 | 3.81 |
| 3/8" - 4 | 300 | 213.00 | 29.00 | 11.34 | 3.29 |
| | | | | TOTAL: | 34.51% |

| AGREGADO FINO | | | | | |
|----------------------|-----|-------|-------|---------------|---------------|
| 4 -- 8 | 100 | 49.98 | 51.02 | 28.56 | 14.57 |
| 8 -- 16 | 100 | 48.04 | 51.96 | 30.71 | 15.96 |
| 16 -- 30 | 100 | 54.50 | 45.60 | 24.64 | 11.24 |
| 30 -- 50 | 100 | 72.11 | 27.89 | 16.09 | 4.49 |
| | | | | TOTAL. | 46.26% |

CUADRO N° G - 42 "RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS"

PROYECTO: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
AREA: Agregados Sihuis (M - 1)
EJECUTADO: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
FECHA: Lima, marzo de 1986

| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|------|
| 3" | 1 1/2" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No.30 | No. 50 | No.100 | No.200 | SUCS |
| 100.0 | 85.90 | 69.70 | 61.30 | 56.30 | 46.90 | 36.70 | 28.70 | 23.90 | 12.20 | 5.80 | 1.80 | GP |

| AGREGADO GRUESO | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-----------|--------------------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Intemperismo Pérdida (%) |
| 2" | 1 1/2" | 3/4" | 3/8" | No. 4 | MASA | S.S.S | PART. | | |
| 100.0 | 100.00 | 58.30 | 29.10 | 0.0 | 2.510 | 2.580 | 2.699 | 2.78 | 34.43 |

| P.e Sólidos | | Peso Volumétrico |
|-------------|--------|----------------------------|
| > N° 4 | < N° 4 | Varillado (A. Grueso) |
| 2.70 | 2.75 | 1.650 gr/cm ³ . |

| AGREGADO FINO | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|-------------------|-------|-------|-----------|------------------|----------------|--------------------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Modulo de Fineza | % Menor N° 200 | Intemperismo Pérdida (%) |
| No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | MASA | S.S.S | PART. | | | | |
| 100 | 77.2 | 61.2 | 46.6 | 25.9 | 12.50 | 2.688 | 2.710 | 2.748 | 0.81 | 3.66 | 9.00 | 49.44 |

CUADRO N° G - 43 "RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS"

PROYECTO: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
 AREA: Agregados Sihuis (M - 2)
 EJECUTADO: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
 FECHA: Lima, marzo de 1986

| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|------|
| 3" | 1 1/2" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No.30 | No. 50 | No.100 | No.200 | SUCS |
| 100.0 | 72.10 | 51.50 | 44.80 | 40.70 | 33.10 | 25.10 | 16.40 | 9.50 | 4.90 | 2.90 | 1.40 | GP |

| AGREGADO GRUESO | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-----------|--------------------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Intemperismo Pérdida (%) |
| 2" | 1 1/2" | 3/4" | 3/8" | No. 4 | MASA | S.S.S | PART. | | |
| 100.0 | 100.00 | 47.30 | 19.50 | 0.0 | 2.561 | 2.620 | 2.721 | 2.30 | 34.51 |

| P.e Sólidos | | Peso Volumétrico |
|-------------|--------|--------------------------|
| > N° 4 | < N° 4 | Varillado (A. Grueso) |
| 2.72 | 2.71 | 1.650 gr/cm ³ |

| AGREGADO FINO | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|-------------------|-------|-------|-----------|------------------|----------------|--------------------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Modulo de Fineza | % Menor N° 200 | Intemperismo Pérdida (%) |
| No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | MASA | S.S.S | PART. | | | | |
| 100 | 75.2 | 49.6 | 28.6 | 14.9 | 8.60 | 2.616 | 2.650 | 2.708 | 1.30 | 3.23 | 6.70 | 46.26 |

CUADRO N° G - 44 "RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS"

PROYECTO: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
 AREA: Agregados Liscay (M 1 - M 2)
 EJECUTADO: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
 FECHA: LIMA, 1983

| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|------|
| 2" | 1 1/2" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No.30 | No. 50 | No.100 | No.200 | SUCS |
| 100.0 | 99.60 | 85.10 | 77.30 | 71.50 | 60.50 | 48.80 | 40.10 | 31.10 | 15.50 | 7.10 | 3.60 | SP |

| AGREGADO GRUESO | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-----------|----------------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Abrasión Pérdida (%) |
| 2" | 1 1/2" | 3/4" | 3/8" | No. 4 | MASA | S.S.S | PART. | | |
| 100.0 | 100.00 | 62.90 | 28.10 | 0.0 | 2.479 | 2.570 | 2.727 | 3.67 | - |

| P.e Sólidos | | Peso Volumétrico Varillado |
|-------------|--------|----------------------------|
| > N° 4 | < N° 4 | |
| 2.70 | 2.80 | 1.825 gr/cm ³ . |

| AGREGADO FINO | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|-------------------|-------|-------|-----------|------------------|----------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Modulo de Fineza | % Menor N° 200 |
| No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | MASA | S.S.S | PART. | | | |
| 100 | 80.6 | 66.3 | 51.4 | 25.6 | 11.80 | 2.646 | 2.700 | 2.797 | 2.04 | 2.64 | 6.90 |

CUADRO N° G - 45 "RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS"

PROYECTO: Irrigación San Juan de Yanac - Liscay
AREA: Agregados San Juan de Yanac (M 1).
EJECUTADO: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
FECHA: LIMA, 1983

| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|------|
| 2" | 1 1/2" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No.30 | No. 50 | No.100 | No.200 | SUCS |
| 100.0 | 98.70 | 82.50 | 73.50 | 67.50 | 56.40 | 38.00 | 23.40 | 10.40 | 3.50 | 1.10 | 0.70 | SP |

| AGREGADO GRUESO | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-----------|----------------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Abrasión Pérdida (%) |
| 2" | 1 1/2" | 3/4" | 3/8" | No. 4 | MASA | S.S.S | PART. | | |
| 100.0 | 100.00 | 62.20 | 27.00 | 0.0 | 2.56 | 2.60 | 2.68 | 1.76 | - |

| P.e Sólidos | | Peso Volumétrico Varillado |
|-------------|--------|----------------------------|
| > N° 4 | < N° 4 | |
| 2.67 | 2.71 | 1.900 gr/cm ³ . |

| AGREGADO FINO | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|-------------------|-------|-------|-----------|------------------|----------------|
| GRANULOMETRIA INTEGRAL % QUE PASA | | | | | | PESOS ESPECIFICOS | | | Absor (%) | Modulo de Fineza | % Menor N° 200 |
| No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | MASA | S.S.S | PART. | | | |
| 100 | 67.9 | 41.8 | 18.6 | 6.3 | 1.90 | 2.57 | 2.62 | 2.71 | 2.10 | 3.64 | 0.92 |

CUADRO N° G - 46 "RESULTADOS DE PESOS ESPECIFICOS Y GRADO DE ABSORCION"

Proyecto: San Juan de Yanac - Liscay
Area: Cantera de Roca.
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| MUESTRA | | | PESOS ESPECIFICOS DE ROCAS | | | |
|--------------|----------------------|---------------------|----------------------------|-------|--------|----------------|
| Estructura | Sector | Litología | Masa | S.S.S | Sólido | % Absorción |
| Presa Sihuis | Cantera de Roca | Andesita | 2.44 | 2.49 | 2.56 | 1.90 |
| Presa Sihuis | Cantera de Roca | Brecha Volcánica | 2.39 | 2.45 | 2.54 | 2.47 |
| Canal | San Juan de Yanac | Diorita | 2.80 | 2.81 | 2.84 | 0.49 |

Nota: Muestras superficiales de los afloramientos existentes.

CUADRO Nº G - 47 "RESULTADOS DE PESOS ESPECIFICOS Y GRADO DE ABSORCION"

Proyecto: San Juan de Yanac - Liscay
Area: Cantera de Roca.
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1985

| MUESTRA | | | PESOS ESPECIFICOS DE ROCAS | | | |
|--------------|-----------------|---------------------|----------------------------|-------|--------|----------------|
| Estructura | Sector | Litología | Masa | S.S.S | Sólido | % Absorción |
| Presa Sihuis | Cantera de Roca | Andesita | 2.44 | 2.49 | 2.56 | 1.90 |
| Presa Sihuis | Cantera de Roca | Brecha Volcánica | 2.39 | 2.45 | 2.54 | 2.47 |

Nota: Muestras superficiales de los afloramientos existentes.

CUADRO Nº G - 48 "RESULTADOS DE ENSAYO DE INTEMPERISMO"

Proyecto: San Juan de Yanac - Liscay
Area: Cimentación.
Ejecutado: ENI - INAF - Ministerio de Agricultura
Fecha: Lima, 1983 y 1985

| MUESTRA | | | Peso en Gramos | | Pérdida (%) | Observaciones |
|---------------|-------------------|-----------|----------------|--------|-------------|-------------------------|
| Estructura | Sector | Litología | Inicial | Final | | |
| Canal | San Juan de Yanac | Diorita | 209.80 | 209.80 | 0.00 | La muestra no se altero |
| Presas Sihuis | Cantera de Roca | Andesita | 448.00 | 445.00 | 0.67 | Desgaste en los bordes. |

CUADRO Nº G - 49 "PARAMETROS GEOTECNICOS - BOCATOMA RIO LISCAI"

| Unidad | Litología | Area de ocurrencia | Propiedades principales y características particulares | Parámetros físico - mecánicos | Comportamiento geotécnico esperado |
|--------------------------------|---|-----------------------|--|---|--|
| Dépositos coluvio deluviales. | Arcilla arenosa con gravas, cantos y bloques. | Estribo Izquierdo. | Mezcla caótica de elementos. Plasticidad ligera. Granulometría variable. Potencia promedio > de 2.00m. Mediano grado de compactación. Permeabilidad media. | Carga admisible = < a 3.00 Kg/cm ² considerando una profundidad de cimentación superior a 1.25m. La profundidad final estará determinada por la profundidad de socavación. | Aceptables condiciones de cimentación. Depósitos susceptibles a los procesos erosivos del río Liscay. Se requieren obras de encauzamientos y defensas ribereñas. |
| Dépositos aluviales del cauce. | Gravas, Cantos y algunos bloques en matriz arenosa. | Cauce del río Liscay. | Mezcla caótica de elementos. Granulometría variable. Compacidad media Permeabilidad alta a media. | Angulo de Fricción = 34 a 35° Cohesión = Cero Carga admisible = < a 3.00 Kg/cm ² considerando una profundidad de cimentación superior a 1.25m. La profundidad final estará determinada por la profundidad de socavación. | Aceptables condiciones de cimentación. Depósitos susceptibles a los procesos erosivos del río Liscay. Se requieren obras de encauzamientos y defensas ribereñas. |
| Formación Tantara | Andesitas silicificadas. | Estribo Derecho | Roca poco meteorizada y fracturada en superficie. Al nivel de cimentación se encontrarán los volcánicos, con alta resistencia y estabilidad. Permeabilidad varía entre media a baja. | RMR = III - II (Mediana a Buena Calidad). Carga admisible = 10 a 15 Kg/cm ² . Nota: En función del nivel de cimentación, estos valores se pueden adoptar para el estribo izquierdo. | Buenas condiciones de cimentación, estable en las laderas. Cimentación en roca intrusiva con RMR III - II. |

CUADRO Nº G - 50 "PARAMETROS GEOTECNICOS - BOCATOMAS DEL RIO YANAC"

| Unidad | Litología | Area de ocurrencia | Propiedades principales y características particulares | Parámetros físico - mecánicos | Comportamiento geotécnico esperado |
|--------------------------------|---|----------------------|---|--|--|
| Formación Tantara | Andesitas Profiríticas | Estribo Izquierdo. | Roca poco meteorizada y fracturada en superficie. Al nivel de cimentación se encontrarán los volcánicos con alta resistencia y estabilidad. Permeabilidad varía entre media a baja. | RMR = III - II (Mediana a Buena Calidad). Carga admisible = 10 a 15 Kg/cm ² . | Buenas condiciones de cimentación, estable en las laderas. Cimentación en roca intrusiva con RMR III - II. |
| Dépósitos aluviales del cauce. | Gravas, Cantos y algunos bloques en matriz arenosa. | Cauce del río Yanac. | Mezcla caótica de elementos. Granulometría variable. No plásticos Compacidad media Permeabilidad alta a media. Potencia promedio < de 1.00m. | Angulo de Fricción = 34 a 35° Cohesión = Cero Carga admisible = < a 3.00 Kg/cm ² ; considerando una profundidad de cimentación superior a 1.25m. La profundidad final estará determinada por la profundidad de socavación. | Aceptables condiciones de cimentación. Depósitos susceptibles a los procesos erosivos del río Liscay. Se requieren obras de encauzamientos y defensas ribereñas. |
| Formación Tantara | Andesitas Profiríticas | Estribo Derecho | Roca al estado sano, poco fracturada en superficie. Al nivel de cimentación se encontrarán los volcánicos con alta resistencia y estabilidad. Permeabilidad varía entre media a baja. | RMR = III - II (Mediana a Buena Calidad). Carga admisible = 10 a 15 Kg/cm ² . | Buenas condiciones de cimentación, estable en las laderas. Cimentación en roca intrusiva con RMR III - II. |

ANEXO II
FOTOGRAFIAS DEL AREA DE ESTUDIO

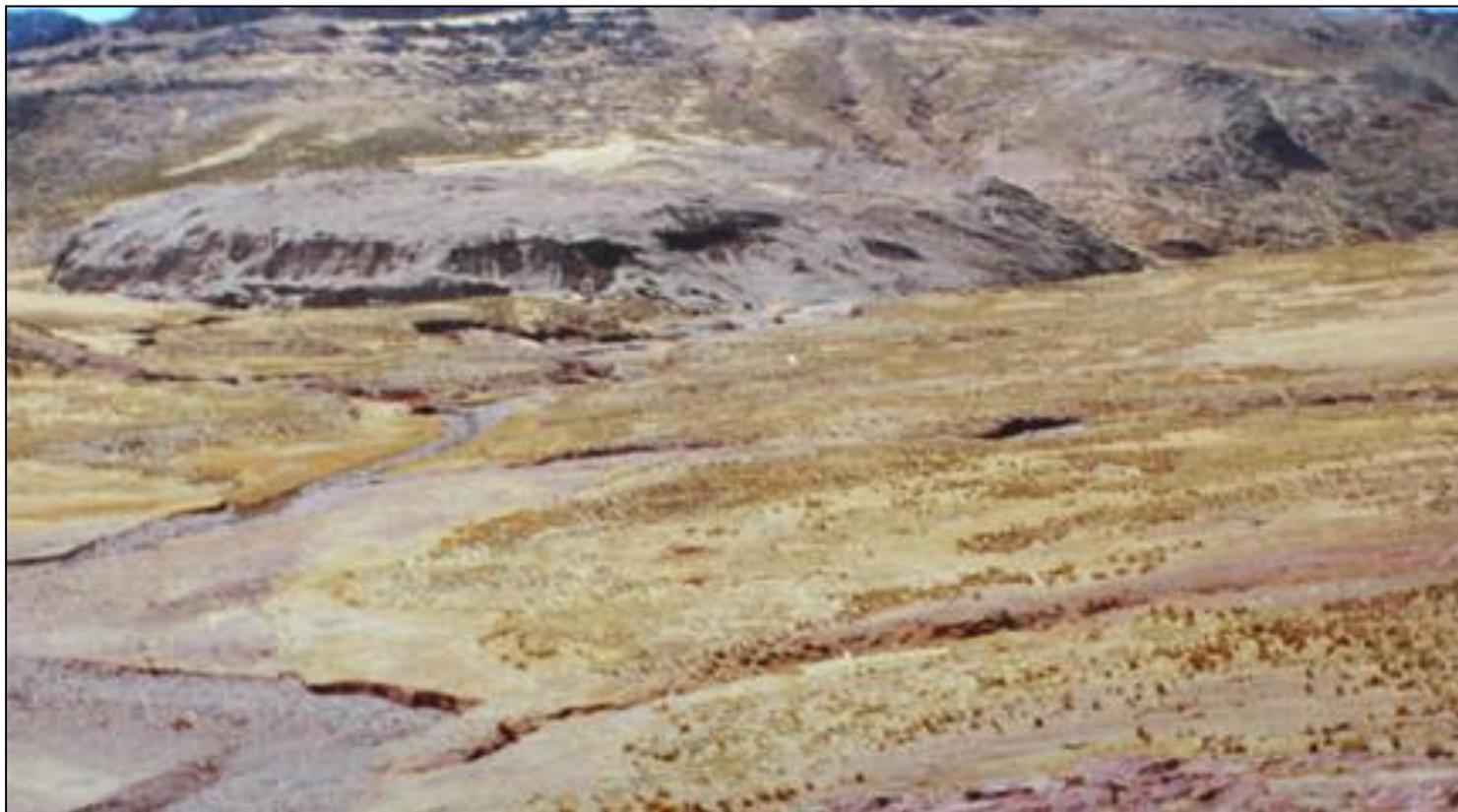


Foto N° 1 .- Nacientes del Vaso Sihuís: Quebradas Pucarasja y Cuncamiyoc.



Foto N° 2 .- Nacientes del Vaso Sihuis, margen izquierda: Quebrada Pucarasja.



Foto N° 3.- Margen derecha del Vaso Sihuis - Vista del Estribo izquierdo.



Foto N° 4.- Inicio del encañonamiento de la quebrada



Foto N° 5.- Zona de Presa Sihuis – Afloramientos de Brechas



Foto N° 6.- Zona de Presa Sihuis - Vista hacia aguas



Foto N° 7.- Estribo Derecho. Presa Sihuis - Vista hacia aguas bajo.



Foto N° 8.- Vistas Panorámicas -Pueblo de



Foto N° 9 - Vista Panorámica (Valle de Sihuis – Lliscay).



Foto N° 10 - Vista Panorámica (Vaso de



Foto N° 11 - Vista Panorámica (Vaso de



Foto N° 12 – Alternativa de Presa Yanac (Vista hacia aguas



Foto N° 13 – Alternativa de Presa Yanac (Estribo derecho)

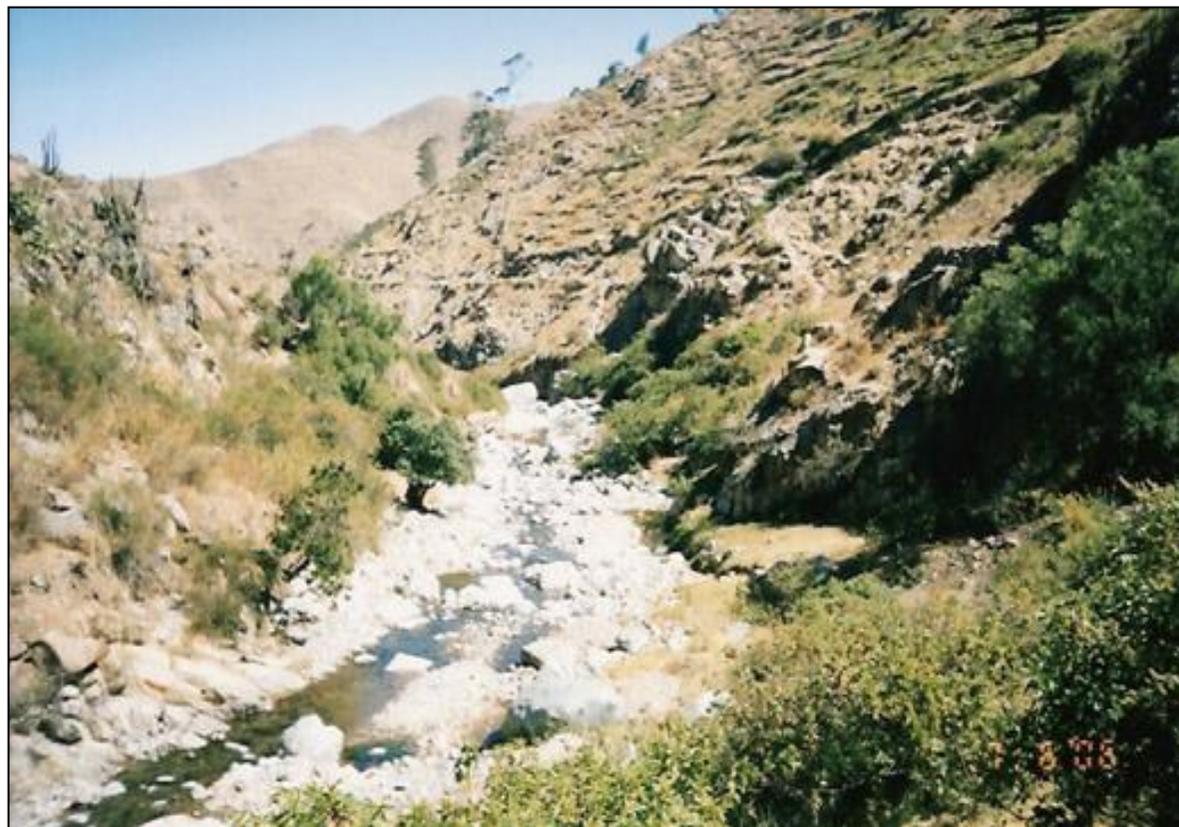


Foto N° 14 – Alternativa de Presa Yanac (Vista Panorámica)



Foto N° 15 – Alternativa de Presa Yanac (Vista hacia aguas arriba)



Foto N° 16 – Pueblo de Yanac – Acumulaciones aluviales en el cauce

**ANEXO III
PLANOS GEOLOGICOS DEL
PROYECTO**