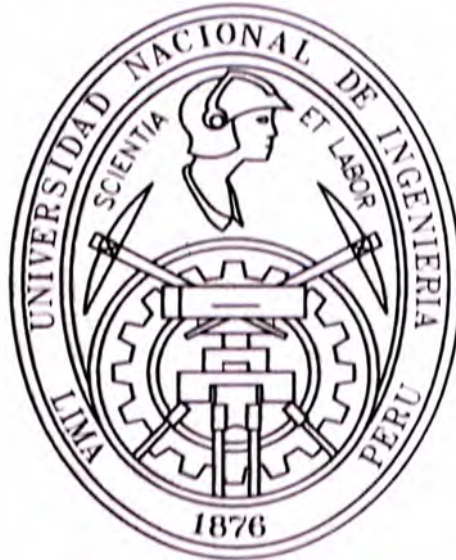


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN CON
PILOTES PERFORADOS DEL NUEVO PUENTE HUIQUISA
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

PAOLO PAÚL PANEZ RICARDI

Lima- Perú

2008

INDICE

| | |
|---|------------|
| RESUMEN..... | |
| INTRODUCCION..... | ii |
| OBJETIVOS..... | iii |
| ALCANCES..... | iv |
| CAPITULO 1 DESCRIPCION GENERAL DEL PUENTE PROYECTADO | 01 |
| 1.1 Ubicación..... | 01 |
| 1.2 Acceso..... | 01 |
| 1.3 Estructura..... | 02 |
| 1.4 Consideraciones para el diseño del puente..... | 02 |
| 1.5 Plano de ubicación del puente..... | 03 |
| CAPITULO 2 ESTUDIOS BÁSICOS | 04 |
| 2.1 Topografía..... | 04 |
| 2.2 Geología y Geotecnia..... | 05 |
| 2.3 Hidrología..... | 10 |
| CAPITULO 3 EVALUACION HIDRÁULICA | 13 |
| 3.1 Hidráulica fluvial..... | 13 |
| 3.2 Características hidráulicas de la zona en estudio..... | 14 |
| 3.3 Modelamiento hidráulico Hec Ras..... | 18 |
| 3.4 Socavación..... | 24 |
| 3.5 Obras de protección..... | 31 |
| CAPITULO 4 ANALISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS..... | 35 |
| CONCLUSIONES..... | 37 |
| RECOMENDACIONES..... | 38 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 39 |
| ANEXOS..... | 40 |
| A. Descripción del puente proyectado..... | 41 |
| B. Información topográfica..... | 42 |
| • Plano Topográfico..... | 43 |
| • Planta y perfil..... | 44 |
| • Secciones transversales..... | 45 |
| C. Información geotécnica..... | 48 |
| • Curva granulométrica..... | 49 |

| | | |
|----|---|----|
| • | Perfiles estratigráficos..... | 50 |
| D. | Información hidrológica..... | 51 |
| • | Plano de la cuenca..... | 52 |
| • | Datos de descarga..... | 53 |
| • | Registros Pluviométricos de la estación Nuñoa..... | 54 |
| E. | Modelamiento hidráulico (HEC-RAS) | 56 |
| • | Modelamiento con el software HEC-RAS versión Beta 4.0..... | 57 |
| • | Secciones del Rio Macusani..... | 60 |
| • | Vista en planta del Modelamiento con el HEC RAS del Puente Huiquisa..... | 79 |
| • | Vista del puente existente..... | 80 |
| • | Vista tridimensional (3D) del puente actual..... | 81 |
| • | Modelamiento tridimensional..... | 82 |
| • | Perfil Longitudinal del río Macusani..... | 84 |

RESUMEN

El objetivo del presente informe referido a los estudios de hidrología e hidráulica es establecer los factores hidráulicos que describen el comportamiento del río Macusani en el tramo de ubicación del puente Huiquisa para definir los requisitos mínimos que este puente debe cumplir para garantizar su servicio según los niveles de seguridad o riesgo aceptables para las características particulares de su estructura.

Este informe consistirá en la revisión del diseño hidráulico del puente Huiquisa usando la información básica del estudio realizado por la empresa Intersur Concesiones S.A. en Mayo del 2007. Se utilizará la información topográfica, geotécnica e hidrológica para efectuar nuevamente la evaluación hidráulica y compararla con lo obtenido por Intersur Concesiones S.A.

El modelamiento hidráulico del río Macusani se desarrolló con el software Hec-Ras versión Beta 4.0. La información topográfica fue procesada para obtener las secciones transversales del río lo cual permite generar y modelar la geometría del cauce. Otras variables importantes son los coeficientes de rugosidad del cauce y márgenes del río al cual se hace referencia. El modelamiento fue efectuado para los caudales máximos de diseño de periodo de retorno 100 y 500 años, valores obtenidos del estudio hidrológico.

Con los parámetros hidráulicos obtenidos del modelamiento se calcularon las profundidades de socavación en los apoyos del puente. Las características del suelo socavable se obtuvieron del estudio geotécnico. Se estimó la socavación en los estribos como una composición de socavación general y local según fórmulas recomendadas en el HEC 18 *Evaluating Scour at Bridges-Federal Highway Administration*. Para la socavación general se recomienda la ecuación de Laursen y para la socavación local en estribos la ecuación de Froehlich (estribos poco intrusivos).

Para las obras de protección se propuso enrocados "riprap", debido a los regulares valores de esfuerzo cortante obtenidos como resultado del modelamiento; el dimensionamiento del enrocado se basa en la fórmula estándar de ISBASH y recomendaciones dadas en el HEC 11 *Design of Riprap Revetment – Federal Highway Administration*.

Con los cálculos efectuados se realizó una comparación con la propuesta técnica de los especialistas de INTERSUR, los resultados son similares pero aquí se hicieron mejoras al modelamiento.

INTRODUCCION

La elaboración del presente informe de suficiencia titulado: *“Evaluación del diseño de la cimentación con pilotes perforados del nuevo puente Huiquisá Estudio Hidrológico e Hidráulico”*, tiene como finalidad realizar una reevaluación hidráulica del puente utilizando la información hidrológica básica propuesta por la empresa Intersur Concesiones S.A., la cual efectuó el estudio de dicho puente. El desarrollo de este informe ha sido distribuido en cuatro capítulos.

En el capítulo 1 se brinda una descripción general del puente proyectado: la ubicación geográfica, dimensiones, tipo de estructura y accesibilidad. Se indica además las consideraciones que se deben tener para el diseño del puente y se señala la importancia de conocer la interrelación que existe entre la ingeniería hidráulica, estructural y geotécnica para decidir en forma conjunta la ubicación óptima de la estructura proyectada.

En el capítulo 2 se resume la información básica: topografía, geotecnia e hidrología, que la empresa Intersur Concesiones S.A. ha propuesto en mayo del 2007 y que el presente informe utilizará.

En el capítulo 3 se desarrolla la evaluación hidráulica del conjunto cauce – puente mediante un modelamiento matemático efectuado con el programa de computo HEC- RAS Versión 4.0., se estima las profundidades de socavación en los apoyos del puente, y se diseña las obras de protección necesarias.

Finalmente, en el capítulo 4 podemos encontrar comentarios sobre los resultados obtenidos y comparaciones con la propuesta de diseño realizado por la empresa Intersur Concesiones S.A.

Esperando que este material sirva de herramienta para la investigación y desarrollo de nuevas tesis dejamos a disposición este informe.

EL AUTOR

OBJETIVOS

El objetivo del presente informe referido a los estudios de hidrología e hidráulica es establecer los factores hidráulicos que conllevan a una real apreciación del comportamiento hidráulico del río Macusani que permite definir los requisitos mínimos del puente Huiquisá proyectado así como su ubicación óptima en función de los niveles de seguridad o riesgos aceptables para las características particulares de su estructura.

El estudio de hidráulica que se desarrollará a continuación debe permitir establecer lo siguiente:

- Ubicación óptima de cruce.
- Comportamiento hidráulico del río en tramos que comprende el cruce.
- Nivel máximo de aguas (NMA) en la ubicación del puente.
- Nivel mínimo recomendable para el tablero del puente.
- Profundidades de socavación general, por contracción y local.
- Profundidad mínima recomendable para la ubicación de la cimentación.
- Previsiones para la construcción del puente en estudio.
- Establecer obras de protección para el puente.

ALCANCES

El estudio hidrológico e hidráulico consistirá en la revisión del diseño Hidráulico del puente Huiquisa realizado por la empresa INTERSUR CONCESIONES S.A. en Mayo del 2007.

La revisión del estudio hidráulico comprenderá lo siguiente:

- Tomar la información básica del estudio hidrológico propuesto por el equipo de ingenieros de Intersur Concesiones S. A.
- Seleccionar de las secciones transversales representativas del cauce y obtención del perfil longitudinal.
- Desarrollar el estudio hidráulico mediante el uso del HEC –RAS como herramienta de modelamiento.
- Determinar el perfil de flujo ante el paso del caudal de diseño a lo largo del cauce.
- Determinar las características hidráulicas del flujo.
- Determinar las profundidades de socavación.
- Diseñar las obras de protección que garanticen la estabilidad de la cimentación del puente.

CAPITULO 1 DESCRIPCION GENERAL DEL PUENTE PROYECTADO

1.1 Ubicación

El puente Huiquisa proyectado, está ubicado en la progresiva Km. 198 + 771 y conforma uno de los 31 puentes proyectados en el tramo 4 comprendido entre Azángaro e Inambari del corredor Vial Interoceánico del Sur que tiene por finalidad unir a Perú con Brasil.

El Tramo 4, Azángaro - Inambari se encuentra ubicado en el departamento de Puno, entre las provincias de Azángaro y Carabaya, teniendo como coordenadas de origen 371657.E, 8352315N (Azángaro) y coordenadas finales 350096E, 8541963N (Inambari).

Este tramo de la interoceánica tiene una longitud aproximada de 305.9 Km, considerándose para esta etapa de estudio el sector Macusani – Ollachea comprendido entre el Km 182+250 al Km 233+000.

1.2 Acceso

El trazo de la carretera en mención discurre íntegramente por el departamento de Puno, siendo el acceso a la carretera de la siguiente manera:

Primero por vía aérea o terrestre hasta la ciudad de Juliaca. Luego se continúa por la carretera – Ruta 3S - en dirección a la salida hacia la ciudad del Cuzco, pasando por la localidad de Calapuja el cual se encuentra en la progresiva Km. 01+289 (progresiva referida a la carretera que viene desde el Cuzco) hasta llegar al desvío que va hacia la localidad del Cuzco (Km. 01+288), lado izquierdo y la localidad de Azángaro hacia el lado derecho, iniciándose allí una nueva progresiva denominada Km 00+000 – Ruta 531 para luego continuar hasta el Km 46+000 ingreso a la localidad de Azángaro ya sobre la Ruta 106.

A lo largo de la carretera se encuentran ubicados centros poblados hacia ambos lados de la vía y se presentan los siguientes centros poblados: Azangaro (km. 51+000), Punta Tallapizi (km. 63+000), Carapunco (km. 67+000), Desvío Asillo (km. 75+300). Más adelante se encuentran: San Antón (km. 101+000), Choquesani (km. 116+900), San Isidro (km. 122+100), Macusani (km. 182+250), Ollachea (233+000) y San Gabán (289+000), entre otros caseríos pequeños conformados por unas pocas viviendas a lo largo de toda la carretera.

1.3 Estructura

El puente en proyecto Huiquiza Km. 198+771 es un puente tipo losa de concreto armado de 30.00 m de longitud (entre ejes de apoyo), con una capa de rodadura de 5 cm de espesor, la sub estructura consiste de dos estribos de concreto armado, los cuales estarán apoyados sobre pilotes hincados. La superestructura consiste de una losa de concreto armado y una sección transversal constante que se detalla a continuación:

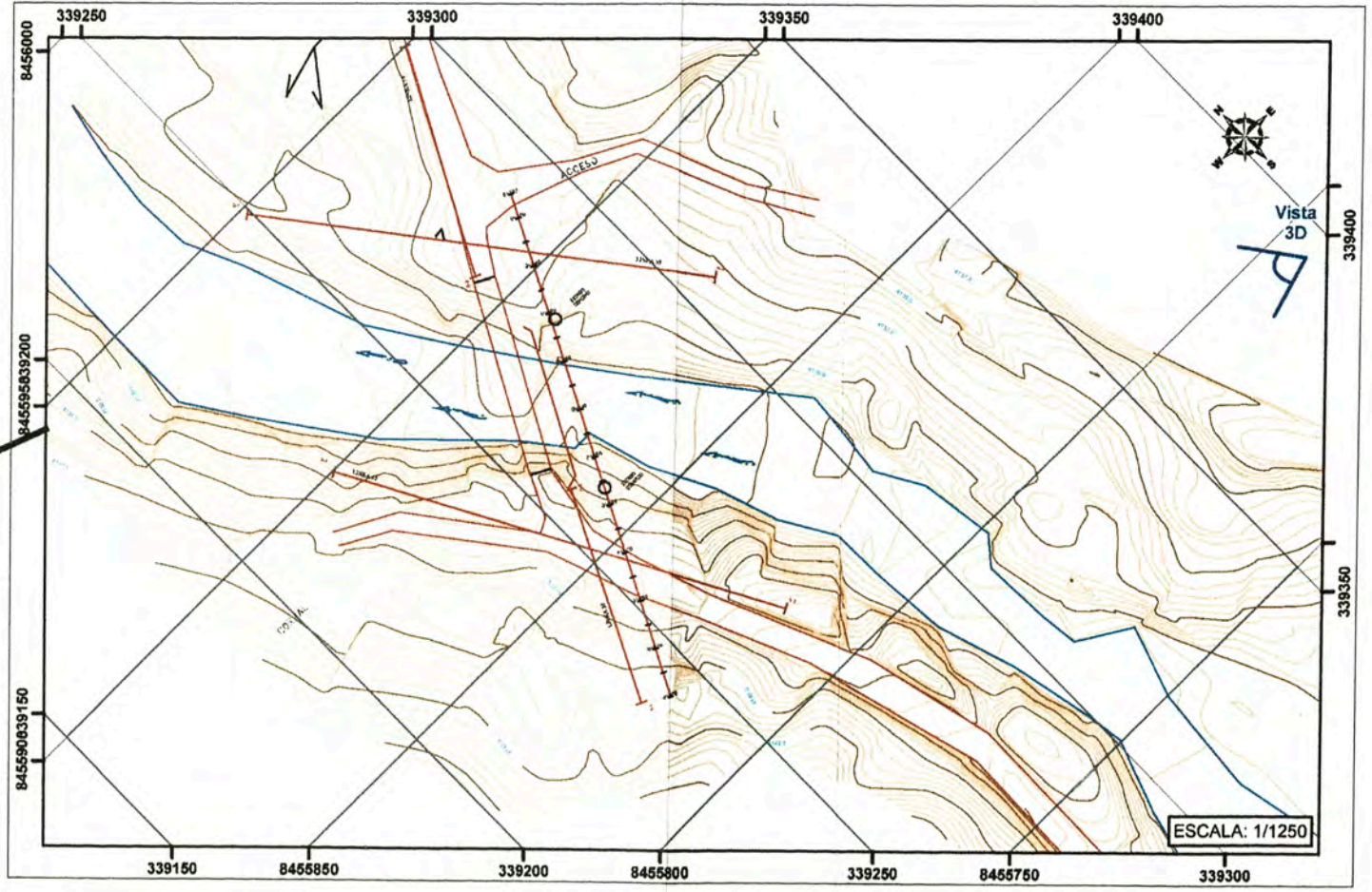
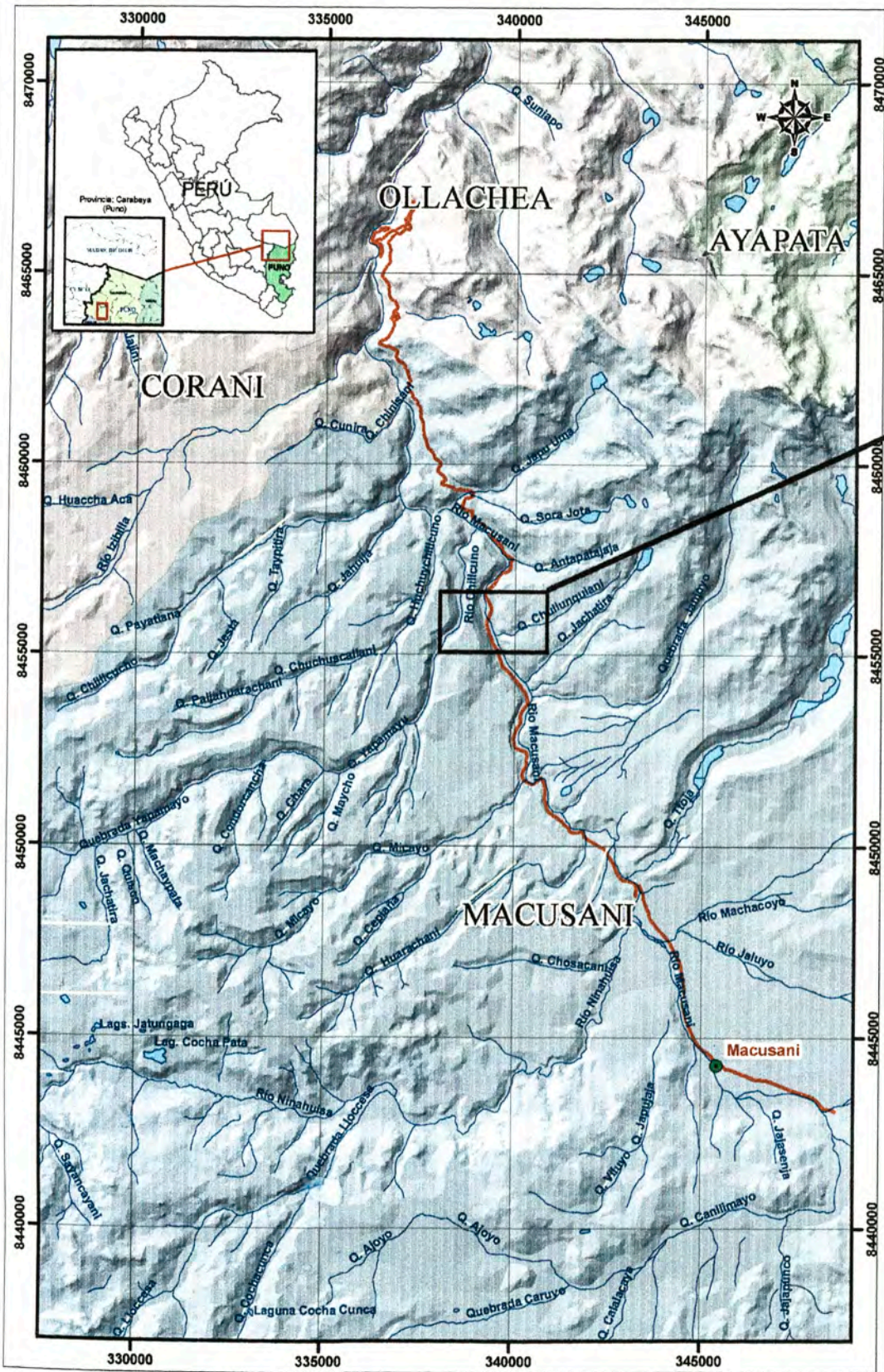
- Dos carriles de 3.00 m cada uno
- Dos bermas de 0.60 m cada una
- Dos veredas de 0.60 m cada una
- Dos barandas de 0.15 m cada una

1.4 Consideraciones para el diseño del puente

Los puentes ubicados en el cruce con un curso de agua deben ser diseñados de modo que las alteraciones u obstáculos que se presenten ante este curso de agua sean previstos y puedan ser admitidos en el desempeño de la estructura a lo largo de su vida útil o se tomen medidas preventivas. Para esto deben establecerse las características hidrogeodinámicas del sistema fluvial con el objeto de determinar la estabilidad de la obra respecto al comportamiento del cauce. Es importante considerar la posible movilidad del cauce, el aporte de escombros desde la cuenca y los fenómenos de socavación, así como la posibilidad de ocurrencia de derrumbes, deslizamientos e inundaciones.

Dado que, generalmente, el daño ocasional reducido a la vía y accesos aledaños al puente ante una avenida extraordinaria puede ser rápidamente reparado para restaurar el servicio de tráfico y, de otro lado, un puente que colapso sufre daños estructurales mayores ante la erosión puede amenazar la seguridad de los transeúntes así como crear impactos sociales y pérdidas económicas significativas por un largo periodo de tiempo, debe considerarse mayor riesgo en la determinación del área de flujo a ser confinada por el puente que en la estimación de las profundidades de socavación.

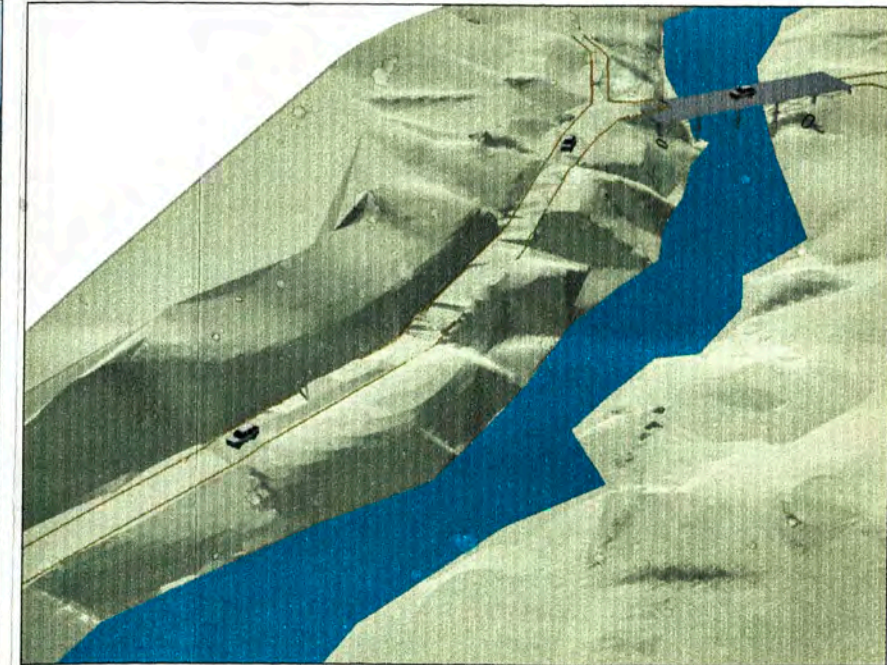
El estudio debe indicar los periodos de sequía, de avenidas, y de transición, para recomendar las previsiones a tomarse en cuenta antes, durante y después de la construcción de las estructuras ubicadas en el cauce.



PLANTA PUENTE HUIQUISA
Progresiva: Km198 + 771



FOTOGRAFIA PANORAMICA



MODELO 3D _VISTA GENERAL

LEYENDA

| | |
|---------------|--------------------|
| Red Vial | Hidrografia |
| Departamental | Lagos y/o Lagunas |
| Nacional | Rios y/o Quebradas |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA

Diseño: BACH. PAOLO PANEZ RICALDI
Verificación: ING. ROCIO ARISTA ALARCON
Dibujó: P.P.R.

Aprobó:

| REVISIONES | |
|------------|-------|
| N° | FECHA |
| | |
| | |
| | |

EVALUACIÓN DEL DISEÑO
DE LA CIMENTACIÓN CON PILOTES PERFORADOS DEL NUEVO PUENTE HUIQUISA
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

**PLANO DE HUBICACION
PUENTE HUIQUISA
KM 198+777**

ESCALA : S/E
FECHA : DIC.-2007
T4-UB-01

CAPITULO 2 ESTUDIOS BASICOS

El diseño de los elementos de la subestructura se realizará tomando en cuenta los aspectos de ingeniería estructural, geotécnica e hidráulica en forma conjunta. El nivel de ubicación de la cimentación depende del tipo de cimentación y deberá estar por debajo de las profundidades de socavación estimadas.

2.1 TOPOGRAFÍA

El levantamiento topográfico de la cuenca del Rio Macusani nos da información de coordenadas UTM y cotas de las curvas de nivel, con las que se pueden obtener secciones transversales perpendiculares al talweg y a lo largo del río. en este caso se generaron secciones 150 metros aguas arriba y 150 metros aguas abajo del puente proyectado. Toda esta información topográfica es importante para el modelamiento hidráulico con el programa HEC-RAS.

Según el diseño geométrico propuesto, el puente cruza al río formando un ángulo de esviaje de 111° sexagesimales.

2.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En el caso del puente Huiquisá proyectado sobre el curso del río Macusani, la información sobre la geomorfología y las condiciones del subsuelo del cauce y alrededores son complementarias con aquella obtenida de los estudios hidrológicos.

GEOLOGÍA

Geológicamente el área de la cuenca San Gabán – Macusani se encuentra en el sector septentrional y central la Cordillera Oriental, formada por rocas metamórficas, sedimentarias, volcánicas e intrusivas, que se originaron desde la Era Paleozoica hasta la Cenozoica; con diferentes fases tectónicas que dieron lugar a la Cordillera de Los Andes.

Geoestructuralmente se encuentra en el lado Sur del denominado Sistema de Fallamiento Sub Andino, que se extiende desde el Ecuador hasta Bolivia y La Argentina, caracterizado por su fallamiento activo y alta liberación de energía sísmica; constituye así la Fosa Sismotectónica Oriental de los Andes.

GEOTECNIA

Trabajos de campo.- Para los trabajos de campo se programaron esencialmente trabajos de perforación diamantinas con obtención de testigos y realización de ensayos de SPT y/o Cono Peck a cada 1.50 m de profundidad si el tipo de estrato lo permitía. Estos trabajos se realizaron en marzo del 2006.(Intersur Concesiones S.A., 2007)

Al término de las perforaciones, estas fueron señaladas con un dado de concreto, con un tubo de PVC de 75 mm como indicador de su ubicación y en la parte superior del dado están indicados el nombre del puente y la profundidad final investigada.

El siguiente cuadro resume los trabajos de exploración realizados en el puente Huiquisa:

Cuadro Resumen de trabajos de exploración en el puente Huiquisa

| Puente | Sondajes | Fecha | | Perforación | | Total (m) | Ensayos | | Cajas | Shelby |
|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|-----------|---------|-----------|-------|--------|
| | | Inicio | Fin | Suelo (m) | Roca (m) | | SPT | Cono Peck | | |
| Huiquisa | 02 | 13.03.06 | 22.03.06 | 58.55 | 16.45 | 75.00 | 21 | 07 | 16 | 07 |

Ensayos de laboratorio.- Se ha realizado ensayos de clasificación de suelos en las muestras obtenidas en los ensayos SPT o con el tubo Shelby. Los ensayos de clasificación realizados se presentan en el siguiente Cuadro:

Cuadro Resumen de Ensayos de Clasificación.

| Sector | IV | | | | | |
|----------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Progresiva | 198+771 | | | | | |
| Nombre | Huiquisa | | | | | |
| Ubicación | ED | | | | | |
| Profundidad(m) | 5,65-6,25 | 11,65-12,65 | 17,25-17,85 | 22,00-22,60 | 28,45-29,05 | 37,50-38,10 |
| % de grava | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 |
| % de arena | 0,2 | 7,5 | 2,2 | 6,8 | 16,5 | 7,4 |
| % de finos | 99,8 | 92,5 | 97,8 | 93,2 | 83 | 92,6 |
| L.L. | 90,6 | 32,1 | 52,8 | 62,4 | 46,3 | 56,3 |
| L.P. | 35,4 | 22,1 | 24,6 | 26,4 | 22,6 | 25,7 |
| I.P. | 55,2 | 10 | 28,2 | 36 | 23,7 | 36,6 |
| Clasificación | CH | CL | CH | CH | CL | CH |

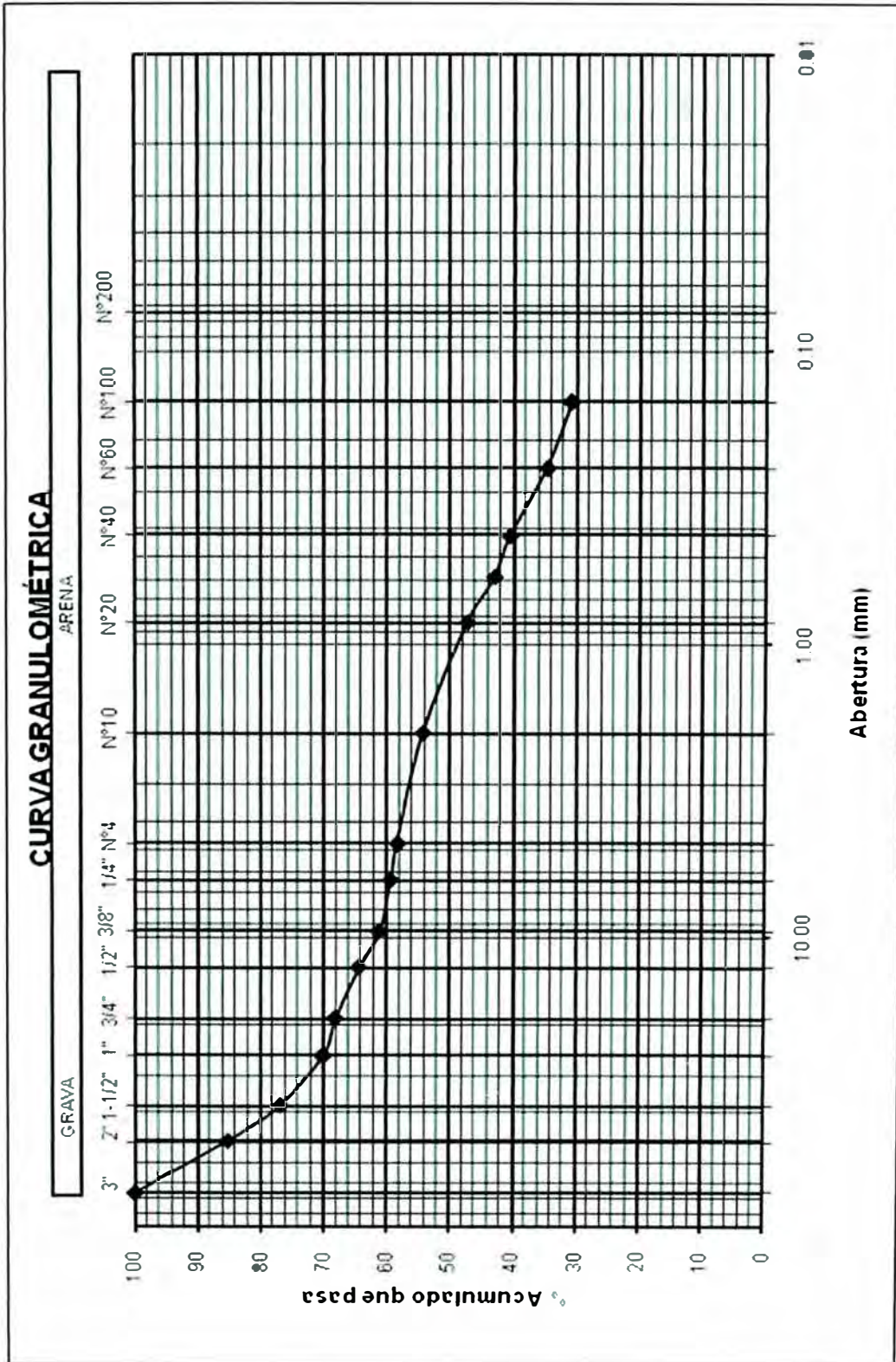
| Sector | IV | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Progresiva | 198+771 | | | | |
| Nombre | Huiquisa | | | | |
| Ubicación | ED | | | | |
| Profundidad(m) | 5,65-6,00 | 7,75-8,2 | 18,1-18,55 | 26,5-29,65 | 35,55-36,0 |
| % de grava | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| % de arena | 3,9 | 3,4 | 0,4 | 2 | 4,4 |
| % de finos | 96,1 | 96,6 | 99,6 | 98 | 95,6 |
| L.L. | 50,4 | 57,2 | 45,5 | 48,5 | 47,4 |
| L.P. | 24,4 | 24,2 | 20,7 | 24,5 | 22,2 |
| I.P. | 26 | 33 | 24,8 | 24 | 25,2 |
| Clasificación | CH | CH | CL | CL | CL |

| Sector | IV | | | | |
|----------------------|--------------|------------|-----------|-----------------|--------------|
| Progresiva | 198+771 | | | | |
| Nombre | Huiquisa | | | | |
| Ubicación | ED | | | | |
| Profundidad(m) | 4,6-5,0 | 11,25-11,7 | 17,5-17,9 | 26,65-27,10 | 29,55-30,00 |
| % de grava | 41,6 | 0 | 0 | 17,1 | 32,8 |
| % de arena | 32,7 | 10,7 | 2,3 | 74,3 | 49,9 |
| % de finos | 25,7 | 89,3 | 97,7 | 8,6 | 17,3 |
| L.L. | NP | NP | 56,5 | NP | NP |
| L.P. | NP | NP | 24,3 | NP | NP |
| I.P. | NP | NP | 32,2 | NP | NP |
| Clasificación | GM(*) | ML | CH | SW-SM(*) | SM(*) |

(*): Son muestras de fragmentos de roca disgregadas con la saturación.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

| Sector | IV | | |
|---|-----------|-------------|-------------|
| Progresiva | 198+771 | | |
| Nombre | Huiquisa | | |
| Ubicación | ED | | |
| Profundidad (m) | 5,65-6,25 | 11,65-12,65 | 17,25-17,85 |
| Densidad de húmeda (gr/cm3) | 1,678 | 2,009 | 1,81 |
| Densidad seca (gr/cm3) | 1,089 | 1,62 | 1,266 |
| Contenido de humedad (%) | 54,1 | 24 | 36 |
| Índice de Compresión (Cr) | 0,189 | 0,093 | 0,172 |
| Índice de Consolidación (Cc) [Laboratorio] | 0,326 | 0,247 | 0,306 |
| Índice de Consolidación (Cc) [Corregido]] | 0,554 | 0,415 | 0,718 |
| Índice de expansión (Cs) | 0,063 | 0,055 | 0,126 |
| Gravedad Especifica | 2,718 | 2,739 | 2,78 |
| Relación de vacíos inicial (eo) | 1,496 | 0,691 | 1,196 |



MUESTRA: Estribo Izquierdo Prof.: 0.5 – 1.5 m
 D50 = 1.2 mm , D65 = 12.8 mm , D75 = 33.2 mm , D90 = 56.5 mm.

De acuerdo a los registros de las perforaciones presentados y los resultados de los ensayos de laboratorio, se ha realizado la interpretación necesaria para dibujar los perfiles estratigráficos. Estos se presentan en las respectivas láminas.

A continuación se describe el perfil del suelo encontrado en cada sondaje:

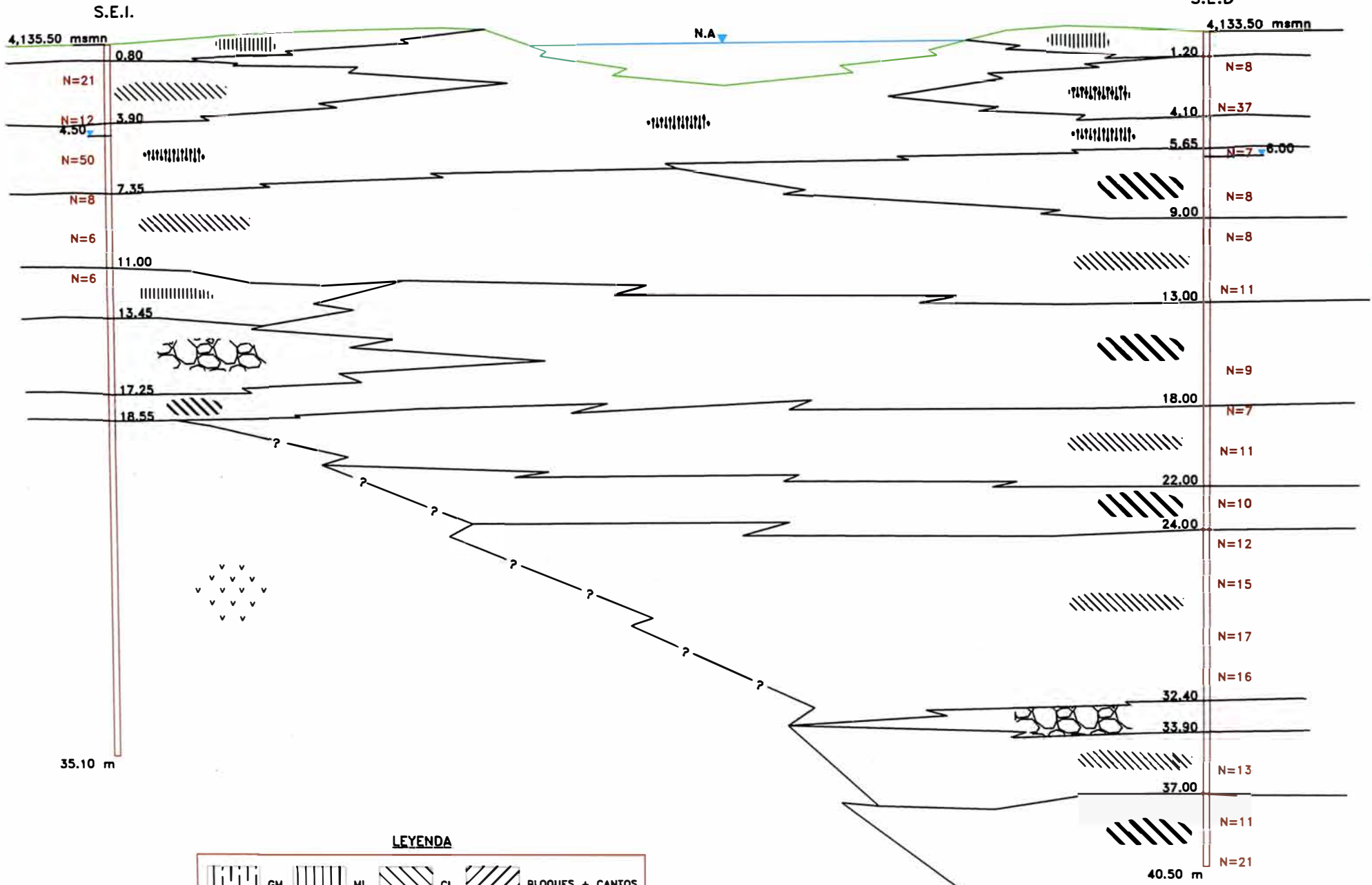
Estribo Izquierdo:

Presenta una cobertura de suelo limo arcilloso medianamente consistente hasta 0.80 m, sobre una secuencia de arcilla limosa color negro, medianamente plástica y poco consistente, una capa de grava limosa medianamente densa, y otra de bloques y bolones, hasta 18.55 m de profundidad, sobreyaciendo un estrato rocoso de ignimbrita muy alterada y fragmentada hasta los 35.00 m de profundidad.

Estribo Derecho:

Presenta una cobertura de suelo limo arcilloso medianamente consistente hasta 1.20 m, sobre una arena limosa medianamente densa hasta los 4.10 m, debajo se encuentra una grava limosa medianamente densa hasta 5.65 m y a continuación se presenta una secuencia de estratos de arcilla de alta a baja plasticidad, húmeda y medianamente consistente, que hacia el fondo es más dura, hasta los 40.00 m de profundidad.

PUENTE HUIQUISA Km: 199+030



2.3 HIDROLOGÍA

Los datos hidrológicos más importantes con las que se deben contar para los cálculos hidrológicos se presentan a continuación.

Cartografía.- La cuenca en estudio se ubica en las cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100,000 siguientes: Azángaro (30-v), Macusani (29-v), Ayapata (28-v) y Corani (28-u).

Pluviometría.- La escorrentía existente y producida en el área de estudio, provienen exclusivamente de las precipitaciones pluviales caídas en la zona. Las estaciones pluviométricas localizadas en la zona de estudio se muestran a continuación:

Cuadro Nº 2.1

Estaciones Pluviométricas

| Estación Pluviométrica | Ubicación | | Provincia | Altitud msnm |
|------------------------|-------------|----------------|-----------|--------------|
| | Latitud Sur | Longitud Oeste | | |
| Nuñoa | 14°29' | 70°38' | Melgar | 4135 |
| Ollachea | 13°48' | 70°29' | Carabaya | 2850 |

Cuadro Nº 2.2

Estaciones Pluviométricas

| Estación Pluviométrica | Ubicación | | Provincia | Altitud msnm |
|------------------------|-------------|-------------|-----------|--------------|
| | Norte | Este | | |
| Nuñoa | 8398188.967 | 323968.7247 | Melgar | 4135 |
| Ollachea | 8473895.692 | 339659.9332 | Carabaya | 2850 |

Hidrometría.- La quebrada en estudio no cuenta con estación de medición de caudales.

Descripción de la cuenca

Régimen hidrológico.- El Proyecto Corredor Vial Interoceánico Sur tramo 4 está ubicado entre el sector septentrional y central del territorio nacional en el flanco oriental de la Cordillera.

De acuerdo a la información analizada se observa que el régimen hidrológico de la zona de estudio corresponde a un clima de tundra seca de alta montaña, con periodos de lluvia bien marcados en los meses de verano (diciembre-febrero)

Características de las cuencas.- La cuenca se muestra en el plano T4-HIDRO-DC-01. (En la sección de los anexos)

Las características de la cuenca analizada se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 2.3 Características de la Cuenca

| Nº Cuenca | Progresiva | Nombre de Puente | Área (km ²) | Long (m) | Dh (m) | S Pend. |
|-----------|------------|------------------|-------------------------|----------|--------|---------|
| 118 | 198+771 | Huiquisa | 876.24 | 42246.69 | 980 | 0.023 |

Fuente: Intersur Concesiones S.A.

Tratamiento de la información de precipitaciones

Estudio de Precipitaciones.- La estimación de las precipitaciones se utiliza para determinar el caudal máximo de diseño que se presentará en el punto de análisis con sus características de socavación y el nivel de aguas máximas.

Precipitación máxima en 24 horas.- Para la ejecución del estudio hidrológico se recurrió a la información de precipitaciones, puesto que no existe estación de aforos y se analizó la información correspondiente a las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Nuñoa con un periodo de 30 años de registro (1972-1991) por ser la más adecuada debido a su cercanía al punto de evaluación.

Análisis de Frecuencias.- Con la finalidad de ajustar la serie de valores máximos obtenidos se efectuó el análisis de frecuencia. Se obtuvo así el valor de P_{máx} 24 horas correspondiente a diferentes periodos de retorno (Tr), valores que se muestran en el siguiente cuadro: (*Fuente: Intersur Concesiones S.A.*)

Cuadro 2.4

| Tr (años) | Pp(mm) |
|-----------|--------|
| 2 | 25.41 |
| 5 | 32.81 |
| 10 | 37.85 |
| 25 | 43.49 |
| 50 | 46.70 |
| 100 | 51.40 |
| 500 | 64.22 |

DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Para la cuenca analizada se obtuvo el siguiente caudal máximo para 100 años de periodo de retorno Tr .

Cuadro N° 2.5

**DESCARGAS GENERADAS PARA ESTRUCTURAS
MAYORES DEL TRAMO 4 - SECTOR 5
 $Tr = 100$ años**

| N° Cuenca | Nombre de Cuenca | Obra | Progresiva | Descarga Q (m ³ /s) |
|-----------|------------------|--------|------------|--------------------------------|
| 118 | Huiquisa | Puente | 198+771 | 171.31 |

Del mismo modo para 500 años de periodo de retorno Tr se obtuvo el siguiente resultado:

Cuadro N° 2.6

**DESCARGAS GENERADAS PARA ESTRUCTURAS
MAYORES DEL TRAMO 4 - SECTOR 5**

$Tr = 500$ años

| N° | Nombre de Cuenca | Obra | Progresiva | Descarga Q (m ³ /s) |
|-----|------------------|--------|------------|--------------------------------|
| 118 | Huiquisa | Puente | 198+771 | 339.14 |

Fuente: Intersur Concesiones S.A.

CAPITULO 3 EVALUACION HIDRAULICA

3.1 HIDRÁULICA FLUVIAL

El diseño de puentes y/o pontones sobre un cruce de agua demanda que no solamente se deban hacer estudios detallados referidos a su ubicación con respecto al trazo de la carretera, al tráfico, a los requisitos estructurales, y de cimentación, sino que también se deben tomar en cuenta las características del flujo que cruza, de modo de establecer los parámetros hidráulicos para el dimensionamiento de la estructura.

Conociendo los caudales de diseño para los periodos de retorno (Cuadros 2.5, 2.6), se deben determinar las características hidráulicas del flujo a su paso a través de la sección de cruce y de algunas secciones aguas arriba y aguas abajo de este cruce. Para ello se ha hecho el uso del programa de cómputo Hec – Ras versión 4.0 River Analysis System de la U.S. Army Corps of Engineers, el cual permite determinar el perfil de flujo en un tramo dado ante el paso de cierto caudal, proporcionando además datos de velocidad, régimen de flujo, área, ancho superficial, demás características hidráulicas de interés.

Cuadro N° 3.1

Periodo de retorno de las estructuras de drenaje
 (Según especificaciones)

| Descripción | Tr |
|-------------------------------------|----------|
| Estructuras mayores (Luz > 10 m) | 100 años |
| Cálculo de Socavación | 500 años |
| Estructuras medias (Luz ≤ 10 m) | 50 años |

3.2 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO

Con el objeto de calcular las características hidráulicas del área de estudio el equipo técnico de la empresa Intersur Concesiones S.A. realizó las siguientes actividades: Visita de campo a la zona del estudio y estudios Topográficos con fines de establecer las características geométricas e hidráulicas del cauce, pendientes longitudinales de fondo y de superficie de agua, y propiedades del material de cauce.

Mediante este estudio se estableció las siguientes propiedades:

3.2.1 Gradiente Hidráulica.- La pendiente promedio de la superficie de agua en la zona de estudio se presenta en el Cuadro 3.2:

Cuadro N° 3.2

| N° Cuenca | Nombre de Quebrada | Tipo de Estructura | Progresiva Km. | Gradiente Hidráulica Sw |
|-----------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------------|
| 118 | Macusani | Puente | 198+771 | 0.0093 |

3.2.2 Coeficiente de rugosidad.- Para el cálculo del coeficiente de rugosidad se han realizado calicatas en el cauce de los cruces de agua, de los cuales se han obtenido las curvas granulométricas y los diámetros característicos del cauce y luego por métodos empíricos se han determinado la rugosidad del cauce; las metodologías expuestas son relaciones empíricas que han sido determinadas por modelos físicos. Para determinar la rugosidad del cauce en el proyecto se realizó un inventario de campo de donde se tomó en cuenta el material de arrastre que trae la quebrada; del cálculo mostrado se toma los valores que se encuentran cercanos entre sí y se adopta el valor mostrado. Los valores se muestran en el cuadro 3.3.

ECUACION GENERAL

$$n = K \times d_{xx}^{1/6}$$

Donde :

d_{xx} : Diametro carasteristico del cauce

K : Constante.

C_u : Coeficiente de Uniformidad

$C_u < 3$ Material Uniforme

$C_u = 1$ Material Completamente Uniforme

$C_u > 3$ Material No Uniforme

$$d_m \langle \rangle d_{50}$$

| AUTOR | K | d_{xx} | Unidades |
|-----------------------|--------|----------|----------|
| STRICKLER (1923) | 0.0400 | d_m | mm |
| MEYER MULLER (1948) | 0.0380 | d_{90} | m |
| EINSTEIN (1952) | 0.0420 | d_{65} | m |
| LANE Y CARLSON (1953) | 0.0260 | d_{75} | Pulga. |
| LAURSEN (1958) | 0.0410 | d_{50} | m |
| CHANG (1962) | 0.0166 | d_m | mm |
| HENDERSON (1966) | 0.0340 | d_m | mm |
| RAUDKIVI (1976) | 0.0130 | d_{65} | m |
| GARDE Y RAJU (1978) | 0.0390 | d_{50} | Pies. |
| SUBRAMANYA (1982) | 0.0470 | d_{50} | m |

Cuadro Nº 3.3

| QUEBRADA | Diámetros Característicos del Cauce | | | |
|----------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | d_{50} (m) | d_{65} (m) | d_{75} (m) | d_{90} (m) |
| Huiquisa | 0.0012 | 0.0128 | 0.0332 | 0.0565 |

Fuente: Intersur Concesiones S.A.

Cuadro N° 3.4

| QUEBRADA | Cálculo de Rugosidad del Cauce métodos empíricos | | | | |
|----------|--|-----------------|----------|-------------------|---------|
| | STRICKLER | MEYER MULLER | EINSTEIN | LANE Y CARLSON | LAURSEN |
| Huiquisa | 0.0412 | 0.0235 | 0.0203 | 0.0272 | 0.0134 |

| QUEBRADA | Cálculo de Rugosidad del Cauce métodos empíricos | | | | | | Rugosidad del Cauce |
|----------|--|--------|-----------|----------|--------------------|------------|---------------------|
| | STRICKLER | CHANG | HENDERSON | RAUDKIVI | GARDE Y RAJU | SUBRAMANYA | |
| Huiquisa | 0.0412 | 0.0171 | 0.0350 | 0.0150 | 0.0155 | 0.0153 | 0.0345 |

Fuente: Intersur Concesiones S.A.

El valor correspondiente $n = 0.0345$ corresponde a la *micro rugosidad*. En vista de la ausencia de vegetación pero presencia de bolonerías se adopta un $n = 0.040$ en el canal y 0.060 en las paredes laterales (Fuente: VEN TE CHOW, Ph. D; Hidráulica De Canales Abiertos, Mc Graw 1994, Pag. 113.)

RIO MACUSANI



Vista 03-01. Se aprecia el caudal aguas arriba del río Macusani



Vista 03-02. Se aprecia el caudal aguas arriba del río Macusani

3.2.3 Propiedades del agua

La temperatura media durante la época de avenidas es de 5.0 °C.
Con esta temperatura se tiene que la viscosidad del agua es la siguiente:

- Viscosidad dinámica $\mu = 1.519 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2$
- Viscosidad cinemática $\nu = 1.519 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

3.2.4 Sección Transversal.- De los planos del levantamiento topográfico de las zonas de estudio, se obtuvieron secciones transversales desde 150 m aguas arriba hasta 150 metros aguas abajo del puente.

3.3 MODELAMIENTO HIDRÁULICO HEC RAS.

Actualmente gracias a las herramientas de cómputo disponibles en nuestro medio, es posible realizar los modelamientos hidráulicos de los ríos, con mayor rapidez y precisión. El Hec – Ras es un software muy conocido y para esta parte del informe se utilizó la versión 4.0 del mencionado programa.

Para poder trabajar con este programa, es importante contar con la siguiente información básica.

1. Topografía del cauce
2. Secciones transversales del cauce cada 10 metros.(el espaciamiento es determinado a criterio).
3. Perfil longitudinal de la quebrada.
4. Caudal de diseño para periodos de retorno de 100 y/o 500 años.
5. Coeficiente de rugosidad de Manning.

A continuación se explica las fases del modelamiento:

Fase de topografía:

1. Generar las curvas de nivel del cauce.
2. Trazar la línea de máxima pendiente.
3. Generar secciones transversales perpendiculares a la línea de máxima pendiente trazada cada 10 metros, en este caso se generaron secciones hasta 150 metros aguas arriba y 150 metros aguas abajo del puente proyectado.
4. Generar el perfil longitudinal de la línea de máxima pendiente.

Ingreso de base de datos al programa HEC-RAS.

5. Se crea un nombre para el proyecto
6. Se ingresan los datos de caudales para periodos de retorno TR= 100 y TR=500 años.
7. Además se ingresan las condiciones de borde, es decir las gradientes aguas arriba y aguas abajo.
8. Se ingresan las secciones cada 10 metros con sus respectivas cotas.

9. Es importante la interpolación para tener un mejor modelamiento del cauce.
10. Para cada sección se colocan los coeficientes de rugosidad tanto en el canal como en las paredes laterales.
11. A continuación, se procede a colocar el puente en función al eje diseño de la carretera. Se coloca el tablero y los estribos, el puente en proyecto no prevé pilares.

Ejecución del programa:

12. Con los todos los datos ya ingresados y grabados en el proyecto, se procede a correr el programa.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

TABLA DE RESULTADOS

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: Puente Huiquisa

River: Macusani

Profile: TR= 100 años

| River Station | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | E.G. Elev (m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl | Shear ROB (N/m2) |
|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|
| 180 | 171.31 | 4,126.50 | 4,129.37 | 4,129.83 | 3.06 | 60.32 | 30.37 | 0.64 | 20.58 |
| 175 | 171.31 | 4,126.50 | 4,129.29 | 4,129.80 | 3.23 | 57.11 | 29.33 | 0.67 | 32.98 |
| 170 | 171.31 | 4,126.50 | 4,129.27 | 4,129.77 | 3.16 | 57.22 | 27.13 | 0.65 | 24.44 |
| 165 | 171.31 | 4,126.26 | 4,129.26 | 4,129.74 | 3.12 | 59.51 | 27.56 | 0.62 | 33.33 |
| 160 | 171.31 | 4,126.01 | 4,129.32 | 4,129.70 | 2.78 | 67.10 | 28.86 | 0.54 | 27.91 |
| 155 | 171.31 | 4,126.01 | 4,129.07 | 4,129.66 | 3.54 | 56.26 | 27.05 | 0.68 | 51.93 |
| 150 | 171.31 | 4,126.00 | 4,129.09 | 4,129.62 | 3.29 | 57.12 | 25.23 | 0.63 | 39.82 |
| 145 | 171.31 | 4,125.66 | 4,128.93 | 4,129.58 | 3.70 | 53.23 | 24.62 | 0.70 | 61.64 |
| 140 | 171.31 | 4,125.33 | 4,128.90 | 4,129.56 | 3.74 | 52.76 | 22.72 | 0.69 | 50.88 |
| 135 | Bridge | | | | | | | | |
| 130 | 171.31 | 4,125.33 | 4,128.79 | 4,129.51 | 3.91 | 50.32 | 22.38 | 0.73 | 57.16 |
| 125 | 171.31 | 4,125.41 | 4,128.57 | 4,129.47 | 4.33 | 44.71 | 21.21 | 0.84 | 83.2 |
| 120 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.70 | 4,129.38 | 3.69 | 49.97 | 21.08 | 0.72 | 54.32 |
| 115 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.71 | 4,129.34 | 3.57 | 52.52 | 23.53 | 0.69 | 52.04 |
| 110 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.78 | 4,129.28 | 3.19 | 58.30 | 25.82 | 0.62 | 31.68 |
| 105 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.81 | 4,129.25 | 2.99 | 63.17 | 27.81 | 0.57 | 32.64 |
| 100 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.84 | 4,129.22 | 2.81 | 69.19 | 30.50 | 0.53 | 35.03 |

El cuadro muestra los resultados para estaciones cercanas al puente, estos son resultados para un periodo de retomo $Tr = 100$ años.

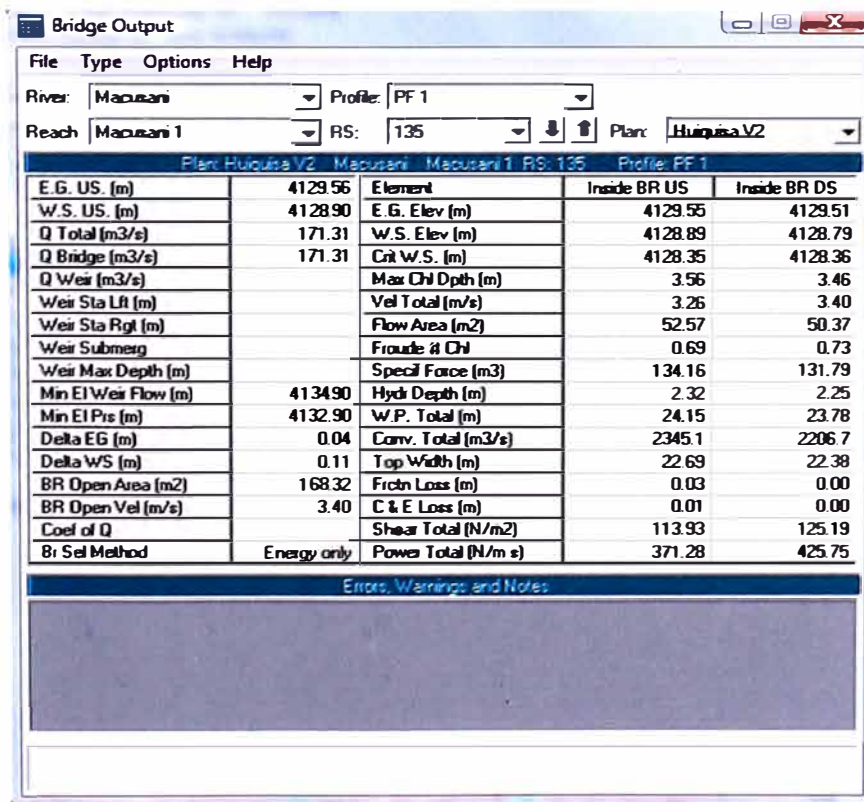
TABLA DE RESULTADOS

Profile Output Table - Standard Table 1
HEC-RAS Plan: Puente Huiquisa
River: Macusani
Profile: TR= 500 años

| River Station | Q Total (m ³ /s) | Min Ch B (m) | W.S. Elev (m) | E.G. Elev (m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m ²) | Top Width (m) | Froude # Chl | Shear ROB (N/m ²) |
|---------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------------|---------------|--------------|-------------------------------|
| 180 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.99 | 4,131.54 | 3.42 | 114.18 | 37.15 | 0.55 | 27.43 |
| 175 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.83 | 4,131.53 | 3.55 | 110.50 | 35.63 | 0.57 | 36.56 |
| 170 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.91 | 4,131.51 | 3.55 | 108.73 | 35.04 | 0.56 | 30.39 |
| 165 | 339.14 | 4,126.26 | 4,130.90 | 4,131.50 | 3.59 | 111.76 | 36.42 | 0.56 | 44.95 |
| 160 | 339.14 | 4,126.01 | 4,130.94 | 4,131.46 | 3.33 | 119.68 | 37.11 | 0.51 | 38.14 |
| 155 | 339.14 | 4,126.01 | 4,130.72 | 4,131.43 | 4.03 | 107.80 | 36.32 | 0.62 | 67.41 |
| 150 | 339.14 | 4,126.00 | 4,130.71 | 4,131.41 | 3.87 | 106.74 | 36.12 | 0.59 | 51.36 |
| 145 | 339.14 | 4,125.66 | 4,130.54 | 4,131.38 | 4.34 | 98.92 | 32.72 | 0.66 | 77.44 |
| 140 | 339.14 | 4,125.33 | 4,130.40 | 4,131.35 | 4.59 | 94.59 | 32.34 | 0.69 | 63.92 |
| 135 | Bridge | | | | | | | | |
| 130 | 339.14 | 4,125.33 | 4,130.28 | 4,131.30 | 4.78 | 90.57 | 31.86 | 0.73 | 68.21 |
| 125 | 339.14 | 4,125.41 | 4,129.67 | 4,131.23 | 5.81 | 70.25 | 25.16 | 0.95 | 141.71 |
| 120 | 339.14 | 4,125.50 | 4,128.96 | 4,131.13 | 6.64 | 55.54 | 21.68 | 1.23 | 172.52 |
| 115 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.62 | 4,130.89 | 5.15 | 75.46 | 26.88 | 0.86 | 103.68 |
| 110 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.83 | 4,130.76 | 4.42 | 87.01 | 29.23 | 0.73 | 63.1 |
| 105 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.91 | 4,130.70 | 4.09 | 95.82 | 31.74 | 0.66 | 59.33 |
| 100 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.98 | 4,130.65 | 3.80 | 106.13 | 34.05 | 0.61 | 56.79 |

El cuadro muestra los resultados para estaciones cercanas al puente, estos son los resultados para un periodo de retorno Tr = 500 años.

Resultados para el diseño del puente para un periodo de retorno TR=100 años.



Resultados para el diseño del puente para un periodo de retorno TR=500 años.

Bridge Output

File Type Options Help

River: Macusani Profile: PF 2

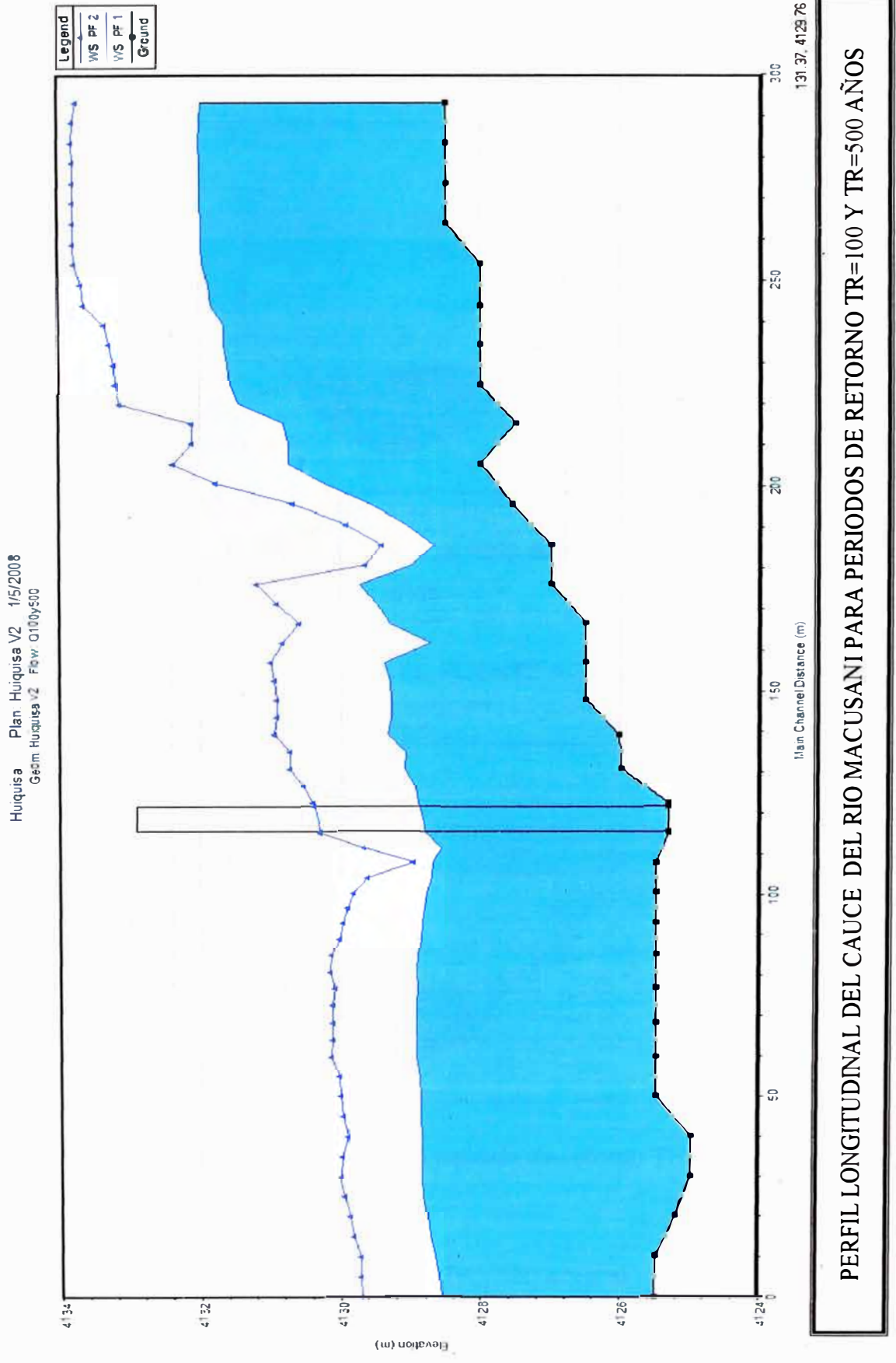
Reach: Macusani 1 RS: 135 Plan: Huiquisa V2

Plan: Huiquisa V2 Reach: Macusani 1 RS: 135 Profile: PF 2

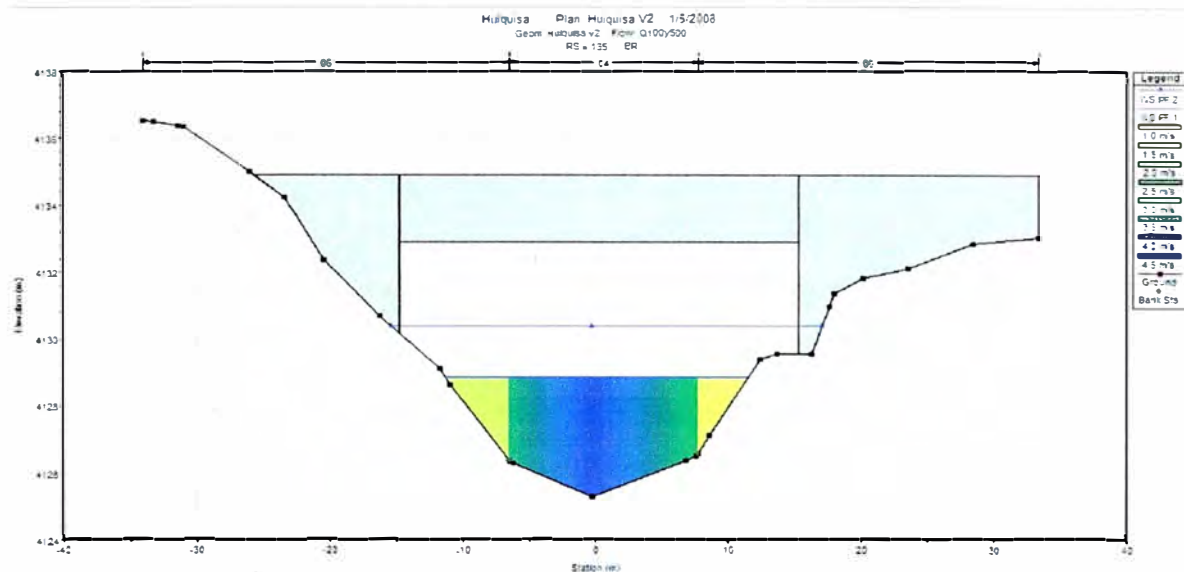
| E.G. US. (m) | 4131.35 | Element | Inside BR US | Inside BR DS |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------|--------------|
| W.S. US. (m) | 4130.40 | E.G. Elev (m) | 4131.34 | 4131.31 |
| Q Total (m ³ /s) | 339.14 | W.S. Elev (m) | 4130.39 | 4130.28 |
| Q Bridge (m ³ /s) | 339.14 | Crit W.S. (m) | 4129.54 | 4129.53 |
| Q Weir (m ³ /s) | | Max Chl Dpth (m) | 5.06 | 4.95 |
| Weir Sta Lift (m) | | Vel Total (m/s) | 3.65 | 3.78 |
| Weir Sta Rgt (m) | | Flow Area (m ²) | 92.96 | 89.61 |
| Weir Submerg | | Froude # Chl | 0.70 | 0.73 |
| Weir Max Depth (m) | | Specif Force (m ³) | 324.79 | 320.14 |
| Min El Weir Flow (m) | 4134.90 | Hydr Depth (m) | 3.10 | 2.99 |
| Min El Pts (m) | 4132.90 | W.P. Total (m) | 32.87 | 32.65 |
| Delta EG (m) | 0.04 | Conv. Total (m ³ /s) | 4944.8 | 4699.4 |
| Delta WS (m) | 0.13 | Top Width (m) | 30.00 | 30.00 |
| BR Open Area (m ²) | 168.32 | Frictn Loss (m) | 0.03 | 0.00 |
| BR Open Vel (m/s) | 3.78 | C & E Loss (m) | 0.01 | 0.00 |
| Coef of Q | | Shear Total (N/m ²) | 130.44 | 140.17 |
| B: Sel Method | Energy only | Power Total (N/m s) | 475.90 | 530.51 |

Errors, Warnings and Notes

Select Profile

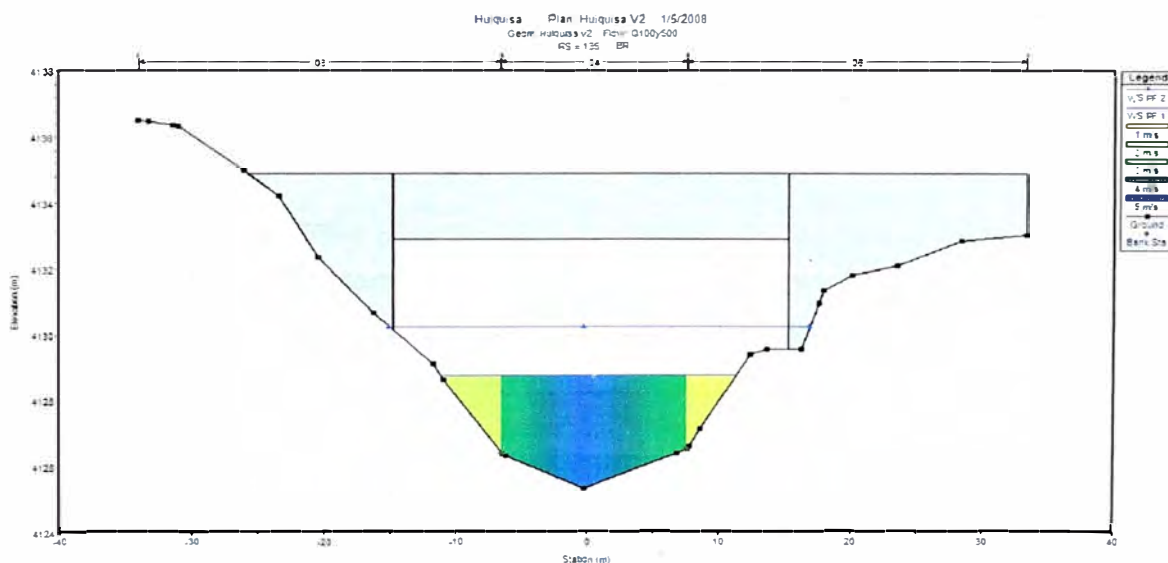


SECCIÓN TRANSVERSAL EL PUENTE AGUAS ABAJO



Se muestra la sección del puente para un periodo de retorno TR=100 y TR= 500 años

SECCIÓN TRANSVERSAL EL PUENTE AGUAS ARRIBA



Se muestra la sección del puente para un periodo de retorno TR=100 y TR= 500 años

Como se observa en estas secciones para TR= 500 años sí hay interacción del flujo con los estribos y por tanto existe socavación local.

3.4 SOCAVACION

Definición de socavación.-

La socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material de lecho de un cauce, convirtiéndose en una de las causas más comunes de falla en puentes.

Agradación:

General y progresiva acumulación de perfil longitudinal de la cama del canal debido a la deposición de sedimentos.

Degradación:

General y progresiva disminución del fondo del canal (a largo plazo), debido a la erosión, en un canal relativamente de larga duración.

Socavación general.-

Socavación general es una disminución del fondo del cauce a través de la vía fluvial o en el puente. Esta reducción puede ser uniforme en toda el río o no uniforme. Es decir, la profundidad de socavación puede ser más profunda en algunas partes de la sección transversal. La forma más común de socavación general es la socavación por contracción (HEC – 18 FHWA).

Socavación local.-

Remoción de material en la base de los pilares, estribos, y terraplenes causado por una aceleración de flujo y vórtices resultantes inducida por obstrucciones de la corriente.

Socavación total:

Es la suma de la degradación a largo plazo, socavación general (contracción), y la socavación local.

Fórmula utilizada para el cálculo de socavación general (socavación por contracción)

Fórmula de Laursen

La ecuación recomendada para el cálculo de la socavación por contracción esta basada el el desarrollo propuesto por Laursen (presentada en el apéndice C del HEC 18)

$$y_2 = \left[\frac{K_u Q^2}{D_m^{2/3} W^2} \right]^{2/7}$$

$y_s = y_2 - y_0$ (profundidad media de la socavación por contracción)

Donde:

- y_2 = Profundidad media de equilibrio en la sección contraída después de la socavación por contracción, m (ft)
- Q = Descarga a través del puente o sobre el área del puente asociado con el ancho W , m^3/s (ft^3/s)
- D_m = Diámetro de la menor partícula no transportable en el material del lecho ($1.25 D_{50}$) en la sección contraída, m (ft)
- D_{50} = Diámetro medio del material del lecho, m (ft)
- W = Ancho de la parte inferior de la sección contraída menos ancho de pilar, m (ft)
- y_0 = Profundidad promedia existente en la sección contraída
- K_u = 0.025 unidades del SI
- K_u = 0.0077 unidades Inglesas

Fórmulas utilizadas para el cálculo de la socavación local:

Ecuación de socavación local según FROEHLICH

Froehlich analizó 170 ensayos de socavación y mediante un análisis de regresión obtuvo la siguiente ecuación:

$$\frac{y_s}{y_a} = 2.27 K_1 K_2 \left(\frac{L}{y_a} \right)^{0.43} Fr^{0.61} + 1$$

Donde:

- K_1 = Coeficiente debido a la forma del pilar
- K_2 = Coeficiente debido al ángulo del terraplén con el flujo
- K_2 = $(\theta / 90^\circ)^{0.13}$
 $\theta < 90^\circ$ si los puntos del terraplén están aguas abajo
 $\theta > 90^\circ$ si los puntos del terraplén están aguas arriba
- L' = Longitud del flujo activo obstruido por el terraplén, m (ft)
- A_e = Área de flujo de la sección próxima obstruida por el terraplén, m^2 (ft^2)
- Fr = Número de Fraude del flujo próximo aguas debajo del terraplén = $V_e / (gy_a)^{1/2}$
- V_e = Q_e / A_e , m/s (ft/s)
- Q_e = Flujo obstruido por el estribo y terraplén de aproximación, m^3/s (ft^3/s)
- y_a = Profundidad promedio del flujo sobre el plano de inundación (A_e / L), m (ft)
- L = Ancho de protección del terraplén normal al flujo, m (ft)
- y_s = Profundidad de socavación, m (ft)

Ecuación de socavación general según HIRE

$$\frac{y_s}{y_1} = 4 Fr^{0.33} \frac{K_1}{0.55} K_2$$

Donde:

- y_s = Profundidad de socavación, m (ft)
- y_1 = Profundidad de flujo en el pilar sobre o en el canal principal, m (ft)
- Fr = Numero de Fraude basado en la velocidad y la profundidad adyacente y aguas arriba del pilar.
- K_1 = Coeficiente de forma del pilar
- K_2 = Coeficiente para el ángulo de esviaje calculado por la ecuación de Froehlich

IMPORTANTE

El criterio de decisión entre una u otra ecuación depende la siguiente relación entre L y Y_a . Según el HEC 18, la ecuación de HIRE se utilizará siempre en cuando $L / Y_a > 25$.

Para el puente en estudio:

$$L=0.47$$

$$Y_a= 0.12$$

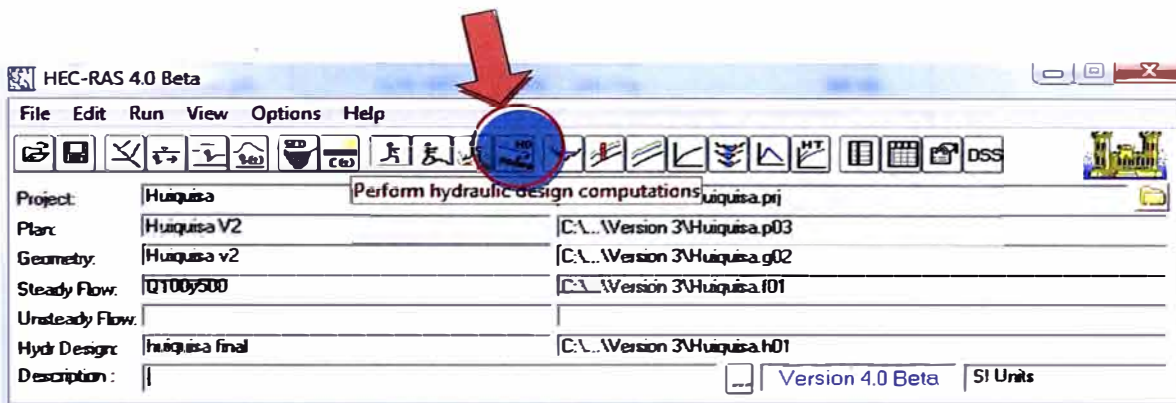
Entonces:

$$L/Y_a=3.75 < 25$$

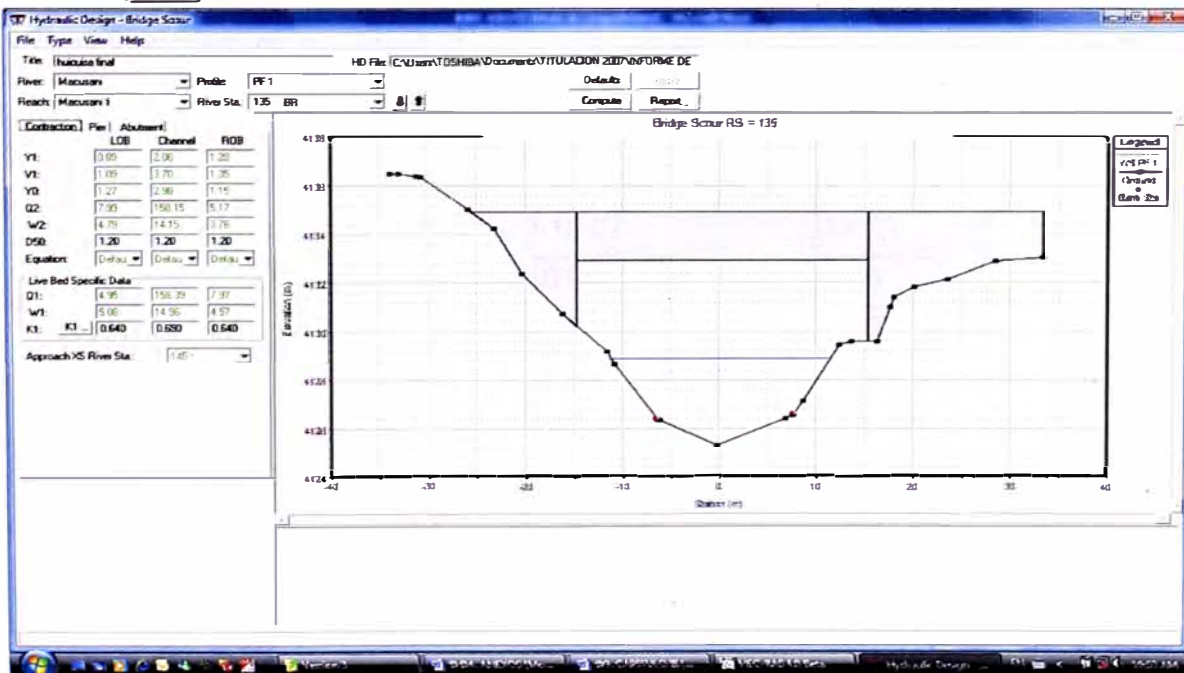
Por lo tanto, en este caso se utilizará la ecuación de FROEHLICH.

Estimación de la socavación

El cálculo de la socavación se realizó con el software Hec Ras versión 4.0



: Este icono permite acceder al cálculo de la socavación



CÁLCULO DE LA SOCAVACION

Se ha calculado para el caudal de diseño con $T_r = 500$ años.

a.1 Cálculo de la socavación por contracción

Datos específicos del HEC RAS

| Contraction | Pier | Abutment | |
|-------------------------|--------------|----------|-------|
| | LOB | Channel | ROB |
| Y1: | 1.57 | 4.47 | 2.17 |
| V1: | 1.41 | 4.34 | 1.65 |
| Y0: | 1.94 | 4.48 | 1.78 |
| Q2: | 26.23 | 292.92 | 19.99 |
| W2: | 8.26 | 14.15 | 7.60 |
| D50: | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| Equation: | Defau | Defau | Defau |
| Live Bed Specific Data | | | |
| Q1: | 23.80 | 290.32 | 25.02 |
| W1: | 10.76 | 14.96 | 6.99 |
| K1: | K1 ... 0.640 | 0.690 | 0.690 |
| Approach XS River Sta.: | | | 145 * |

D50= 1.2 mm según las curvas granulométricas

a.2 Cálculo de la socavación local

Datos específicos obtenidos del HEC RAS

| Contraction | Pier | Abutment | |
|--------------------|------|--------------------------|--------|
| | | Left | Right |
| Toe sta at Bridge: | | -14.79 | 15.21 |
| Toe sta at App: | | -16.07 | 14.75 |
| Length: | | 0.69 | 1.78 |
| Y1: | | 0.24 | 0.86 |
| K1: | | 1.00 - Vertical abutment | |
| Skew (deg): | | 111.00 | 111.00 |
| K2: | | 1.03 | 1.03 |

Resultados del Cálculo de la Socavación

| Hydraulic Design Data | | | |
|---|--------------------------|-----------|-------|
| Contraction Scour | | | |
| Input Data | Left | Channel | Right |
| Average Depth (m): | 1.57 | 4.47 | 2.17 |
| Approach Velocity (m/s): | 1.41 | 4.34 | 1.65 |
| Br Average Depth (m): | 1.94 | 4.48 | 1.78 |
| BR Opening Flow (m ³ /s): | 26.23 | 292.92 | 19.99 |
| BR Top WD (m): | 8.26 | 14.15 | 7.60 |
| Grain Size D50 (mm): | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| Approach Flow (m ³ /s): | 23.80 | 290.32 | 25.02 |
| Approach Top WD (m): | 10.76 | 14.96 | 6.99 |
| K1 Coefficient: | 0.640 | 0.690 | 0.690 |
| Results | | | |
| Scour Depth Ys (m): | 0.08 | 0.20 | 0.00 |
| Critical Velocity (m/s): | 0.71 | 0.84 | 0.75 |
| Equation: | Live | Live | Live |
| Abutment Scour | | | |
| Input Data | Left | Right | |
| Station at Toe (m): | -14.79 | 15.21 | |
| Toe Sta at appr (m): | -16.07 | 14.75 | |
| Abutment Length (m): | 0.69 | 1.78 | |
| Depth at Toe (m): | 0.24 | 0.86 | |
| K1 Shape Coef: | 1.00 - Vertical abutment | | |
| Degree of Skew (degrees): | 111.00 | 111.00 | |
| K2 Skew Coef: | 1.03 | 1.03 | |
| Projected Length L' (m): | 0.47 | 1.87 | |
| Avg Depth Obstructed Ya (m): | 0.12 | 0.57 | |
| Flow Obstructed Qe (m ³ /s): | 0.62 | 5.73 | |
| Area Obstructed Ae (m ²): | 0.08 | 1.02 | |
| Results | | | |
| Scour Depth Ys (m): | 1.79 | 4.34 | |
| Qe/Ae = Ve: | 7.75 | 5.62 | |
| Froude #: | 7.14 | 2.38 | |
| Equation: | Froehlich | Froehlich | |
| Combined Scour Depths | | | |
| Left abutment scour + contraction scour (m): | | | 1.88 |
| Right abutment scour + contraction scour (m): | | | 4.34 |

Según lo menciona el Hydraulic Engineering Circular Nro 18 (HEC 18), los valores obtenidos con la ecuación de Froehlich son conservadores, además se tiene previsto la colocación de protección; por lo tanto consideraremos los siguientes resultados:

Socavación general del estribo izquierdo.

Socavación local + socavación por contracción = 1,88m

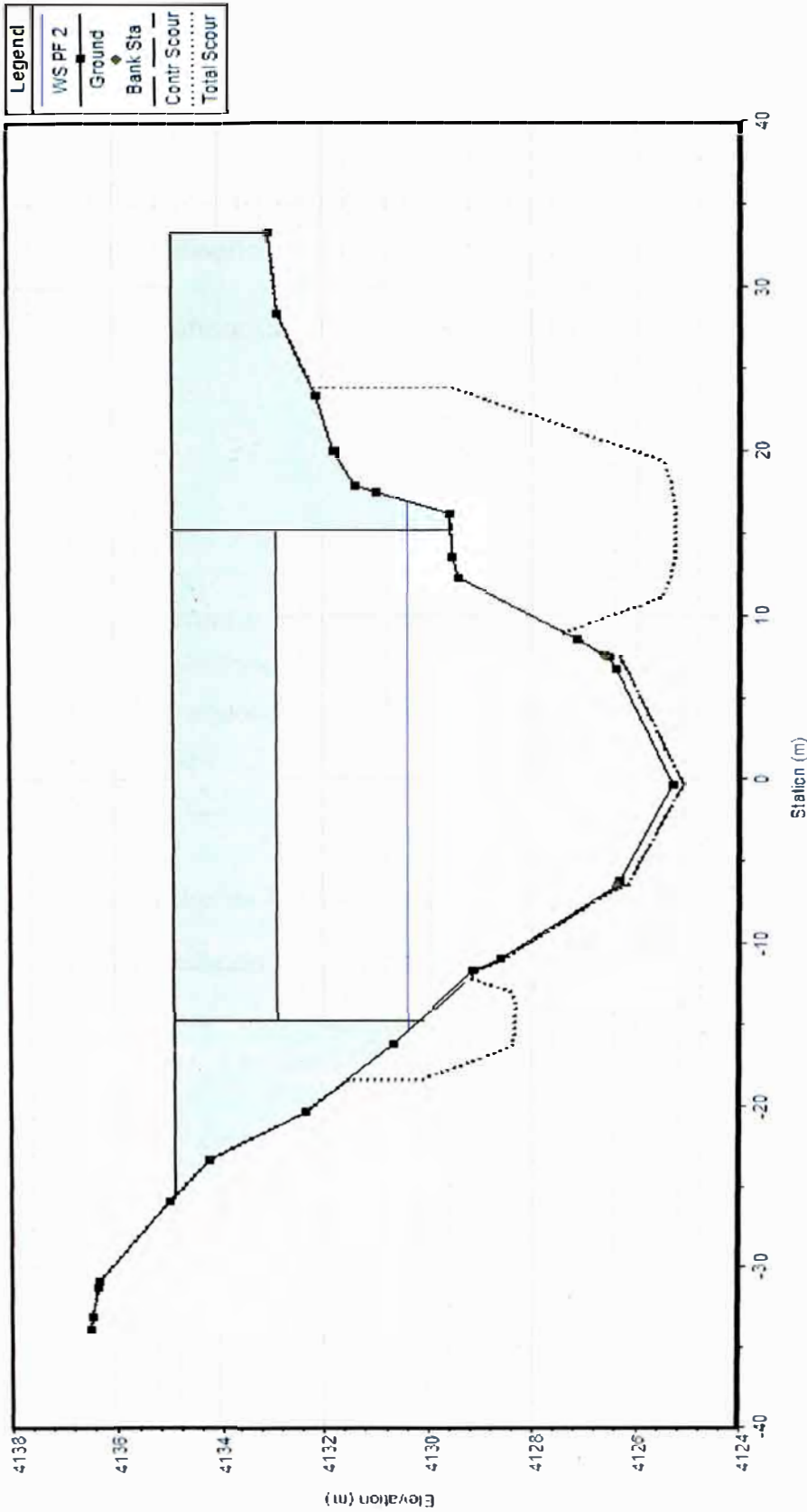
Socavación general del estribo derecho. Se afectará de una reducción del 50% a la socavación local.

Socavación local + socavación por contracción = $\frac{1}{2} * 4.34 = 2,17m$

Socavación general en el canal.

Socavación local + socavación por contracción = 0.20m

Bridge Scour RS = 135



MODELAMIENTO DEL CÁLCULO DE LA SOCAVACION

3.5 OBRAS DE PROTECCION

Las obras de protección en general son necesarias para garantizar la estabilidad de la subestructura del puente evitando la socavación en las zonas cercanas y en la misma zona donde se elevarán los estribos.

La fórmula que recomienda el Hydraulic Engineering Circular Nro 23 (HEC 23), para el diseño de enrocados es la de **Isbash**.

Fórmula estándar de **Isbash** para determinar el tamaño del enrocado

$$D_{50} = \frac{0.692(KV)^2}{(2g(S_s - 1))}$$

Donde:

- D_{50} = Tamaño del enrocado, m (ft)
 V = velocidad, m/s (ft/s)
 S_s = Gravedad específica del enrocado (usualmente 2.65)
 K = 1.0

Para el Nro de Froude ≤ 0.80

Se recomienda la siguiente expresión:

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(S_s - 1)} \left[\frac{V^2}{gy} \right]$$

Donde:

- D_{50} = Diámetro medio de las rocas, m (ft)
 V = Velocidad característica promedio en la sección contraída, m/s (ft/s)
 S_s = Gravedad específica del enrocado
 g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s² (32.2 ft/s²)
 y = Profundidad del flujo m (ft)
 K = 0.89 a través de los derrames del pilar
 1.02 para la pared vertical del pilar

Para el Nro de Froude > 0.80

Se recomienda la siguiente expresión:

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(S_s - 1)} \left[\frac{V^2}{gy} \right]^{0.14}$$

Donde:

K = 0.61 a través de los derrames del pilar
0.69 para la pared vertical del pilar

A continuación se presenta la memoria de cálculo:

Diseño del enrocado:

| PROPIEDADES HIDRAULICAS | VALORES | DESCRIPCION |
|-------------------------|---------|---|
| y(m) | 0.81 | Profundidad de flujo adyacente al estribo |
| Q (m3/s) | 339.14 | Descarga |
| A (m2) | 90.57 | Área del flujo |

Paso 1: del HEC RAS $V = 3.78$ m/s

Paso 2: del HEC RAS $Fr = 0.73$

Paso 3: dado que el Nro de Froude ≤ 0.80

Utilizamos la siguiente expresión:

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(S_s - 1)} \left[\frac{V^2}{gy} \right]$$

Donde:

D_{50} = Diámetro medio de las rocas, m (ft)
 V = Velocidad característica promedio en la sección contraída, m/s (ft/s)
 S_s = Gravedad específica del enrocado
 g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2 (32.2 ft/s^2)
 y = Profundidad del flujo m (ft)
 K = 0.89 a través de los derrames del pilar
1.02 para la pared vertical del pilar

Sabiendo además que:

$$V = 3.78 \text{ m/s}$$

$$S_s = 2.65$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$K = 1.02$$

$$y = 4130.39 - 4129.58 = 0.81 \text{ m}$$

Reemplazamos en la ecuación:

$$D_{50} = 0.81 * (1.02 / (2.65 - 1)) * ((3.78)^2 / (9.81 * 0.81))$$

Obtenemos que:

$$D_{50} = 0.90 \text{ m} \rightarrow D_{50} = 0.90 \text{ m}$$

Paso 4: determinando la extensión del enrocado:

Extensión horizontal en el cauce es igual a $2 * (0.81) = 1.62 \text{ m} \rightarrow 1.70 \text{ m}$.

Nivel máximo en márgenes:

$$NA_{Tr 500} + \Delta$$

Según el HEC 23, FHWA: $\Delta = 0,60 \text{ m}$

$$\text{Entonces: } NA_{Tr 500} + \Delta = 4130,39 + 0,60 = \mathbf{4130, 99 \text{ msnm}}$$

Extensión horizontal hacia aguas arriba y aguas abajo es **7.50 m**.

Espesor del colchón de enrocado: $1.5 (0.90) = 1.35 \text{ m} \rightarrow 1.40 \text{ m}$.

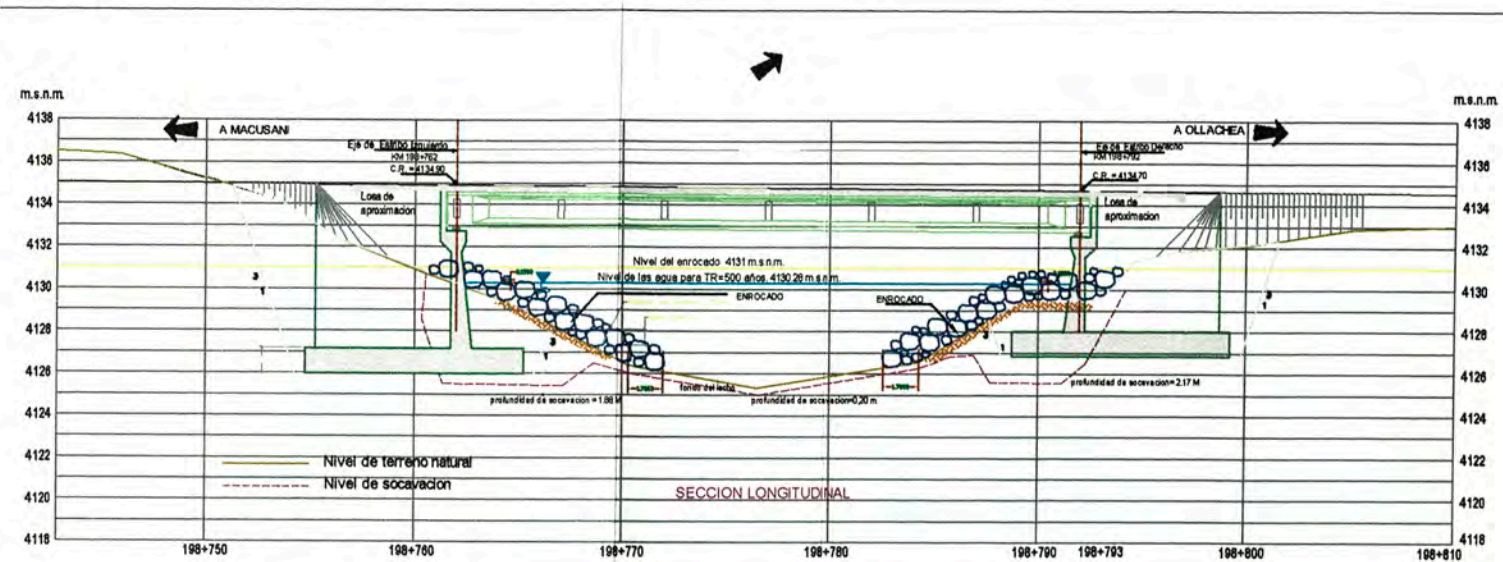
Además, el espesor del enrocado no puede ser menor que D_{100} .

$$D_{100} = 1.50 \text{ m}.$$

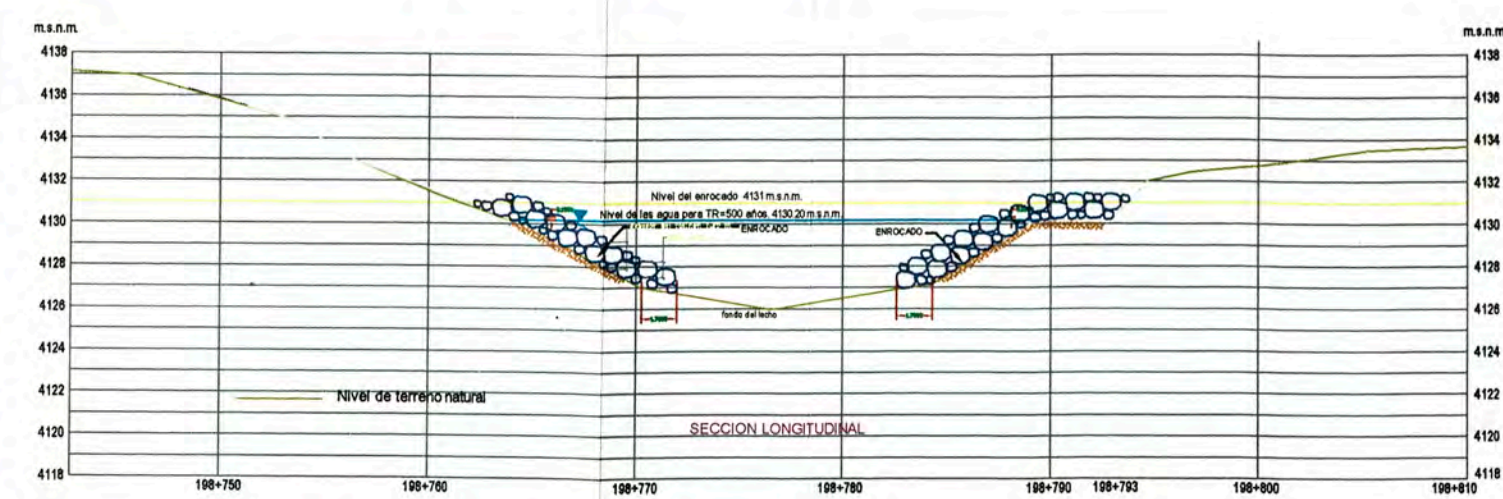
Por tanto: Espesor del colchón = **1,50m**.



VISTA EN PLANTA
Escala: 1/300



SECCION TRANSVERSAL DEL PUENTE
Escala: 1/350



SECCION TRANSVERSAL TIPICA DEL CAUCE
Escala: 1/350

| | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---------|------------|-------|---|---|---|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA | DISEÑO: Bach. PAOLO PANEZ RICARDI | Aprobó: | REVISIONES | | EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN CON PILOTES PERFORADOS DEL NUEVO PUENTE HUIQUISA ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO | PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 4 OBRAS DE PROTECCION PUENTE HUIQUISA DISEÑO DE ENROCADOS | ESCALA : INDICADA FECHA : DICIEMBRE 2007 T4-ER-01 |
| | DIBUJO: P.P.P.R. | | N° | FECHA | | | |
| | REVISADO: Ing. ROGO ARISTA ALARCON | | | | | | |
| | APROBADO: | | | | | | |

CAPITULO 4

ANALISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En el cuadro que se presenta a continuación se hace una comparación de los resultados obtenidos en el presente informe versus los resultados presentados por la empresa Intersur Concesiones S.A.

| | INTERSUR | UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA |
|--|--------------|------------------------------------|
| CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA | | |
| Nro Cuenca | 118 | 118 |
| Ubicación | KM 198 + 771 | KM 198 + 771 |
| Área (km ²) | 876 | 876 |
| Longitud (m) | 42246.69 | 42246.69 |
| Dh (m) | 980 | 980 |
| Pendiente S | 0.023 | 0.023 |
| CARACTERISTICAS DEL CAUCE | | |
| Descarga (m ³ /s) para Tr= 100 años | 171.31 | 171.31 |
| Descarga (m ³ /s) para Tr= 500 años | 339.14 | 339.14 |
| Gradiente Hidráulica Sw | 0.037 | 0.0093 |
| Rugosidad del cauce en el canal | 0.0345 | 0.040 |
| Rugosidad del cauce en las paredes laterales | 0.0345 | 0.060 |
| RESULTADOS DEL MODELAMIENTO CON HEC RAS | | |
| Nivel Máximo De Aguas (m.s.n.m.) para Tr= 100 años | 4129.54 | 4128.41 |
| Nivel Máximo De Aguas (m.s.n.m.) para Tr= 500 años | | 4130.39 |
| Nivel Mínimo Recomendable Del Tablero | 4131.04 | 4131.90 |

| | INTERSUR | UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA |
|---|---|--|
| SOCAVACION | | |
| Profundidades de Socavación Lado Izquierdo | | |
| Total | 1.80 | 1.87 |
| Contracción | - | 0.08 |
| Local | - | 1.79 |
| Profundidades De Socavación en el Canal | | |
| Total | 1.80 | 0.20 |
| Contracción | - | 0.20 |
| Local | - | 0.00 |
| Profundidades de Socavación lado derecho | | |
| Total | 1.80 | 2.17 |
| Contracción | - | 0.00 |
| Local | - | 2.17 |
| Recomendación | Luz mayor a 25 metros para evitar la socavación por contracción | Luz mayor a 35 metros para evitar la socavación local. |
| Obras de Protección | | |
| Obras de protección | - | Se propone una protección tipo enrocado del puente |

CONCLUSIONES

1. El puente Huiquisa es un proyecto de importancia y conforma uno de los 31 puentes proyectados en el tramo 4 comprendido entre Azángaro e Inambari sector Macusani – Ollachea progresiva 198 + 771 del corredor vial interoceánico del sur Perú- Brasil. El puente proyectado es un puente tipo losa de concreto armado y tiene una luz de 30 m.
2. En necesario la elaboración de un nuevo puente debido a que la subestructura del puente actual ha fallado y está a punto de colapsar y se está hundiendo además este puente es tipo Bayle y no cumple con las condiciones de servicio de una carretera internacional.
3. Según los especialistas geotécnicos, el hundimiento de la estructura se debe a que la conformación geomorfológica está compuesta por estratos rocosos de ignimbrita muy alterada y fragmentada que en contacto con el agua se vuelve muy alterada por lo que ellos proponen pilotes perforados para soportar los estribos.

4. Características de la cuenca:

| Nº Cuenca | Progresiva | Nombre Puente | Área (km ²) | Long (m) | Dh (m) | S Pend. |
|-----------|------------|---------------|-------------------------|----------|--------|---------|
| 118 | 198+771 | Huiquisa | 876.24 | 42246.69 | 980 | 0.023 |

5. Descargas generadas por la cuenca: (Cálculo efectuado por Intersur)

| Nº Cuenca | Nombre de Cuenca | Obra | Prog. | Descarga Q (m ³ /s) (TR=100años) | Descarga Q (m ³ /s) (TR=500años) |
|-----------|------------------|--------|---------|---|---|
| 118 | Macusani | Puente | 198+771 | 171.31 | 339.14 |

6. Gradiente Hidráulica:

| Nº Cuenca | Nombre de Quebrada | Tipo de Estructura | Progresiva Km. | Gradiente Hidráulica Sw |
|-----------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------------|
| 118 | Macusani | Puente | 198+771 | 0.0093 |

7. El coeficiente de rugosidad de manning n considerada es de 0.04 en el canal y 0.06 en las paredes laterales.
8. El ángulo de esviaje del puente es de 111°
9. Luego del modelamiento se puede comprobar que para un $T_r = 100$ años estructuralmente no tendrá ningún problema, el nivel máximo de las aguas **NAME** = 4128.41 m.s.n.m.
10. El nivel mínimo del tablero deberá ser de 4129.91 m.s.n.m.
11. Los valores de socavación fueron obtenidos con el programa de computo HEC RAS. Según menciona el HEC 18 el valor de la socavación local es conservador por lo tanto hemos reducido el resultado de la socavación local en 50% adicionando obras de protección.
Izquierda: Socavación general + socavación por contracción (m) = 1.88
Derecha: Socavación general + socavación por contracción (m) = 2.17

RECOMENDACIONES

12. Se recomienda una luz libre mayor de 35 metros a fin de evitar la socavación local; sin embargo aceptando las profundidades de socavación calculadas, el puente puede tener una luz libre de 30 m.
13. A fin de garantizar la estabilidad de la estructura se está proponiendo un sistema de protección tipo enrocado, para la subestructura del puente Huiquisá.

BIBLIOGRAFIA

- Alberto Ivan Semino Valle - Estudio Hidrológico e Hidráulico del Puente acceso a la casa hogar San Clemente – Informe de suficiencia. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú 2002
- Arturo Rocha Felices, Introducción a la Hidráulica Fluvial, Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería, 1998
- Chow Ven Te, Hidráulica de los Canales Abiertos – Editora Diana México 1982
- Chow Ven Te, R Maid ment, W Mays Larry – Hidrología aplicada Mac Graw Hill Interamericana S.A. , 1999
- Consorcio Vial Sur – Estudio a Nivel de Factibilidad del Corredor Vial Interoceánico Sur - Tramo IV, 2004
- Díaz Arias, JM(2000) Factores Hidráulicos para el diseño de puentes – Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil UNI
- Enrique Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, Capitulo Peruano ACI, 2000
- Intersur Concesiones S.A. Ingeniería de Detalle del Puente Huiquisa Km. 198+777. Tramo 4 del Corredor Vial Interoceánico Sur., 2007
- Leonardo S. Nania Emilio Molero - Manual Básico de HEC RAS 3.1.3 y Hec –GeoRAS 3.1.1
- MTC – Dirección General de Caminos, Manual del diseño de Puentes , 2003
- MTC - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras MTC, 2001
- MTC - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Guía para Inspección de Puentes MTC, 2006
- U.S. Department of Transportation Federal Highway administration – Hydraulic Engineering Circular Nro 18 Evaluating Scour at Bridges , Four Edition, 2001
- U.S. Department of Transportation Federal Highway administration – Hydraulic Engineering Circular Nro 23 Bridges Scour and Stream Instability Countermeasures, Second Edition, 2001

ANEXOS

- A. Descripción del puente proyectado
- B. Información topográfica
 - Plano Topográfico
 - Planta y perfil
 - Secciones transversales
- C. Información geotécnica
 - Curva granulométrica
 - Perfiles estratigráficos
- D. Información hidrológica
 - Plano de la cuenca
 - Datos de descarga
 - Registros Pluviométricos de la estación Nuñoa
- E. Modelamiento hidráulico (HEC-RAS)
 - Modelamiento con el software HEC-RAS versión Beta 4.0
 - Secciones del Rio Macusani y del puente Huiquisa en proyecto
 - Vista en planta del Modelamiento con el HEC RAS del Puente Huiquisa
 - Vista del puente existente
 - Vista tridimensional (3D) del puente actual
 - Modelamiento tridimensional
 - Perfil Longitudinal del río Macusani

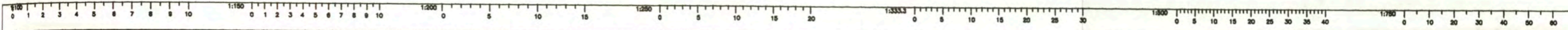
A. DESCRIPCION DEL PUENTE PROYECTADO

El puente en proyecto Huiquisa Km. 198+771 es un puente tipo losa de concreto armado de 30.00 m de longitud (entre ejes de apoyo), con una capa de rodadura de 5 cm de espesor, dos estribos de concreto armado y una sección transversal constante que se detalla a continuación:

- Dos carriles de 3.00 m cada uno
- Dos bermas de 0.60 m cada una
- Dos veredas de 0.60 m cada una
- Dos barandas de 0.15 m cada una

B. INFORMACION TOPOGRAFICA

- Plano Topográfico
- Planta y perfil
- Secciones transversales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO ACADEMICO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA

DISEÑO: Bach. PAOLO PANEZ RICARDI
 DIBUJO: P.P.P.R.
 REVISADO: Ing. ROCIO ARISTA ALARCON
 APROBADO:

Aprobó:

| REVISIONES | |
|------------|-------|
| N° | FECHA |
| | |
| | |
| | |

EVALUACIÓN DEL DISEÑO
 DE LA CIMENTACIÓN CON PILOTES PERFORADOS DEL NUEVO PUENTE HUIQUISA
 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 4
 TOPOGRAFIA
 PUENTE HUIQUISA
 PROG. 198+771
 VISTA GENERAL

ESCALA : S/E
 FECHA : DICIEMBRE 2007
 T4-PT-01



4125

4125

| EST. Distancia | Elementos Horizontales | Cotas del Terreno | Distancia | EST. |
|---------------------|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| +0.000 0.000 | | 4125.500 | 0.000 | 0 |
| | | 4125.500 | 5.000 | 0+5.000 |
| | | 4125.500 | 10.000 | 0+10.000 |
| | | 4125.500 | 15.000 | 0+15.000 |
| +22.316 22.316 | L = 22.316 | 4125.211 | 20.000 | 0+20.000 |
| | | 4125.007 | 25.000 | 0+25.000 |
| | | 4125.000 | 30.000 | 0+30.000 |
| +37.518 37.518 | L = 15.202 = 5.406 9.97% | 4125.000 | 35.000 | 0+35.000 |
| | | 4125.000 | 40.000 | 0+40.000 |
| +42.923 42.923 | | 4125.017 | 45.000 | 0+45.000 |
| | | 4125.216 | 50.000 | 0+50.000 |
| +52.898 52.898 | | 4125.500 | 55.000 | 0+55.000 |
| | | 4125.500 | 60.000 | 0+60.000 |
| +59.814 59.814 | | 4125.500 | 65.000 | 0+65.000 |
| | | 4125.500 | 70.000 | 0+70.000 |
| | | 4125.500 | 75.000 | 0+75.000 |
| | | 4125.500 | 80.000 | 0+80.000 |
| +81.215 81.215 | L = 21.401 | 4125.500 | 85.000 | 0+85.000 |
| | | 4125.500 | 90.000 | 0+90.000 |
| | | 4125.500 | 95.000 | 0+95.000 |
| +97.615 97.615 | L = 16.400 | 4125.500 | 100.000 | 0+100.000 |
| | | 4125.500 | 105.000 | 0+105.000 |
| | | 4125.500 | 110.000 | 0+110.000 |
| | | 4125.500 | 115.000 | 0+115.000 |
| | | 4125.500 | 120.000 | 0+120.000 |
| +125.558 125.558 | L = 27.943 | 4125.500 | 125.000 | 0+125.000 |
| | | 4125.500 | 130.000 | 0+130.000 |
| | | 4125.500 | 135.000 | 0+135.000 |
| +141.195 141.195 | L = 15.637 | 4125.500 | 140.000 | 0+140.000 |
| | | 4125.770 | 145.000 | 0+145.000 |
| +152.368 152.368 | L = 11.173 | 4126.000 | 150.000 | 0+150.000 |
| | | 4126.000 | 155.000 | 0+155.000 |
| +159.551 159.551 | L = 7.183 | 4126.000 | 160.000 | 0+160.000 |
| | | 4126.492 | 165.000 | 0+165.000 |
| +172.280 172.280 | L = 12.729 | 4126.500 | 170.000 | 0+170.000 |
| | | 4126.500 | 175.000 | 0+175.000 |
| +182.775 182.775 | L = 10.495 | 4126.500 | 180.000 | 0+180.000 |
| | | 4126.500 | 185.000 | 0+185.000 |
| +194.633 194.633 | L = 11.858 | 4126.500 | 190.000 | 0+190.000 |
| | | 4126.500 | 195.000 | 0+195.000 |
| +209.625 209.625 | L = 14.992 | 4127.000 | 200.000 | 0+200.000 |
| | | 4127.000 | 205.000 | 0+205.000 |
| +219.337 219.337 | L = 9.074 | 4127.000 | 210.000 | 0+210.000 |
| +224.692 224.692 | L = 5.355 | 4127.409 | 215.000 | 0+215.000 |
| | | 4127.500 | 220.000 | 0+220.000 |
| +236.621 236.621 | L = 11.929 | 4128.000 | 225.000 | 0+225.000 |
| | | 4128.000 | 230.000 | 0+230.000 |
| +266.119 266.119 | L = 29.498 | 4127.767 | 235.000 | 0+235.000 |
| | | 4127.500 | 240.000 | 0+240.000 |
| | | 4127.858 | 245.000 | 0+245.000 |
| | | 4128.000 | 250.000 | 0+250.000 |
| | | 4128.000 | 255.000 | 0+255.000 |
| | | 4128.000 | 260.000 | 0+260.000 |
| | | 4128.000 | 265.000 | 0+265.000 |
| | | 4128.000 | 270.000 | 0+270.000 |
| | | 4128.000 | 275.000 | 0+275.000 |
| | | 4128.000 | 280.000 | 0+280.000 |
| | | 4128.116 | 285.000 | 0+285.000 |
| | | 4128.500 | 290.000 | 0+290.000 |
| | | 4128.500 | 295.000 | 0+295.000 |
| | | 4128.500 | 300.000 | 0+300.000 |
| +305.094 305.094 | L = 38.975 | 4128.500 | 305.000 | 0+305.000 |
| | | 4128.500 | 310.000 | 0+310.000 |
| | | 4128.500 | 315.000 | 0+315.000 |
| | | 4128.500 | 320.000 | 0+320.000 |
| +327.838 327.838 | L = 22.744 | 4129.231 | 325.000 | 0+325.000 |
| | | 4130.103 | | 0+325.000 |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA

DISEÑO: Bch. PAOLO PANERICAL
 DIBUJO: P.P.P.R.
 REVISADO: Ing. ROO ARISTA ALARCON
 APROBADO:

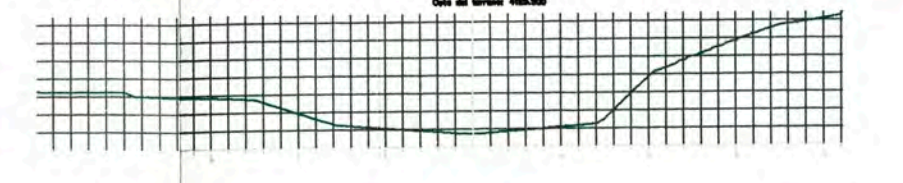
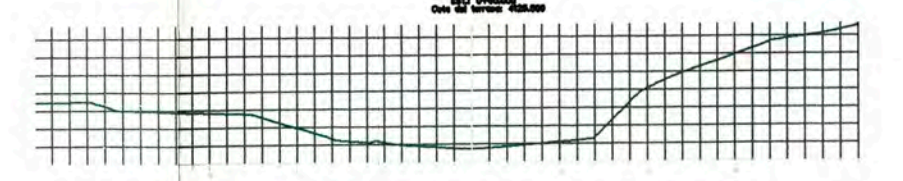
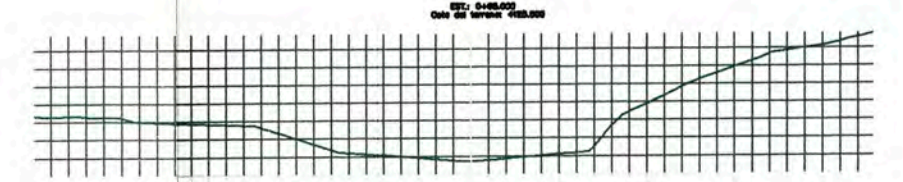
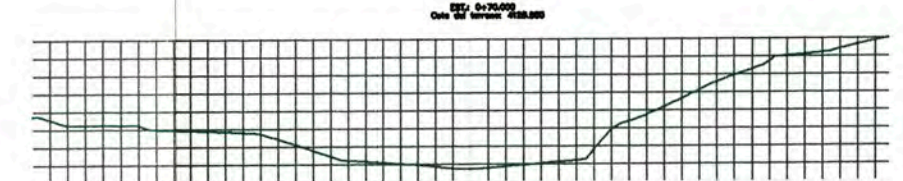
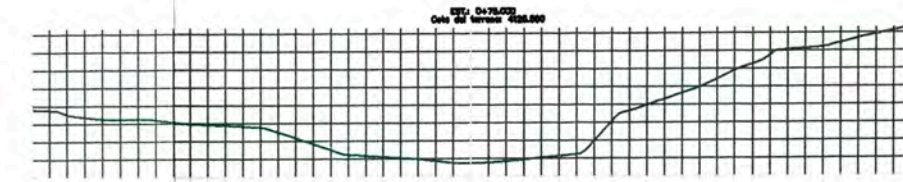
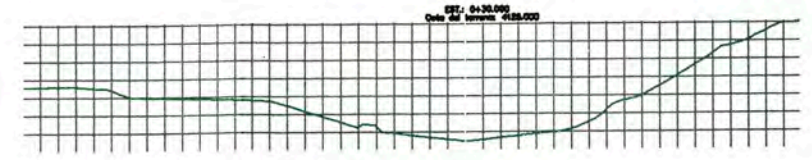
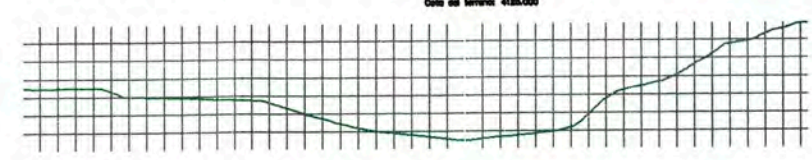
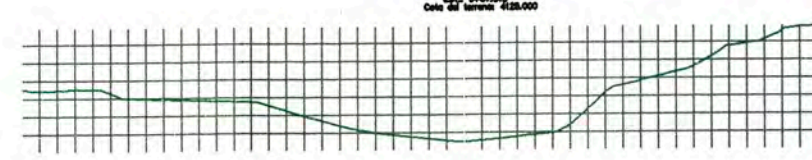
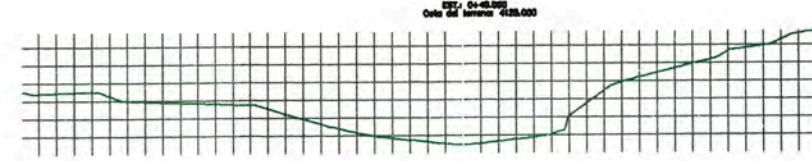
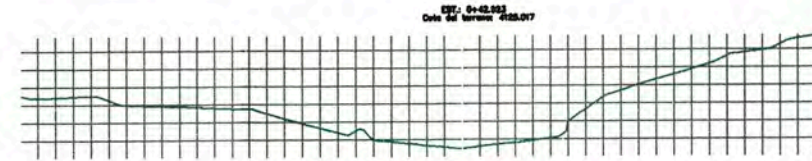
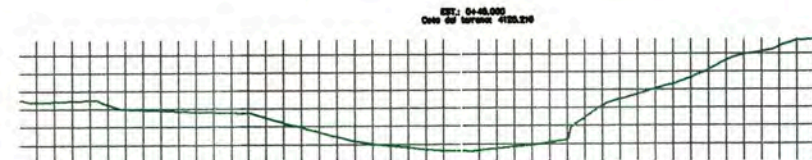
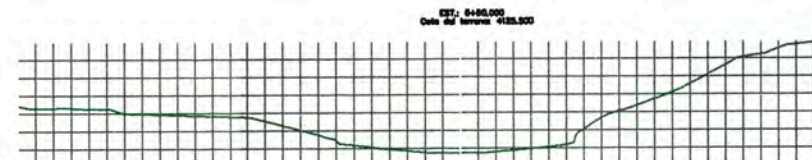
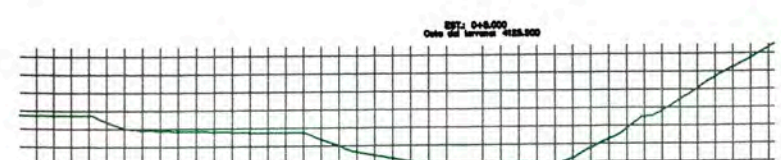
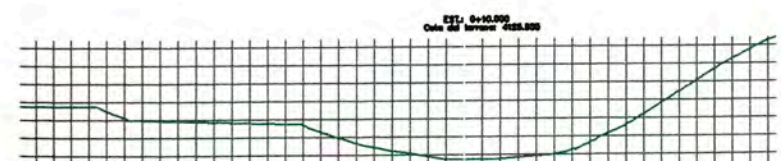
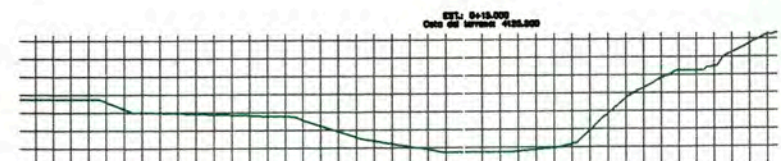
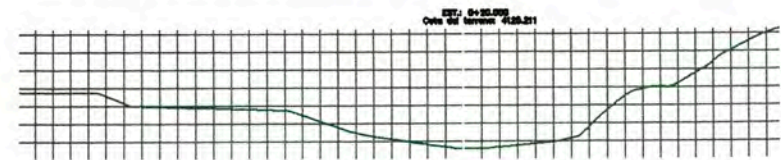
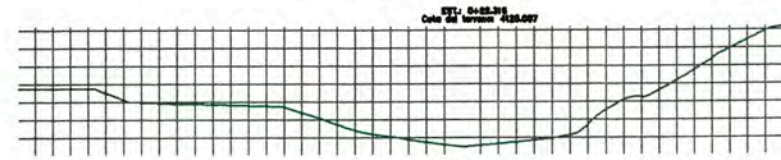
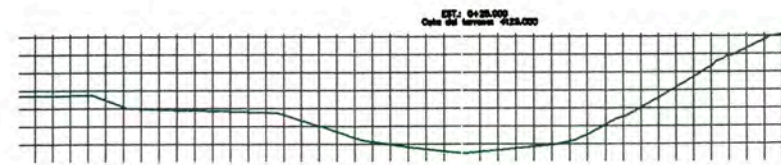
Aprobó:

| N° | FECHA | REVISIONES |
|----|-------|-------------|
| | | DESCRIPCION |

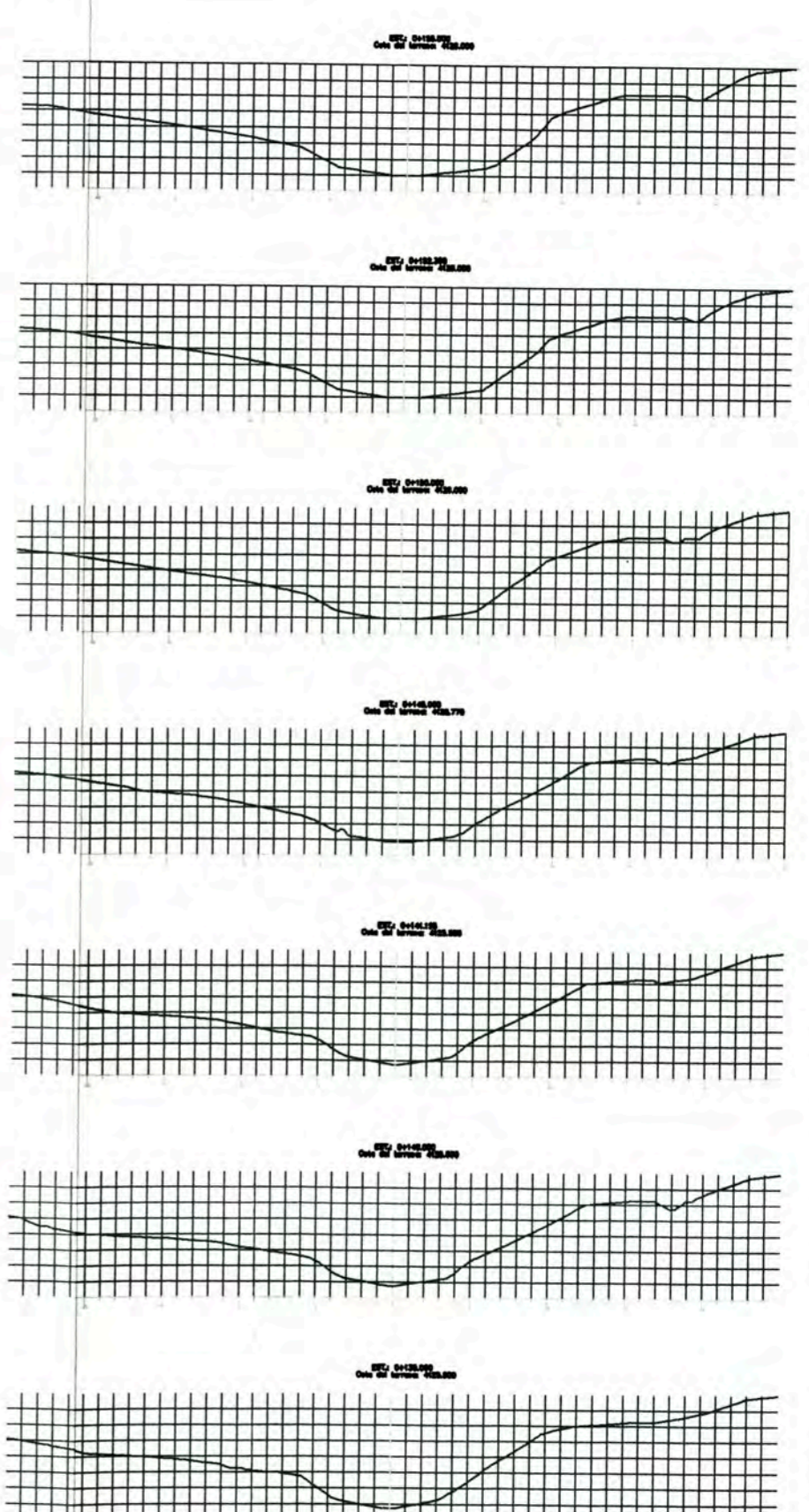
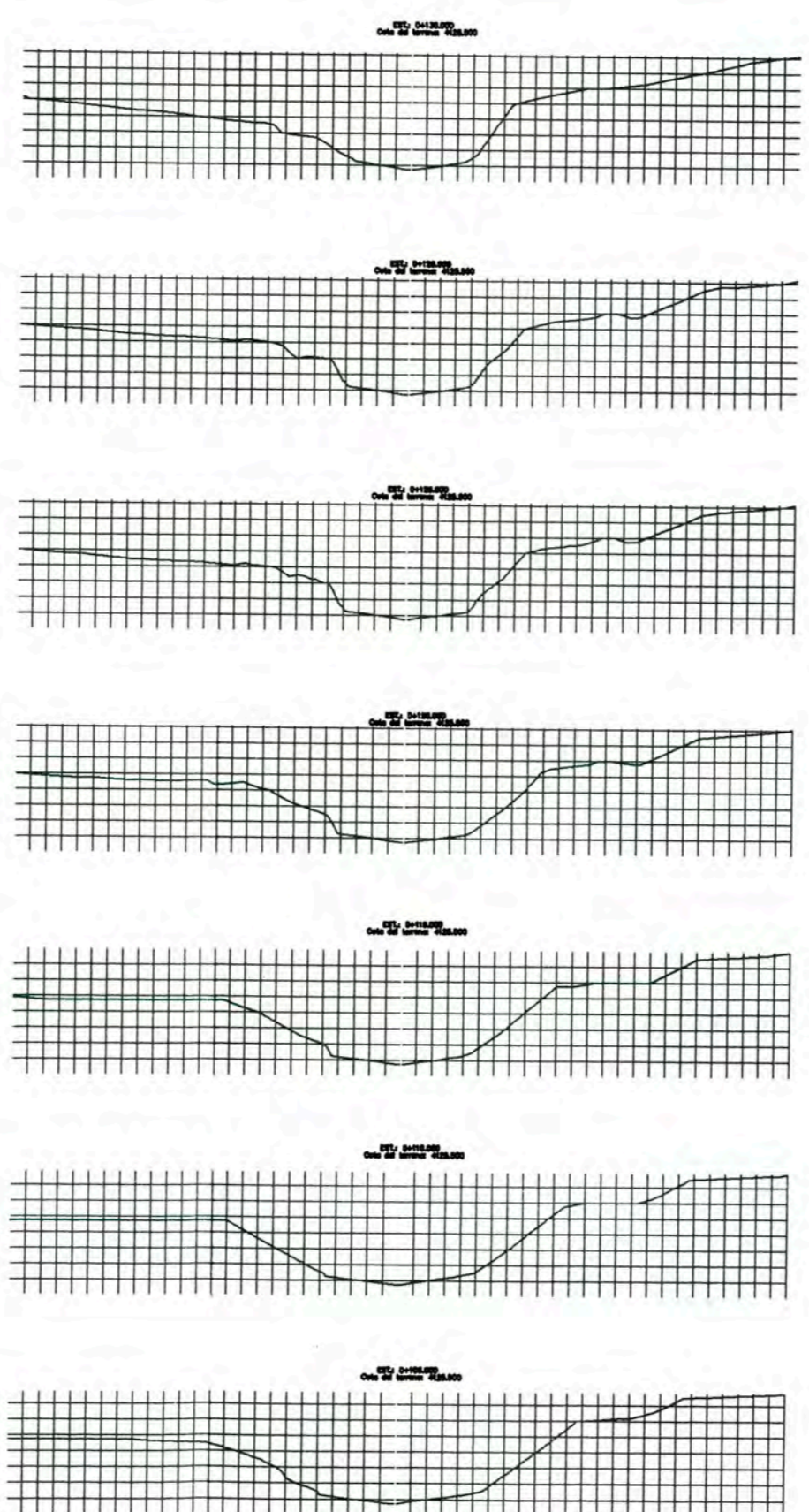
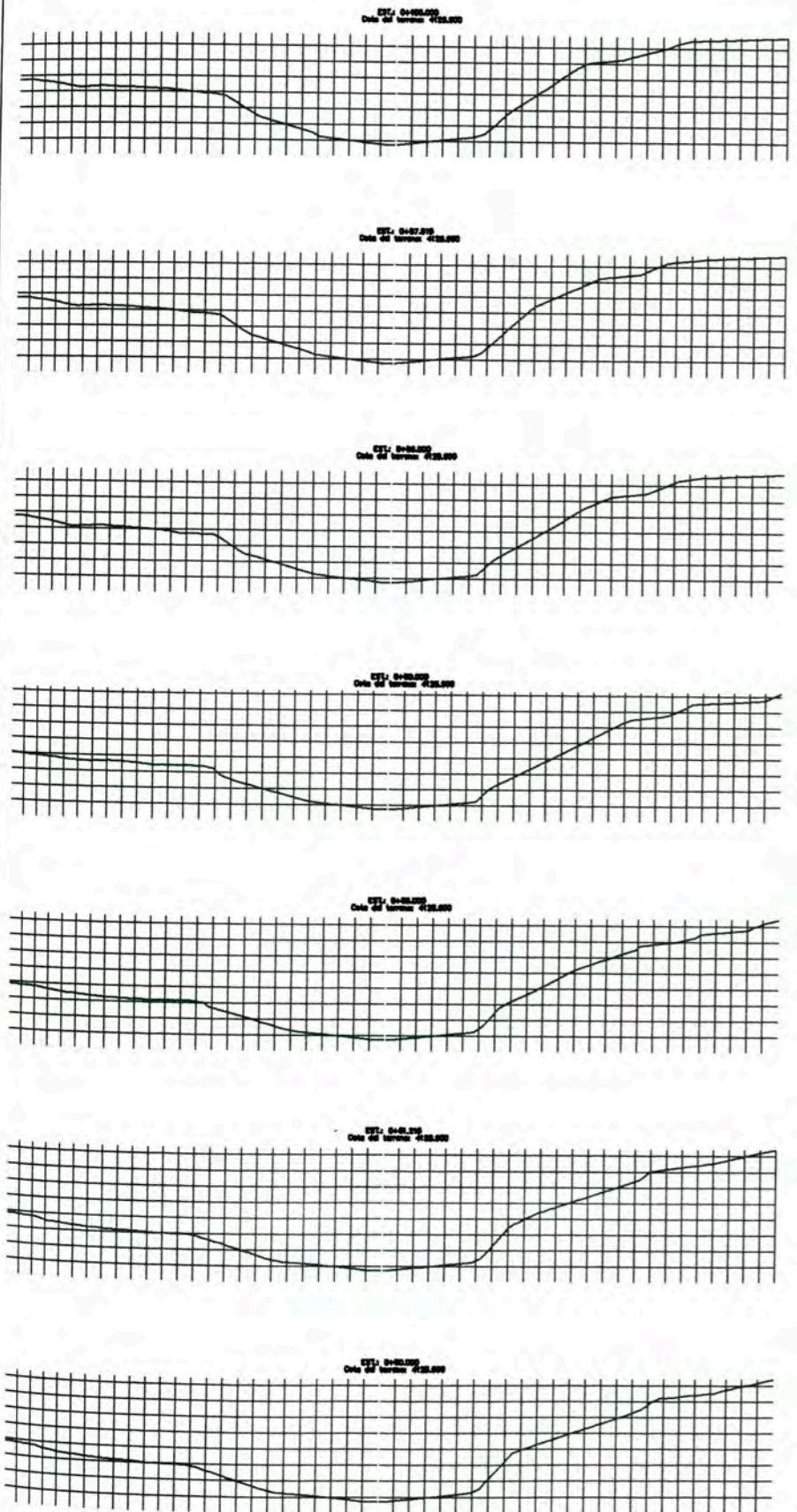
EVALUACIÓN DEL DISEÑO
 DE LA CIMENTACIÓN CON PILOTES PERFORADOS DEL NUEVO PUENTE HUIQUISA
 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO

PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 4
 TOPOGRAFIA
 PUENTE HUIQUISA PROG. 188+771
 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 DEL CAUCE DEL RIO MACUSANI

ESCALA : 1/1000
 FECHA : DICIEMBRE 2007
 T4-ST-04



| REVISIONES | |
|------------|-------|
| N° | FECHA |
| | |
| | |
| | |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA

DISEÑO: Bch. PAOLO PANEZ RICALDI
 DIBUJO: P.P.P.
 REVISADO: Ing. ROGO ARISTA ALARCON
 APROBADO:

Aprobó:

| REVISIONES | |
|------------|-------|
| N° | FECHA |
| | |
| | |
| | |

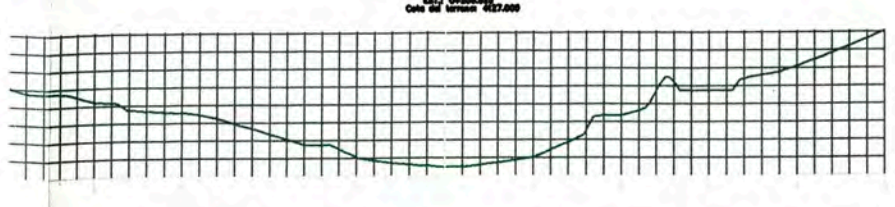
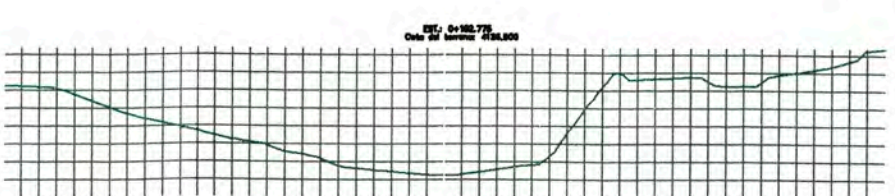
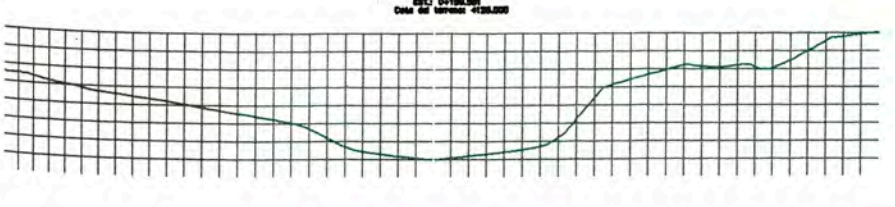
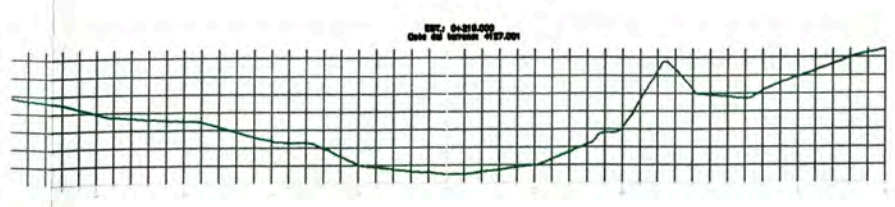
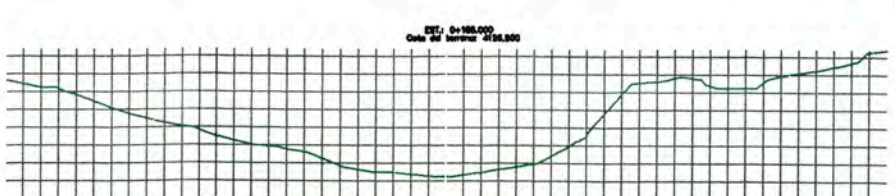
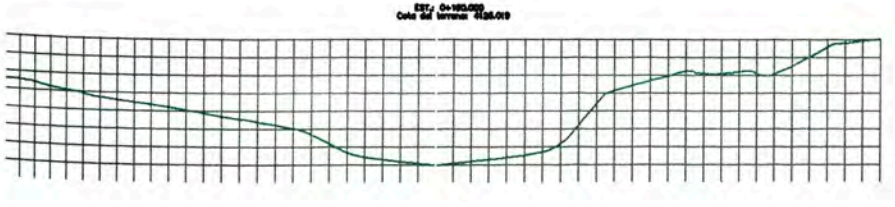
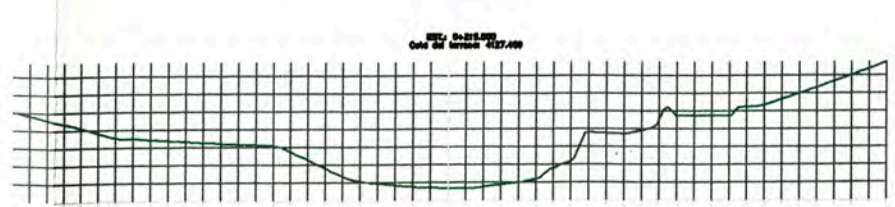
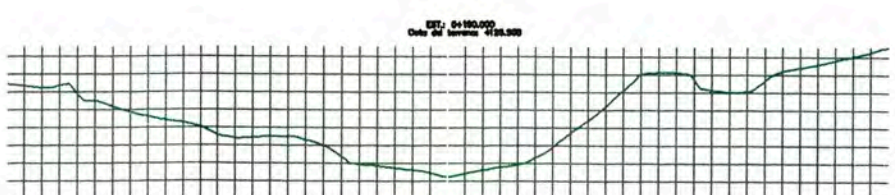
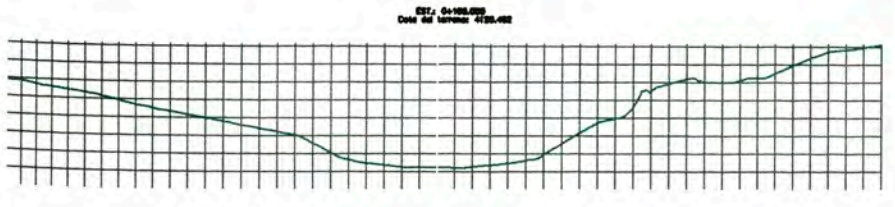
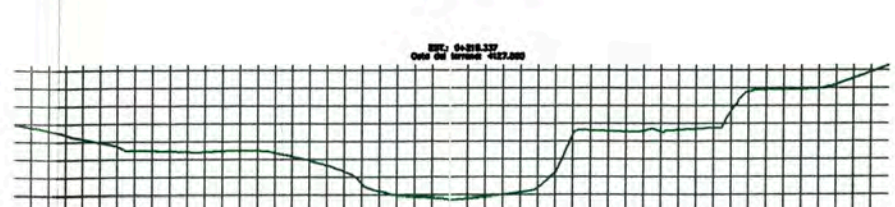
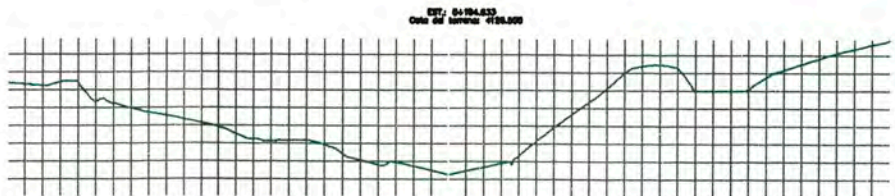
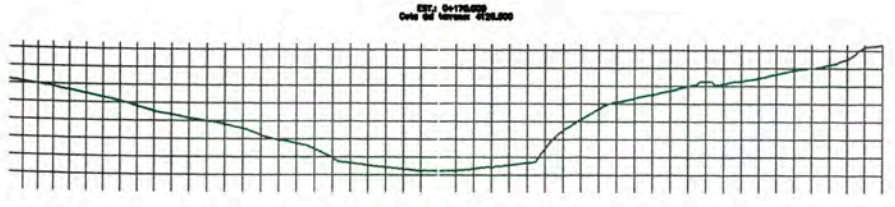
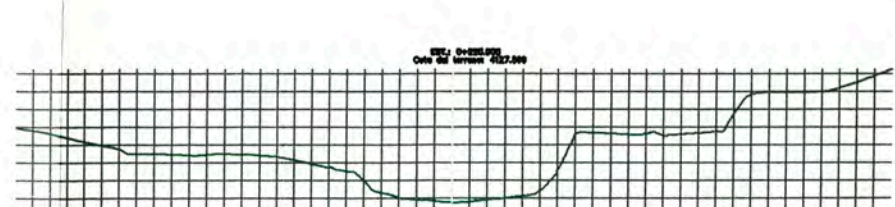
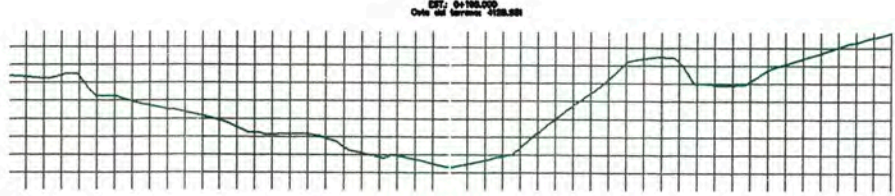
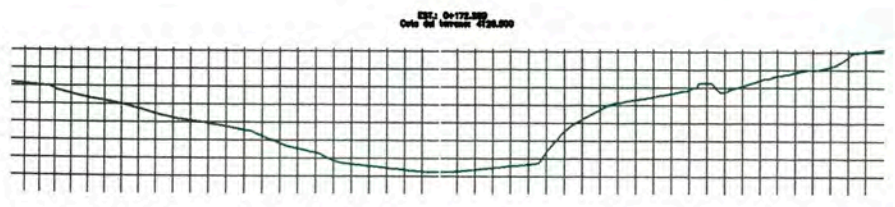
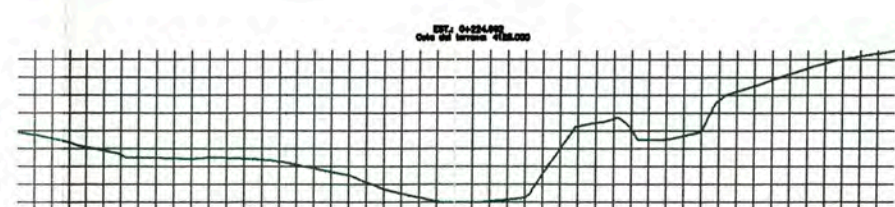
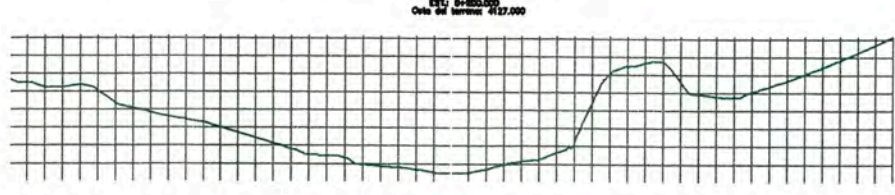
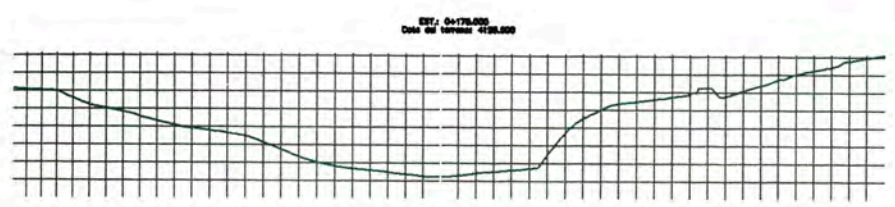
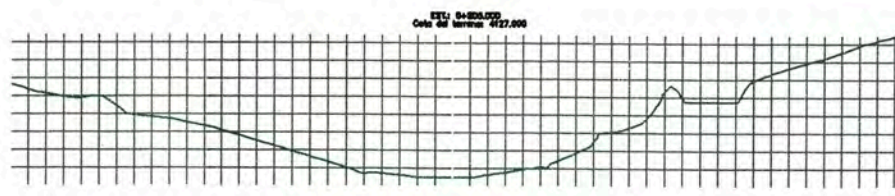
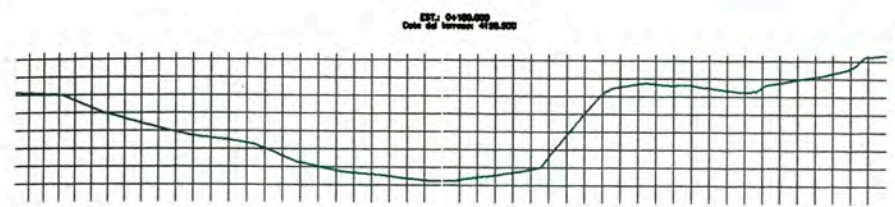
EVALUACIÓN DEL DISEÑO
 DE LA CIMENTACIÓN CON PILOTES PERFORADOS DEL NUEVO PUENTE HUIQUISA
 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

PROYECTO CORREDOR VIAL INTEROCEANICO SUR TRAMO 4
 TOPOGRAFIA
 PUENTE HUIQUISA

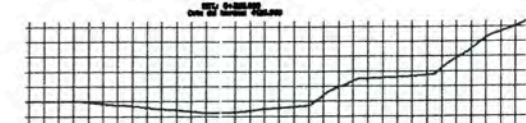
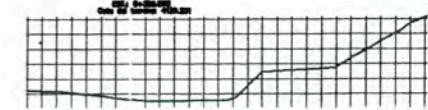
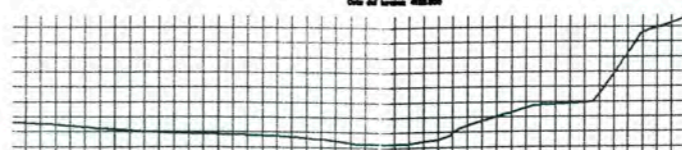
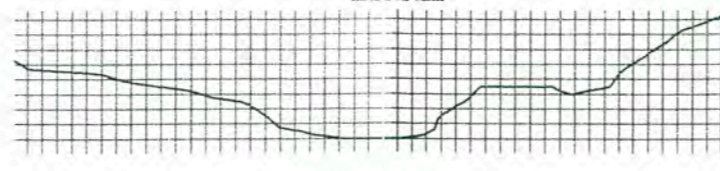
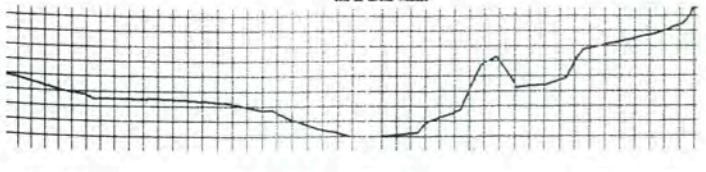
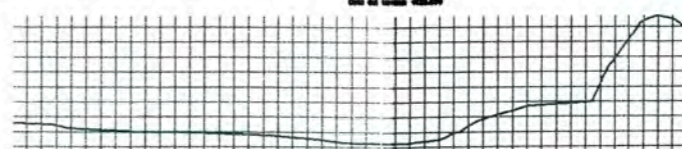
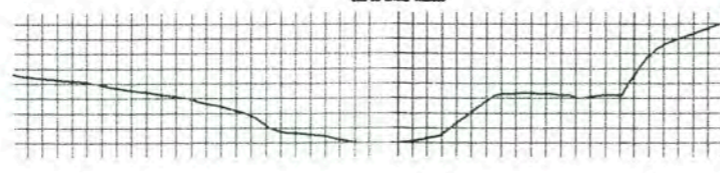
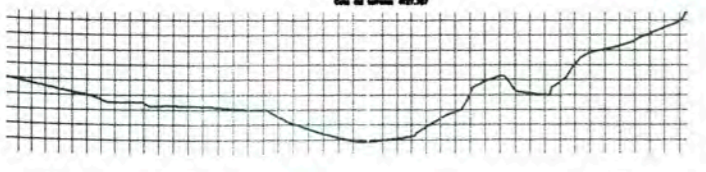
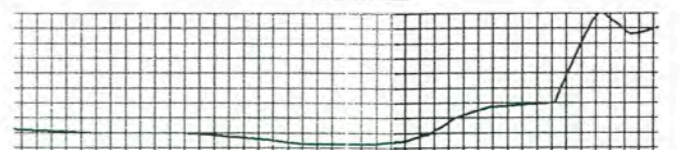
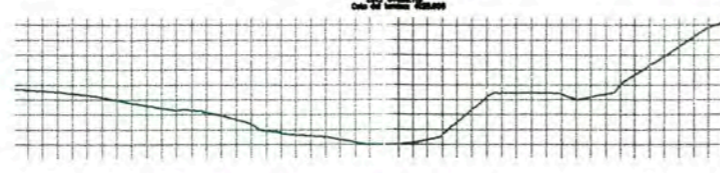
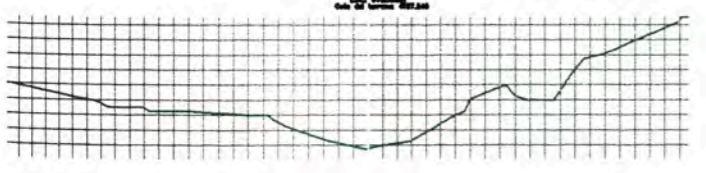
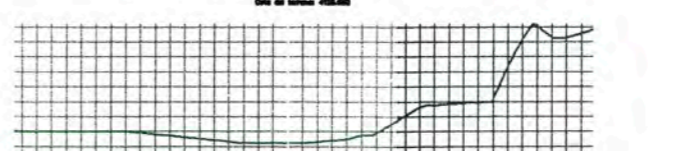
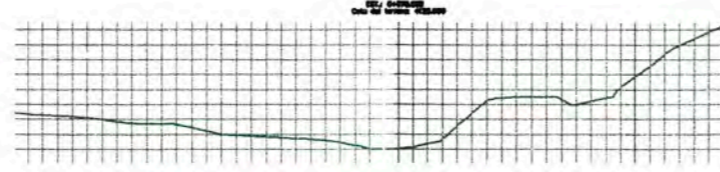
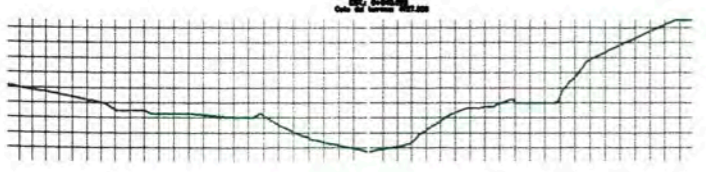
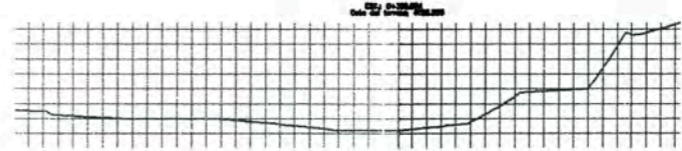
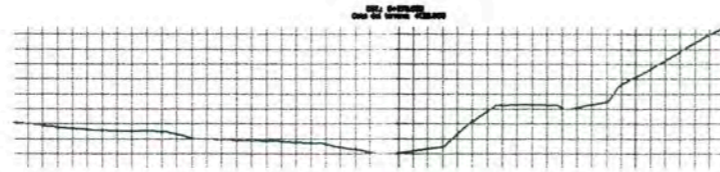
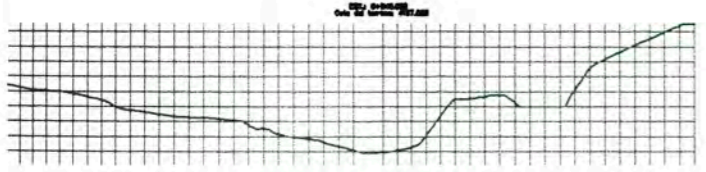
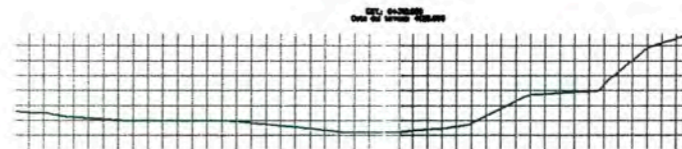
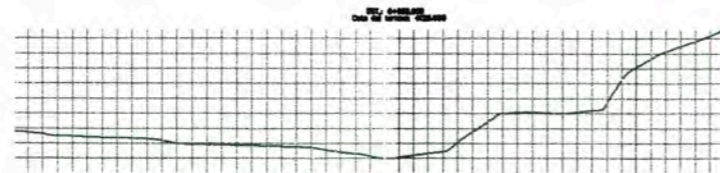
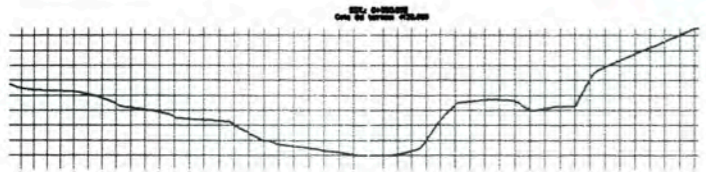
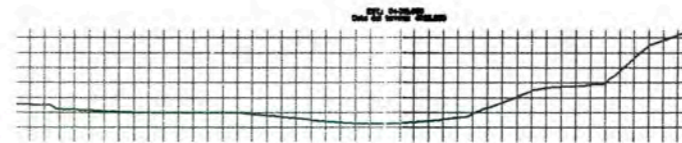
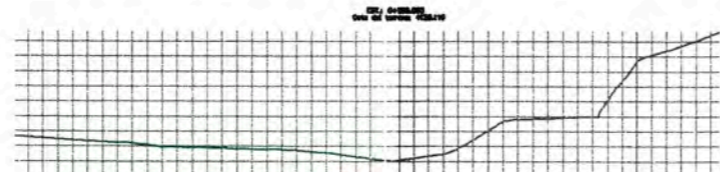
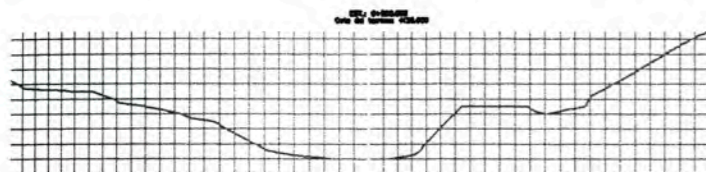
SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO MACUSANI

ESCALA : INDICADA
 FECHA : DICIEMBRE 2007

T4-ST-02

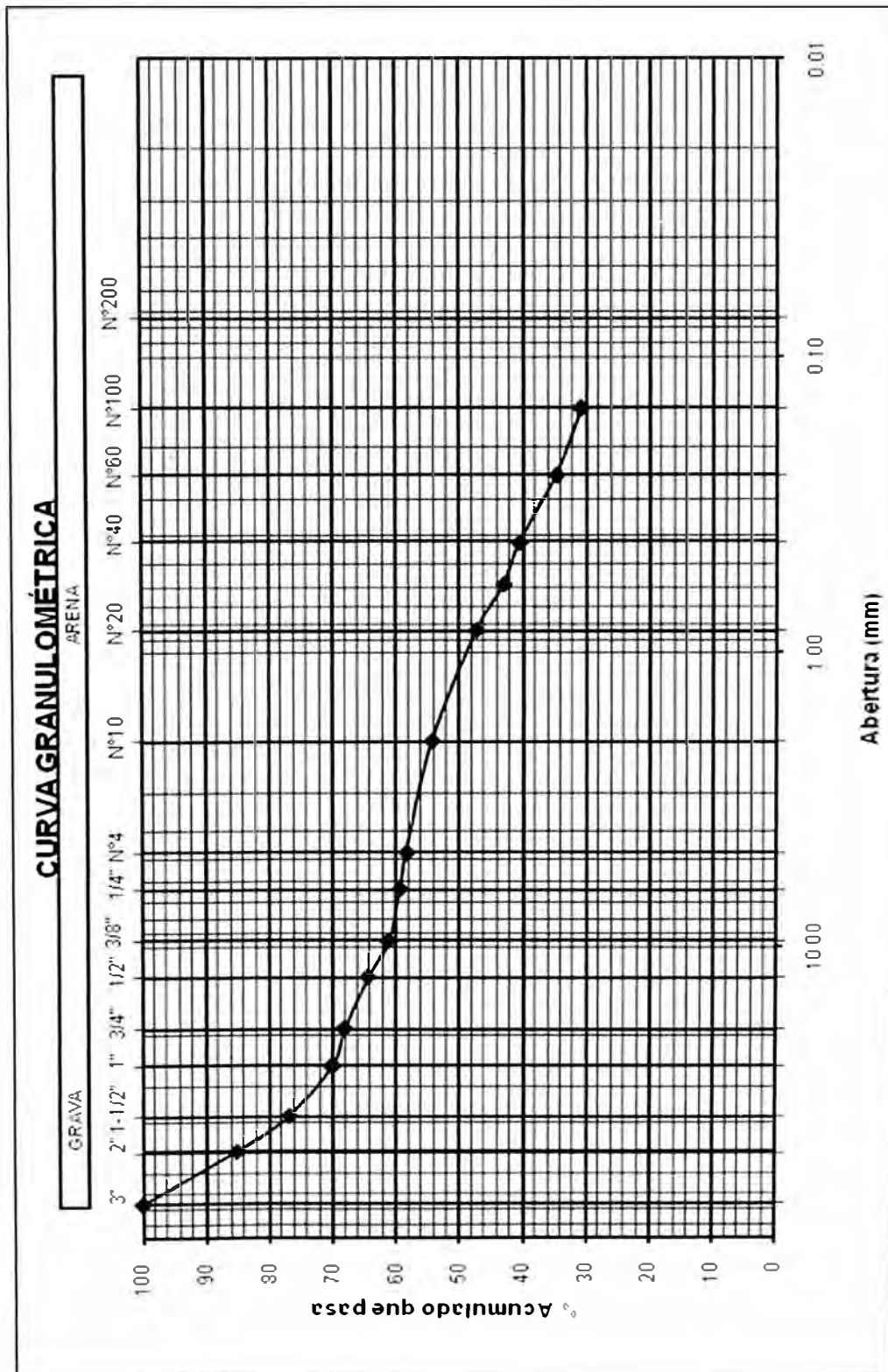


| REVISIONES | |
|------------|-------|
| N° | FECHA |
| | |
| | |
| | |



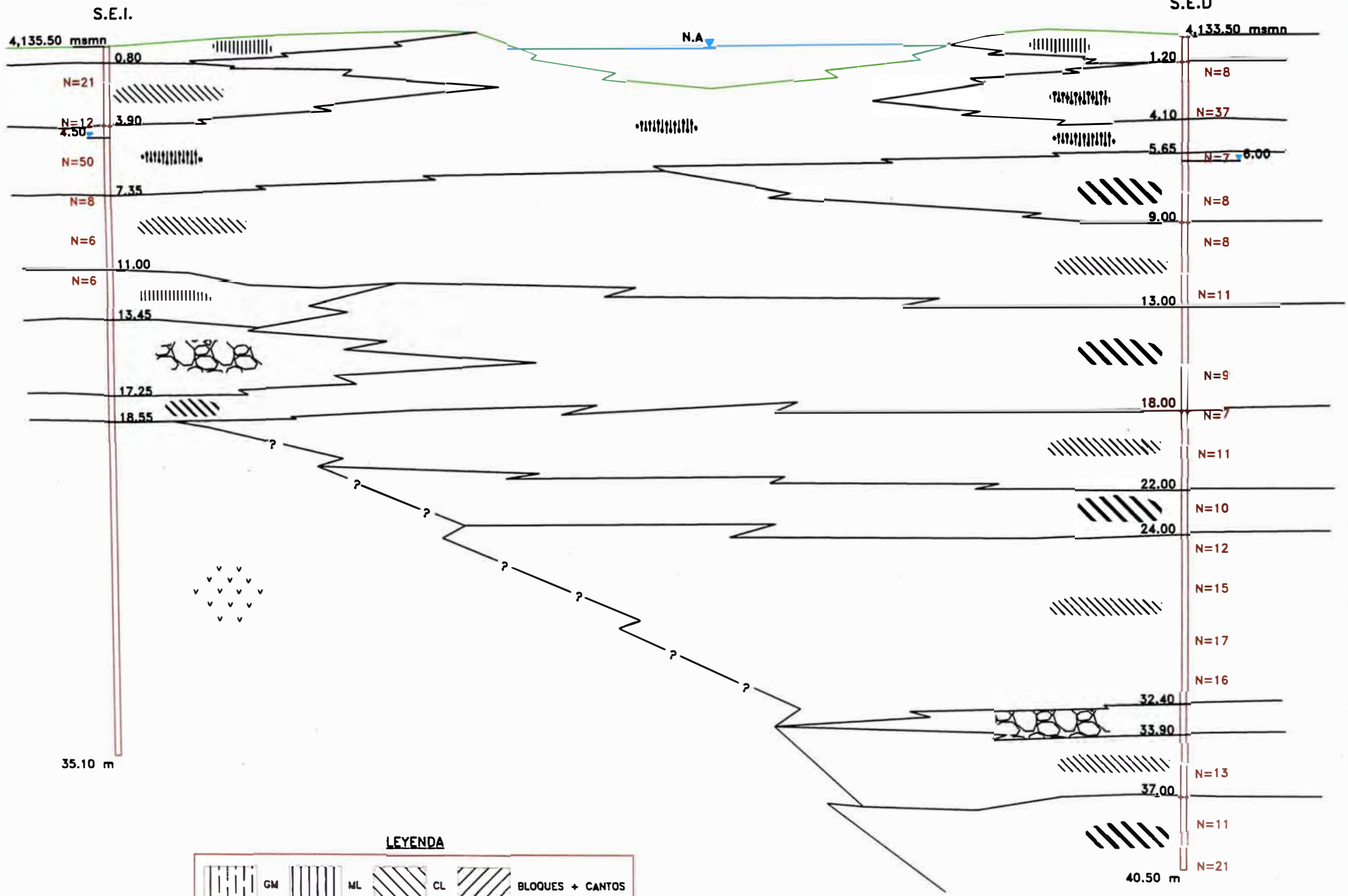
| REVISIONES | |
|------------|-------|
| N° | FECHA |
| | |
| | |
| | |

C. INFORMACION GEOTECNICA



MUESTRA 1: ESTRIBO IZQUIERDO Profundidad 0.5 – 1.5 m,
D50 = 1.2 mm, D65 = 12.8 mm, D75 = 33.2 mm, D90 = 56.5 mm.

PUENTE HUIQUISA Km: 199+030



ELABORADO POR: Ing. John Garafa
 REVISADO POR: Ing. Cesar Flores
 APROBADO POR: Ing. Cesar Flores



| REVISIONES | |
|------------|-------|
| N° | FECHA |
| | |
| | |
| | |

D. INFORMACION HIDROLOGICA

DATOS DE DESCARGAS PARA UN PERIODO DE RETORNO TR = 100 AÑOS

CUADRO N° 01. Descargas Generadas para Puentes(Tr=100años)

| N° Cuenca | Tipo de Obra | Nombre | Progres. | Area (km ²) | Long (m) | Dh (m) | S Pend. | P _{24horas} (mm) | N | Pe (mm) | Tc (h) | I (mm/h) | Método | | | | | | Q _{dis.} (m ³ /s) |
|--------------|-----------------|----------|----------|----------------------------|-------------|-----------|------------|------------------------------|----|------------|-----------|-------------|--------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|--|
| | | | | | | | | | | | | | SCS | | Mac-Math | | Racional | | |
| | | | | | | | | | | | | | q | Q (m ³ /s) | C | Q (m ³ /s) | C | Q (m ³ /s) | |
| 118 | Puente | Huiquisa | 198+771 | 876.240 | 42246.69 | 980 | 0.023 | 51.40 | 75 | 3.62 | 5.05 | --- | 0.054 | 171.31 | ---- | ---- | --- | ---- | 171.31 |

Fuente: INTERSUR CONCESIONES S.A.

DATOS DE DESCARGAS PARA UN PERIODO DE RETORNO TR = 500 AÑOS

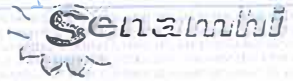
CUADRO N° 02. Descargas Generadas para Puentes(Tr=500años)

| N° Cuenca | Tipo de Obra | Nombre | Progres. | Area (km ²) | Long (m) | Dh (m) | S Pend. | P _{24horas} (mm) | N | Pe (mm) | Tc (h) | I (mm/h) | Método | | | | | | Q _{dis.} (m ³ /s) |
|--------------|-----------------|----------|----------|----------------------------|-------------|-----------|------------|------------------------------|----|------------|-----------|-------------|--------|--------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|--|
| | | | | | | | | | | | | | SCS | | Mac-Math | | Racional | | |
| | | | | | | | | | | | | | q | Q (m ³ /s) | C | Q (m ³ /s) | C | Q (m ³ /s) | |
| 118 | Puente | Huiquisa | 198+771 | 876.240 | 42246.69 | 980 | 0.023 | 64.22 | 75 | 7.17 | 5.05 | --- | 0.054 | 339.14 | ---- | ---- | --- | ---- | 339.14 |

Fuente: INTERSUR CONCESIONES S.A.



Oficina General de Estadística e Informática



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : NUÑO A / 157404 / DRE-13
PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT. : 14° 29' "S" DPTO. : PUNO
LONG. : 70° 38' "W" PROV. : MELGAR
ALT. : 4135 msnm DIST. : NUÑO A

| AÑO | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1972 | 28.3 | 18.9 | 13.0 | 3.4 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 8.7 | 9.2 | 5.3 | 9.4 | 17.1 |
| 1973 | 14.6 | 15.6 | 12.2 | 8.2 | 0.0 | 0.0 | 9.5 | 28.3 | 8.2 | 18.9 | 8.2 | 7.8 |
| 1974 | 13.7 | 13.8 | 9.6 | 0.0 | 3.0 | 2.0 | 0.0 | 11.3 | 9.6 | 6.0 | 3.4 | 19.4 |
| 1975 | 16.4 | 14.6 | 11.3 | 3.4 | 3.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.1 | 7.4 | 8.8 | 15.2 |
| 1976 | 15.0 | 13.8 | 0.9 | 4.4 | 17.4 | 9.2 | 8.6 | 9.9 | 8.6 | 4.5 | 32.5 | 12.0 |
| 1977 | 7.2 | 11.7 | 20.7 | 8.2 | 20.5 | 2.4 | 1.9 | 0.9 | 10.3 | 10.0 | 17.5 | 17.4 |
| 1978 | 21.5 | 22.5 | 15.0 | 16.3 | 6.3 | 1.9 | 1.3 | 0.0 | 6.3 | 6.8 | 12.4 | 16.4 |
| 1979 | 13.3 | 20.7 | 15.9 | 10.5 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1.7 | 2.0 | 8.3 | 8.6 | 11.3 |
| 1980 | 16.4 | 16.2 | 25.2 | 12.5 | 2.3 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 3.1 | 19.8 | 14.1 | 20.2 |
| 1981 | 13.5 | 17.2 | 10.7 | 6.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.7 | 9.2 | 9.4 | 13.2 |
| 1982 | 16.1 | 8.3 | 13.1 | 11.4 | 4.9 | 0.0 | 0.0 | 2.3 | 9.8 | 14.2 | 23.8 | 31.6 |
| 1983 | 13.2 | 11.4 | 12.2 | 4.1 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.6 | 3.2 | 10.5 | 2.0 |
| 1984 | 15.8 | 25.9 | 18.6 | 2.3 | 5.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 4.2 | 9.5 | 11.2 |
| 1985 | 12.2 | 29.5 | 16.3 | 7.1 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.9 | 8.2 | 7.2 | 8.3 |
| 1986 | 17.8 | 20.9 | 21.4 | 7.5 | 1.9 | 23.2 | 0.0 | 0.0 | 4.5 | 7.2 | 8.3 | 10.7 |
| 1987 | 13.3 | 7.3 | 6.2 | 3.5 | 2.3 | 3.2 | 17.1 | 9.3 | 12.8 | 9.3 | 12.8 | 8.0 |
| 1988 | 12.5 | 17.3 | 20.2 | 10.0 | 7.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 14.1 | 15.6 |
| 1989 | 7.1 | 23.3 | 12.4 | 4.3 | 4.2 | 0.0 | 0.0 | 6.2 | 10.2 | 22.5 | 38.4 | 16.3 |
| 1990 | 35.1 | 26.3 | 17.6 | 4.2 | 2.4 | 11.9 | 0.0 | 2.5 | 3.7 | 11.5 | 15.5 | 11.7 |

S(1) = Sin Dato
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : CONSORCIO VIAL SUR
LIMA , 31 DE MARZO DEL 2004

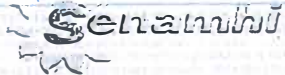
PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

REGISTROS PLUVIOMETRICOS DE LA ESTACION NUÑO A

EVALUACION DEL DISEÑO DE LA CIMENTACION CON PILOTES PERFORADOS DEL NUEVO PUENTE HUACUISA
ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO
Bach. Paolo Paul Panes Ricardi



Oficina General de Estadística e Informática



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : NUÑO A / 157404 / DRE-13
PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LAT : 14 ° 29 ' "S" DPTO : PUNO
LONG. : 70 ° 38 ' "W" PROV. : MELGAR
ALT. : 4135 msnm DIST. : NUÑO A

| AÑO | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SET. | OCT. | NOV. | DIC. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1991 | 16.3 | 18.3 | 15.9 | 9.1 | 2.5 | 23.8 | 5.3 | 0.0 | 7.2 | 14.1 | 7.4 | 19.9 |

PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

S/D= Sin Dato
T = TRAMA

INFORMACION PREPARADA PARA : CONSORCIO VIAL SUR
LÍNEA 31 13º MARZO DEL 2004

REGISTROS PLUVIOMETRICOS DE LA ESTACION NUÑO A

E. Modelamiento Hidraulico (HEC-RAS)

Modelamiento con el HEC -- RAS Versión Beta 4.0

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO DEL PUENTE

Periodo de retorno $T_r=100$ años

Bridge Output

File Type Options Help

River: Macusani Profile: PF 1

Reach Macusani 1 RS: 135 Plan: Huiquisá V2

Plan: Huiquisá V2 Macusani Macusani 1 RS: 135 Profile: PF 1

| | | Element | Inside BR US | Inside BR DS |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------|--------------|
| E.G. US. (m) | 4129.56 | E.G. Elev (m) | 4129.55 | 4129.51 |
| W.S. US. (m) | 4128.90 | W.S. Elev (m) | 4128.89 | 4128.79 |
| Q Total (m ³ /s) | 171.31 | Crit W.S. (m) | 4128.35 | 4128.36 |
| Q Bridge (m ³ /s) | 171.31 | Max Chl Dpth (m) | 3.56 | 3.46 |
| Q Weir (m ³ /s) | | Vel Total (m/s) | 3.26 | 3.40 |
| Weir Sta Lft (m) | | Flow Area (m ²) | 52.57 | 50.37 |
| Weir Sta Rgt (m) | | Froude # Chl | 0.69 | 0.73 |
| Weir Submerg | | Specif Force (m ³) | 134.16 | 131.79 |
| Weir Max Depth (m) | | Hydr Depth (m) | 2.32 | 2.25 |
| Min El Weir Flow (m) | 4134.90 | W.P. Total (m) | 24.15 | 23.78 |
| Min El Pts (m) | 4132.90 | Conv. Total (m ³ /s) | 2345.1 | 2206.7 |
| Delta EG (m) | 0.04 | Top Width (m) | 22.69 | 22.38 |
| Delta WS (m) | 0.11 | Frictn Loss (m) | 0.03 | 0.00 |
| BR Open Area (m ²) | 168.32 | C & E Loss (m) | 0.01 | 0.00 |
| BR Open Vel (m/s) | 3.40 | Shear Total (N/m ²) | 113.93 | 125.19 |
| Coef of Q | | Power Total (N/m s) | 371.28 | 425.75 |
| Br Sel Method | Energy only | | | |

Errors, Warnings and Notes

Select Profile

Periodo de retorno $T_r=500$ años

Bridge Output

File Type Options Help

River: Macusani Profile: PF 2

Reach Macusani 1 RS: 135 Plan: Huiquisá V2

Plan: Huiquisá V2 Macusani Macusani 1 RS: 135 Profile: PF 2

| | | Element | Inside BR US | Inside BR DS |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------|--------------|
| E.G. US. (m) | 4131.35 | E.G. Elev (m) | 4131.34 | 4131.31 |
| W.S. US. (m) | 4130.40 | W.S. Elev (m) | 4130.39 | 4130.28 |
| Q Total (m ³ /s) | 339.14 | Crit W.S. (m) | 4129.54 | 4129.53 |
| Q Bridge (m ³ /s) | 339.14 | Max Chl Dpth (m) | 5.06 | 4.95 |
| Q Weir (m ³ /s) | | Vel Total (m/s) | 3.65 | 3.78 |
| Weir Sta Lft (m) | | Flow Area (m ²) | 92.96 | 89.61 |
| Weir Sta Rgt (m) | | Froude # Chl | 0.70 | 0.73 |
| Weir Submerg | | Specif Force (m ³) | 324.79 | 320.14 |
| Weir Max Depth (m) | | Hydr Depth (m) | 3.10 | 2.99 |
| Min El Weir Flow (m) | 4134.90 | W.P. Total (m) | 32.87 | 32.65 |
| Min El Pts (m) | 4132.90 | Conv. Total (m ³ /s) | 4944.8 | 4699.4 |
| Delta EG (m) | 0.04 | Top Width (m) | 30.00 | 30.00 |
| Delta WS (m) | 0.13 | Frictn Loss (m) | 0.03 | 0.00 |
| BR Open Area (m ²) | 168.32 | C & E Loss (m) | 0.01 | 0.00 |
| BR Open Vel (m/s) | 3.78 | Shear Total (N/m ²) | 130.44 | 140.17 |
| Coef of Q | | Power Total (N/m s) | 475.90 | 530.51 |
| Br Sel Method | Energy only | | | |

Errors, Warnings and Notes

Select Profile

TABLA DE RESULTADOS

Profile Output Table - Standard Table 1

HEC-RAS Plan: Puente Huiquisa

River: Macusani

Profile: TR= 100 años

| River Station | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl | Shear Tota (N/m2) | Shear LOB (N/m2) | Shear Chan (N/m2) | Shear ROB (N/m2) |
|---------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 200 | 171.31 | 4,127.00 | 4,129.72 | 4,129.50 | 4,130.37 | 0.007863 | 3.65 | 52.10 | 31.38 | 0.80 | 124.74 | 55.62 | 162.89 | 44.63 |
| 195 | 171.31 | 4,126.75 | 4,129.47 | 4,129.40 | 4,130.31 | 0.010677 | 4.11 | 44.78 | 26.53 | 0.92 | 171.65 | 70.06 | 210.22 | 56.61 |
| 190 | 171.31 | 4,126.50 | 4,129.29 | 4,129.29 | 4,130.23 | 0.012538 | 4.33 | 41.37 | 23.95 | 0.99 | 203.81 | 56.06 | 236.43 | 71.21 |
| 185 | 171.31 | 4,126.50 | 4,128.72 | 4,129.07 | 4,130.10 | 0.024749 | 5.25 | 33.91 | 24.42 | 1.34 | 328.73 | 92.69 | 374.29 | 111.97 |
| 180 | 171.31 | 4,126.50 | 4,129.37 | 4,128.83 | 4,129.83 | 0.004978 | 3.06 | 60.32 | 30.37 | 0.64 | 93.49 | 46.48 | 111.67 | 20.58 |
| 175 | 171.31 | 4,126.50 | 4,129.29 | | 4,129.80 | 0.005419 | 3.23 | 57.11 | 29.33 | 0.67 | 99.77 | 38.11 | 123.35 | 32.98 |
| 170 | 171.31 | 4,126.50 | 4,129.27 | | 4,129.77 | 0.005007 | 3.16 | 57.22 | 27.13 | 0.65 | 98.36 | 36.27 | 116.96 | 24.44 |
| 165 | 171.31 | 4,126.26 | 4,129.26 | | 4,129.74 | 0.004419 | 3.12 | 59.51 | 27.56 | 0.62 | 89.76 | 36.85 | 111.43 | 33.33 |
| 160 | 171.31 | 4,126.01 | 4,129.32 | | 4,129.70 | 0.003276 | 2.78 | 67.10 | 28.86 | 0.54 | 71.59 | 34.66 | 87.21 | 27.91 |
| 155 | 171.31 | 4,126.01 | 4,129.07 | | 4,129.66 | 0.005335 | 3.54 | 56.26 | 27.05 | 0.68 | 105.06 | 56.49 | 141.06 | 51.93 |
| 150 | 171.31 | 4,126.00 | 4,129.09 | | 4,129.62 | 0.004534 | 3.29 | 57.12 | 25.23 | 0.63 | 95.67 | 39.11 | 121.68 | 39.82 |
| 145 | 171.31 | 4,125.66 | 4,128.93 | | 4,129.58 | 0.005508 | 3.70 | 53.23 | 24.62 | 0.70 | 111.44 | 44.97 | 152.14 | 61.64 |
| 140 | 171.31 | 4,125.33 | 4,128.90 | 4,128.33 | 4,129.56 | 0.005281 | 3.74 | 52.76 | 22.72 | 0.69 | 113.02 | 58.46 | 152.73 | 50.88 |
| 135 | Bridge | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | 171.31 | 4,125.33 | 4,128.79 | | 4,129.51 | 0.006045 | 3.91 | 50.32 | 22.38 | 0.73 | 125.48 | 63.65 | 168.96 | 57.16 |
| 125 | 171.31 | 4,125.41 | 4,128.57 | | 4,129.47 | 0.00813 | 4.33 | 44.71 | 21.21 | 0.84 | 157.34 | 54.44 | 212.2 | 83.2 |
| 120 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.70 | | 4,129.38 | 0.005825 | 3.69 | 49.97 | 21.08 | 0.72 | 123.40 | 31.98 | 153.83 | 54.32 |
| 115 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.71 | | 4,129.34 | 0.005459 | 3.57 | 52.52 | 23.53 | 0.69 | 112.22 | 36.49 | 144.01 | 52.04 |
| 110 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.78 | | 4,129.28 | 0.004369 | 3.19 | 58.30 | 25.82 | 0.62 | 91.80 | 38.49 | 114.84 | 31.68 |
| 105 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.81 | | 4,129.25 | 0.00371 | 2.99 | 63.17 | 27.81 | 0.57 | 79.00 | 34.8 | 99.97 | 32.64 |
| 100 | 171.31 | 4,125.50 | 4,128.84 | | 4,129.22 | 0.003141 | 2.81 | 69.19 | 30.50 | 0.53 | 67.05 | 31.32 | 87.42 | 35.03 |

TABLA DE RESULTADOS

Profile Output Table - Standard Table 1

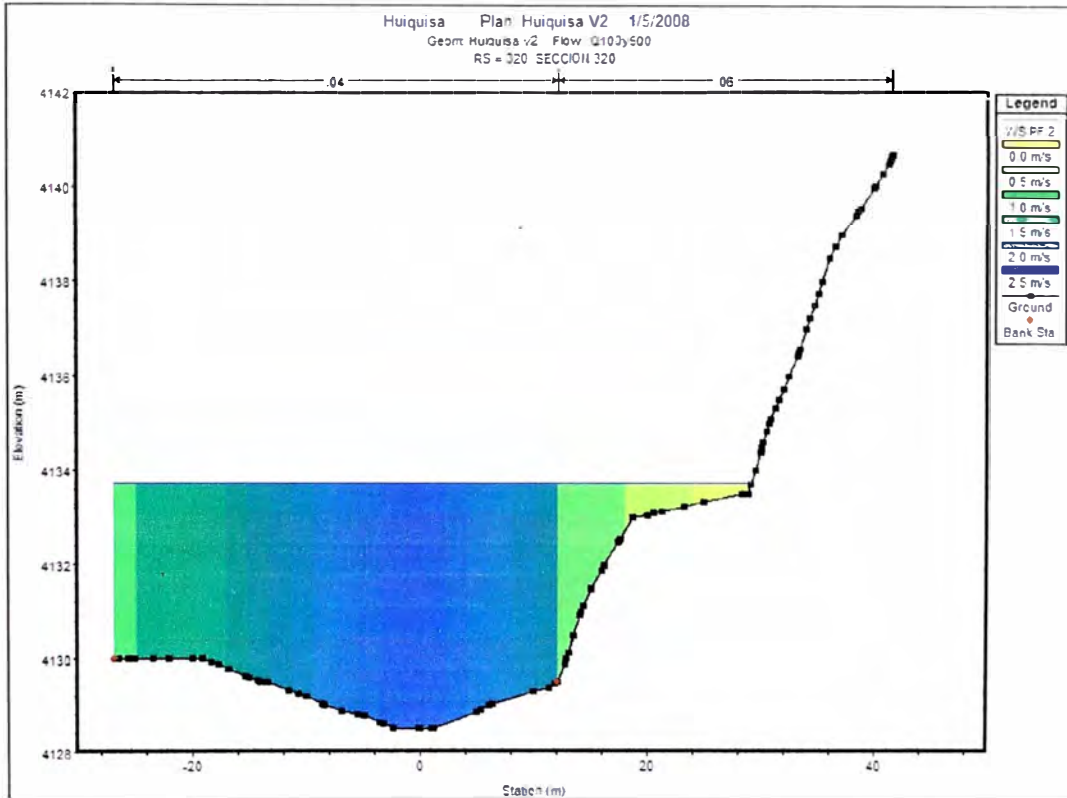
HEC-RAS Plan: Puente Hulquisa

River: Macusani

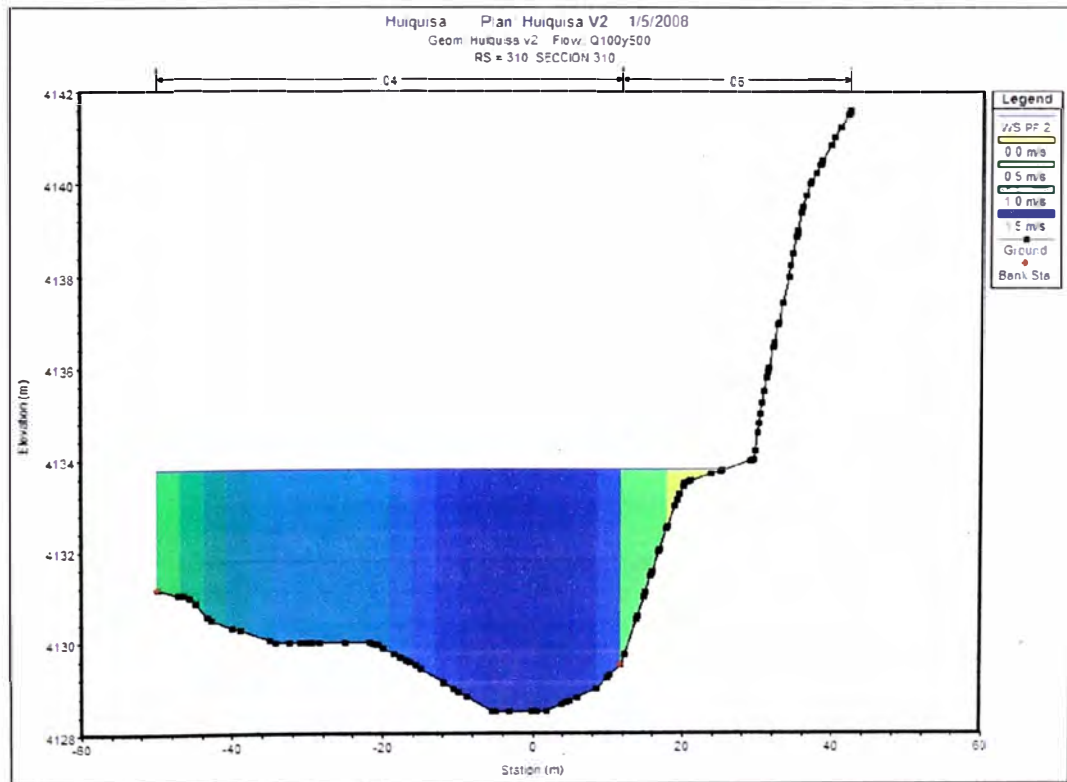
Profile: TR= 500 años

| River Station | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chi | Shear Total (N/m2) | Shear LOB (N/m2) | Shear Chan (N/m2) | Shear ROB (N/m2) |
|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 200 | 339.14 | 4,127.00 | 4,131.19 | 4,130.49 | 4,131.91 | 0.004603 | 3.96 | 103.00 | 37.39 | 0.67 | 116.93 | 70.11 | 161.1 | 60.15 |
| 195 | 339.14 | 4,126.75 | 4,130.91 | | 4,131.86 | 0.006272 | 4.50 | 88.70 | 35.16 | 0.77 | 147.99 | 69.81 | 210.82 | 79.78 |
| 190 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.58 | 4,130.40 | 4,131.80 | 0.008493 | 5.00 | 74.98 | 28.58 | 0.89 | 205.91 | 71.62 | 265.99 | 101.23 |
| 185 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.83 | | 4,131.64 | 0.004933 | 4.15 | 94.79 | 34.86 | 0.69 | 125.13 | 53.22 | 175.48 | 70.24 |
| 180 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.99 | | 4,131.54 | 0.003043 | 3.42 | 114.18 | 37.15 | 0.55 | 86.65 | 47.92 | 116.33 | 27.43 |
| 175 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.93 | | 4,131.53 | 0.003221 | 3.55 | 110.50 | 35.63 | 0.57 | 92.51 | 50.44 | 124.96 | 36.56 |
| 170 | 339.14 | 4,126.50 | 4,130.91 | | 4,131.51 | 0.003165 | 3.55 | 108.73 | 35.04 | 0.56 | 90.26 | 43.68 | 124.5 | 30.39 |
| 165 | 339.14 | 4,126.26 | 4,130.90 | | 4,131.50 | 0.003044 | 3.59 | 111.76 | 36.42 | 0.56 | 87.11 | 41.83 | 125.15 | 44.95 |
| 160 | 339.14 | 4,126.01 | 4,130.94 | | 4,131.46 | 0.002512 | 3.33 | 119.68 | 37.11 | 0.51 | 74.90 | 35.72 | 106.56 | 38.14 |
| 155 | 339.14 | 4,126.01 | 4,130.72 | | 4,131.43 | 0.003679 | 4.03 | 107.80 | 36.32 | 0.62 | 102.29 | 57.92 | 156.3 | 67.41 |
| 150 | 339.14 | 4,126.00 | 4,130.71 | | 4,131.41 | 0.003375 | 3.87 | 106.74 | 36.12 | 0.59 | 92.70 | 43.56 | 143.94 | 51.36 |
| 145 | 339.14 | 4,125.66 | 4,130.54 | | 4,131.38 | 0.004194 | 4.34 | 98.92 | 32.72 | 0.66 | 117.53 | 61.28 | 180.81 | 77.44 |
| 140 | 339.14 | 4,125.33 | 4,130.40 | 4,129.43 | 4,131.35 | 0.004635 | 4.59 | 94.59 | 32.34 | 0.69 | 124.23 | 75.39 | 201.58 | 63.92 |
| 135 | Bridge | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | 339.14 | 4,125.33 | 4,130.28 | 4,129.44 | 4,131.30 | 0.005193 | 4.78 | 90.57 | 31.86 | 0.73 | 135.45 | 82.06 | 220.07 | 68.21 |
| 125 | 339.14 | 4,125.41 | 4,129.67 | 4,129.67 | 4,131.23 | 0.009261 | 5.81 | 70.25 | 25.16 | 0.95 | 234.51 | 105.74 | 340.44 | 141.71 |
| 120 | 339.14 | 4,125.50 | 4,128.96 | 4,129.44 | 4,131.13 | 0.016653 | 6.64 | 55.54 | 21.68 | 1.23 | 379.04 | 101.92 | 482.02 | 172.52 |
| 115 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.62 | 4,129.39 | 4,130.89 | 0.007717 | 5.15 | 75.46 | 26.88 | 0.86 | 197.61 | 79.24 | 271.7 | 103.68 |
| 110 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.83 | | 4,130.76 | 0.005438 | 4.42 | 87.01 | 29.23 | 0.73 | 148.66 | 72.94 | 198.05 | 63.1 |
| 105 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.91 | | 4,130.70 | 0.004459 | 4.09 | 95.82 | 31.74 | 0.66 | 124.59 | 64.56 | 167.68 | 59.33 |
| 100 | 339.14 | 4,125.50 | 4,129.98 | | 4,130.65 | 0.003664 | 3.80 | 106.13 | 34.05 | 0.61 | 105.78 | 61.78 | 142.73 | 56.79 |

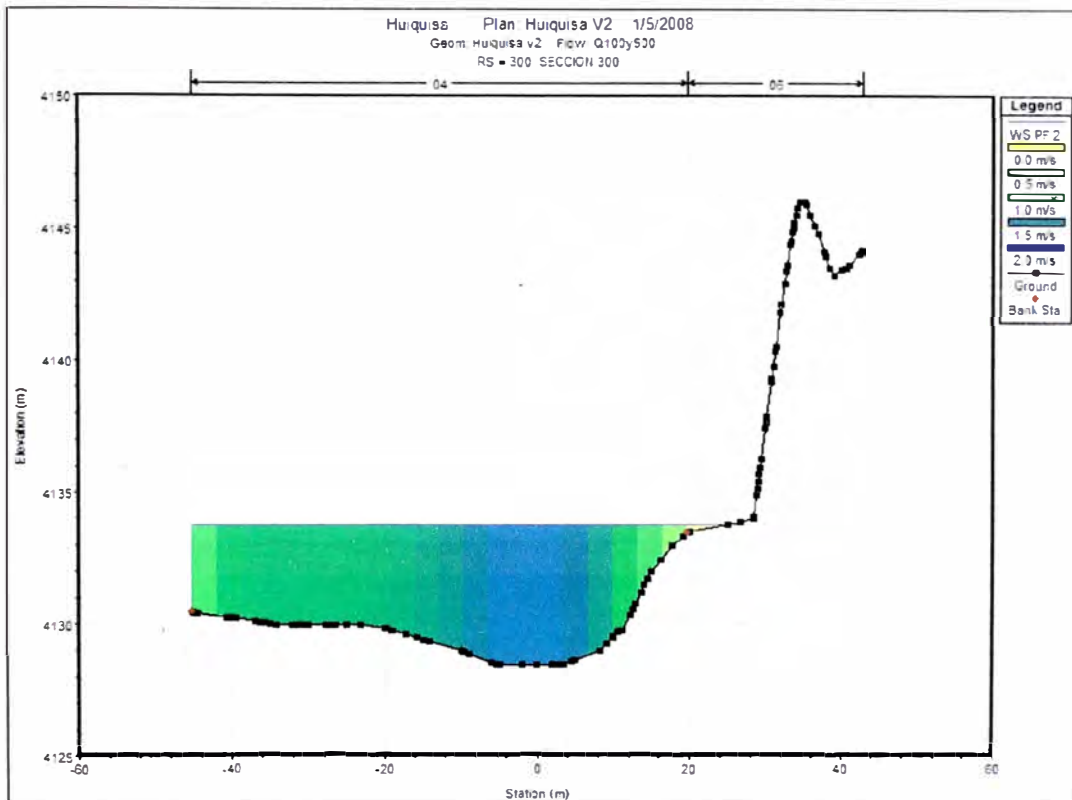
A. Secciones del rio Macusani



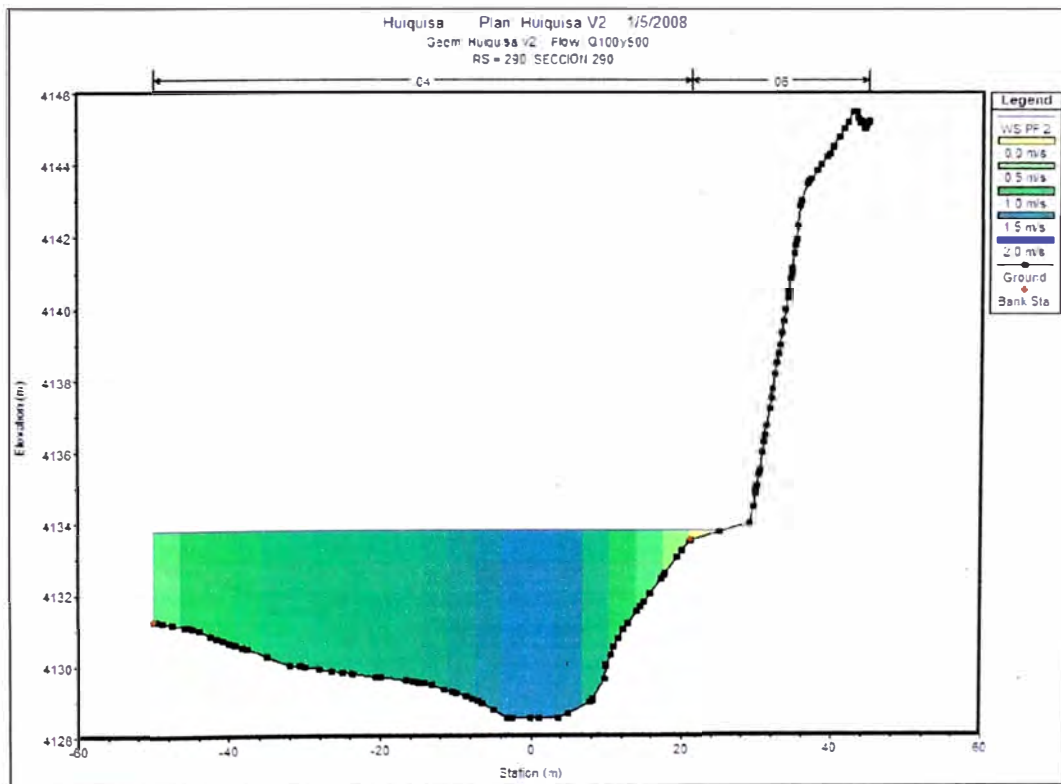
SECCION 320



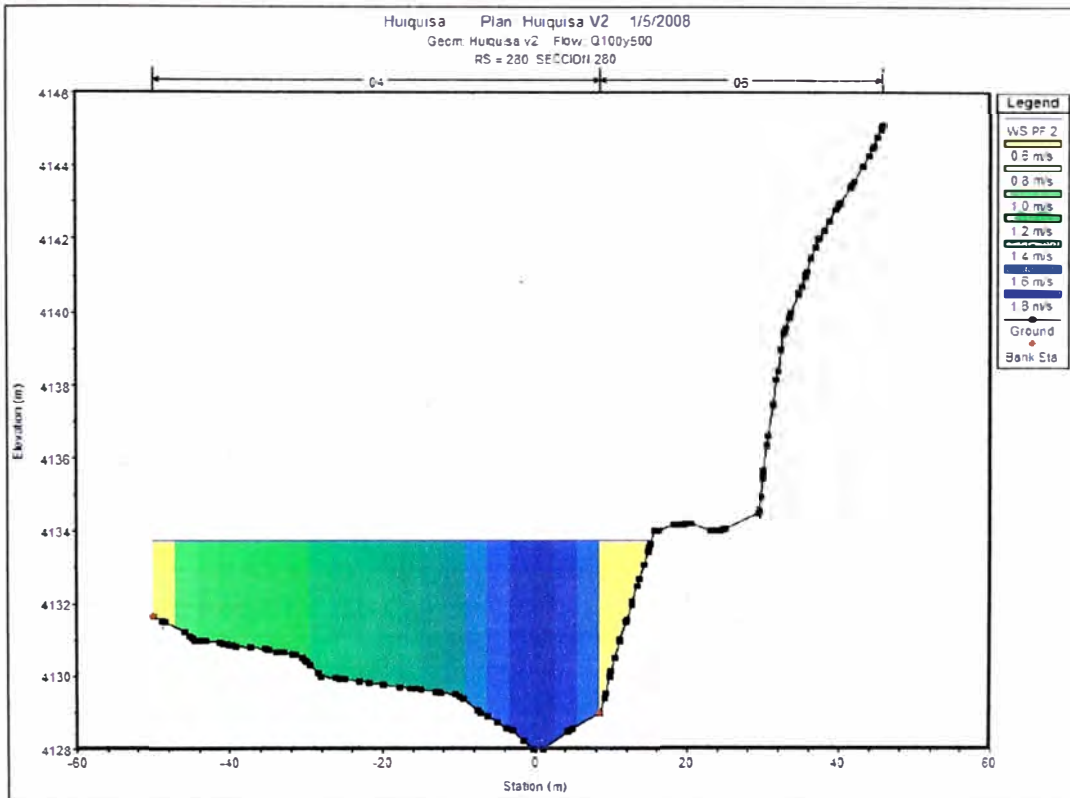
SECCION 310



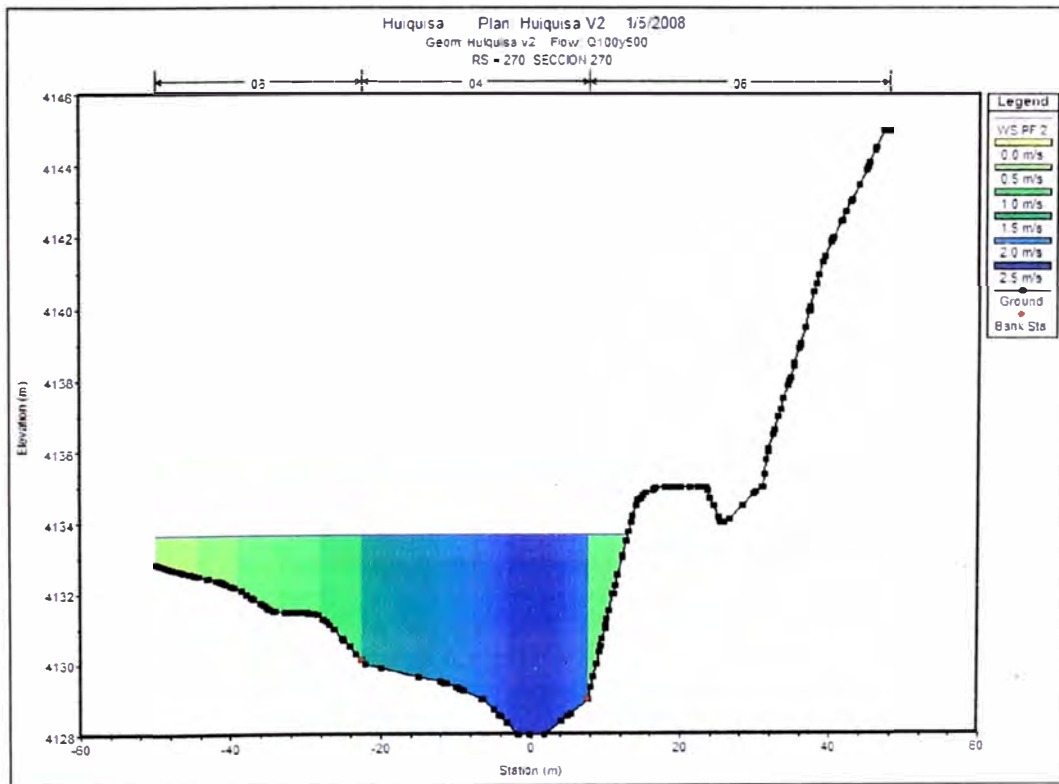
SECCION 300



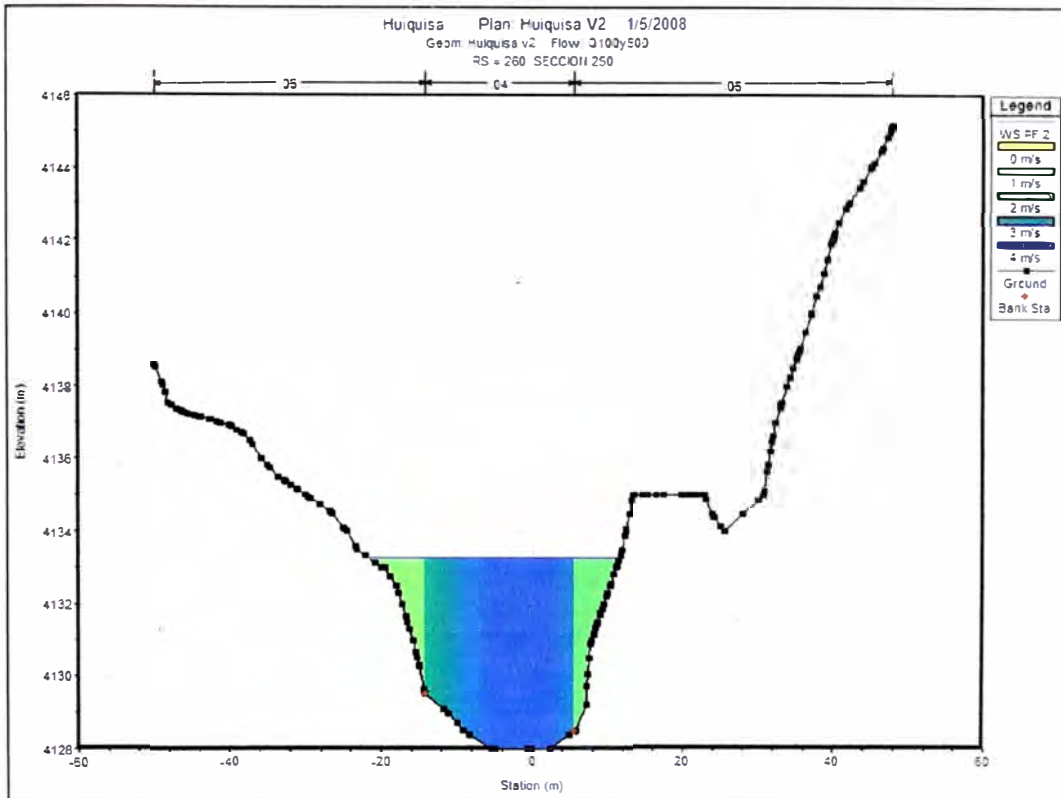
SECCION 290



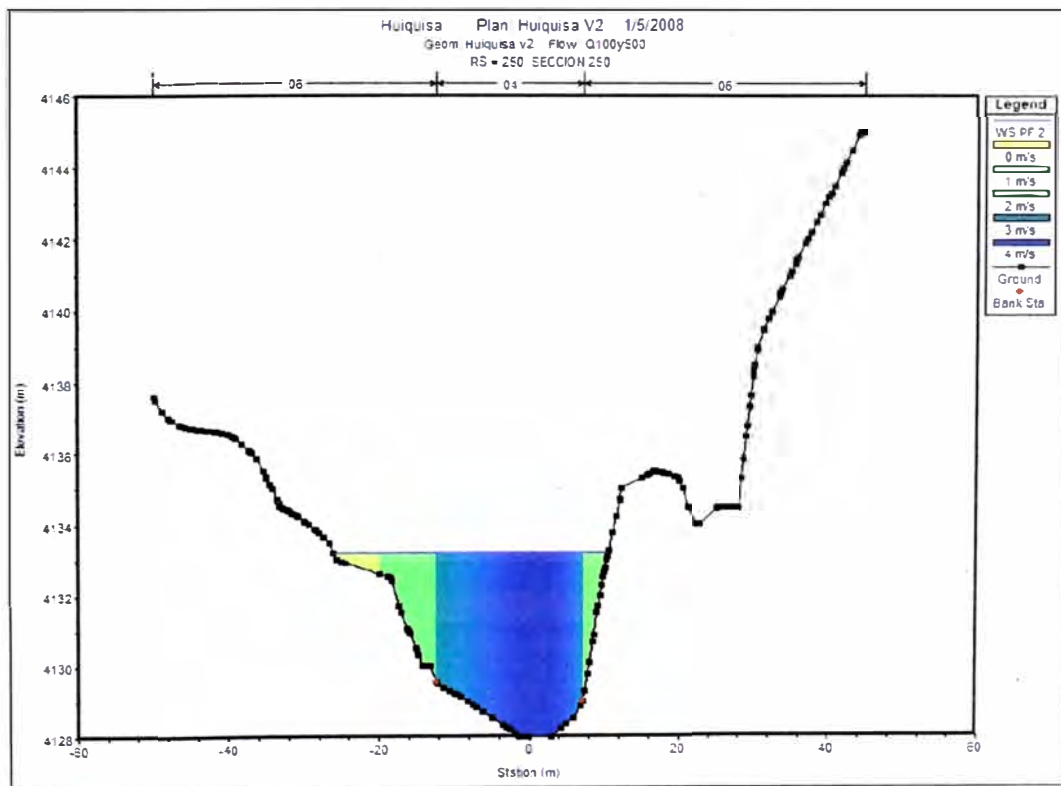
SECCION 280



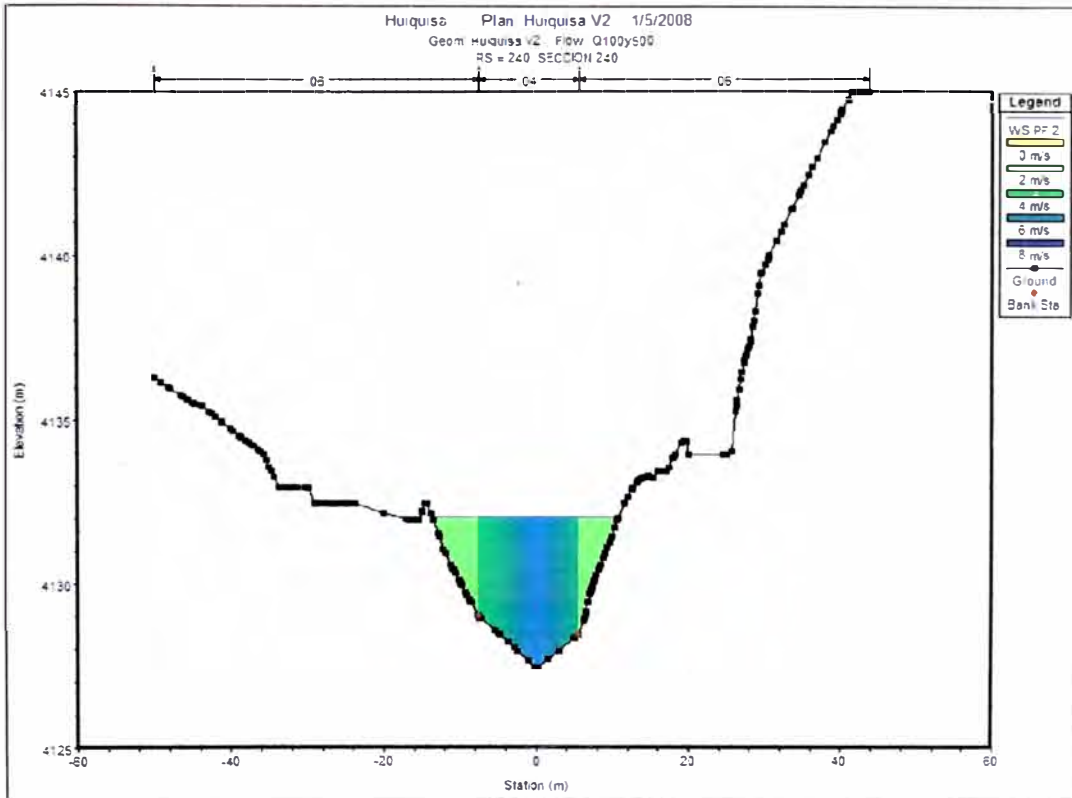
SECCION 270



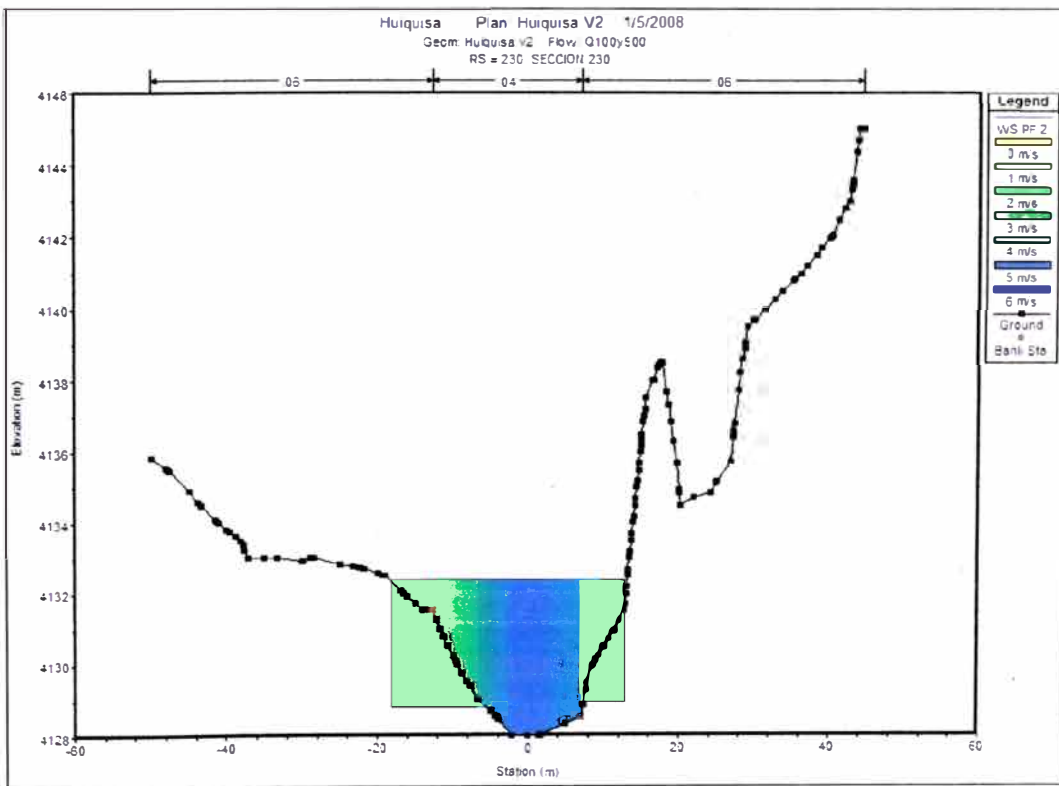
SECCION 260



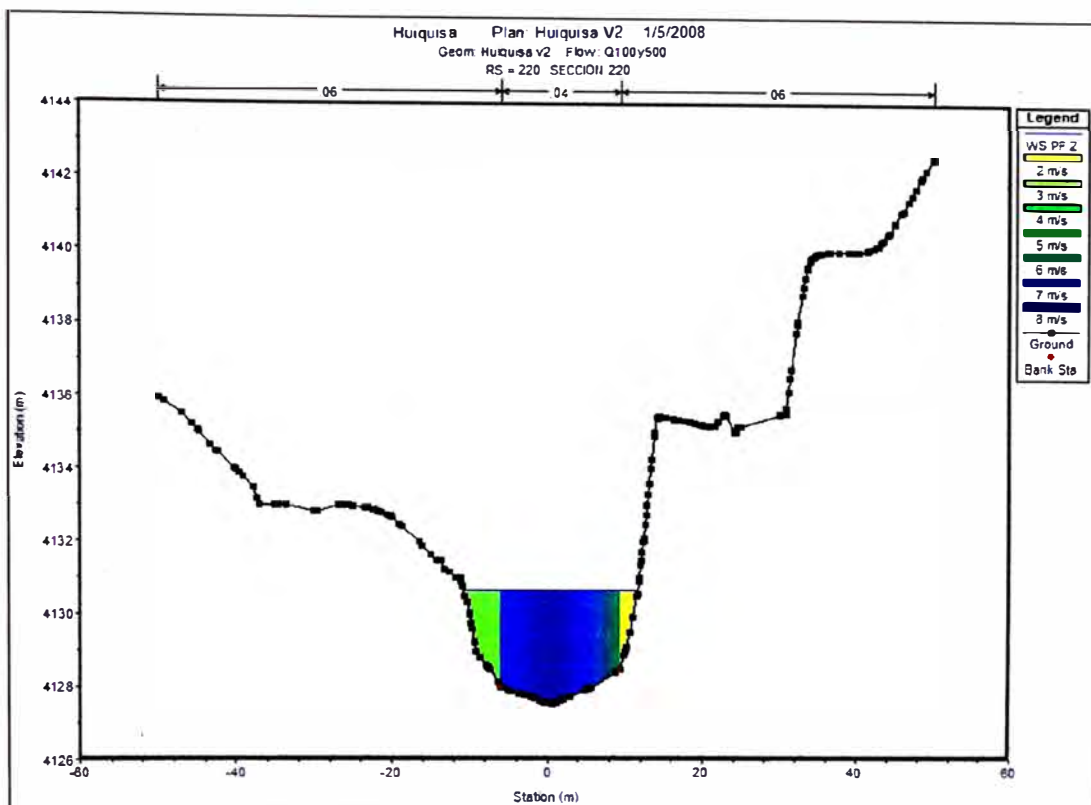
SECCION 250



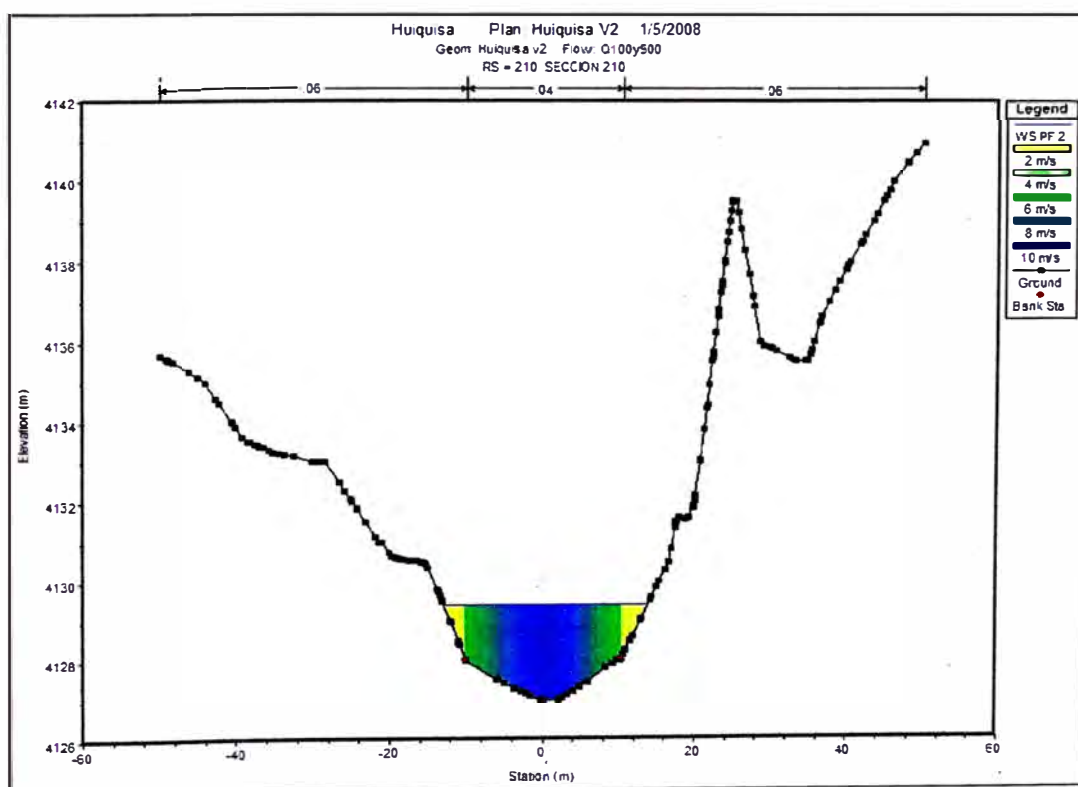
SECCION 240



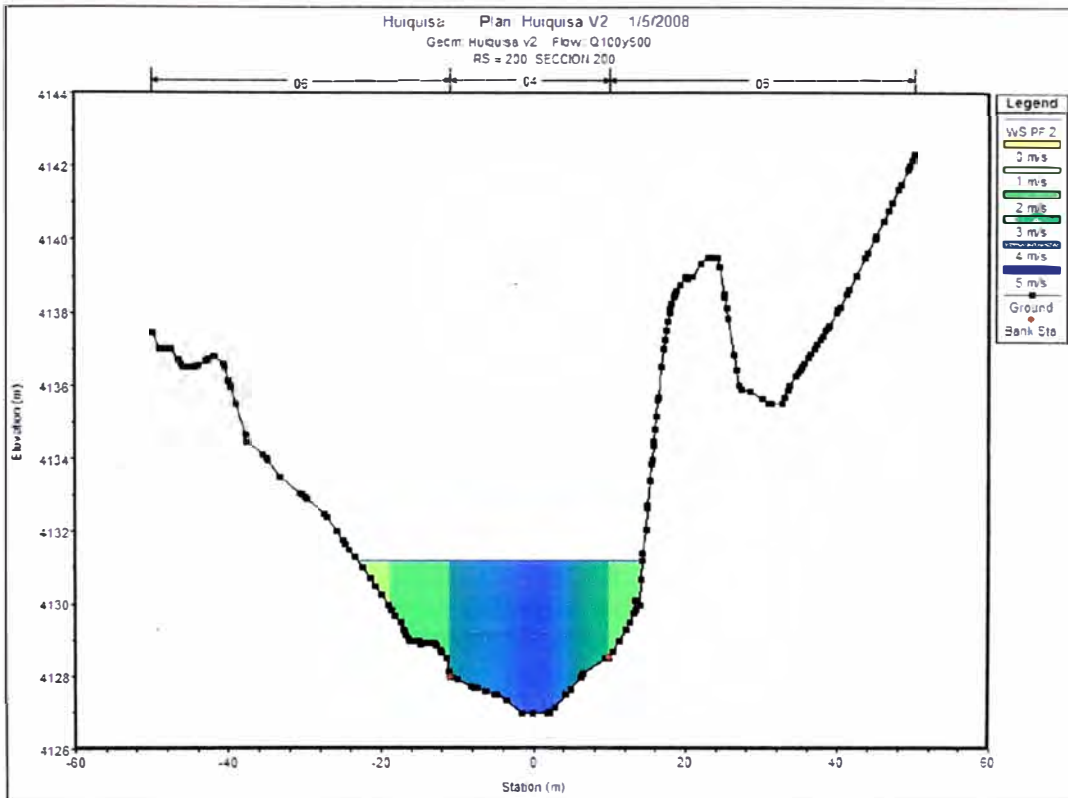
SECCION 230



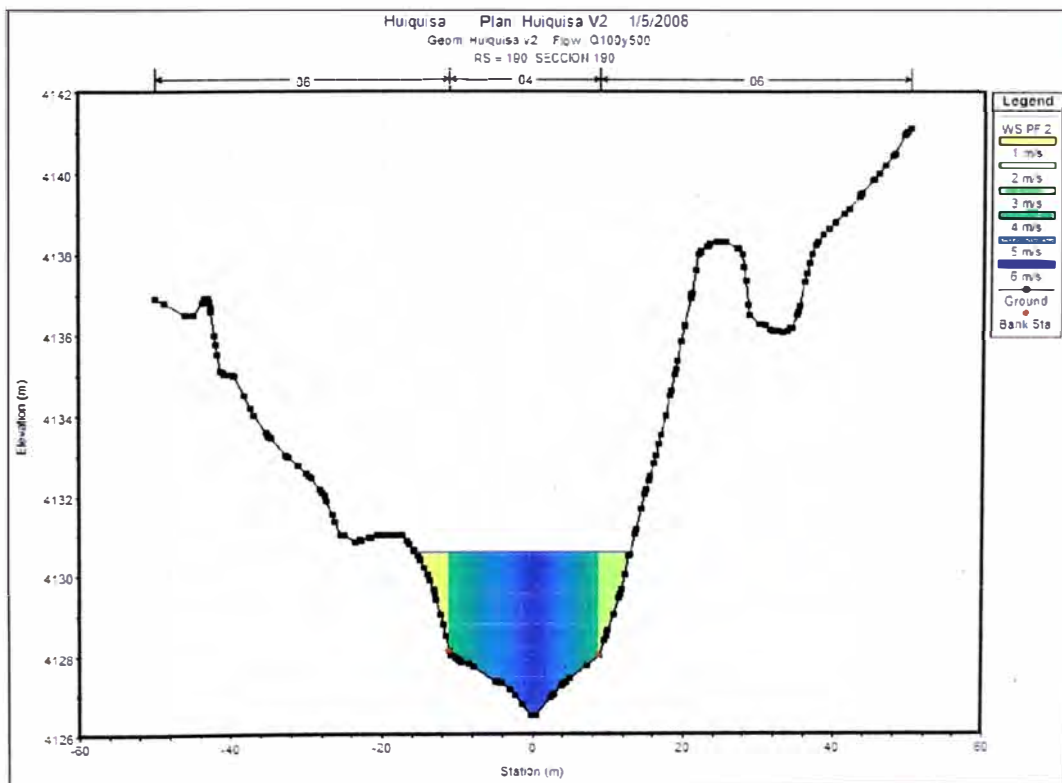
SECCION 220



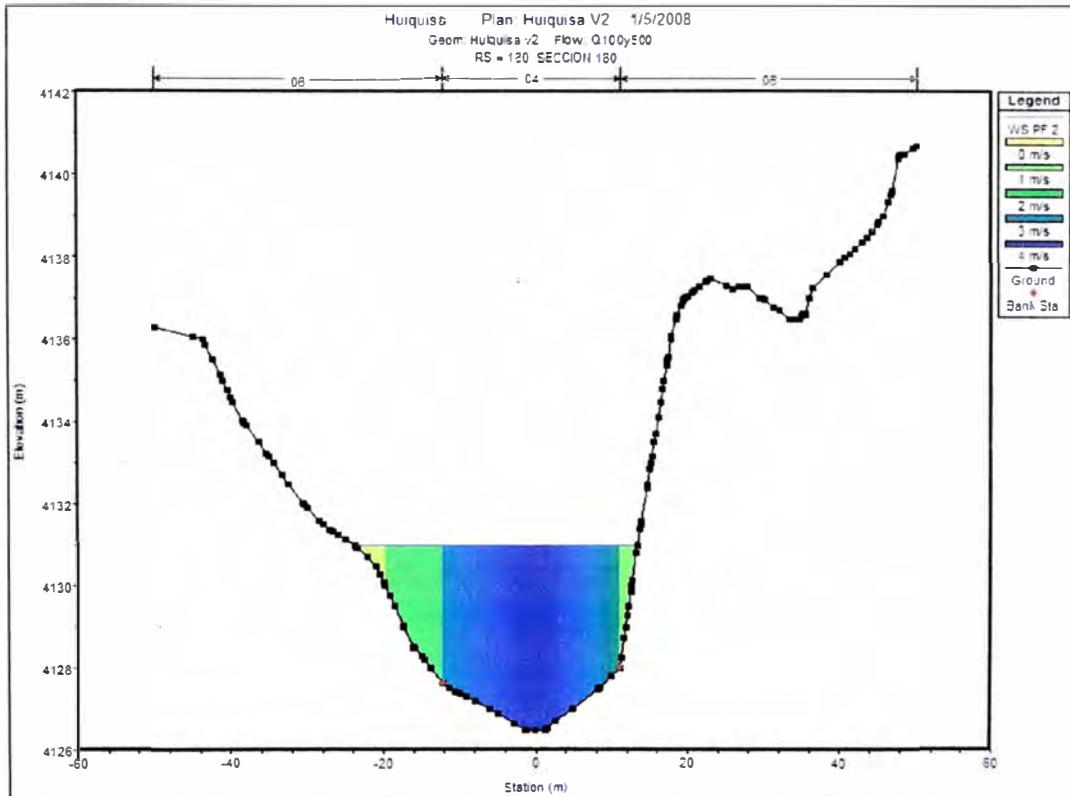
SECCION 210



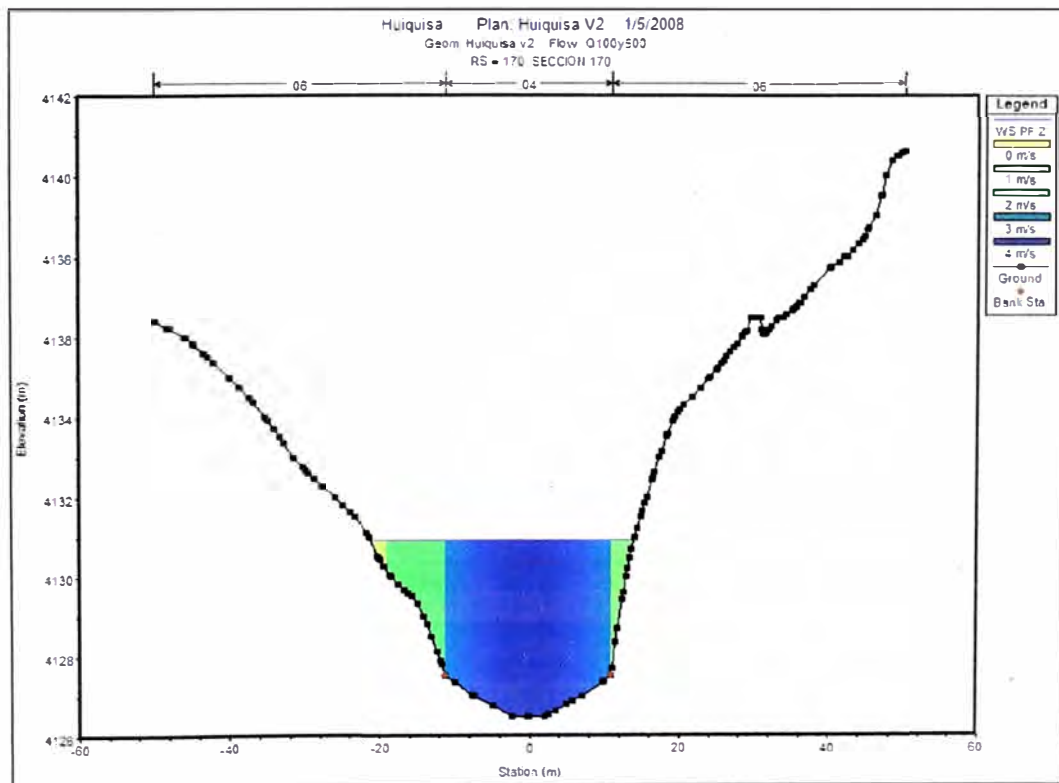
SECCION 200



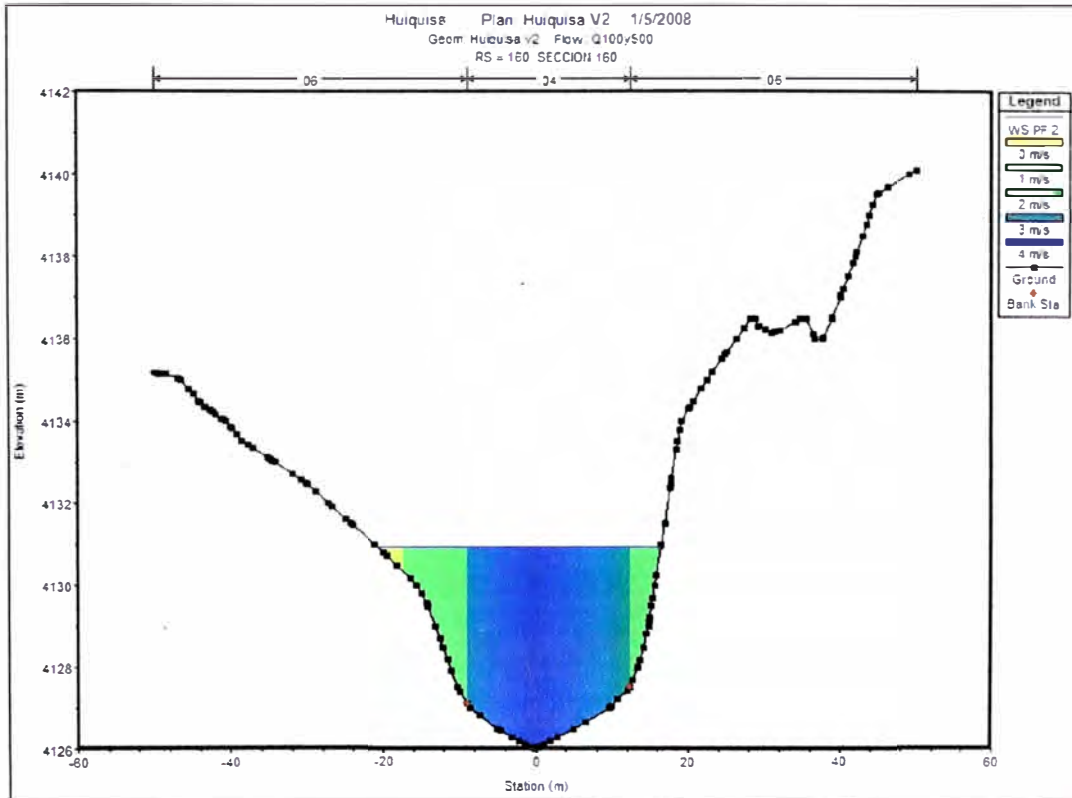
SECCION 190



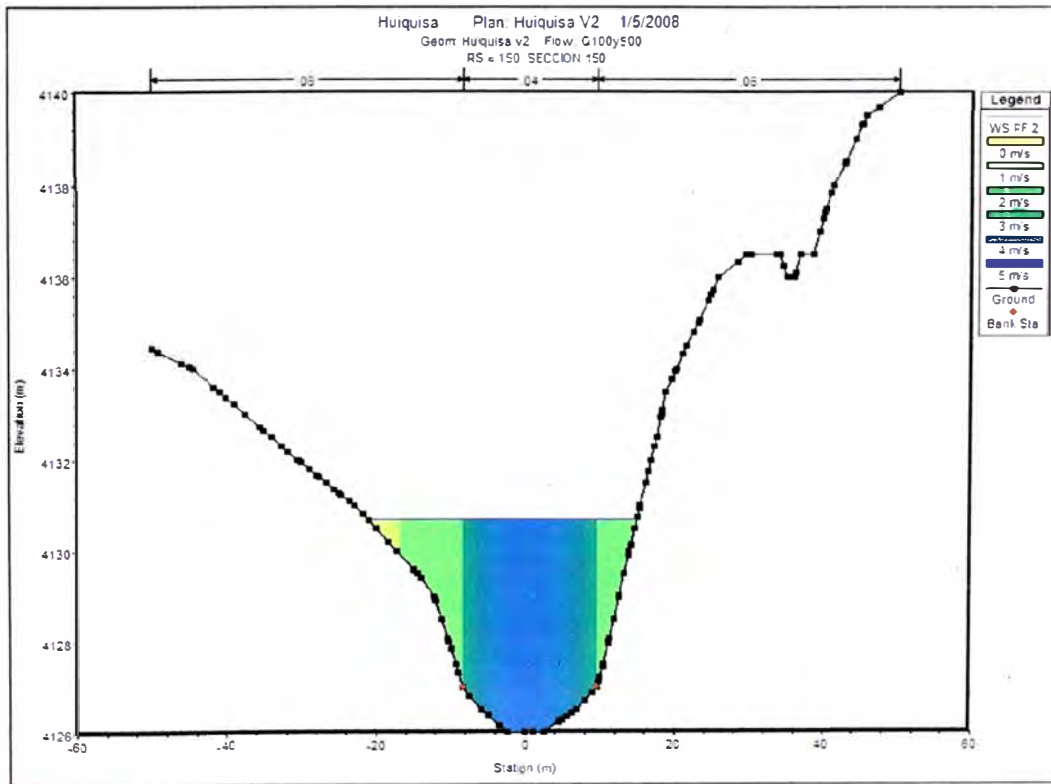
SECCION 180



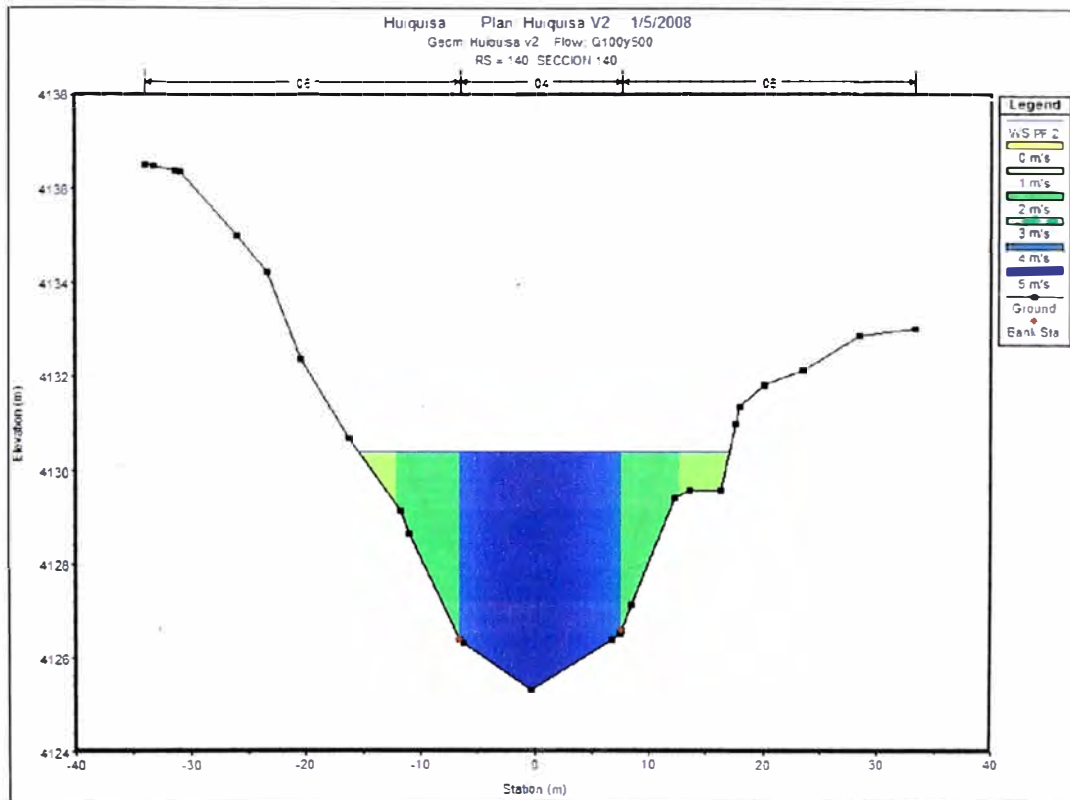
SECCION 170



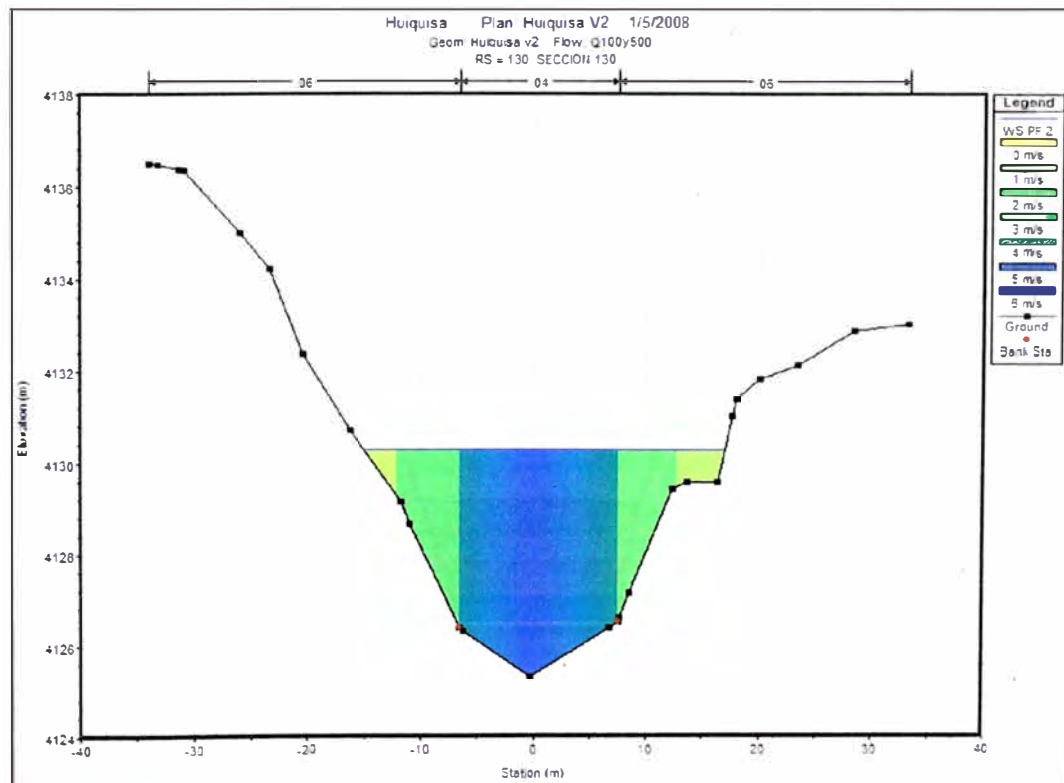
SECCION 160



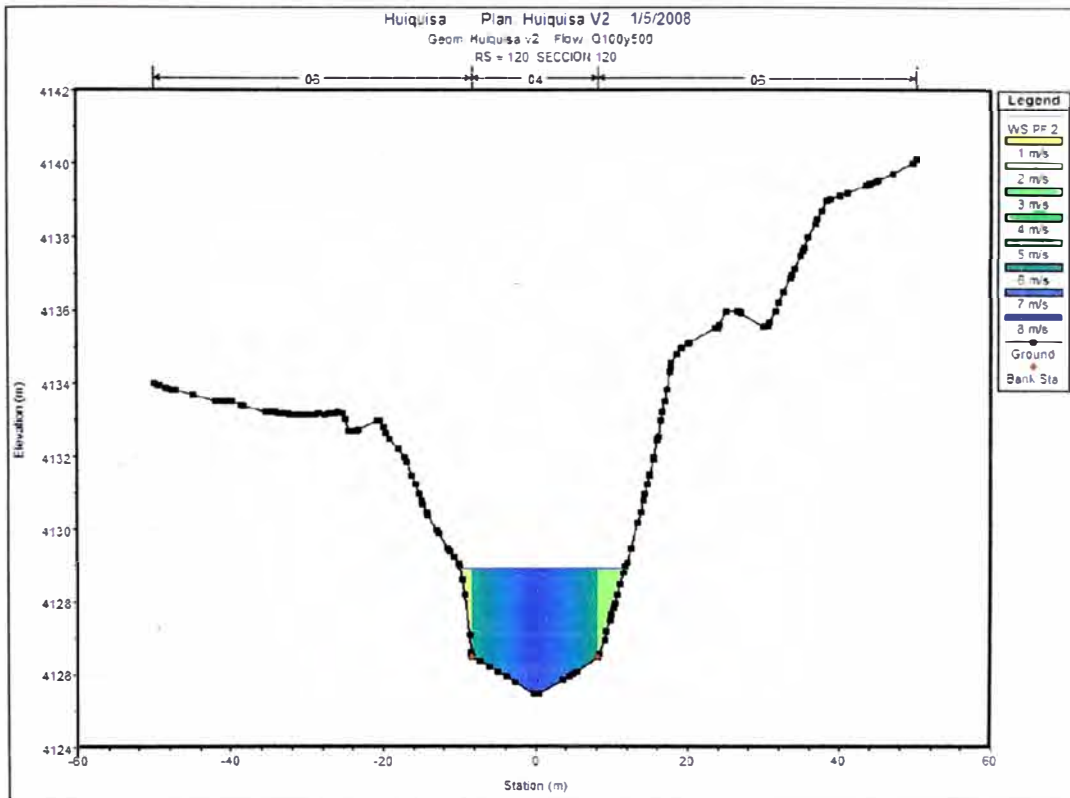
SECCION 150



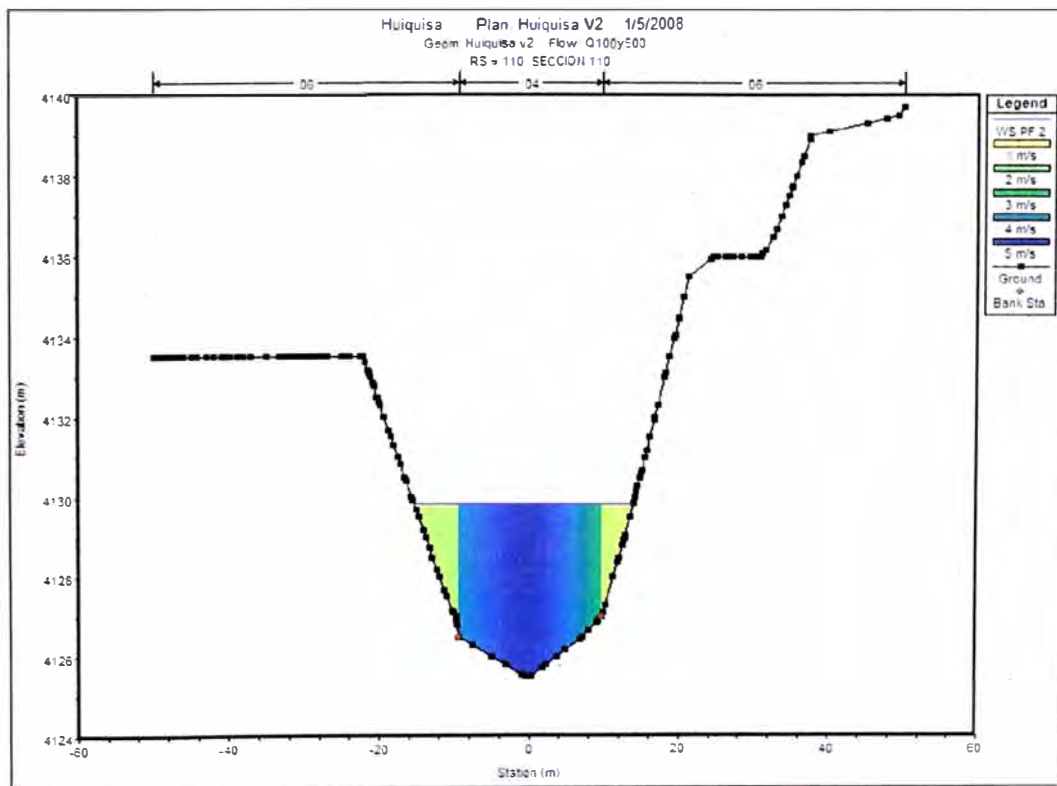
SECCION 140



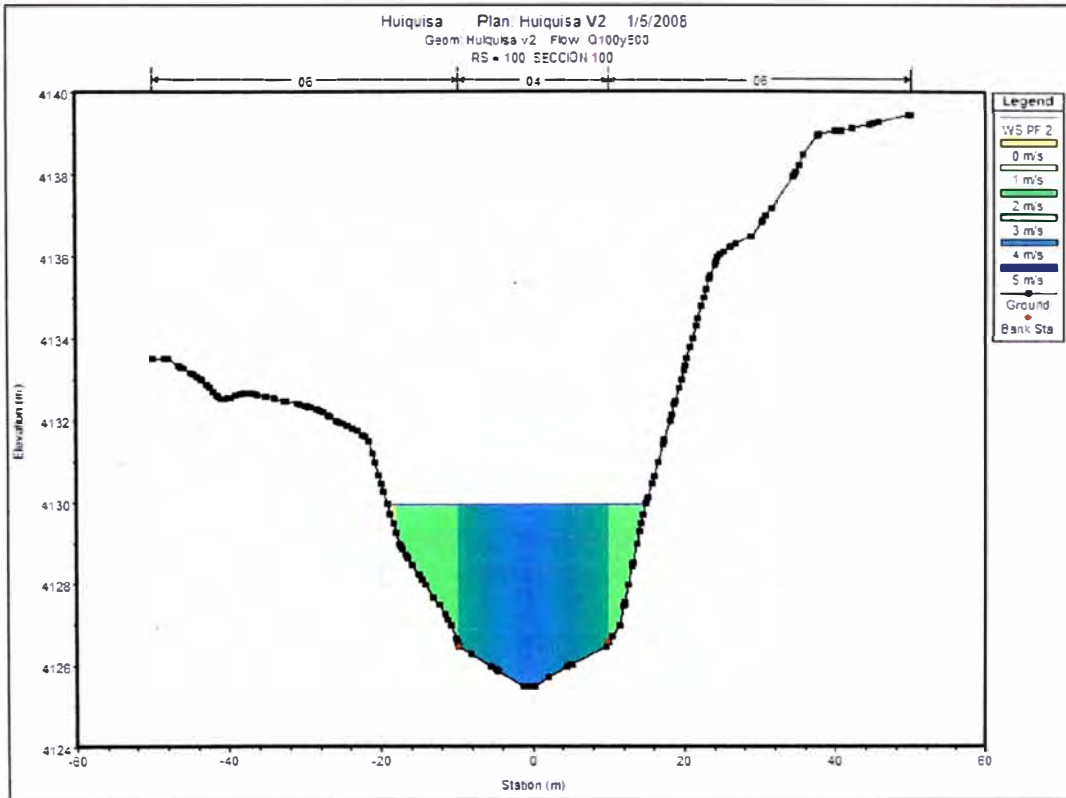
SECCION 130



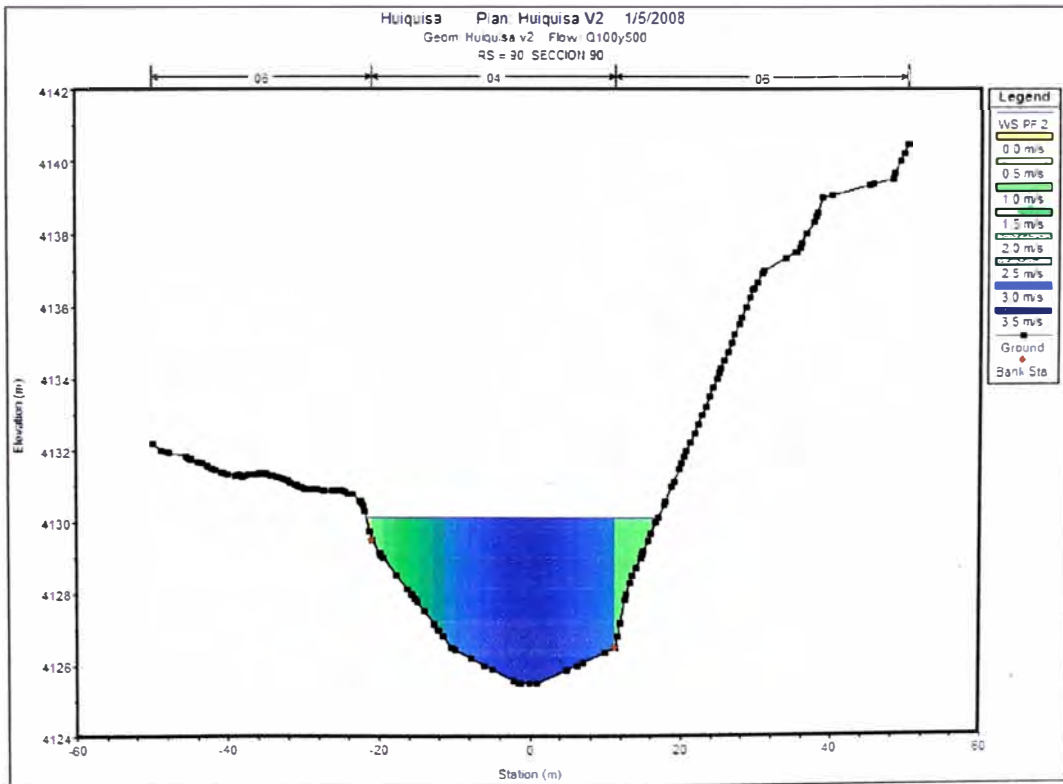
SECCION 120



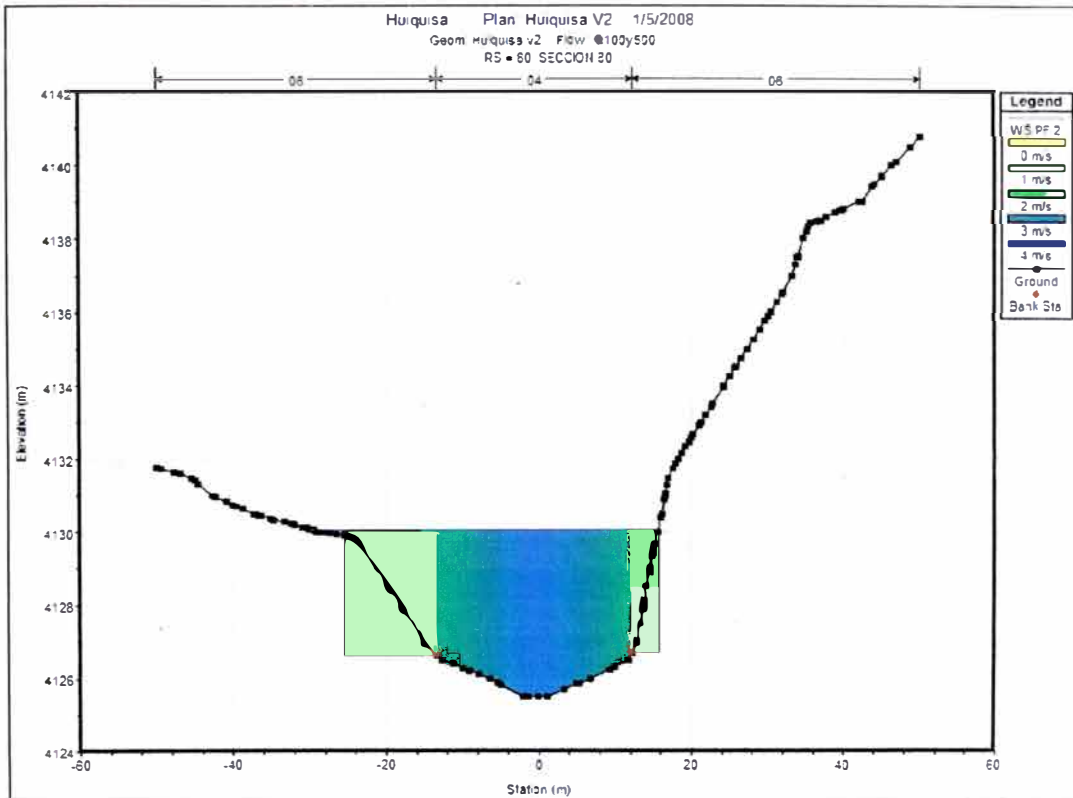
SECCION 110



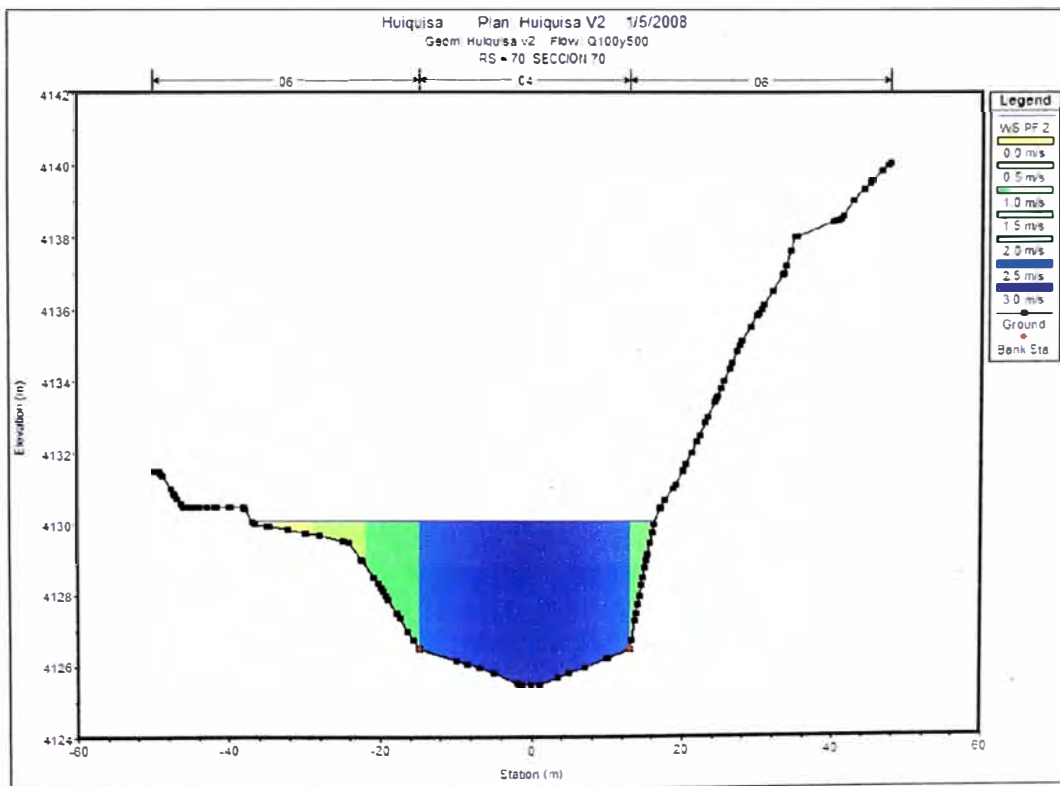
SECCION 100



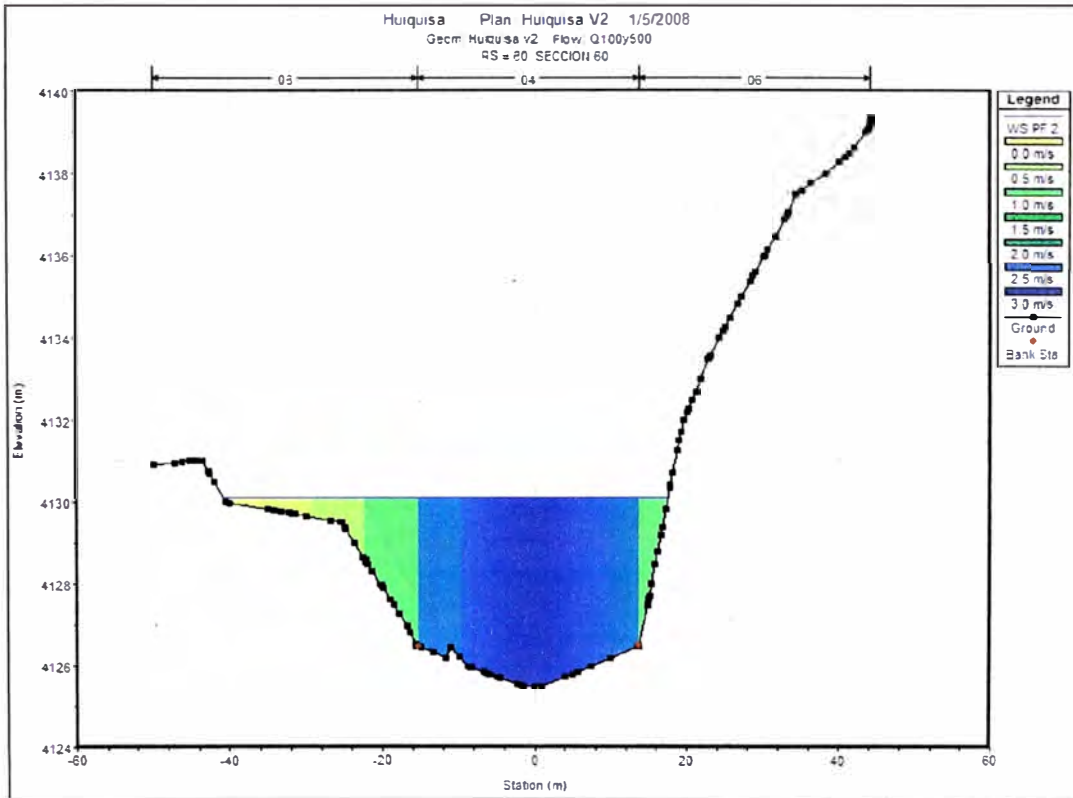
SECCION 90



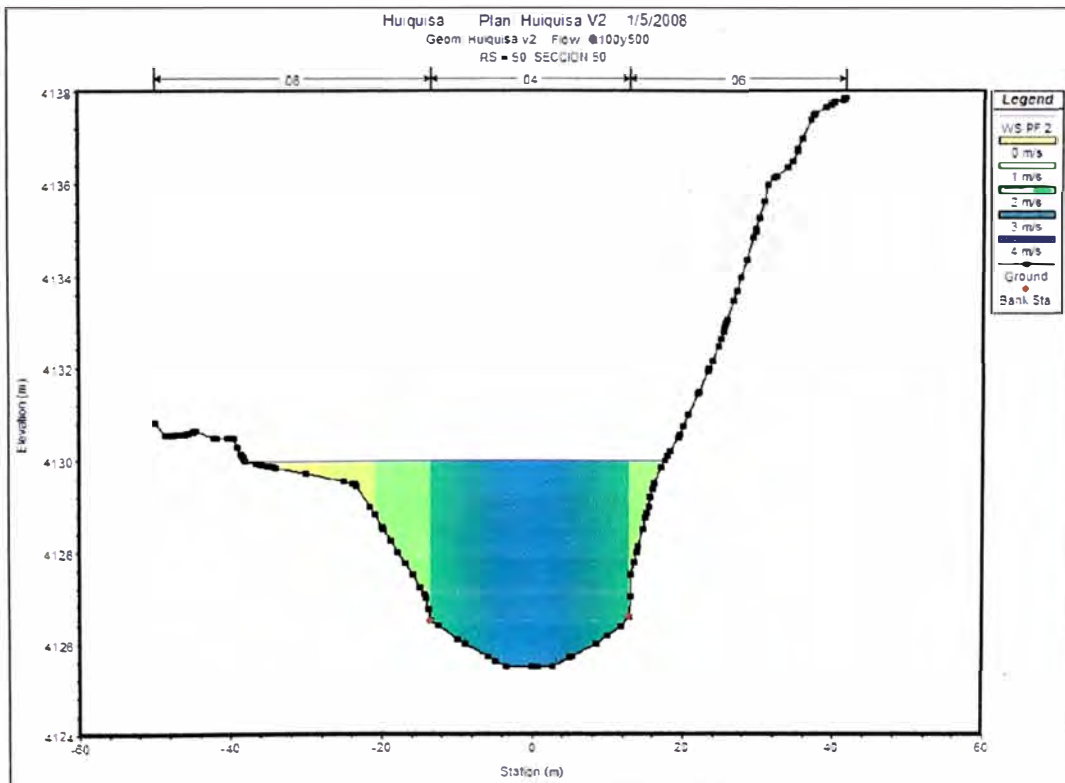
SECCION 80



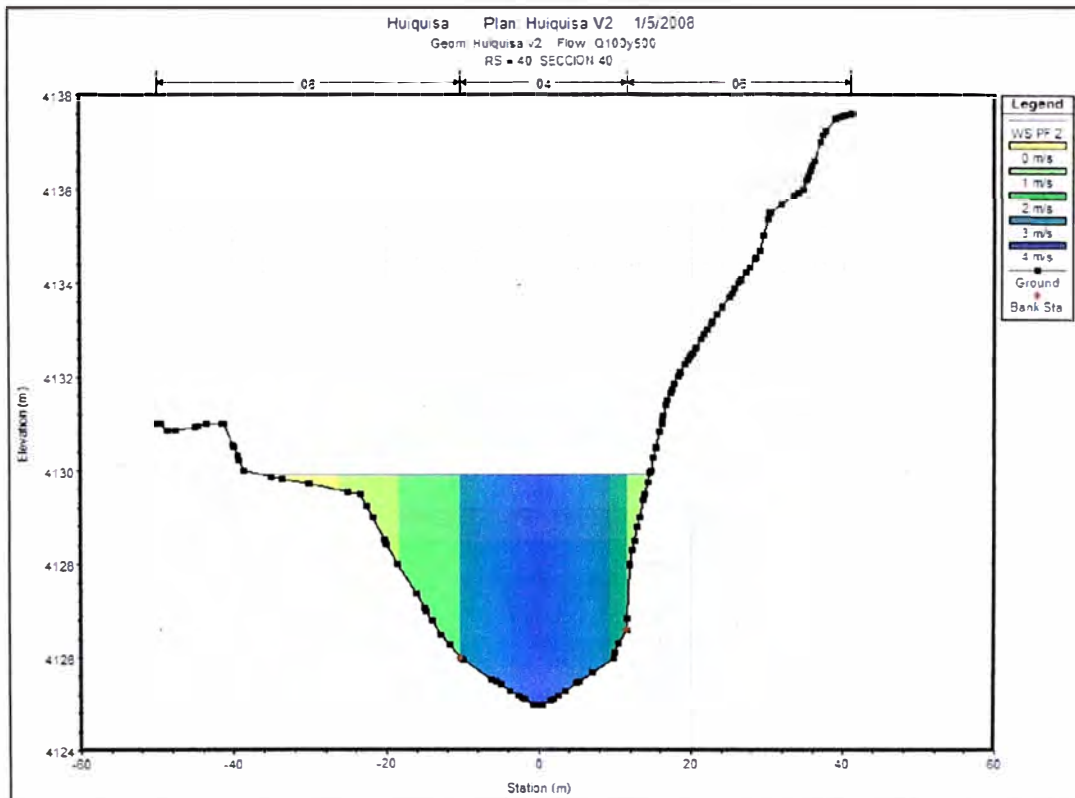
SECCION 70



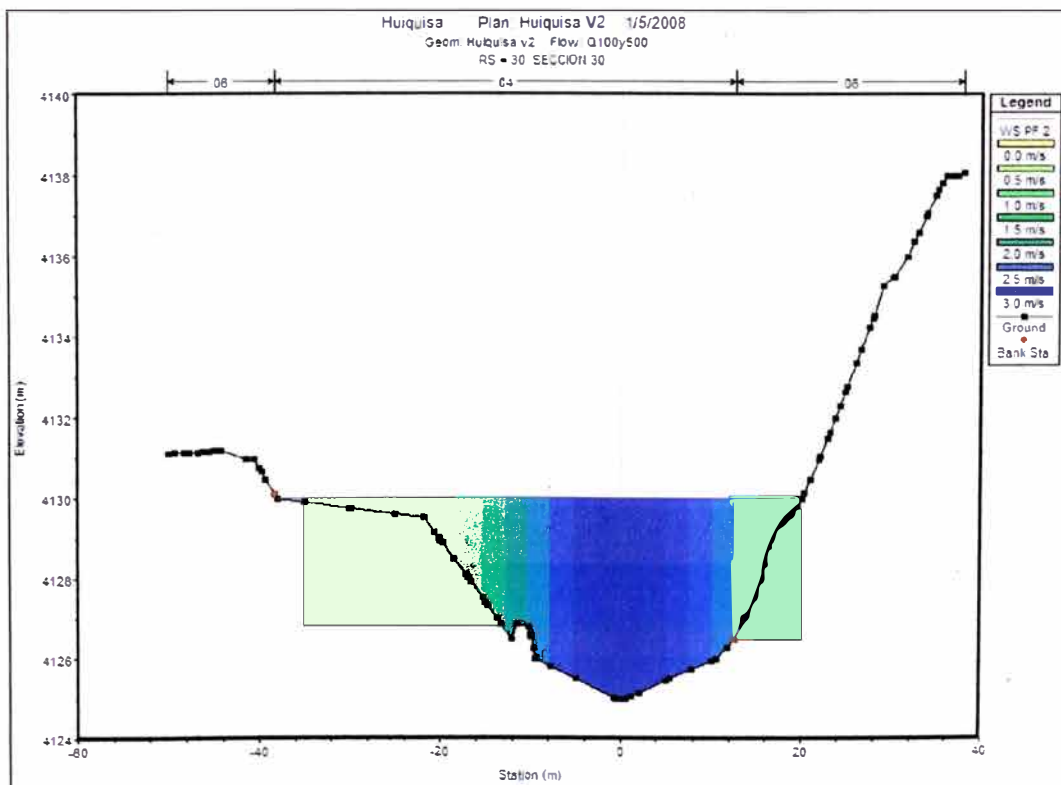
SECCION 60



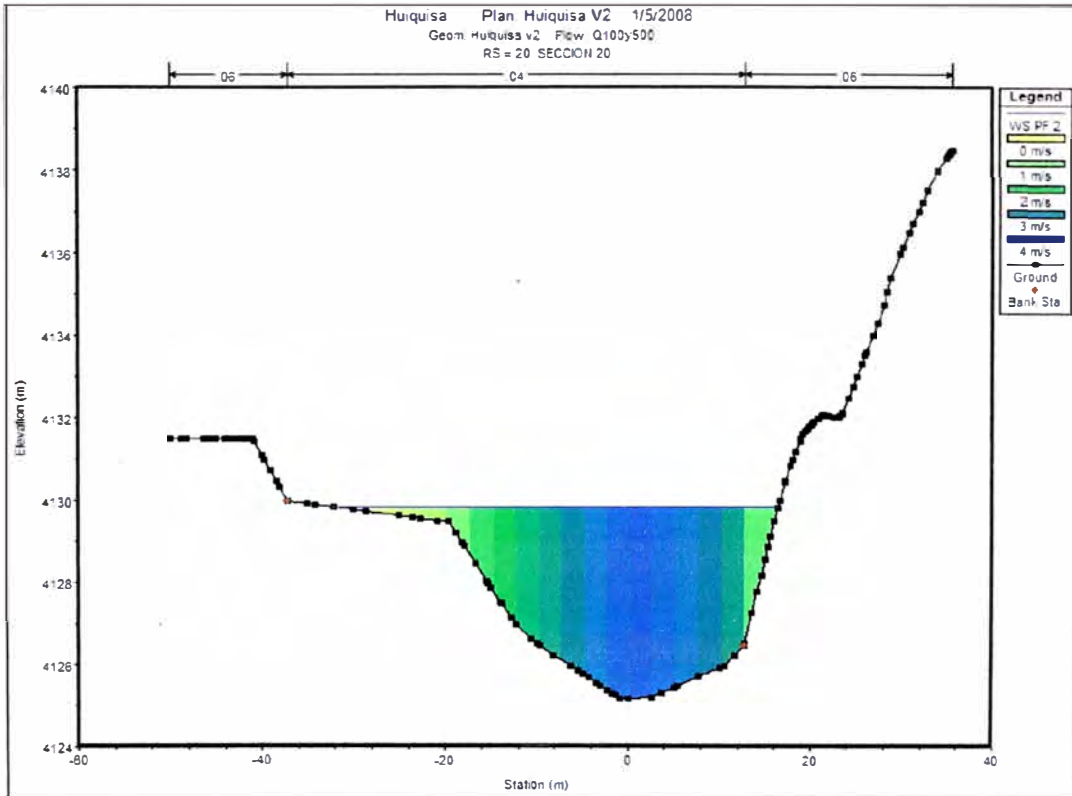
SECCION 50



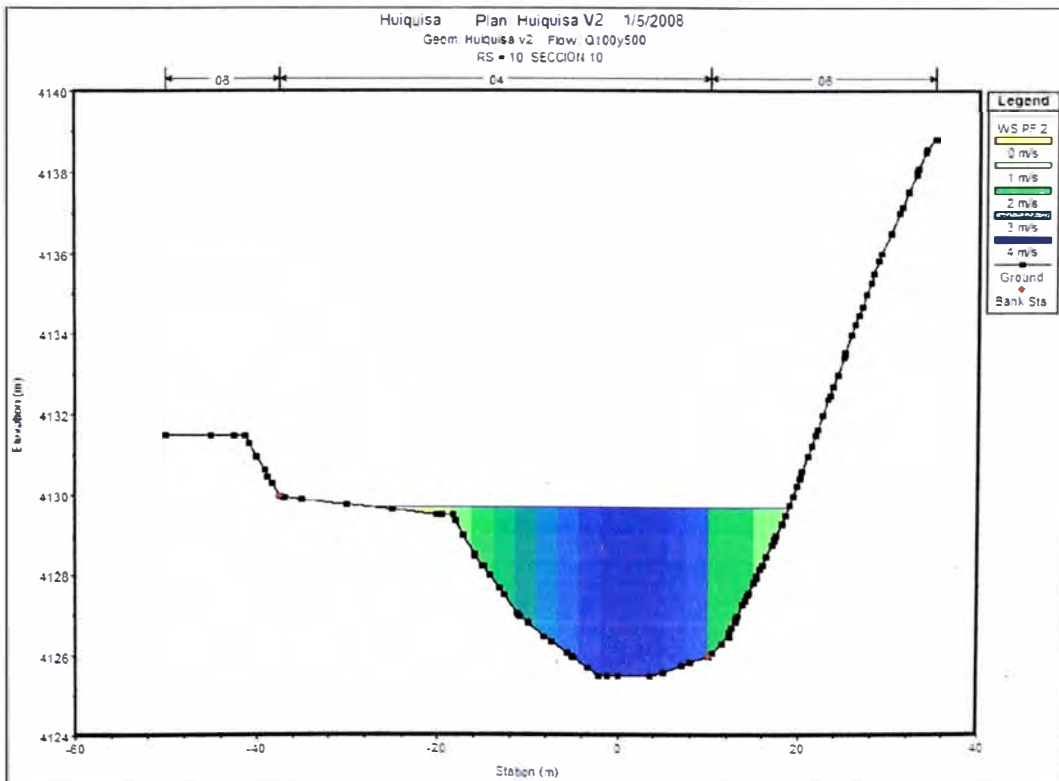
SECCION 40



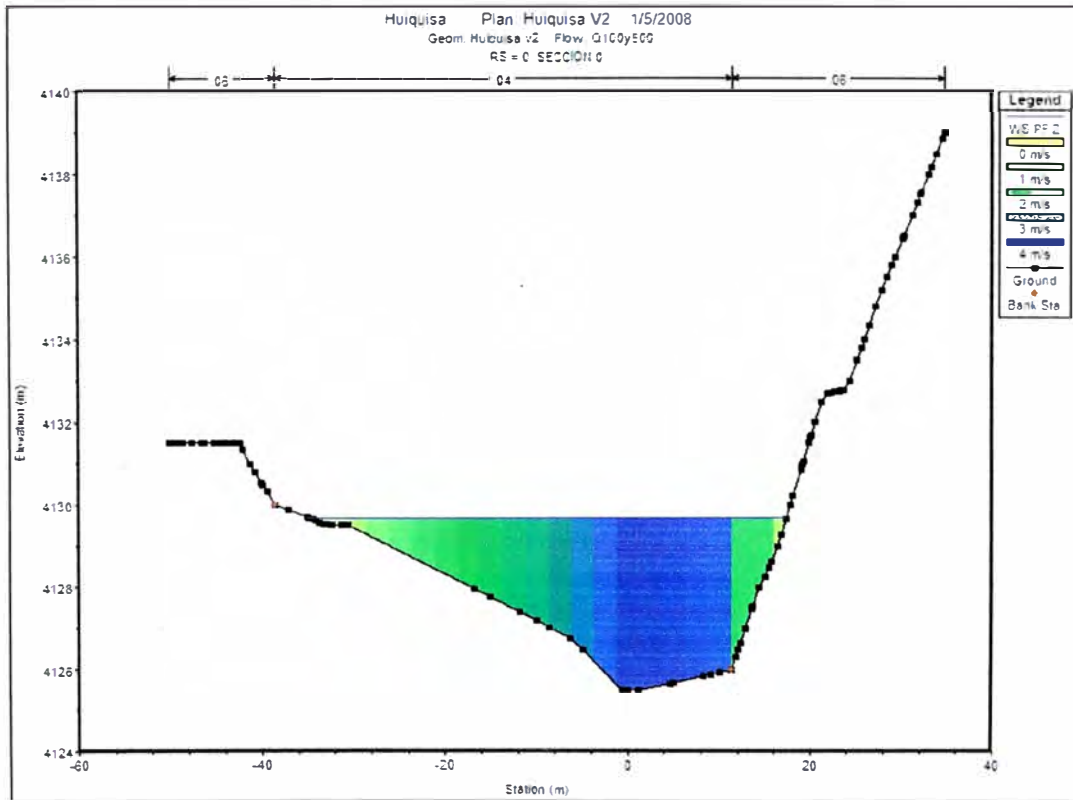
SECCION 30



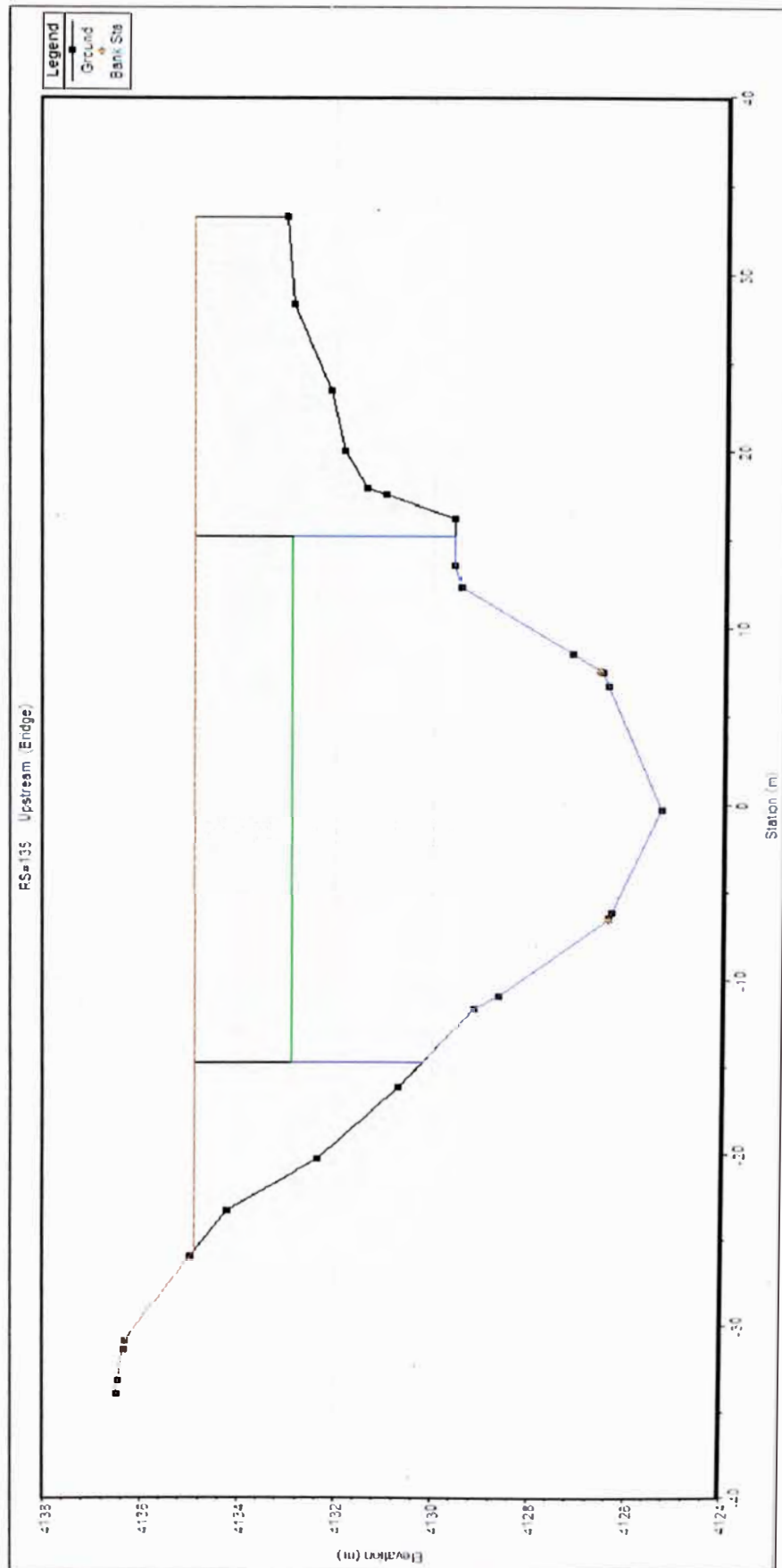
SECCION 20

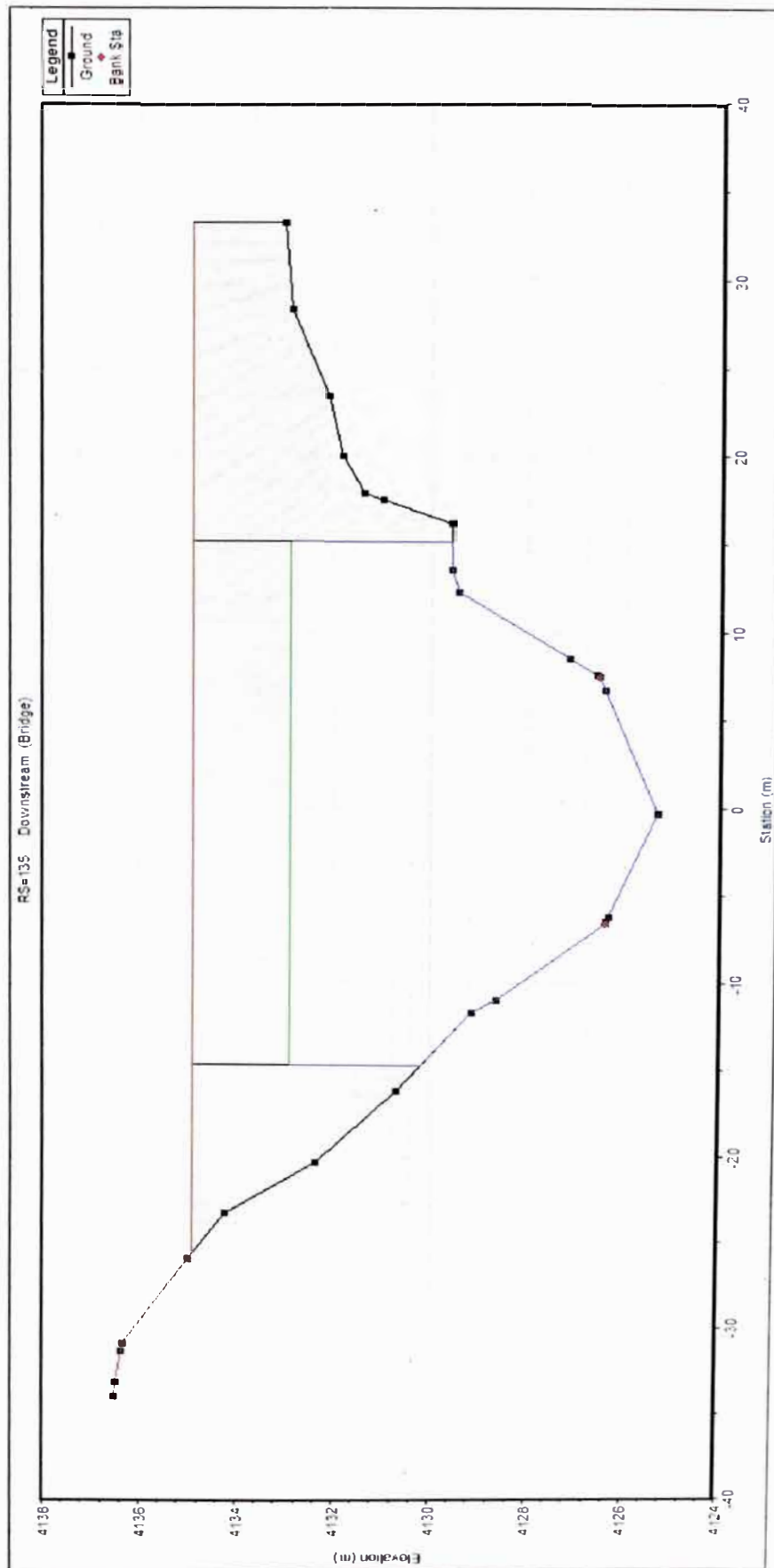


SECCION 10



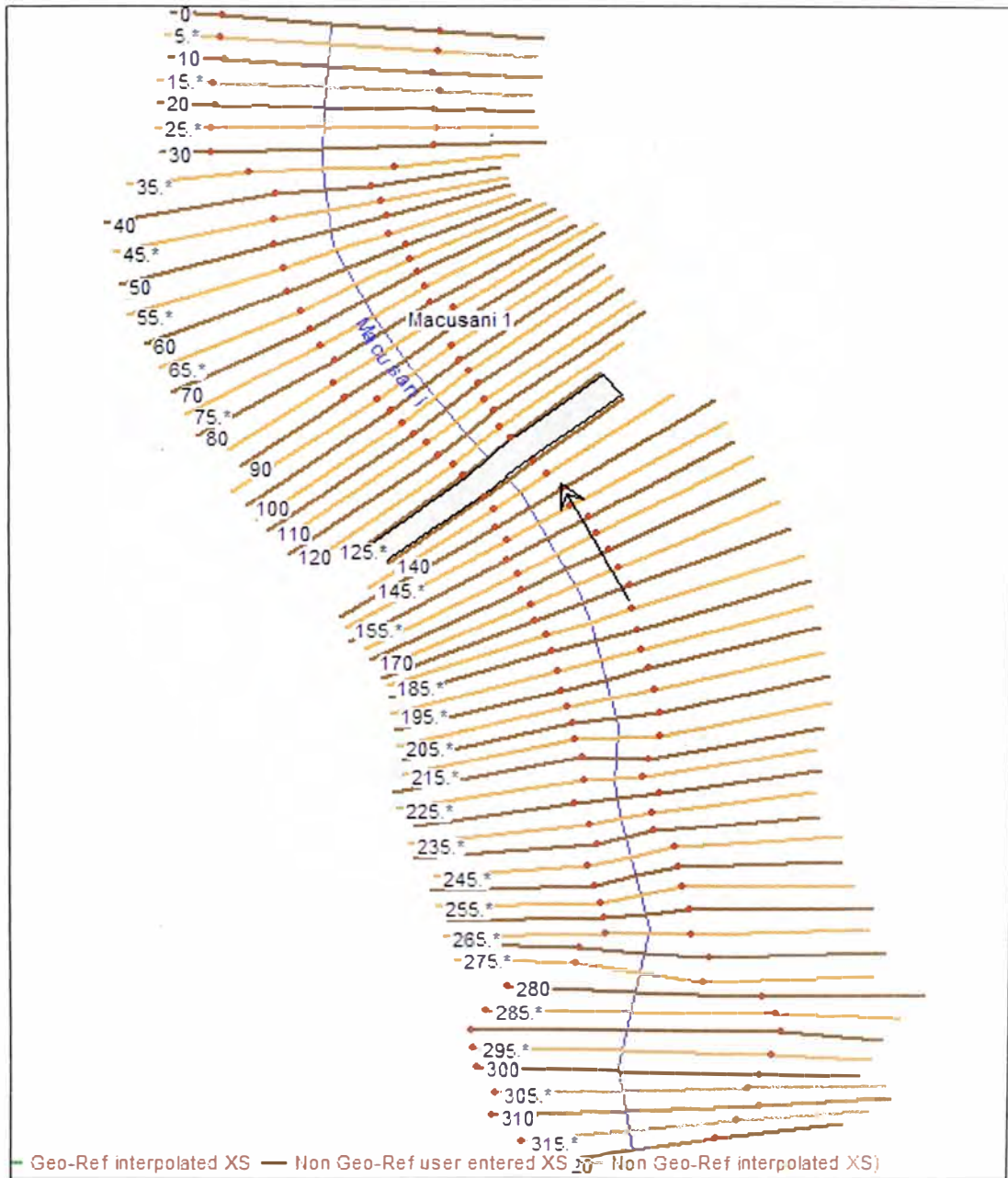
SECCION 0

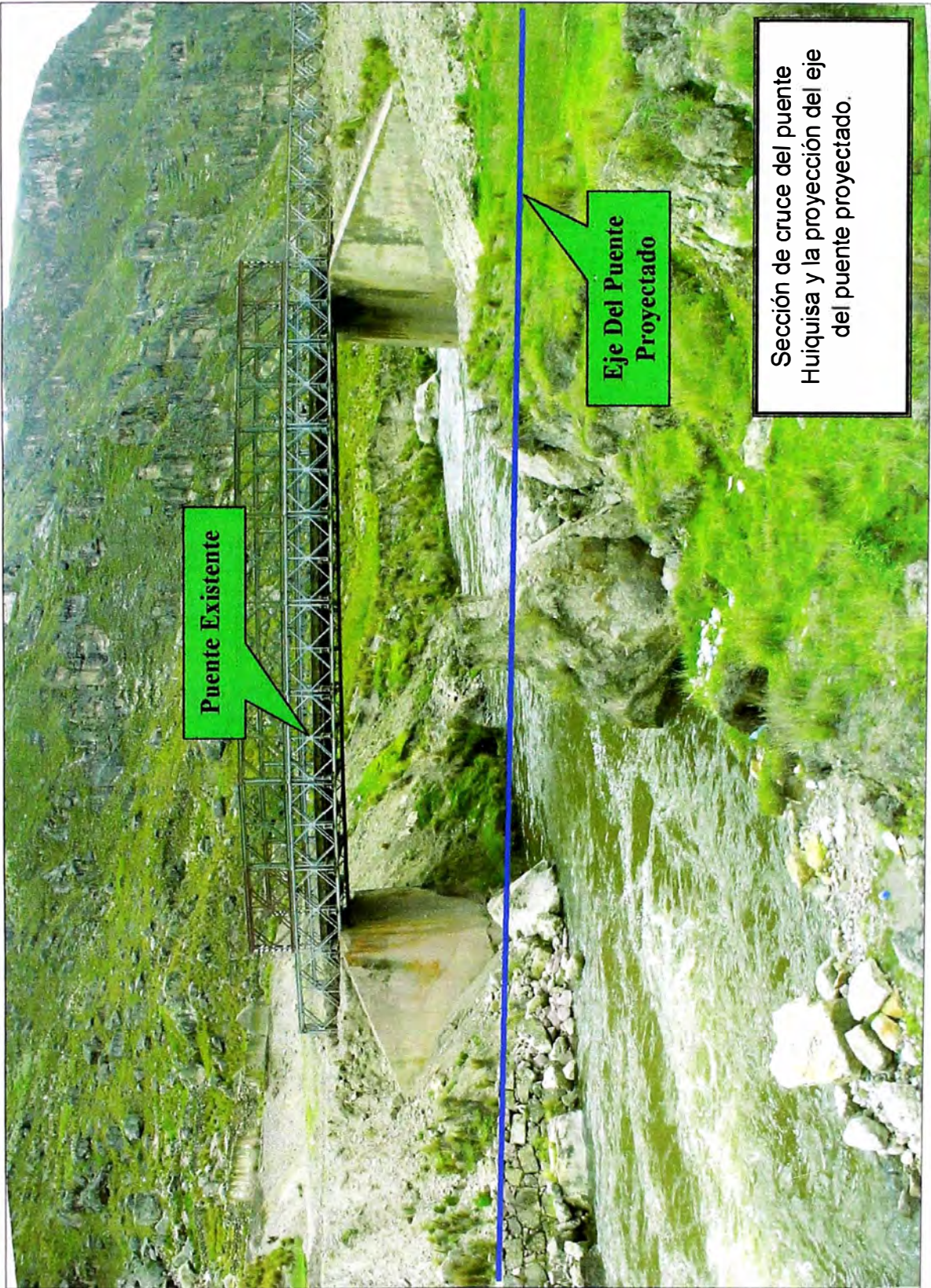


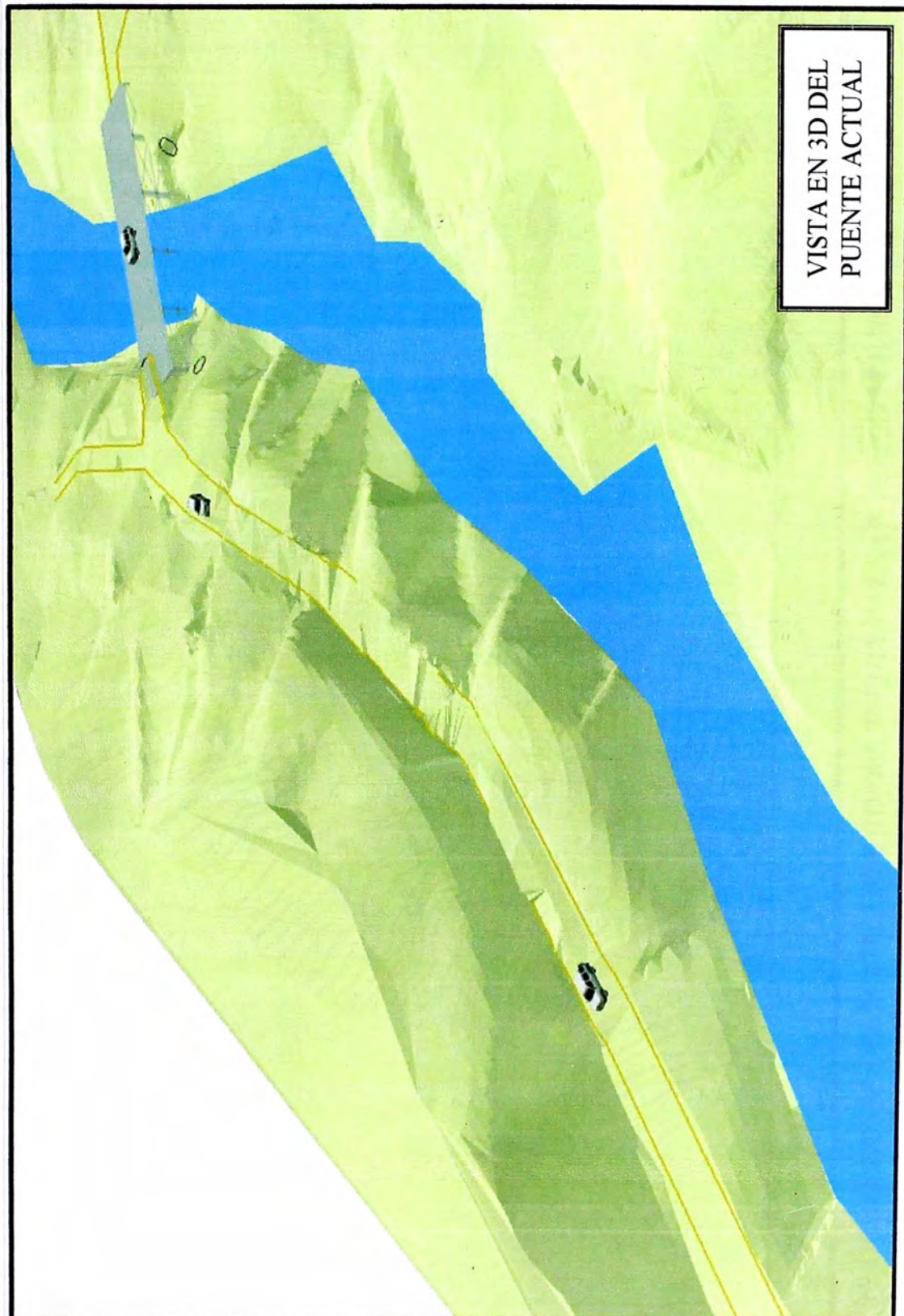


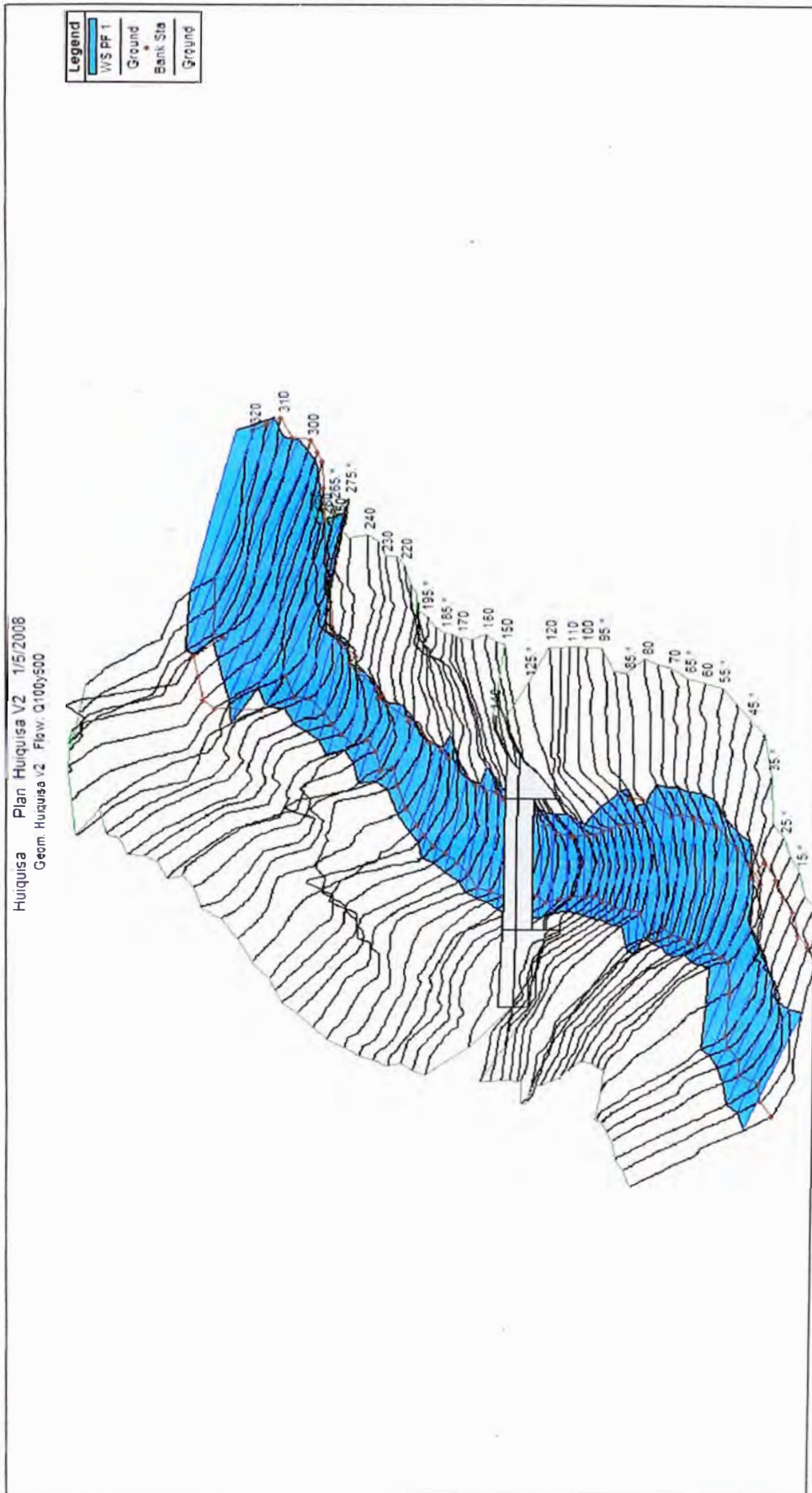
SECCION DEL PUENTE AGUAS ABAJO DEL CAUCE DEL RIO

C. Vista En Planta del Modelamiento con el HEC RAS del Puente Huiquisa

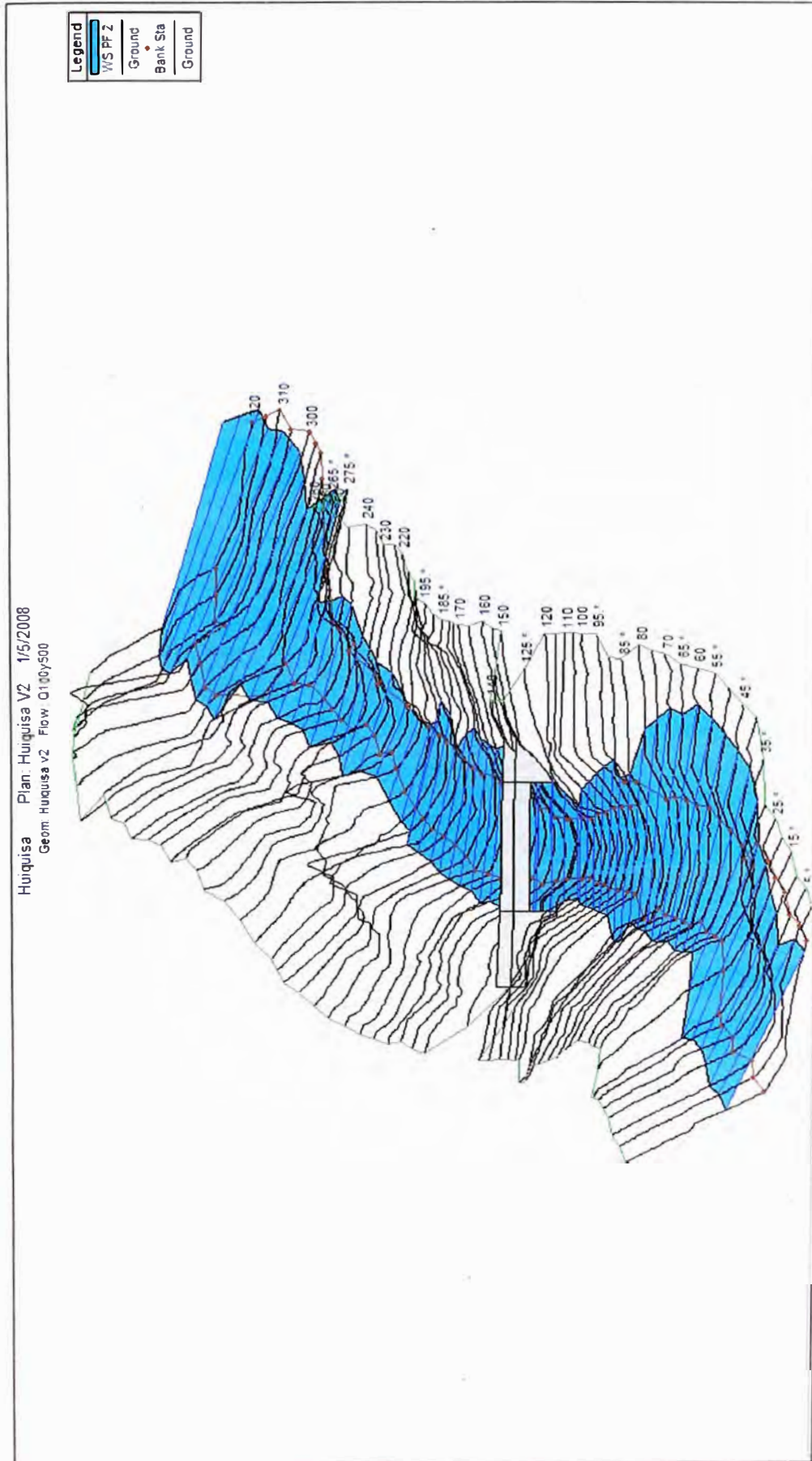




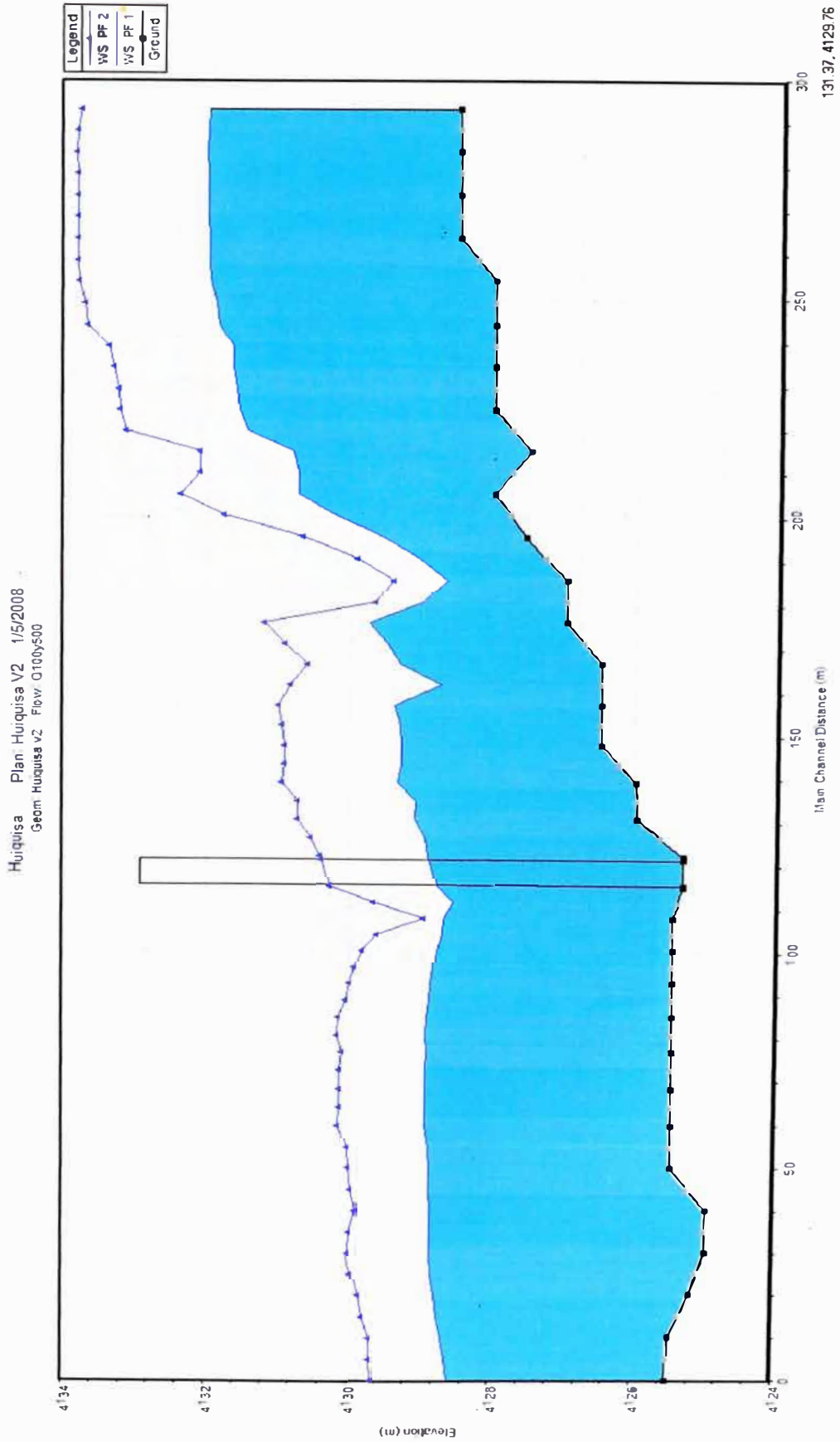




VISTA TRIDOMENSIONAL DEL MODELAMIENTO DEL PUENTE PARA UN PERIODO DE RETORNO TR= 100 AÑOS



VISTA TRIDIMENSIONAL DEL MODELAMIENTO DEL PUENTE PARA UN PERIODO DE RETORNO TR= 500 AÑOS



PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE DEL RIO MACUSANI PARA PERIODOS DE RETORNO TR=100 Y TR=500 AÑOS