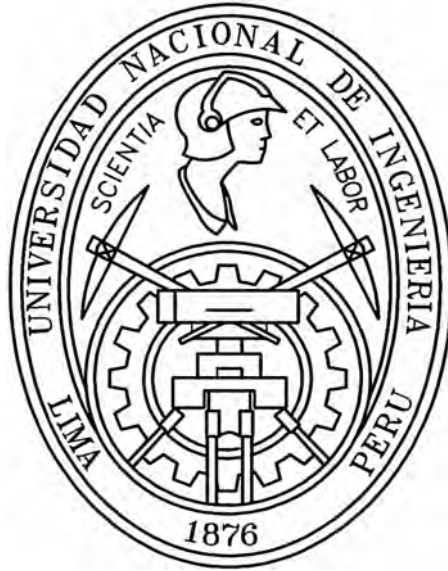


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil



**PROYECTO DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE
LA CARRETERA COCACHACRA – MATUCANA
DEL KM 69+000 AL KM 72+000
ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES**

INFORME DE SUFICIENCIA

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL**

Edward Estib Escudero Effio

Lima- Perú

2006

INDICE		PAGINA
RESUMEN		1
INTRODUCCIÓN		3
CAPITULO I	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE VIALIDAD INTERURBANA	
1.1	ASPECTOS GENERALES	4
1.1.1	<i>Objetivos del Estudio</i>	4
1.1.2	<i>Ubicación del Proyecto</i>	4
1.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	5
1.3	TRAZO Y DISEÑO VIAL	5
1.4	ESTUDIO DE TRANSITO	6
1.4.1	<i>Sectorización del Tramo</i>	6
1.4.2	<i>Índice Medio Diario Anual (IMDA)</i>	6
1.4.3	<i>Tránsito Proyectado</i>	7
1.4.4	<i>Factores Destructivos del Pavimento</i>	9
1.4.5	<i>Número de Ejes Acumulados de 8.2 Toneladas</i>	9
1.5	GEOLOGIA	10
1.5.1	<i>Geomorfología</i>	10
1.5.2	<i>Geología Regional</i>	10
1.5.3	<i>Geodinámica Externa</i>	10
1.6	ESTUDIO DE SUELOS	10
1.6.1	<i>Trabajos de Campo</i>	11
1.6.2	<i>Ensayos de Laboratorio</i>	11
1.6.3	<i>Descripción del Perfil Estratigráfico</i>	11
1.6.4	<i>Canteras</i>	11
1.6.5	<i>Fuentes de Agua</i>	12
1.7	DISEÑO DE PAVIMENTOS	13
1.7.1	<i>Caracterización de la Subrasante y Sectorización de la Vía</i>	13
1.7.2	<i>Estructura del Pavimento Existente</i>	13
1.7.3	<i>Evaluación Superficial del Pavimento</i>	14
1.7.4	<i>Proyección del Tránsito</i>	14
1.7.5	<i>Método de Diseño AASHTO 93</i>	14
1.7.6	<i>Pavimento Flexible Nuevo</i>	16

1.7.7	<i>Capa de Refuerzo de Concreto Asfáltico</i>	17
1.8	HIDROLOGIA	18
1.8.1	<i>Descripción del Tramo de Estudio</i>	18
1.8.2	<i>Análisis Hidrológico</i>	18
1.9	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	24
1.10	IMPACTO AMBIENTAL	26
1.10.1	<i>Impacto Ambiental en la Etapa de Rehabilitación</i>	26
1.10.2	<i>Impactos Ambientales en la Etapa de la Vida Útil de la Vía</i>	26
1.10.3	<i>Medidas de Mitigación en la Etapa de Construcción del Proyecto</i>	27
1.10.4	<i>Medidas de Mitigación en la Etapa de la Vida Útil de la Vía</i>	27
1.11	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	28

ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

CAPITULO II FUNDAMENTO TEORICO

2.1	INTRODUCCION	30
2.2	INFLUENCIA DEL TIPO DE MATERIAL	30
2.3	TIPOS DE MOVIMIENTOS	31
2.3.1	<i>Deslizamientos de Suelos</i>	31
2.4	FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES DE LOS MOVIMIENTOS	32
2.4.1	<i>Factores Naturales</i>	33
2.4.2	<i>Actividad Humana</i>	35
2.5	CAUSAS GENERALES DE LOS DESLIZAMIENTOS	35
2.5.1	<i>Propiedades Resistentes o Geomecánicas de los Suelos</i>	36
2.5.2	<i>Geometría del Talud</i>	37
2.5.3	<i>Técnicas de Excavación o Construcción</i>	37
2.5.4	<i>Condiciones del Agua Subterránea</i>	37
2.5.5	<i>Sistemas de Drenaje</i>	38
2.6	RECONOCIMIENTOS GENERALES	38
2.7	RECONOCIMIENTOS PREVIOS DE CAMPO	38
2.8	ESTABILIDAD DE TALUDES	40
2.8.1	<i>Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes</i>	40

2.9	METODO DE BISHOP SIMPLIFICADO	42
2.10	METODOS DE ESTABILIZACION DE TALUDES	44
2.10.1	<i>Descarga de los Taludes</i>	44
 CAPITULO III GENERALIDADES		
3.1	OBJETIVO	48
3.2	UBICACIÓN DEL PROYECTO	48
3.3	ACCESIBILIDAD AL AREA DEL PROYECTO	49
3.4	CLIMA	49
3.5	INFORMACIÓN EXISTENTE	49
3.6	TOPOGRAFÍA	50
 CAPITULO IV GEOLOGIA		
4.1	GEOMORFOLOGÍA	51
4.2	GEOLOGÍA REGIONAL	51
4.3	GEOLOGÍA LOCAL	51
4.4	GEODINÁMICA EXTERNA Y SECTORES CRÍTICOS	52
4.5	TALUDES	53
4.6	SISMICIDAD	53
 CAPITULO V GEOTECNIA		
5.1	INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CAMPO	58
5.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	59
5.3	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO	59
5.4	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	60
5.4.1	<i>Criterios de Diseño</i>	60
5.4.2	<i>Secciones de Análisis</i>	61
5.4.3	<i>Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales</i>	61
5.4.4	<i>Nivel Freático</i>	63
5.4.5	<i>Aceleración Sísmica de Diseño</i>	64
5.4.6	<i>Riesgo de Licuefacción</i>	64
5.4.7	<i>Factores de Seguridad Mínimos Permisibles</i>	64
5.4.8	<i>Resultados del Análisis de Estabilidad (Condiciones Actuales)</i>	65

5.5	ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN	66
5.5.1	<i>Alternativa de Estabilización 1</i>	66
5.5.2	<i>Alternativa de Estabilización 2</i>	66
5.6	DISEÑO DE LOS TALUDES DE CORTE PROYECTADOS	67
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	72
	ANEXOS	77
	PLANOS	95

LISTA DE ANEXOS

- 1 Registro de Exploración de Suelos
- 2 Ensayos de Laboratorio (Enero 2006)
- 3 Resumen de Ensayos de Laboratorio Efectuados en Estudios Anteriores
- 4 Resultados del Análisis de Estabilidad – Condiciones Actuales
- 5 Resultados del Análisis de Estabilidad – Alternativa de Estabilización 1
- 6 Resultados del Análisis de Estabilidad – Alternativa de Estabilización 2
- 7 Resultados del Análisis de Estabilidad – Diseño de los Taludes de Corte
Proyectados
- 8 Registro Fotográfico

LISTA DE PLANOS

- 1 Ubicación del Proyecto
- 2 Geología del Área de Estudio
- 3 Canteras y Fuentes de Agua
- 4 Perfil Estratigráfico Km 69+000 – Km 72+000
- 5 Planta y Perfil Longitudinal Km 69+000 – Km 70+000
- 6 Planta y Perfil Longitudinal Km 70+000 – Km 71+000
- 7 Planta y Perfil Longitudinal Km 71+000 – Km 72+000
- 8 Secciones Transversales Km 69+000 – Km 69+500
- 9 Secciones Transversales Km 69+520 – Km 70+040
- 10 Secciones Transversales Km 70+060 – Km 70+600
- 11 Secciones Transversales Km 70+620 – Km 71+100
- 12 Secciones Transversales Km 71+120 – Km 71+350
- 13 Secciones Transversales Km 71+360 – Km 71+570
- 14 Secciones Transversales Km 71+580 – Km 72+000
- 15 Secciones de Análisis y Alternativas de Estabilización de Taludes,
Sectores 1 y 2
- 16 Secciones de Análisis y Alternativas de Estabilización de Taludes,
Sectores 3 y 4
- 17 Ubicación de Estaciones Pluviométricas
- 18 Plano de Cuencas

RESUMEN

El presente informe titulado Proyecto de Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachacra – Matucana, sector Km 69+000 – Km 72+000, Estudio de Estabilidad de Taludes, es el resultado de una etapa previa de investigación de campo y gabinete, el cual apunta – principalmente – a proponer soluciones al problema de estabilidad de taludes del tramo en mención.

Es preciso señalar que el presente informe está dividido principalmente en dos partes: i) La memoria descriptiva de los estudios básicos del proyecto de vialidad interurbana, desarrollada en el curso de titulación por actualización de conocimientos FIC-UNI, periodo 2005 – 2006, capítulo I; y, ii) El estudio de estabilidad de taludes de la carretera Cocachacra – Matucana, sector Km 69+000 – Km 72+000, la cual se constituye como el tema de principal interés del presente informe y que se encuentra desarrollado en los capítulos II, III, IV y V.

A continuación se describen brevemente cada uno de los capítulos que conforman el cuerpo del presente informe.

En el capítulo I “Antecedentes del Estudio de Vialidad Interurbana”, se presenta la memoria descriptiva de los estudios básicos del proyecto de Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachacra – Matucana, sector Km 69+000 al Km 72+000.

El capítulo II “Fundamento Teórico”, muestra los fundamentos teóricos que sustentan los criterios y las metodologías empleadas en el estudio de estabilidad de taludes.

En el capítulo III “Generalidades”, se describen los objetivos del estudio de estabilidad de taludes, la ubicación geográfica, la accesibilidad a la zona de estudio, clima y las principales fuentes de información.

En el capítulo IV “Geología”, se trata los temas concernientes a la geología y sismicidad del área de estudio.

En el capítulo V “Geotecnia”, se desarrolla la metodología concerniente a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, caracterización de los suelos que conforman los taludes de análisis, evaluación de la estabilidad de los taludes de estudio y las alternativas de estabilización de taludes propuestas para cada caso.

Posteriormente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio de estabilidad de taludes; los anexos y planos son incluidos en la parte final del presente.

INTRODUCCION

El presente informe de mejoramiento y rehabilitación de la carretera Cocachacra – Matucana, sector Km 69+000 – Km 72+000, comprende la adecuación del diseño geométrico de la vía que permita alcanzar niveles de velocidad directriz de 55 Km/h.

Como parte de los trabajos de mejoramiento del diseño geométrico de la vía, es necesario la realización de cortes en los taludes adyacentes, que permitan brindar niveles de seguridad y servicio adecuados durante el periodo de vida útil de la carretera.

Por lo tanto, el presente informe enfoca principalmente la atención en la realización de un detallado estudio de estabilidad de taludes, el cual permite justificar las características geométricas de los taludes de corte para cada sector de estudio.

CAPITULO I ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE VIALIDAD INTERURBANA

1.1 ASPECTOS GENERALES

1.1.1 Objetivos del Estudio

El estudio de Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachacra – Matucana, correspondiente al sector comprendido entre las progresivas Km 69+000 al Km 72+000 tiene como objetivo primordial mejorar las condiciones de servicio de la vía a través de la adecuación del diseño geométrico actual, el cual permita la circulación vehicular a una velocidad directriz igual a 55 Km/h.

1.1.2 Ubicación del Proyecto

El tramo Cocachacra - Matucana forma parte de la Carretera Héroes de la Breña y se encuentra ubicado en el departamento de Lima, provincia de Lima, limítrofe con la provincia de Huarochirí. El tramo Cocachacra - Matucana comprende un recorrido de 21.3 Km y se encuentra a una altitud que varía desde 1,400 msnm en Cocachacra hasta los 2,378 msnm en Matucana (Ver Plano N° 1 – Ubicación del Proyecto).

Tabla I-1 - Ubicación del Proyecto, Coordenadas Geográficas UTM

Nombre	Norte	Este
Cocachacra	8'683,200	332,191
Matucana	8'690,295	348,938

Se accede desde Lima a la zona de interés a través de la Carretera Central, con una longitud de recorrido de 75 Km.

1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas del tramo de estudio corresponden a una vía con velocidad directriz igual a 55 Km/h.

Tabla I-2 - Características Técnicas de la Vía

Categoría de la vía	Primaria
Velocidad directriz	55 Km/h con restricciones en zonas con desarrollo
Superficie de rodadura	7.20 m a nivel de carpeta asfáltica
Pendiente	La pendiente máxima permisible para altitudes menores de 3,000 msnm es de 7%. Existe 7.5% en 330 m y 7.03% en 406 m.
Radio	60.00 m (mínimo normal)
Bombeo	2.0%
Cunetas revestidas	1.00 x 0.40 y 1.20 m x 0.40 m.

1.3 TRAZO Y DISEÑO VIAL

Esta sección del presente informe fue desarrollada siguiendo los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) y las exigencias de los Términos de Referencia.

Sin embargo, cabe resaltar que se mantendrá en lo posible el alineamiento actual de la vía, salvo en aquellos sectores que no presenten las características técnicas establecidas para el presente estudio, dichos sectores serán contemplados dentro de los trabajos de mejoramiento y rehabilitación, a fin de satisfacer los requerimientos básicos de la vía proyectada (ver Planos N° 5 a 14).

1.4 ESTUDIO DE TRANSITO

El estudio de tránsito tiene por finalidad proporcionar la información básica que permita estimar la demanda vehicular esperada al finalizar el periodo de vida útil de la vía. Dicha demanda expresada en repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas permitirá realizar la evaluación económica y el diseño del pavimento.

1.4.1 Sectorización del Tramo

Por observaciones efectuadas en el terreno y entrevistas con autoridades, transportistas y pobladores se ha podido determinar que la mayor parte del volumen de tránsito es de paso, esto quiere decir que los viajes no tienen origen ni destino dentro del área de influencia directa.

En este tramo no existen vías afluentes por las que ingrese o salga un número significativo de vehículos que determinen nodos. Sin embargo, hay localidades importantes como Cocachacra y Matucana donde existe servicio público de transporte de pasajeros en camionetas rurales y microbuses que interconecta a estas localidades y Chosica. Es por ello que se establece un solo sector homogéneo comprendido a lo largo del tramo entre Cocachacra y Matucana.

1.4.2 Índice Medio Diario Anual (IMDA)

De las informaciones recopiladas de estudios anteriores se establece que el índice medio diario anual por tipo de vehículo al año 2,000 fue igual a 3,323 vehículos diarios y estuvo compuesto por el 35% de vehículos ligeros, 12% de ómnibus y 53% de vehículos de transporte de carga.

En la siguiente tabla se muestra la composición del flujo vehicular por tipo de vehículo.

Tabla I-3 – Índice Medio Diario Anual (Año base 2,000)

Vehículo	Cocachacra – Matucana
Autos	599
Pick Up	302
Camionetas Rurales.	127
Micros	126
Bus 2 Ejes	278
Bus 3 Ejes	119
Camión 2 Ejes Chico	471
Camión 2 Ejes Grande	398
Camión 3 Ejes	339
Camión 4 Ejes	30
2S2	38
2S3	126
3S2	66
3S3	253
2T2	3
2T3	1
3T2	22
3T3	25
IMDA	3323

1.4.3 Tránsito Proyectado

El volumen de tránsito proyectado está compuesto de la siguiente manera:

- Tránsito normal y sus proyecciones, este tipo de tránsito es el que actualmente existe y que tendrá un crecimiento vegetativo no condicionado al mejoramiento de la carretera.
- Tránsito inducido o generado, es el volumen de tránsito que se produce a consecuencia del mejoramiento de la carretera.

- Tránsito derivado, es el volumen de tránsito que será atraído por la carretera y que actualmente utiliza vías alternas.

a. Tránsito Normal Proyectado

El tránsito normal proyectado se calculará con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1+r)^n$$

Donde:

T_n = Tránsito en el año n .

T_o = Tránsito actual o en el año base.

r = Tasa de crecimiento.

n = Año para el cual se calcula el volumen de tránsito.

Tasa de Crecimiento

Se han calculado las tasas de crecimiento del tránsito en función a las siguientes variables socio-económicas: PBI, población y PBI per cápita de los departamentos de Huancavelica, Lima, Junín, Pasco, Huánuco y Ucayali, los cuales se han seleccionado basándose en los resultados de las encuestas de origen y destino

Las tasas de crecimiento establecidas para los periodos de diseño del 2007 al 2011 y 2012 al 2027 son como se presentan en la siguiente tabla:

Tabla I-4 – Tasas de Crecimiento del Tránsito

Periodos	Vehículos Ligeros	Ómnibus	Camiones
2007-2011	5.8%	5.1%	6.1%
2012-2027	3.6%	3.1%	3.9%

b. Tránsito Inducido o Generado

Los trabajos de mejoramiento y rehabilitación a realizar en el tramo Cocachacra – Matucana disminuirán los costos de operación de los vehículos; sin embargo, no influyen en el volumen del tránsito existente.

c. Tránsito Derivado o Desviado

En la carretera de estudio, se presentará este caso pero al revés, una vez que se materialice el proyecto de mejoramiento de la carretera Lima–Canta–La Viuda–Unish, atraerá parte del tráfico que actualmente utiliza la carretera Puente Ricardo Palma – La Oroya.

1.4.4 Factores Destructivos del Pavimento

Los factores destructivos del pavimento o ejes equivalentes de 8.2 toneladas se han determinado para un número estructural SN de 4 y una serviciabilidad final de 2.5.

1.4.5 Número de Ejes Equivalentes Acumulados de 8.2 Toneladas

Con los factores destructivos del pavimento corregido por presión de inflado de llantas, el IMDA, y las tasas de crecimiento del tráfico, se ha calculado la cantidad acumulada de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

El cálculo se ha efectuado para dos periodos:

- El primer periodo comprende el año de puesta en marcha del proyecto (2007) hasta el año 5 de vida útil (2011).
- El segundo periodo abarca el año 6 (2012) al año 20 (2027).

Tabla I-5 – EAL por Periodo de Diseño

Periodo	EAL
2007 – 2011	5.5×10^6
2012 – 2027	32.5×10^6

1.5 GEOLOGIA

1.5.1 Geomorfología

El tramo de estudio se caracteriza por estar ubicado en la parte media del valle del río Rímac, conformada por terrazas fluvio-aluviales y pendientes abruptas de rocas intrusivas. La vía es atravesada por numerosas quebradas pequeñas y dos quebradas importantes (Yamajune y Palcacancha).

1.5.2 Geología Regional

El área que recorre la vía se encuentra emplazado sobre formaciones de roca intrusiva del tipo granodiorita tonalita, en gran parte del tramo estas formaciones se encuentran cubiertas por depósitos de origen aluvial-coluvial (Ver Plano N° 2 – Geología del Área de Estudio).

1.5.3 Geodinámica Externa

Los principales fenómenos de geodinámica externa registrados en el área de estudio son: caída de rocas, erosión hídrica en los taludes y huaycos.

1.6 ESTUDIO DE SUELOS

1.6.1 Trabajos de Campo

Los trabajos de campo estuvieron orientados a la verificación de la información existente, para ello se contempló la excavación manual de dos calicatas cercanas al eje de la vía, a través de las cuales se pudo identificar las características geotécnicas de la subrasante. En la tabla siguiente se detalla la ubicación y las profundidades alcanzadas por cada uno de dichos sondeos.

Tabla I-6 – Ubicación de Calicatas

Sondeo	Tipo	Progresiva (Km)	Distancia al eje (m)	Lado	Profundidad (m)
C-1	Calicata	69+585	8.40	Derecho	1.00
C-2	Calicata	71+650	10.20	Derecho	0.30

El programa de exploración de campo tuvo también por objeto verificar las características de las potenciales canteras de las que se obtendrán los materiales requeridos en los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la vía.

1.6.2 Ensayos de Laboratorio

Los ensayos estándar realizados fueron:

Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM C-136
Límite Líquido y Límite Plástico	ASTM D-4318
Compactación Proctor Modificado	ASTM D-1557

1.6.3 Descripción del Perfil Estratigráfico

De acuerdo a la información recopilada se identificaron los materiales que conforman las diferentes capas de la estructura del pavimento existente y del suelo de subrasante. A continuación se detallan los resultados obtenidos:

- Carpeta asfáltica, espesor igual a 15 cm (6")
- Base granular, espesor igual a 20 cm (8")
- Subrasante, suelo fluvio-aluvial o roca intrusiva.

1.6.4 Canteras

Se realizó una inspección ocular de las potenciales canteras, cuya información ha sido complementada con recopilaciones de estudios anteriores (Ver Plano N° 3).

Tabla I-7 – Características de las Canteras

Cantera	Ubicación	Lado	Acceso (m)	SUCS	Vol. Útil (m3)	Uso
San Juan	69+860	Derecho	700	GP	33,000	Sub-base y base granular, agregado para asfalto
San Juan 2	69+860	Izquierdo	100	SP	30,000	Sub-base granular, agregado para concreto hidráulico
Huariquiña	71+640	Derecho	300	SP-SM	20,400	Sub-base y base granular, agregado para asfalto

1.6.5 Fuentes de Agua

Se identificó como una posible fuente de agua a la quebrada Huariquiña, la cual se encuentra ubicada en la progresiva Km 71+640 (Ver Plano N° 3).

De acuerdo a la información obtenida de estudios anteriores, se presenta a continuación los resultados del análisis de laboratorio efectuados a una muestra de agua tomada de dicha quebrada.

Tabla I-8 – Resultados de Laboratorio de la Fuente de Agua

Parámetros	Resultado, ppm	Valor límite, ppm
Cloruros	191.4	300
Sulfatos	87	300
Sales solubles totales	212	1500
Sólidos en suspensión	22	1500
Materia orgánica	0.69	10
Ph	7.86	> 7

1.7 DISEÑO DE PAVIMENTOS

Se plantea el diseño de pavimentos flexibles por el método AASHTO versión 1993 y se definen dos casos específicos a ser considerados en el diseño:

- i. Primer periodo de diseño (2007 – 2011). A inicios del año 2007 se plantea la construcción de un pavimento flexible nuevo en aquellas zonas donde se van a realizar ampliaciones y mejoramientos de las curvas horizontales y tramos en tangente.
- ii. Segundo periodo de diseño (2012 – 2027). A inicios del año 2012 se plantea la colocación de una capa de refuerzo de concreto asfáltico a lo largo de toda la superficie de la vía con la finalidad de mejorar su serviciabilidad.

1.7.1 Caracterización de la Subrasante y Sectorización de la Vía

La subrasante está compuesta principalmente por suelo aluvial-coluvial, medianamente denso a denso. En consecuencia, se define que el tramo de estudio constituye un sector homogéneo según el tipo de suelo.

De acuerdo a los resultados del estudio geotécnico, la subrasante presenta un valor de CBR de diseño igual a 25% ($M_r = 24,000$ PSI).

1.7.2 Estructura del Pavimento Existente

Se describe a continuación las capas componentes de la estructura del pavimento existente a lo largo del tramo de estudio.

Tabla I-9 – Características de la Estructura del Pavimento Existente

Descripción	Espesor, m
Carpeta Asfáltica	0.15 (6")
Base Granular *	0.20 (8")

(*) La base granular está conformada principalmente por gravas bien y mal gradadas.

1.7.3 Evaluación Superficial del Pavimento

Debido a los recientes trabajos de rehabilitación y mantenimiento de la vía de estudio, la superficie de rodadura no presenta defectos estructurales, calificando su condición de serviciabilidad como bueno ($PSI \leq 4$).

1.7.4 Proyección del Tránsito

De acuerdo al estudio de tránsito se contempla un tiempo de vida útil de servicio igual a 20 años, divididos en dos periodos de diseño, los cuales se extienden desde el año 2007 al 2027 (Ver tabla I-5 "EAL por Periodo de Diseño").

1.7.5 Método de Diseño AASHTO 93

El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Número Estructural, el cuál se calcula en función de: a) El tráfico que transcurrirá por la vía durante el período de diseño; b) La resistencia del suelo que soportará al pavimento; y, c) Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida útil.

Adicionalmente, deben considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida cumpla con un determinado nivel de confianza.

Tabla I-10 – Parámetros Estadísticos de Diseño y Niveles de Serviciabilidad

Descripción	Valor
Nivel de confiabilidad, (FR)	95 %
Desviación estándar normal, (ZR)	-1.645
Desviación estándar total, (So)	0.45
Serviciabilidad inicial, (pi)	4.0
Serviciabilidad final, (pt)	2.5

a. Calidad de los Materiales a Emplearse

Para el diseño del pavimento, se considerará el uso de los siguientes materiales:

- Concreto asfáltico, con un coeficiente estructural de capa (a_1) es igual a 0.42/pulgada.
- Base granular, con un coeficiente estructural de capa igual a 0.12/pulgada y un coeficiente de drenaje (m_2) igual a 1.0 correspondiente a una calidad de drenaje regular expuesto a niveles de humedad que se aproximan a una humedad que varía entre 5 a 25% del nivel de saturación.

b. Determinación del Número Estructural

Número Estructural Total Requerido (SNreq)

Para el cálculo del Número Estructural Total Requerido (SNreq) que debe satisfacer la estructura del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$\log(N_8) = Z_R * S_0 + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{G_t}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log M_R - 8.07$$

donde: $G_t = \log\left(\frac{p_i - p_t}{4.2 - 1.5}\right)$

Número Estructural Efectivo (SNeff)

El Número Estructural Efectivo del pavimento se determina analizando la condición de cada una de las capas y materiales que componen la estructura del pavimento, asumiendo de acuerdo a su estado de deterioro o contaminación sus respectivos coeficientes estructurales, para los cuales el método da un determinado rango de variación. La sumatoria de los productos parciales de los

espesores de cada capa por su respectivo coeficiente estructural, resulta ser el Número Estructural efectivo del pavimento.

Número Estructural del Refuerzo (S_{Neff})

El Número Estructural del refuerzo requerido es la diferencia entre el Número Estructural Total Requerido (S_{Nreq}) y el Número Estructural Efectivo (S_{Neff}). Este Número Estructural de Refuerzo se divide entre el coeficiente estructural del concreto asfáltico obteniéndose de esta forma un espesor de concreto asfáltico adicional, el cual es estandarizado de acuerdo a los sistemas constructivos nacionales y a los espesores mínimos establecidos en la reglamentación vigente.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Tabla I-11 – Resultados de la Evaluación de los Números Estructurales

Periodo	S _{Nreq}	S _{Neff}	S _{Nref}	Espesor de refuerzo
2007 – 2011	3.21	3.48	-0.27	0
2012 - 2027	4.32	3.48	0.84	2"

1.7.6 Pavimento Flexible Nuevo

Los resultados mostrados en la tabla anterior, indican que la geometría actual del pavimento existente cumple con los requisitos suficientes para brindar un adecuado nivel de servicio para la primera etapa de diseño (2007 – 2011); por ello, se estima conveniente asignar dichos espesores a la nueva estructura de pavimento.

A continuación se definen los espesores de las capas de la nueva estructura de pavimento flexible:

Tabla I-12 – Espesores de las Capas del Pavimento Flexible Nuevo

Capa	Espesor de la capa, pulg.
Concreto Asfáltico	6
Base Granular	8

1.7.7 Capa de Refuerzo de Concreto Asfáltico

Finalizado el primer periodo de diseño se contempla realizar una rehabilitación de la superficie de rodadura mediante un recapeo de 2" de espesor de concreto asfáltico. Según los resultados obtenidos del diseño del espesor de la capa de refuerzo, ésta permitirá brindar un adecuado nivel de servicio para el periodo 2012 – 2027.

1.8 HIDROLOGIA

El estudio hidrológico tiene por objeto determinar el régimen pluvial en la zona de interés y las características físicas e hidrológicas de las cuencas que inciden en ella para la estimación de las descargas máximas y los parámetros de diseño de las obras de arte.

1.8.1 Descripción del Tramo de Estudio

El tramo de estudio se ve influenciada por las descargas fluviales de las quebradas Palcacancha y Yamajune localizada entre los 11°46' y 11°52' de latitud Sur y entre los 76°24' y 76°27' de longitud Oeste, el cual tienen un carácter fundamentalmente estacional, correspondiendo la época de lluvias más intensas al período hidrológico entre Noviembre y Abril (Ver Planos N° 17 y 18).

Fisiográficamente presenta un valle amplio y abrupto presentándose descargas grandes los que se estimarán para dimensionar las obras de drenaje y defensas ribereñas para la conservación de la estructura de la carretera.

Tabla I-13 – Relación de Quebradas

Nombre	Ubicación (km)	Obra de arte de cruce
Quebrada Yamajune	69+700	Puente Habich
Quebrada Palcacancha	71+522	Puente Collana

1.8.2 Análisis Hidrológico

a. Información Pluviométrica

Las estaciones pluviométricas disponibles en las cuencas del Río Rímac, Río Mantaro y vecinas se muestran en el Plano N° 17 y se listan en la siguiente tabla:

Tabla I-14 – Relación de Estaciones Pluviométricas

Estación	Cuenca	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud	Periodo de Registro
Matucana	Rímac	2378	11°50'	76°23'	1964-1998
Autisha *	Rímac	2250	11°44'	76°37'	1980-1996
Carampoma	Rímac	3272	11°39'	76°31'	1965-1998
San José de Parac *	Rímac	3800	11°48'	76°15'	1966-1999
Chalilla	Lurín	4050	11°56'	76°20'	1969-1983
Mina Colque *	Rímac	4600	11°35'	76°29'	1968-1993
Milloc	Rímac	4400	11°34'	76°21'	1965-1998
Casapalca *	Rímac	4191	11°37'	76°13'	1966-1997
Marcapomacocha *	Mantaro	4413	11°24'	76°20'	1965-1990

* Serie discontinua

De acuerdo a la ubicación de las estaciones pluviométricas mostradas en la tabla anterior, se eligieron convenientemente – por ser más representativas de la zona de estudio – las que se indican a continuación:

- i. Estación Matucana : por su cercanía y mayor longitud de registro.
- ii. Estación Carampoma : por mayor longitud de registro.
- iii. Estación Milloc : por mayor longitud de registro.

Para la estimación de caudales se ha efectuado un análisis de frecuencias de eventos hidrológicos máximos, aplicables a caudales de avenida y precipitación máxima. No contando con registros de aforo en los cursos hídricos que desfogan a través de la carretera, se considera el siguiente procedimiento:

- Uso de registros de precipitación máxima en 24 hrs.
- Procesamiento de las distribuciones de frecuencia más usuales y obtención de la distribución de mejor ajuste a los registros históricos.
- Análisis estadístico de precipitaciones máximas para periodos de retorno de 20, 50 y 100 años.
- Trazo de mapas de isoyetas.
- Aplicación del modelo precipitación – escorrentía.

Tabla I-15 – Registros de Precipitaciones Máximas en 24 Horas

Año	Matucana	Carampoma	Autisha	Casapalca	San José de Parac	Mina Colque	Marca poma cocha	Chalilla	Milloc
1964	15.9								
1965	14.9	19.5					23.4		25.0
1966	17.1	10.6		35.2	12.5		30.5		23.0
1967	16.7	22.2		29.2	24.0		28.0		36.0
1968	12.8	15.5		19.2	10.0	13.6			26.0
1969	12.0	21.3		26.7	17.0	21.6	17.8	20.4	30.0
1970	31.7	30.2		46.1		24.9	26.2	24.1	17.5
1971	23.3	30.4				32.5	33.1	22.6	18.0
1972	18.1	27.5		23.0		13.8	20.2	39.1	21.0
1973	25.2	32.6		20.1			25.6	50.2	27.0
1974	11.9	28.2		20.1			22.6	23.3	26.7
1975	10.8	17.0		18.7		18.4	33.8	25.3	30.0
1976	15.8	24.5		24.1		14.4	27.2	37.8	21.8
1977	35.2	23.8		31.1		12.0	40.5	25.5	22.0
1978	7.8	14.8		17.8		16.0	35.0	31.3	22.4
1979	12.3	20.3		24.4		18.2	27.8	31.6	24.6
1980	8.8	20.6	7.5	18.8	17.4	17.4	28.8	11.3	23.0
1981	12.5	30.3	13.7	25.4	42.0	18.2	24.8	29.4	22.4
1982	9.5	15.5	11.2	35.6	28.5	16.4	45.6	38.6	24.6
1983	25.0	26.2		16.8	27.7	16.4	27.0	7.9	31.2
1984	21.5	20.8	14.0	23.6	29.1	18.4	24.4		23.4
1985	19.8	21.4	6.4	44.5	24.3	18.6	21.2		20.8
1986	27.2	33.3	4.3	38.1	21.8	12.8	19.6		22.8
1987	20.9	22.7	11.6	17.8		9.6	43.2		14.8
1988	13.2	31.5	9.8	28.2		13.8	23.2		32.4
1989	10.7	19.6	20.3	16.8		13.5	20.8		33.1
1990	20.6	25.6	14.7	22.4	14.6	10.7	29.2		46.2
1991	17.6	23.3	29.7	47.0	18.2	9.6			24.1
1992	30.5	19.2	6.3	19.8	12.4	7.1			44.4
1993	30.3	22.4	23.3	33.9	19.7	13.0			37.6
1994	15.5	17.9	11.2	40.3	25.4				49.2
1995	22.3	15.1	9.3	36.8	28.8				41.5
1996	13.6	17.2	18.4	20.2	17.8				54.4
1997	9.5	15.7		15.7	18.1				18.3
1998	21.9	24.1			18.8				27.5
1999					28.4				

b. Análisis de Frecuencias

Con los datos de precipitación máxima en 24 horas se calcularon las precipitaciones cuyos periodos de retorno son 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 500 años usando las distribuciones de probabilidad usadas en análisis de eventos hidrológicos máximos

Las distribuciones de frecuencia más usuales son:

- i. Distribución Normal.
- ii. Distribución Log-Normal de 2 Parámetros.
- iii. Distribución Log-Pearson III.
- iv. Distribución Valor Extremo Tipo I – Gumbel.

La distribución Valor Extremo Tipo I (Gumbel) ajustó mejor los datos de la estación Matucana según el método de Kolmogorov – Smirnov.

Tabla I-16 – Periodo de Retorno Vs. Altura de Precipitación

T (años)	Precipitación Máxima en 24 Horas (Gumbel)
2	16.89
5	23.22
10	27.40
20	31.42
25	32.69
50	36.62
100	40.51
200	44.39
500	49.51

c. Análisis de Subcuencas

En la carta nacional hoja Matucana 24-k a escala 1:100,000 se han delimitado las cuencas de las dos principales quebradas: Palcacancha y Yamajune. Se efectuó un inventario de las mismas y se determinó los parámetros geomorfológicos e hidrológicos para la estimación del caudal de aquellas que constituyen riesgo potencial para la vía (Ver Plano N° 18).

Tabla I-17 – Parámetros Físicos y Morfológicos de las Quebradas

Quebrada	Ubicación	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Longitud (Km)	Pendiente del Cauce	Pendiente de la Cuenca
Palcacancha	69+700	29.16	26.69	10.69	24.31 %	10.18 %
Yamajune	71+522	19.36	21.88	8.64	27.78 %	11.46 %

Tabla I-18 – Parámetros Hidrológicos – Tiempos de Concentración

Quebrada	Factor de Rugosidad	Tiempos de Concentración (Horas)		
		Kirpich	Hathaway	Corps of Engineers
Palcacancha	0.20	0.99	1.48	2.80
Yamajune	0.20	0.80	1.30	2.33

De los tres tiempos de concentración evaluados con las diferentes fórmulas se elige a Hathaway debido a ser consistente con la velocidad de la partícula de agua, el cual se encuentra definido alrededor de los 2 m/s.

d. Estimación de los Caudales Máximos – Hidrograma Unitario Sintético

Debido a la nula información de registros de caudales a la salida de las cuencas estudiadas, se estima conveniente utilizar el Hidrograma Unitario Triangular desarrollado por Mockus que lo usa el SCS (Soil Conservation Service), debido a que usa únicamente los datos de características generales de la cuenca.

A continuación, se muestra en la Tabla I-19 los resultados obtenidos de la aplicación del método del Hidrograma Unitario Triangular para el cálculo de los caudales de diseño en función del periodo de retorno.

Tabla I-19 – Relación de Caudales Picos según el Periodo de Retorno

T (años)	P_{24horas} Gumbel	Palcacancha Qp (m³/s)	Yamajune Qp (m³/s)
2	16.89	48.70	35.40
5	23.22	66.90	48.70
10	27.40	79.00	57.50
20	31.42	90.60	65.90
25	32.69	94.20	68.60
50	36.62	105.5	76.80
100	40.51	116.80	85.00
200	44.39	127.90	93.10
500	49.51	142.70	103.80

1.9 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

A continuación se muestra la siguiente tabla con el resumen del inventario de obras de arte del tramo de estudio.

Tabla I-20 – Relación de Puentes

Nombre	Ubicación	Trabajos a ejecutar
Puente Habich	69+700	Quebrada Yamajune
Puente Collana	71+522	Quebrada Collana

Tabla I-21 –Relación de Cunetas

Progresiva		Longitud (m)	Ubicación
De	A		
69+010.0	69+099.3	89.30	L . I
69+109.3	69+409.3	300.00	L . I
69+435.0	69+500.0	65.00	L. D
69+409.3	69+625.0	215.70	L . I
69+860.0	70+190.0	330.00	L . I
69+869.0	70+182.0	313.00	L. D
70+196.0	70+315.0	119.00	L . I
70+320.0	70+343.6	23.60	L . I
70+350.0	70+656.0	306.00	L . I
70+665.0	70+935.0	270.00	L . I
70+665.0	70+802.2	137.20	L. D
70+940.0	71+210.0	270.00	L . I
71+627.0	71+680.5	53.50	L. D
71+627.0	71+771.0	144.00	L . I
71+626.7	71+772.0	145.30	L . I
71+773.0	71+993.5	220.50	L . I

Tabla I-22 –Relación de Alcantarillas

Progresiva	Tipo	Sección		Observación
		Largo	Ancho	
68+497.0	Marco de concreto	4.00	2.80	Buen estado.
68+913.3	Marco de concreto con cabezales	1.20	1.20	Buen estado.
69+003.4	Marco de concreto	1.50	1.50	Entrada y salida obstruida parcialmente.
69+399.6	Marco de concreto	0.90	0.70	Salida obstruida parcialmente.
69+520.0	Marco de concreto	0.90	0.80	Obstruido parcialmente.
70+188.5	Marco de concreto	1.40	1.50	Buen estado.
70+310.0	Marco de concreto	1.20	1.10	Entrada y salida obstruida con vegetación.
70+341.0	Marco de concreto	2.20	2.10	Buen estado.
70+493.0	Marco de concreto	1.20	0.80	Obstruido parcialmente.
70+653.0	Marco de concreto	2.00	2.00	Buen estado
70+920.0	Marco de concreto.	2.00	1.20	Entrada obstruida por derrumbe.
71+140.0	Marco de concreto.	0.90	0.90	Entrada obstruida por derrumbe.
71+205.5	Marco de concreto.	0.90	0.90	Entrada parcialmente.
71+751.0	Marco de concreto	0.80	0.80	Obstruido parcialmente.
71+975.0	Marco de concreto	0.90	0.90	Entrada por derrumbe.

1.10 IMPACTO AMBIENTAL

El presente estudio tiene como propósito el analizar y proponer alternativas viables que permitan evitar o minimizar los impactos negativos que las labores de construcción en la rehabilitación del tramo: Cocachacra – Matucana, sector Km 69+000 al Km 72+000 puedan causar en el medio ambiente, dentro de un marco legal que sustenta este tipo de estudios a nivel general e institucional.

1.10.1 Impacto Ambiental en la Etapa de la Rehabilitación

Por tratarse de obras de mejoramiento y mantenimiento de una carretera existente, se ha tenido la oportunidad de observar directamente los sectores con problemas de inestabilidad de taludes, deficiencias de drenaje, quebradas activas durante el periodo de lluvias, etc.

Durante esta etapa se presentarán algunos impactos negativos, que a continuación se describen:

- La calidad del aire se verá afectada por el aumento de niveles de ignición, residuos de combustión incompleta de hidrocarburos debido al constante tránsito de vehículos, maquinarias y otros; además de partículas en suspensión debido a movimientos de tierra, explotación de canteras, etc.
- Pérdida de suelos debido a la construcción de trochas y vías de acceso, explotación de canteras, implementación de botaderos, aumento de erosión en áreas de corte de talud por pérdida de cobertura vegetal.
- Pérdida de calidad de agua por agentes contaminantes.
- Destrucción directa de flora y fauna.

1.10.2 Impactos Ambientales en la Etapa de la Vida Útil de la Vía

En la segunda etapa de operación y vida útil de la vía se deberá concretar las mejoras en el servicio tales como una mayor comodidad y seguridad para el

usuario, prolongación de la vida útil de la flota vehicular, incremento del turismo. En general un desarrollo regional con la consecuente elevación de la calidad de vida del poblador de la región.

1.10.3 Medidas de Mitigación en la Etapa de Construcción del Proyecto

Las medidas de mitigación de los impactos negativos en la etapa de construcción que se deberán implementar, se indican a continuación:

- Protección de laderas contra la erosión mediante un plan de reforestación.
- Racionalizar el uso de espacios destinados a las construcciones provisionales.
- Manejo de lubricantes y aceites.
- Mantenimiento de canteras.

En las canteras de playa de río, la explotación deberá ser controlada, evitando abrir nuevos cauces, respetando la morfología original.

1.10.4 Medidas de Mitigación en la Etapa de la Vida Útil de la Vía

Ejecutar tareas de mantenimiento rutinario y de emergencia, al término de los cuales llevar a botaderos el material excedente del mantenimiento y hacer limpieza protegiendo la flora y fauna.

1.11 SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL

En el presente estudio se abordaron los aspectos siguientes:

- Señalización vertical que comprende las señales de prevención, de reglamentación y de información.
- Señalización horizontal o marcas en el pavimento.
- Dispositivos de seguridad vial: guardavías, postes delineadores, tachas bidireccionales, pintado de parapetos.

A continuación se muestra el inventario del sistema de señalización y seguridad vial existente en el tramo de estudio.

Tabla I-23 – Inventario de la Señalización Preventiva

Progresiva	Descripción	Lado
69+065.5	Curva	I
69+249.6	Curva a la derecha	I
69+350.0	Vuelta a la derecha	D
69+536.0	Mantenga su derecha	D
69+873.6	Doble curva	D
69+894.0	Mantenga su derecha	I
69+912.5	Peralte a la derecha	D
70+098.5	Doble curva	I
70+665.0	Peralte a la izquierda	I
71+222.5	Doble curva	I
71+222.5	Doble curva	D
71+237.9	No adelantar	D
71+370.0	Peralte a la izquierda	I
71+771.0	No adelantar	I
71+972.2	Doble curva	D

Tabla I-24 – Inventario de la Señalización Informativa

Progresiva	Descripción	Ubicación
69+336.2	Ruta 20 Lima – Tarma	D
69+879.0	Puente Habich	I
70+826.5	Velocidad máxima 50 Km/h	I
71+405.0	Puente Collana L=150 m carga máxima 48 Tn	D
71+781.0	Grifo a 1 Km	D
71+966.2	Velocidad 50 Km/h	I

Tabla I-25 – Inventario de Guardavías

Progresiva		Derecha	Izquierda	Total
De	A			
69+140.8	69+164.5	23.70		23.70
69+645.0	69+655.0		10.00	10.00
69+811.4	69+827.7	16.30	6.30	32.60
71+275.0	71+460.0	185.00		185.00
71+441.0	71+461.0	20.00		20.00
71+627.0	71+653.0		26.00	26.00
71+627.0	71+660.0	33.00		33.00
71+984.0	72+010.0	26.00		26.00

ESTABILIDAD DE TALUDES

CAPITULO II FUNDAMENTO TEORICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Los problemas que presenta la estabilidad de taludes, tanto naturales como excavados, han sido objeto de análisis en varios dominios de la actividad humana y con especial atención en el campo de la ingeniería civil.

El término más usado para designar los movimientos producidos en los taludes es el de deslizamiento. Dicho término, de acepción muy extendida, implica movimiento de taludes formados por diferentes clases de materiales – roca, suelo, rellenos artificiales o combinaciones de los mismos – a través de una superficie de rotura determinada.

Se presenta a continuación una recopilación de varios artículos técnicos incluidos en diversas publicaciones, los cuales constituirán el marco teórico para el presente estudio.

Cabe precisar que el presente estudio involucra la estabilidad de taludes conformados por suelos gravo-arenosos ó areno-gravosos, por lo que, el fundamento teórico es enfocado desde esta perspectiva.

2.2 INFLUENCIA DEL TIPO DE MATERIAL

La naturaleza intrínseca del material mantiene una estrecha relación con el tipo de inestabilidad que puede producirse, condicionando y pudiendo estimarse de antemano la susceptibilidad de cada material a que se desarrolle un movimiento determinado.

Los terrenos en los que se producen los movimientos, puede dividirse en tres grupos:

- Macizos rocosos, en los que existen una serie de discontinuidades naturales antes de iniciarse un movimiento.
- Suelos, los cuales constituyen un agregado de partículas sólidas con diferente grado de consolidación, que pueden desarrollarse in situ formando una cobertura de los macizos rocosos o bien pueden haber sufrido un cierto transporte.
- Materiales de relleno, los que se consideran como depósitos acumulados debido a la realización de determinadas obras o actividades, generalmente compuestos de materiales heterogéneos.

2.3 TIPOS DE MOVIMIENTOS

La inestabilidad de taludes se traduce en una serie de movimientos, que pueden ser clasificados basándose en distintos criterios.

La fase de reconocimiento y clasificación del tipo de movimiento es de gran importancia, ya que puede condicionar el análisis y las medidas correctivas propuestas para el control y estabilización del movimiento.

2.3.1 Deslizamientos en Suelos

Son movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies, ó a través de una franja relativamente estrecha del material.

Los taludes en suelos generalmente se rompen a favor de superficies curvas, con forma diversa condicionada por la morfología y estratigrafía del talud.

Para el caso particular de los taludes de estudio, los cuales están conformados por terreno homogéneo, las superficies de falla circular, en su extremo inferior,

pasarán por el pie del talud. Dicho tipo de falla es también conocido como deslizamiento de pie.

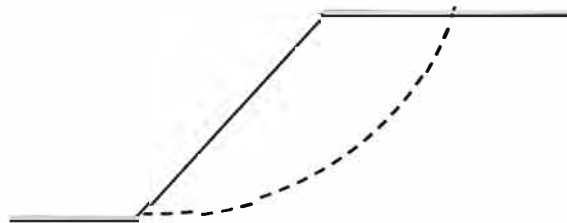


Figura II-1 – Superficie Circular de Rotura de pie

2.4 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES DE LOS MOVIMIENTOS

En el análisis de los movimientos es de primordial importancia el reconocimiento de los factores que condicionan la estabilidad de los taludes y aquellos otros que actúan como desencadenantes de los movimientos. El conocimiento de ambos factores permite una evaluación del peligro existente y, por tanto, las medidas necesarias para evitar o corregir los posibles movimientos.

La susceptibilidad de que se produzcan movimientos en los taludes esta condicionada por la estructura geológica, la litología, las condiciones hidrogeológicas y la morfología propia de un área determinada.

Una variación de algunos de los condicionantes mencionados, producida por causas naturales o debida a la actividad humana, puede traducirse en un incremento o disminución del esfuerzo de corte cuyo efecto inmediato desencadena la inestabilidad de una masa de terreno.

La gran variedad de movimientos en los taludes es reflejo de la diversidad de factores que pueden originarlos. Se describen a continuación algunos de los factores más importantes que influyen en la estabilidad de los taludes.

2.4.1 Factores Naturales

Fundamentalmente constituyen factores condicionantes cuando se trata de agentes que integran la meteorización, siendo los agentes erosivos los que tienen una mayor incidencia como factores desencadenantes, así como los fenómenos de carácter tectónico que influyen en la corteza terrestre.

Existe una distribución geográfica en donde se da un predominio de unos u otros factores, que facilitan o producen determinadas inestabilidades.

Las áreas con una determinada climatología o ciertas condiciones de sismicidad y vulcanismo, constituyen entornos más proclives a que se desarrollen factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos, respectivamente.

a. El Agua

Constituye el agente natural de mayor incidencia como factor condicionante y desencadenante en la aparición de inestabilidades.

Dadas las diversas formas con que se presenta en la naturaleza, se describen los efectos que produce según su procedencia.

Aguas Subterráneas: se consideran como tales, las corrientes y niveles subterráneos y el agua distribuida en el interior de la red de fracturación de un macizo rocoso o de forma intersticial en los suelos, que condicionan la estabilidad de los mismos.

Ejercen una serie de disoluciones y otros cambios físico-químicos en el terreno, que disminuyen las características resistentes del mismo.

La absorción del agua de infiltración produce una continua expansión y contracción de los suelos, en periodos alternantes de lluvias y sequía, que varía las características resistentes de los mismos.

Cuando el agua se halla confinada puede producir subpresiones en los materiales suprayacentes. Puede originar la licuación de los suelos arenosos por un aumento de la presión intersticial, debido a bruscos cambios en el nivel freático.

Lluvia: constituye un factor desencadenante de inestabilidades, contribuyendo a aumentar la acción de diversos factores condicionantes: meteorización, acción de las aguas subterráneas, etc.

El impacto de las gotas de lluvia sobre los suelos produce salpicaduras que levantan y dejan caer las partículas, tendiendo a transportarlas hacia niveles inferiores de la vertiente. Consecuentemente, se origina una removilización superficial de los suelos, que puede disminuir la capacidad de infiltración del mismo, al taponar – las partículas movidas – las aberturas naturales del suelo.

Cuando el régimen de las lluvias es torrencial, el agua caída se canaliza en zonas deprimidas causando acciones similares a las corrientes de agua.

Aumenta las subpresiones del terreno al infiltrarse por discontinuidades y grietas, y produce una sobrecarga debida a su propio peso.

Cuando se trata de materiales cohesivos, se puede dar una absorción de agua de los minerales arcillosos y producirse un hinchamiento de los mismos, incrementándose las presiones efectivas del terreno.

b. Sismicidad

Constituyen factores desencadenantes de grandes deslizamientos, pudiendo ocasionar daños graves.

Cuando ocurre un sismo se generan una serie de vibraciones, que se propagan como ondas de diferente frecuencia. La aceleración, vertical y horizontal asociada a estas ondas, origina una fluctuación del estado de esfuerzos en el interior del terreno afectando al equilibrio de los taludes. Así se puede producir

una perturbación de la trabazón intergranular de los materiales, disminuyendo su cohesión. En algunas arenas finas saturadas sin drenaje y arcillas, el desplazamiento o rotación de los granos puede dar como resultado una súbita licuefacción del suelo, como consecuencia de un incremento de presión del agua intersticial.

En las regiones sísmicamente activas, los terremotos son la causa predominante de los movimientos de los taludes.

2.4.2 Actividad Humana

La actividad humana constituye una de las causas con mayor incidencia en los movimientos de los taludes. Aunque éstos generalmente tienen consecuencias de menor magnitud que los producidos por causas naturales, a veces producen daños de mayor cuantía.

a. Excavaciones

Constituyen uno de los factores desencadenantes más extendidos, debido a la necesidad de las mismas en las obras civiles (desmontes, túneles, etc.).

Necesitan de un detallado estudio que garantice la estabilidad de los taludes creados.

Producen una variación del estado de equilibrio del terreno, traduciéndose en subsidencias, descalces de potenciales superficies de deslizamiento, desequilibrio de masas, etc.

2.5 CAUSAS GENERALES DE LOS DESLIZAMIENTOS

Toda inestabilidad es consecuencia de la ruptura de las condiciones de equilibrio límite en un talud. Las causas de que se supere este equilibrio pueden ser intrínsecas al material o extrínsecas, es decir, toda fuerza externa que se ejerza

sobre el material aumentando las fuerzas desestabilizadoras o tendentes a la rotura.

La mayor parte de los deslizamientos son provocados por un factor desencadenante extrínseco (cambio en la geometría, variación de las condiciones hidrogeológicas, aplicación de cargas estáticas o dinámicas, etc.) en materiales que, en cierto modo, estaban predispuestos a la rotura, es decir, que presentaban propiedades resistentes bajas.

En general, los factores principales que afectan a la estabilidad de los taludes son descritos en los párrafos siguientes.

2.5.1 Propiedades Resistentes o Geomecánicas de los Suelos

Las propiedades resistentes y geomecánicas controlan la resistencia al corte de los materiales y su rotura. La resistencia al corte del suelo no puede considerarse como un parámetro único y constante, ya que depende de su naturaleza, estructura enlaces, nivel de deformaciones, etc., así como, muy especialmente, de su estado tensional y de la presión del fluido que rellena sus poros.

El criterio de rotura en suelos más difundido deriva del propuesto por Coulomb, que relaciona las tensiones efectivas normales y tensiones tangenciales actuando en cualquier plano del suelo. Este criterio establece que, para un suelo saturado, la resistencia al corte viene dada por la expresión:

$$\tau = c' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi'$$

donde:

- τ = resistencia al corte del terreno a favor de un determinado plano.
- σ_n = tensión normal actuando sobre el mismo plano.
- μ = presión intersticial.
- c' = cohesión efectiva.
- ϕ' = ángulo de rozamiento interno efectivo.

La ecuación anterior representa una recta en el espacio (σ_n, τ), que a menudo se denomina línea de resistencia intrínseca o envolvente de rotura del suelo. Esta línea proporciona, para cada valor de la tensión efectiva normal a un plano que atraviesa un elemento de suelo, la máxima tensión tangencial movilizable a favor de dicho plano.

2.5.2 Geometría del Talud

Las excavaciones para vías de comunicación y transporte varían los perfiles de equilibrio y pueden desencadenar movimientos, dependiendo de otros factores condicionantes, como la estructura geológica, la resistencia o el contenido de agua del terreno.

2.5.3 Técnicas de Excavación o Construcción

En laderas con inestabilidades naturales antiguas o activas, o en condiciones cercanas al equilibrio límite, la excavación de taludes frecuentemente provoca la reactivación o aceleración de los movimientos. Las excavaciones más desfavorables son las realizadas a pie de las laderas (por soportar esta zona las mayores tensiones), situación frecuente en la construcción de vías de comunicación por valles o por zonas bajas de las laderas.

2.5.4 Condiciones del Agua Subterránea

El comportamiento hidrogeológico de los materiales está asociado a sus características litológicas y estructurales y al grado de alteración y meteorización, aspectos en íntima relación con las condiciones climáticas de una zona determinada. El agua juega un doble papel negativo en la resistencia de los materiales:

- Reduce la resistencia al corte por la generación de presiones intersticiales y por la reducción de los parámetros resistentes en determinados tipos de suelos.

- Aumenta los esfuerzos de corte por el incremento del peso del terreno y por la generación de fuerzas desestabilizadoras en grietas y discontinuidades.

2.5.5 Sistema de Drenaje

Las excavaciones influyen en la alteración del sistema de drenaje superficial y en la modificación del comportamiento hidrogeológico de la ladera, al variar los niveles freáticos y los flujos, o dar a lugar a la acumulación de agua en determinadas zonas.

2.6 RECONOCIMIENTOS GENERALES

El primer paso en las investigaciones generales relacionadas con estabilidad de taludes lo constituyen los estudios de la superficie del terreno. Esta tarea se lleva a cabo con estudios de gabinete y de campo, siendo conveniente empezar por el examen de mapas y fotografías aéreas, terrestres previamente a los reconocimientos de campo.

En las investigaciones generales sobre estabilidad de taludes los rasgos más importantes a considerar son:

- Zonas de susceptibilidad al deslizamiento o rotura.
- Si afectan a macizos rocosos, a formaciones superficiales o a ambos.
- Signos de movimientos antiguos o recientes.
- Tipos de deslizamientos.
- Profundidad de los planos de rotura, etc.

2.7 RECONOCIMIENTOS PREVIOS DE CAMPO

En general, esta fase de la investigación se llevará a cabo tras los estudios de mapas y fotografías aéreas y terrestres, testimonios recogidos, u otro tipo de

investigación previa, que facilitarán la localización e identificación de las zonas movidas o inestables.

Tras la localización del fenómeno en el campo, la investigación general de deslizamientos in situ debe conseguir la identificación o valoración de las siguientes características:

- Condiciones geométricas y geomorfológicas, tanto del talud o zona donde ha ocurrido el deslizamiento como de la zona deslizada:
 - Ángulos, pendientes, alturas, longitudes y volumen aproximado.
 - Rasgos del pie y cabecera del talud, existencia de grietas de tracción y límites de deslizamiento.
 - Profundidad y forma de la superficie de rotura, generalmente difíciles de identificar en los reconocimientos generales a no ser que la superficie de rotura haya quedado al descubierto.
- Características geológicas y geotécnicas. Para el establecimiento aproximado de las propiedades resistentes del material y su clasificación se deberá establecer si el deslizamiento ha tenido lugar a favor de un estrato blando incompetente o a través de material homogéneo, a favor de discontinuidades o atravesando la matriz rocosa, etc.
- Características hidrogeológicas, como la posición del nivel freático, existencia de surgencias, filtraciones, etc.
- Causas externas que hayan podido contribuir o provocar el deslizamiento, ya que pueden ayudar a identificar el tipo y las causas de rotura (excavaciones, construcción de obras civiles, arranque de tierra, erosión, inundaciones, etc.).

Sin embargo, en el campo pueden aparecer una serie de rasgos que, con observación detallada y conociendo su interpretación, puede ayudar a deducir la tipología del movimiento incluso si este está en sus primeros estados.

2.8 ESTABILIDAD DE TALUDES.

Los análisis de estabilidad se aplican al diseño de taludes o cuando estos presentan problemas de estabilidad. Se debe elegir un coeficiente de seguridad adecuado, dependiendo de la finalidad de la excavación y del carácter temporal o definitivo del talud, combinando los costes de seguridad, costes de ejecución, consecuencias o riesgos que podrían causar su rotura, etc.

Los análisis permiten definir la geometría de la excavación o las fuerzas externas que deben ser aplicados para lograr el factor de seguridad requerido. En caso de taludes inestables, los análisis permiten diseñar las medidas de corrección o estabilización adecuadas para evitar nuevos movimientos.

Los análisis a posteriori de taludes (retroanálisis) se realizan una vez que la rotura se ha producido, y, por tanto, se conoce el mecanismo, modelo y geometría de la inestabilidad. Es un análisis muy útil para la caracterización geomecánica de los materiales involucrados, para el estudio de los factores influyentes en la rotura y para conocer el comportamiento mecánico de los materiales del talud; los resultados obtenidos pueden ser extrapolados a otros taludes de similares características.

Los métodos de análisis de estabilidad de taludes se basan en un planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad.

2.8.1 Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes

Los métodos de cálculo para analizar la estabilidad de un talud se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Métodos de cálculo en deformaciones.** Consideran en los cálculos las deformaciones del terreno además de las leyes de estática. Su aplicación

práctica es de gran complejidad y el problema debe estudiarse aplicando el método de elementos finitos u otros métodos numéricos.

- **Métodos de equilibrio límite.** Se basan exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. No tienen en cuenta las deformaciones del terreno. Suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte.

Asimismo, los métodos de equilibrio límite se pueden clasificar a su vez en dos grandes grupos.

- **Métodos exactos.** La aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura). Esto sólo es posible en casos de geometría sencilla como por ejemplo la rotura planar y rotura por cuñas.
- **Métodos no exactos.** En la mayor parte de los casos la geometría de la superficie de rotura no permite obtener una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las ecuaciones de la estática. El problema es hiperestático y ha de hacerse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución.

Se puede distinguir aquí entre los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante, hoy prácticamente en desuso, y los métodos de dovelas que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales.

En el primer caso la hipótesis previa suele hacerse a la distribución de tensiones normales en la superficie de deslizamiento. Tal es el caso del método del círculo de fricción o de rozamiento. En los métodos de dovelas dicha distribución no es un dato del problema sino un resultado de su resolución. Las hipótesis previas se refieren generalmente a las fuerzas laterales entre dovelas y existe una gran variedad de métodos que consideran diferentes hipótesis.

Los métodos de dovelas pueden clasificarse en dos grupos:

- **Métodos aproximados:** no cumplen todas las ecuaciones de la estática. Se pueden citar como ejemplo los métodos de Fellenius, Janbu y Bishop simplificado.
- **Métodos precisos o completos:** cumplen todas las ecuaciones de la estática. Los más conocidos son los métodos de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso.

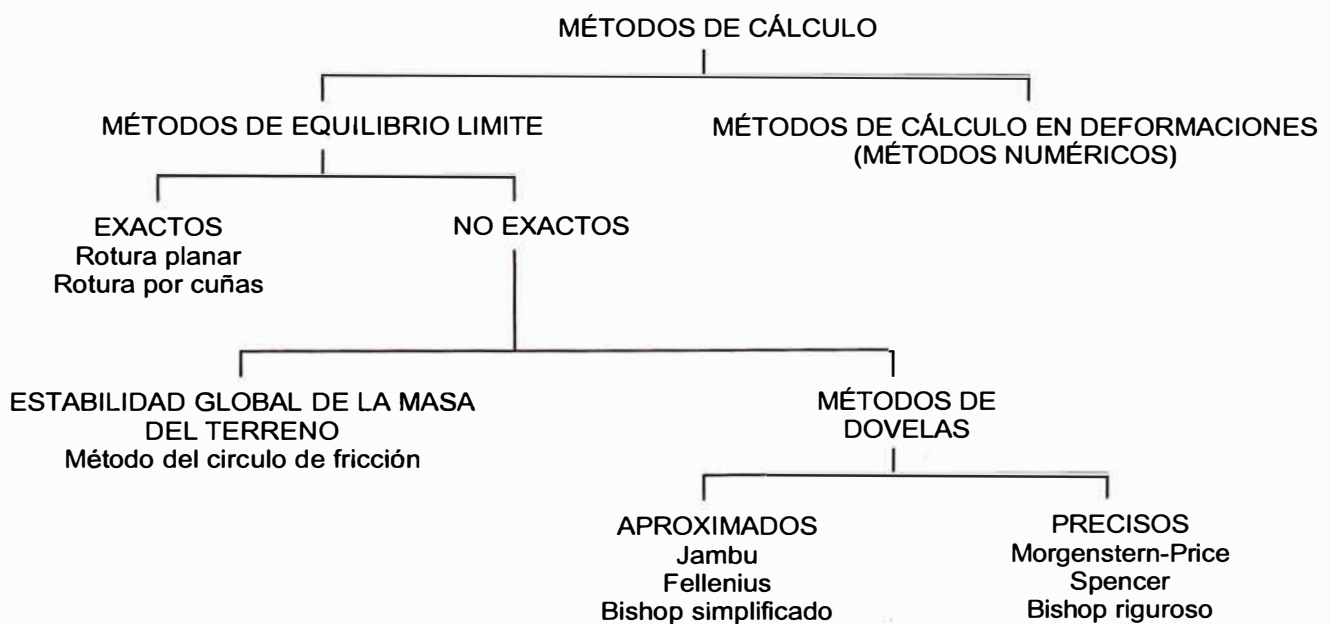


Figura II-2 – Clasificación de los métodos de cálculo de estabilidad de taludes

2.9 MÉTODO DE BISHOP SIMPLIFICADO

Este método permite analizar la estabilidad de taludes, fundamentada en la teoría de equilibrio límite, la cual establece que las condiciones de estabilidad son expresadas en términos de un factor de seguridad, que puede definirse como un factor por el que los parámetros resistentes de corte deben reducirse

para hacer llegar al talud a un estado de equilibrio límite a través de una superficie de deslizamiento dada.

El método de Bishop Simplificado establece las siguientes consideraciones para su resolución:

- Satisface el equilibrio de momentos y el de fuerzas verticales;
- No satisface el equilibrio de fuerzas horizontales.

En la Figura II-3 se muestra la representación gráfica de una dovela y las fuerzas que actúan sobre ella.

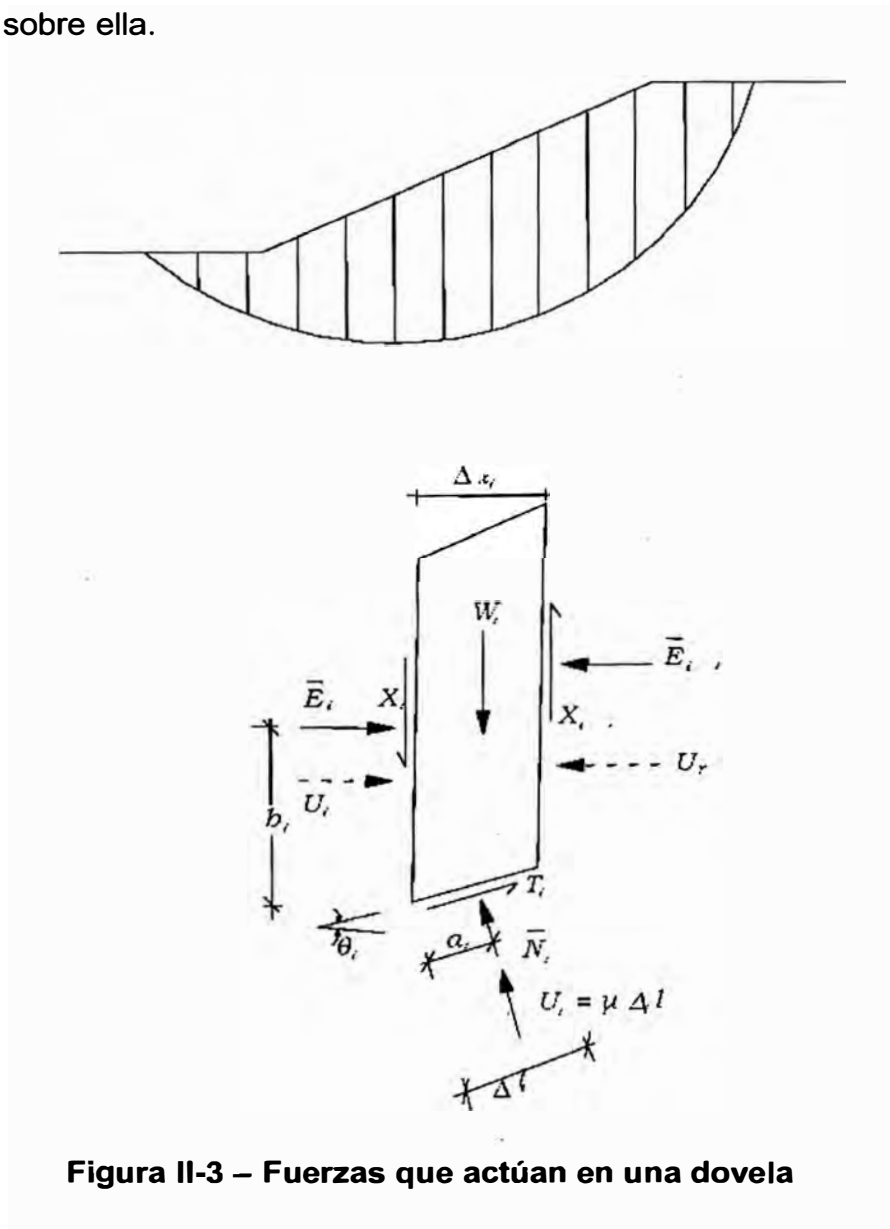


Figura II-3 – Fuerzas que actúan en una dovela

Las ecuaciones que se muestran a continuación son el resultado de la aplicación de las simplificaciones establecidas por el método.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c \Delta x_i + (W_i - u_i \Delta x_i) \operatorname{tg} \bar{\phi}]}{\sum_{i=1}^n W_i \operatorname{sen} \theta_i} [1 / M_i(\theta)]$$

$$M_i(\theta) = \cos \theta_i \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \theta_i \operatorname{tg} \bar{\phi}}{F} \right)$$

2.10 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

Existen diversos métodos para remodelar geoméricamente el terreno con el objeto de alcanzar unas condiciones que permitan garantizar la estabilidad de la nueva morfología adoptada.

Se describen varios métodos que permiten, por una parte, entender cuales son los mecanismos que pueden producir las inestabilidades y, por otra parte y en función de éstos, escoger entre los procedimientos más comunes y económicos que hoy en día se pueden llevar a cabo.

2.10.1 Descarga de los Taludes

La descarga de los taludes es una técnica utilizada para reducir las fuerzas que pueden provocar que una masa de terreno deslice. El tipo de descarga de un talud mas utilizado es la excavación de material de la cabecera de una masa deslizante.

La excavación es el procedimiento que se lleva a cabo para incrementar la estabilidad de una pendiente, ya que reducen las fuerzas que favorecen los movimientos. Este proceso puede llevar consigo las siguientes actuaciones:

- Quitar peso de la parte más alta del talud.
- Retirar todos los materiales inestables o potencialmente inestables.
- Tender los taludes.
- Banqueado.

a. Descabezamiento de los Taludes

Este método consiste en la retirada de, relativamente, grandes cantidades de materiales de la parte superior del talud. En la práctica, este método se aplica cuando existen superficies potenciales de rotura. La eliminación de material de la cabecera del talud reduce las fuerzas que favorecen al deslizamiento, estableciéndose un equilibrio de fuerzas en la zona potencialmente más inestable. Este tipo de soluciones, así como la excavación de drenajes, requieren una atención especial.

La cantidad de material que se debe retirar es difícilmente estimable antes de la construcción, ya que depende de la naturaleza de la obra que se desea realizar y de la del propio material.

Este método es muy efectivo, ya que al eliminar terreno de la parte más alta del talud se incrementa el factor de seguridad considerablemente. Se debe aplicar en los casos en los que la accesibilidad a la zona de excavación lo permita sin correr riesgos innecesarios.

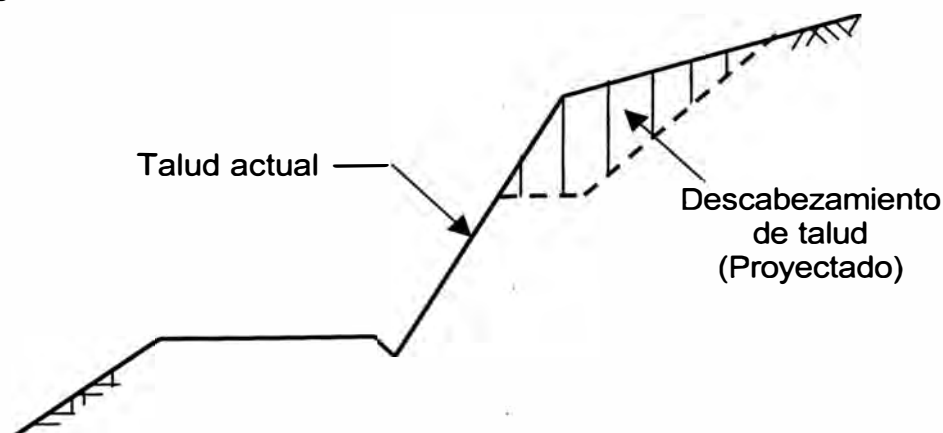


Figura II-4 – Descabezamiento de un talud

b. Tendido o Reperfilado de los Taludes

El tendido de los taludes es uno de los métodos más utilizados por ser un procedimiento muy económico. Frecuentemente, es la primera opción considerada cuando se pretende estabilizar un talud.

El tendido de un talud no sólo reduce las fuerzas estabilizadoras, sino que además produce un soterramiento de la superficie potencial de rotura en el sustrato.

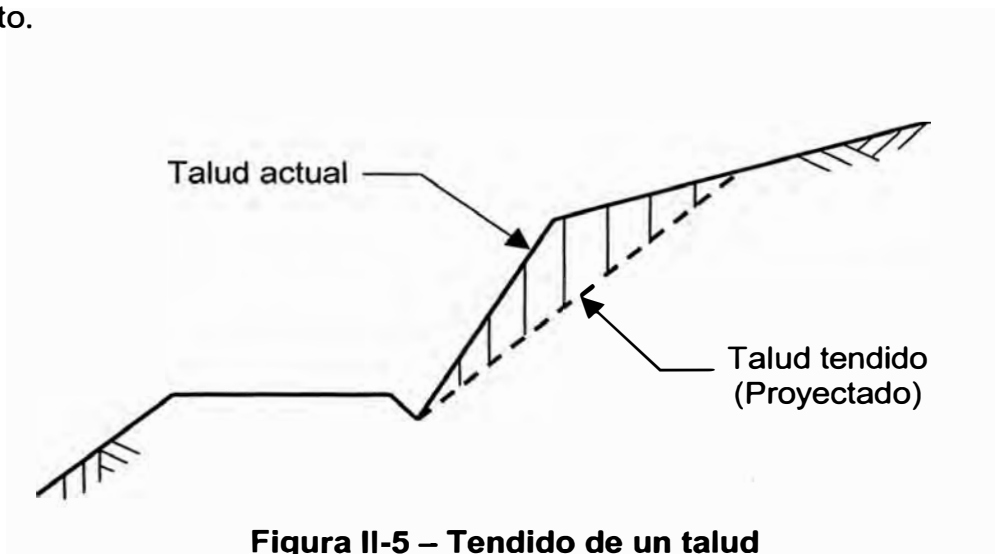


Figura II-5 – Tendido de un talud

c. Banqueo de los Taludes

El propósito de realizar el banqueo consiste en modificar la morfología de un talud de gran altura en varios de alturas más pequeñas. Por esta razón, las bermas deben ser suficientemente anchas para evitar la caída de bloques de unos niveles a otros. En excavaciones profundas, el banqueado da como resultado taludes globales más altos y supondrá una mayor cantidad de material a extraer. La principal característica del banqueo es que se reducen los costos de mantenimiento y los costos constructivos.

El banqueo también se realiza para reducir los efectos de la erosión, ya que posteriormente se puede proceder a la revegetación de las bermas.

Esta técnica, al igual que la del tendido de los taludes, intenta disminuir el ángulo del talud general incrementando simultáneamente el grado de seguridad ante los posibles fenómenos de desprendimiento de bloques.

Para evacuar el agua de escorrentía de una manera efectiva, cada uno de los bancos debe tener una cuneta o canal en la cabecera o berma de cada banco.

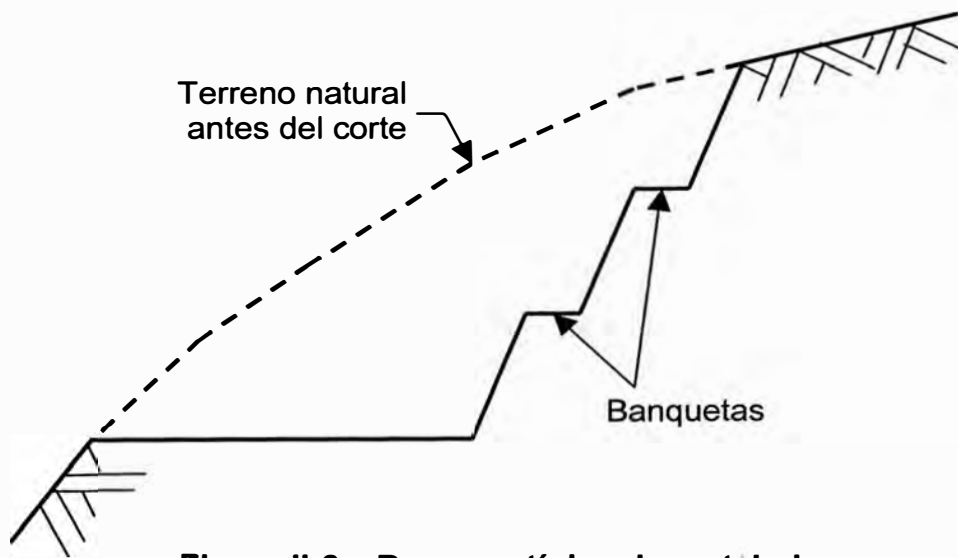


Figura II-6 – Banqueo típico de un talud

CAPITULO III GENERALIDADES

3.1 OBJETIVOS

El presente informe tiene por objetivo principal establecer las características geométricas de los taludes de corte de las secciones transversales de la vía de estudio, que en concordancia con un adecuado replanteo del diseño geométrico actual (tanto en planta y perfil), permitirá alcanzar niveles de velocidad directriz no mayores que 55 Km/h.

De acuerdo a la información recopilada en campo y los resultados de los ensayos de laboratorio se establecerán los parámetros geotécnicos de los materiales constituyentes de los taludes de estudio.

Se contempla realizar la evaluación de la estabilidad física de los taludes existentes y el diseño de los taludes de corte proyectados a fin de establecer de manera óptima las recomendaciones del caso.

3.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Específicamente, el área de estudio comprende una franja de tres kilómetros de vía, la cual se encuentra ubicada en la Carretera Cocachacra – Matucana, sector Km 69+000 al Km 72+000 y a una altitud promedio de 2,200 msnm (Ver Plano N° 1 – Ubicación del Proyecto).

Tabla III-1 - Ubicación del Proyecto, Coordenadas Geográficas UTM

Progresiva	Norte	Este
69+000	8'687,700.99	344,808.35
72+000	8'689,516.57	346,863.73

3.3 ACCESIBILIDAD AL AREA DEL PROYECTO

Se accede desde Lima a la zona de interés a través de la Carretera Central, con una longitud de recorrido de 75 Km.

3.4 CLIMA

El tipo climático identificado en la zona de estudio según el piso altitudinal se clasifica como templado cálido semiárido lluvioso (Tca-SeA), tal como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla III-2 – Clasificación del Clima de la Zona según el Piso Altitudinal

N°	Tipo de Clima	Símbolo	Piso Altitudinal
1	Semicálido - Desértico	Se-De	0-1200m
2	Semicálido - Árido	Se-A	1200-1900m
3	Templado Cálido - Árido	Tca-A	1900-2900m
4	Templado Cálido - Semiárido	Tca - SeA	1900-2900m
5	Templado Cálido – Sub-húmedo	Tca - SuHu	2500-3000m
6	Templado Frío – Sub-húmedo	Tf-SuHu	3000-3900m
7	Templado Frío - húmedo	Tf-Hu	3000-3900m

3.5 INFORMACION EXISTENTE

Para la preparación del presente informe, se han revisado y analizado los estudios realizados anteriormente en la zona, así como los archivos fotográficos y planos topográficos de los que se dispone:

- Estudio de Rehabilitación de las Carreteras afectadas por “El Niño”, ZONA 1: Puente Ricardo Palma – La Oroya, Tramo 2 : Cocachacra – Matucana, PCI – CESEL (año 2000).

- Asimismo, se ha utilizado información cartográfica proveniente de la carta nacional 1:100,000 y planos cartográficos 1: 25,000 procesados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). La cartografía 1:25,000 utilizada fue la siguiente:
 - Hoja 22K – IV – NE – Cocachacra
 - Hoja 23K – III – NO – Matucana
- Registros de exploración de suelos (calicatas) a lo largo del eje de la vía y sus respectivos ensayos de laboratorio.
- Identificación visual de los materiales que conforman los taludes adyacentes a la vía.

3.6 TOPOGRAFÍA

Se empleó la información topográfica propuesta para el Estudio de Rehabilitación de las Carreteras afectadas por “El Niño”, ZONA 1: Puente Ricardo Palma – La Oroya, Tramo 2 : Cocachacra – Matucana, PCI – CESEL (año 2000).

Para el procesamiento de la información topográfica se empleó el programa Autocad Land Development Desktop 2000, en su módulo para levantamientos topográficos, en tanto que, el formato de presentación gráfico final fue desarrollado con el apoyo del programa de cómputo Autocad 2000.

CAPITULO IV GEOLOGIA

4.1 GEOMORFOLOGIA

El área de estudio se encuentra ubicado en la parte media del valle del río Rímac, a una elevación promedio igual a 2200 msnm. Está conformada por terrazas fluvio-aluviales, además presenta pendientes moderadas a pronunciadas (55° a 75° de inclinación con respecto a la horizontal) en suelo y en roca intrusiva. La vía es atravesada por numerosas quebradas pequeñas y dos importantes (quebrada Yamajune y Palcacancha).

4.2 GEOLOGIA REGIONAL

El área que recorre la vía se encuentra emplazado sobre formaciones de roca intrusiva del tipo granodiorita tonalita, en gran parte del tramo estas formaciones se encuentran cubiertas por depósitos de origen aluvial-coluvial (Ver Plano N° 2 – Geología del Área de Estudio).

4.3 GEOLOGIA LOCAL

Se efectuó la inspección visual del área comprometida, asimismo, mediante el uso de un navegador GPS y lectura de las progresivas, se delimitaron los diferentes contactos litológicos. A continuación se describe el detalle de la caracterización geológica de los materiales encontrados a lo largo del eje de la vía de estudio.

Entre los Km 69+000 y Km 70+500, se observan taludes al lado izquierdo del eje de la vía, los cuales están conformados por suelos de origen aluvial-coluvial, que descansan sobre un afloramiento de rocas ígneas intrusivas; con alturas que varían entre 5 y 20 m con respecto a la plataforma del camino, además presentan inclinaciones moderadas a pronunciadas (55° - 75°) los que

aparentemente, bajo condiciones estáticas, se encuentran estables debido al elevado ángulo de fricción interno que presenta el material.

En el sector comprendido entre los Km 70+500 y 72+000, la carretera cruza el cono aluvial de la quebrada Palcacancha, donde se emplaza el puente Collana. Se presentan afloramientos constituidos por intrusivos de rocas graníticas fracturadas y diaclasadas, que causan eventualmente caída de rocas; pero, por estar estos afloramientos a regular distancia del borde de la carretera, no representan problemas mayores, desde el punto de vista geodinámico. Esporádicamente descansan depósitos coluvio-aluviales en estos taludes.

4.4 GEODINAMICA EXTERNA Y SECTORES CRITICOS

Los principales fenómenos de geodinámica externa registrados durante los trabajos de campo son: caída de rocas, erosión hídrica en los taludes y huaycos.

A continuación se describen las características más relevantes de los sectores críticos observados a lo largo de la vía de estudio.

- Se aprecia a lo largo de todo el recorrido de la vía, sectores de suelo aluvial-coluvial con taludes empinados que oscilan entre los 60° a 75° de inclinación con respecto a la horizontal y llegan a alcanzar alturas de hasta 20 m sobre la plataforma de la vía.
- Sobre estos taludes se encuentran colgados fragmentos de roca que varían entre 0.20 m a 2.50 m de diámetro promedio, los cuales se muestran vulnerables ante un evento sísmico moderado y/o a la acción erosiva de las lluvias.
- El efecto erosivo producido por las aguas de lluvias sobre la superficie de las laderas crea nuevos cursos de agua (cárcavas), los cuales conducen el agua de escorrentía en dirección a la plataforma del camino.
- La ocurrencia de huaycos en la quebrada Palcacancha, cuyos efectos destructivos han sido atenuados con la construcción del puente Collana y las obras de encauzamiento de la quebrada.

- En el Km 71+700 se presenta un afloramiento de roca intrusiva (granodiorita tonalita), cuyos estratos buzcan en dirección a la carretera. En este sector se observa que la roca se encuentra ligeramente intemperizada y muy fracturada, presentándose zonas de cunetas obstruidas por los constantes desprendimientos producidos a causa de este problema.

4.5 TALUDES

En algunos sectores de la vía de estudio se efectuarán cortes de los taludes como consecuencia del mejoramiento del diseño geométrico de la vía (incremento de la velocidad directriz a 55 Km/h). El tipo de suelo que conforma a estos taludes es un material coluvio-aluvial medianamente denso a denso.

Los actuales cortes tienen alturas que varían entre 5 y 20 m, con taludes que oscilan entre 55° y 75° medidos con respecto a la horizontal, los cuales aparentemente se mantienen estables bajo condiciones estáticas. Estos cortes no han experimentado problemas de deslizamientos desde la fecha en que se efectuaron los últimos trabajos de rehabilitación en esta vía hasta la actualidad.

En los siguientes capítulos se presentan los análisis de estabilidad física de los taludes (actuales y proyectados) adyacentes a la vía de estudio.

4.6 SISMICIDAD

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de los sismos. Según el mapa de zonificación sísmica propuesto por la Norma de Diseño Sismoresistente E – 030 del Reglamento Nacional de Construcciones (1997), presentado en la Figura IV-1, el área de estudio se encuentra comprendida en la zona 3 clasificada como zona de alta sismicidad.



**Figura IV-1 – Mapa de Zonificación Sísmica
(RNC – Norma de Diseño Sismoresistente E – 030, 1997)**

En la Figura IV-2 se muestra el mapa de distribuciones de máximas intensidades sísmicas observadas (Alva et al, 1984), de acuerdo con esta información, se concluye que según la historia sísmica del área de estudio, han ocurrido sismos de intensidades altas que llegan a alcanzar valores entre VII y VIII en la escala de Mercalli Modificado.

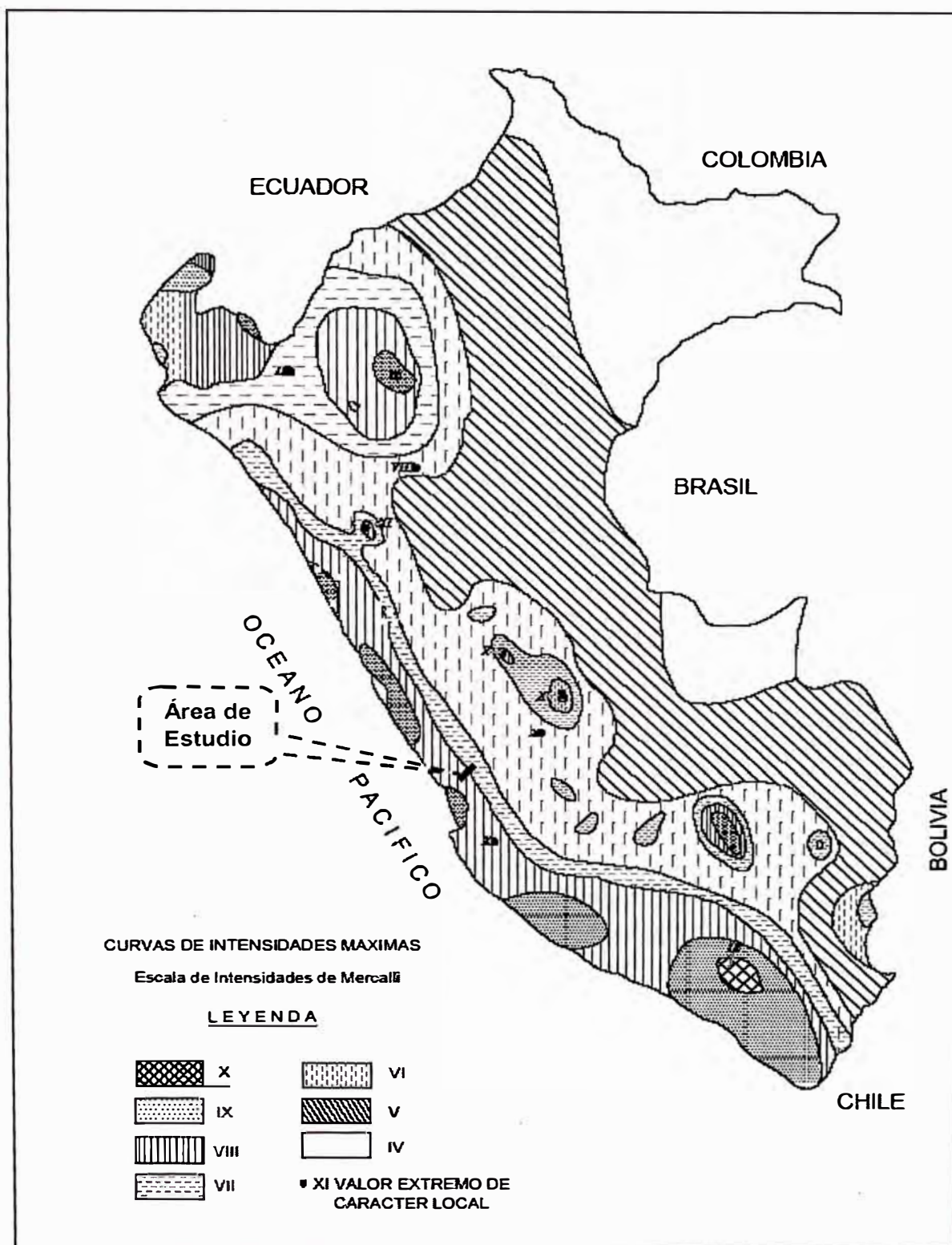


Figura IV-2 – Mapa de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva et al, 1984)

En tal sentido, el valor de la aceleración máxima de diseño para los análisis de estabilidad, de acuerdo al mapa de distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años (Figura IV-3), es igual a 0.34 g

Debido a que las aceleraciones sísmicas máximas se manifiestan sólo durante un periodo muy corto, es una práctica aceptada internacionalmente definir la aceleración de diseño como una fracción de la aceleración máxima. De acuerdo con la Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Depósitos de Residuos Sólidos Provenientes de Actividades Mineras del MEM, dicha fracción está comprendida entre $1/2$ y $2/3$. Para el presente estudio se ha previsto utilizar una fracción igual a $2/3$, por lo cual la aceleración de diseño resulta igual a 0.23 g.

CAPITULO V GEOTECNIA

5.1 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO

Los trabajos de campo estuvieron orientados a la verificación de la información existente, para ello se contempló la excavación manual de 2 calicatas cercanas al eje de la vía, a través de las cuales se pudo identificar las características geotécnicas de los pies de los taludes adyacentes. Dichos sondeos se extendieron hasta profundidades comprendidas entre 0.30 y 1.00 m con respecto a la superficie natural del terreno.

En la tabla siguiente se detalla la ubicación y las profundidades alcanzadas por cada uno de dichos sondeos.

Tabla V-1 - Ubicación de Sondeos

Sondeo	Tipo	Progresiva (Km)	Distancia al eje (m)	Lado	Profundidad (m)
C-1	Calicata	69+585	8.40	Derecho	1.00
C-2	Calicata	71+650	10.20	Derecho	0.30

Además se realizó la identificación visual de los materiales morrénicos que se observan en los cortes de los taludes críticos que presentarían problemas de estabilidad física. Es preciso señalar que las características físicas de dichos materiales concuerdan con las encontradas en la subrasante del camino.

En todas las calicatas excavadas se registró cuidadosamente el perfil estratigráfico del terreno, clasificándose visualmente los materiales encontrados, de acuerdo a los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), obteniéndose muestras alteradas representativas, las mismas que debidamente protegidas e identificadas, fueron remitidas al laboratorio para sus respectivos análisis y ensayos.

En el Anexo 1 se presentan los registros de exploración de suelos correspondientes a las calicatas efectuadas y en el Plano N° 4 se muestra la ubicación de dichos sondeos y el perfil estratigráfico del sector de estudio.

5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se consideró conveniente llevar a cabo un programa de ensayos de laboratorio con muestras representativas de suelos, el mismo que estuvo conformado por los ensayos que se indican a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422)
- Límites de Atterberg (ASTM D-4318)
- Compactación Proctor Modificado (ASTM D-1557)

En los Anexos 2 y 3 se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados en la presente campaña de exploración de suelos y los provenientes de estudios anteriores.

5.3 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Sobre la base de la inspección visual de los cortes expuestos y de las muestras recolectadas, así como de los resultados obtenidos en las pruebas de campo y laboratorio, se ha determinado que el perfil estratigráfico del terreno es sensiblemente homogéneo, el mismo que está constituido por un estrato superior de espesor variable de arena gravosa ó grava arenosa, limosa, medianamente densa a densa y ligeramente húmeda, el cual presenta algunas partículas angulares y/o subredondeadas de hasta 1.50 m de tamaño máximo. En la mayor parte del tramo de estudio éste estrato se extiende más allá del límite de profundidad investigado.

Subyacente, se encuentra un segundo estrato conformado por un afloramiento de rocas ígneas intrusivas (granodiorita – tonalita), fracturadas y ligeramente intemperizadas, el cual constituye el basamento rocoso.

5.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

5.4.1 Criterios de Diseño

La evaluación de la estabilidad física de los taludes críticos de la carretera Cocachacra – Matucana, comprendidos en el tramo Km 69+000 al Km 72+000, se ha llevado a cabo para las condiciones de análisis estáticas y pseudo-estáticas.

- El análisis estático evalúa la estabilidad de los taludes en condiciones normales de operación, donde las únicas fuerzas desestabilizantes están constituidas por el peso propio del material y las presiones de poros presentes en el cuerpo del talud.
- El análisis pseudo-estático, por otro lado, constituye una forma simplificada de evaluar la estabilidad del talud, en el caso de la ocurrencia de un sismo.

El método empleado para el análisis estático y pseudo-estático es el de equilibrio límite de Bishop simplificado, con superficies de falla de tipo circular.

Los datos requeridos para el análisis de estabilidad física de un talud son:

- La geometría externa e interna de la sección de análisis.
- Los parámetros de resistencia de los diferentes tipos de materiales.
- El nivel freático.
- La aceleración sísmica de diseño (para el análisis pseudo – estático).

5.4.2 Secciones de Análisis

Con la finalidad de verificar la estabilidad de los taludes actuales y proyectados, se analizó la estabilidad física en 4 sectores que se consideran son los más desfavorables, ya sea por su altura o por su inclinación, los cuales se muestran en los Planos N° 15 y 16.

a. Condiciones Actuales. Las secciones que se indican en la Tabla V-2 presentan los taludes de corte existentes más desfavorables en sus respectivos sectores de estudio.

Tabla V-2 – Secciones de Análisis

Sector No	Tramo	Sección de Análisis	Altura (m)	Talud (°)
01	69+200 – 69+590	69+440	6 – 20	65 – 75
02	69+960 – 70+140	70+020	3.5 – 7	60 – 70
03	70+140 – 71+360	71+320	4 – 20	60 – 70

b. Taludes Proyectados. Debido a la propuesta de mejoramiento del diseño geométrico en planta del eje de la vía, el sector N° 04, comprendido entre las progresivas 71+220 al 71+360 será sometido a trabajos de corte de los taludes existentes, por lo que es necesario establecer los nuevos taludes de corte de dicho sector. La sección 71+320, ubicada en el sector central del tramo estudiado, es considerada como la más desfavorable desde el punto de vista de su geometría externa.

5.4.3 Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales

La caracterización geotécnica de los materiales involucrados en el análisis de estabilidad de los taludes de estudio, ha sido efectuada sobre la base de la evaluación visual in situ, los resultados de los ensayos de laboratorio realizados para el presente estudio con muestras representativas – obtenidas de las

calicatas excavadas – y la estimación de los parámetros de resistencia en función del tipo de suelo.

A continuación se muestra la Figura V-1 el cual define la relación que existe entre el tipo de suelo y el ángulo de fricción interna del material.

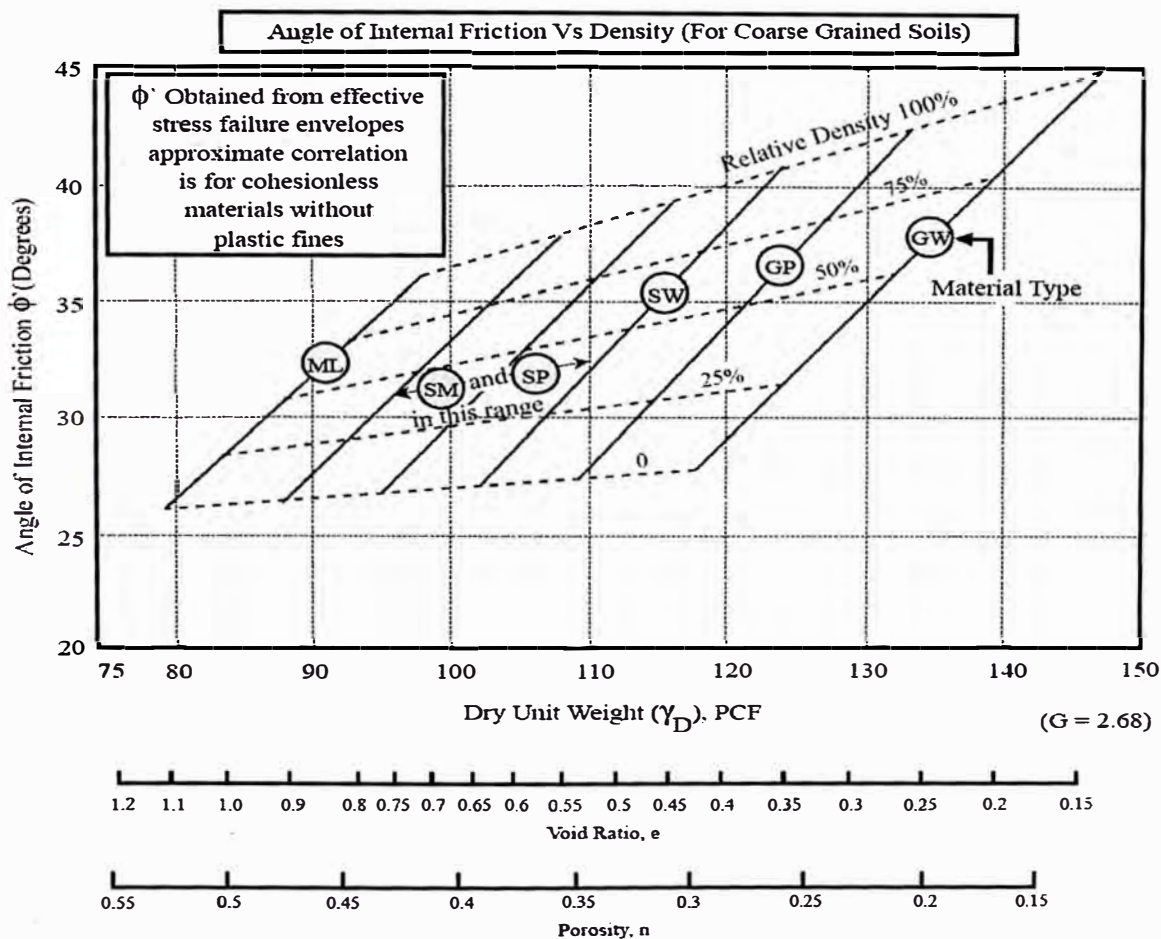


Figura V-1 – Ángulo de Fricción Interna vs. Densidad (NAVFAC DM 7.01-1986)

El valor de la cohesión de los suelos fue determinado por medio de un retroanálisis, para ello se plantearon las siguientes condiciones:

- Se empleó la geometría externa e interna de las secciones transversales más desfavorables de cada sector de estudio, las mismas que se indican en la Tabla V-2 y en los Planos N° 15 y 16.

- Se estimaron los valores del ángulo de fricción interno en función del tipo de suelo, para ello se utilizó la correlación mostrada en la Figura V-1.
- Se asume que actualmente los factores de seguridad (FS) bajo condiciones estáticas de los taludes de estudio son los mínimos permisibles; es decir, FS igual 1.5.

Finalmente, en función a las consideraciones establecidas en el presente ítem, los valores que definen las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman los taludes de estudio, son los que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla V-3 - Propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales

Material	Peso Unitario (kN/m³)	Angulo de Fricción Interna (grados)	Cohesión (kPa)
Arena limosa, gravosa, medianamente densa a densa	19.0 *	36 **	50 ***
Grava arenosa, limosa, medianamente densa a densa	22.0 *	40 **	25 ***
Grava arenosa, arcillosa, medianamente densa a densa	22.0 *	40 **	40 ***

* Valores estimados en función de la evaluación de campo y los resultados de laboratorio.

** Valores definidos en función de la relación propuesta en la Figura V-1.

*** Valores estimados en función de los resultados obtenidos en el retroanálisis.

5.4.4 Nivel Freático

De acuerdo a la inspección de campo y teniendo en cuenta la conformación predominantemente granular del mismo, se ha considerado que el nivel freático tenderá a estar deprimido, por lo que su influencia en el resultado de los análisis de estabilidad estático y pseudo-estático será baja. Es por este motivo que el nivel freático no es considerado en las secciones de análisis.

5.4.5 Aceleración Sísmica de Diseño

De acuerdo al análisis efectuado en el Capítulo IV “Marco Geológico”, ítem 4.6 “Sismicidad”, la aceleración sísmica de diseño a utilizarse en los análisis de estabilidad de taludes es igual a 0.23 g

5.4.6 Riesgo de Licuefacción

En suelos granulares finos y saturados, las sollicitaciones sísmicas pueden manifestarse mediante el fenómeno denominado licuefacción, el cual consiste en la pérdida momentánea de la resistencia al corte del suelo como consecuencia de la presión de poros que se genera en el agua contenida en sus vacíos y originada por la vibración violenta que produce el sismo.

Para que un suelo granular sea susceptible de licuar durante un sismo, debe presentar simultáneamente las siguientes características:

- Estar constituido por suelos granulares.
- Encontrarse sumergido, y
- Su densidad relativa debe ser baja.

Para el caso específico de los taludes de estudio, se tiene que los suelos que las conforman presentan una densidad relativa media a alta; además, se estima la presencia de un nivel freático deprimido y alejado del cuerpo del talud, lo cual permite descartar la posibilidad de la ocurrencia del fenómeno de licuefacción en el cuerpo del talud.

5.4.7 Factores de Seguridad Mínimos Permisibles

Los factores de seguridad mínimos permisibles considerados en este estudio fueron seleccionados de acuerdo a la importancia del proyecto, y los mismos son

compatibles con la práctica internacionalmente aceptada. En la Tabla V-4 se muestran dichos valores.

Tabla V-4 - Valores Mínimos Admisibles de los Factores de Seguridad

Caso	Factor de Seguridad Mínimo Aceptable
Análisis estático	1.5
Análisis pseudo-estático	1.2

5.4.8 Resultados del Análisis de Estabilidad (Condiciones Actuales)

Los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad de las condiciones actuales de los taludes de estudio se resumen en la tabla siguiente, y el detalle de los mismos se presenta en el Anexo 4 de este informe.

**Tabla V-5 - Resumen de los Factores de Seguridad Obtenidos
(Condiciones Actuales)**

Sector	Sección de Análisis *	Factor de Seguridad	
		Estático	Pseudo-estático
01	69+440	1.491	1.152
02	70+020	1.652	1.340
03	71+320	1.497	1.196

* Ver ítem 5.4.2-a "Condiciones Actuales".

De la tabla anterior se puede apreciar que para condiciones estáticas como pseudo-estáticas, los factores de seguridad calculados para la sección 70+020 (sector 02), son mayores que los factores de seguridad mínimos permisibles, concluyéndose que para ambas condiciones de análisis los taludes de dicho sector son estables.

Los factores de seguridad obtenidos para las secciones 69+440 y 71+320 (sector 01 y 03 respectivamente) son menores que los factores de seguridad mínimos permisibles, tanto para condiciones estáticas como pseudo-estáticas, concluyéndose que, a pesar de que los factores de seguridad obtenidos son

mayores que 1.0, estos no satisfacen los criterios de aceptación y por lo tanto no son estables.

5.5 ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION

5.5.1 Alternativa de Estabilización 1

Esta alternativa propone la estabilización del talud mediante el tendido o reperfilado del talud actual. A continuación se muestra en la siguiente tabla los taludes de corte establecidos, para la estabilización de los sectores considerados inestables.

Tabla V-6 – Taludes de Corte – Alternativa de Estabilización 1

Sector	Sección de Análisis	Talud de Corte
01	69+440	1.00 (H) : 1.75 (V)
03	71+320	1.00 (H) : 2.00 (V)

Los factores de seguridad fueron calculados por el método de equilibrio límite de Bishop simplificado, obteniéndose los siguientes valores (ver Anexo 5).

Tabla V-7 - Factores de Seguridad – Alternativa de Estabilización 1

Sector	Sección de Análisis	Factor de Seguridad	
		Estático	Pseudo-estático
01	69+440	1.628	1.202
03	71+320	1.618	1.254

5.5.2 Alternativa de Estabilización 2

Esta alternativa propone la estabilización del talud mediante la descarga o descabezamiento del talud actual. A continuación se describen en la siguiente tabla las características geométricas de las zonas de corte establecidas, para la estabilización de los sectores considerados inestables.

Tabla V-8 – Características Geométricas de los Taludes de Corte
Alternativa de Estabilización 2

Sector	Sección de Análisis	Altura Máxima del Talud * (m)	Talud de Corte	Ancho de Berma (m)	Inclinación de la Berma (%)
01	69+440	9.50	1 (H) : 3 (V)	4.00	2.00
03	71+320	11.00	1 (H) : 3 (V)	3.50	2.00

* Distancia medida desde la base del pie del talud hasta la berma o banquetta proyectada.

Cada berma o banquetta llevará una zanja de captación de aguas de escorrentía superficial que permitirá el drenaje de dichos fluidos, impidiendo que estos ingresen al cuerpo del talud (Ver Plano 15 y 16).

Los factores de seguridad fueron calculados por el método de equilibrio límite de Bishop simplificado, obteniéndose los siguientes valores: (ver Anexo 6).

Tabla V-9 - Factores de Seguridad – Alternativa de Estabilización 2

Sector	Sección de Análisis	Factor de Seguridad	
		Estático	Pseudo-estático
01	69+440	1.647	1.210
03	71+320	1.670	1.277

5.6 DISEÑO DE LOS TALUDES DE CORTE PROYECTADOS

Como consecuencia del replanteo del diseño geométrico del eje de la vía a los requerimientos establecidos para el presente estudio, será necesario realizar cortes masivos de los taludes actuales en el sector 04, comprendido entre el Km 71+220 al Km 71+360.

Se considera para el análisis de estabilidad la sección ubicada en la progresiva Km 71+320, la cual representa el lugar más desfavorable del mencionado sector.

En función de las características geométricas de la sección de análisis, se establecen dos alternativas para los taludes de corte en este sector. En los

Planos N° 15 y 16 se muestran las geometrías definidas para cada una de las alternativas propuestas.

Los factores de seguridad fueron calculados por el método de equilibrio límite de Bishop simplificado, obteniéndose los siguientes valores (Ver Anexo 7).

Tabla V-10 - Factores de Seguridad – Alternativas de Estabilización

Alternativa N°	Factor de Seguridad	
	Estático	Pseudo-estático
1	1.582	1.205
2	1.637	1.249

CONCLUSIONES

Como consecuencia del mejoramiento del trazo geométrico de la vía de estudio, se efectuarán cortes en los taludes, los cuales deberán ser analizados a fin de garantizar un adecuado comportamiento, tanto para condiciones estáticas como pseudoestáticas.

Para el análisis de estabilidad se dividió el tramo en cuatro sectores, según el tipo de suelo y considerando aquellas zonas que serán afectadas por los trabajos de acondicionamiento del eje de la vía. En la siguiente tabla se muestra la delimitación de los sectores de estudio:

Sector No	Tramo	Sección de Análisis	Aplicación
01	69+200 – 69+590	69+440	Análisis de estabilidad física para condiciones actuales.
02	69+960 – 70+140	70+020	Análisis de estabilidad física para condiciones actuales.
03	70+140 – 71+360	71+320	Análisis de estabilidad física para condiciones actuales.
04	71+220 – 71+360	71+320	Análisis de estabilidad física de los taludes proyectados.

Los factores de seguridad mínimos permisibles adoptados para el presente estudio son de 1.5 para condiciones estáticas y 1.2 para condiciones pseudoestáticas.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los análisis de estabilidad realizados para las condiciones actuales en los sectores 01 y 03, los cuales no satisfacen los valores mínimos permisibles de los factores de seguridad, tanto para condiciones estáticas como pseudoestáticas.

Sector	Factor de Seguridad	
	Estático	Pseudo-estático
01	1.491	1.152
02	1.652	1.340
03	1.497	1.196

El análisis de estabilidad realizado para las condiciones actuales en el sector 02 satisface los valores mínimos permisibles del factor de seguridad, tanto para condiciones estáticas como pseudoestáticas.

Para el caso específico de los taludes de estudio, se tiene que los suelos que las conforman presentan una densidad relativa media a alta; además, se estima la presencia de un nivel freático deprimido y alejado del cuerpo del talud, lo cual permite descartar la posibilidad de la ocurrencia del fenómeno de licuefacción en el cuerpo del talud.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad para condiciones actuales, se desprende que, si bien es cierto, los factores de seguridad no satisfacen los valores mínimos permisibles, también estos superan la unidad y sus valores son cercanos a los mínimos permisibles. Sin embargo, ante la ocurrencia de un movimiento sísmico moderado estos taludes podrían colapsar.

Para el caso de los taludes inestables se proponen dos alternativas de solución, las cuales se describen a continuación: i) El tendido o reperfilado del talud existente; y, ii) El descabezamiento o banqueo del talud existente. Ambas alternativas de estabilización cumplen con las condiciones mínimas permisibles establecidas para el presente estudio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar cualquiera de las dos alternativas de estabilización planteadas a fin de asegurar la estabilidad de los taludes existentes.

Durante el proceso de estabilización de los sectores inestables, tener especial cuidado con la presencia de algunos fragmentos rocosos que pudieran quedar expuestos en los taludes. Se recomienda el desquinche manual de los mismos.

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda complementar el presente estudio con ensayos adicionales de campo y laboratorio, en zonas cercanas a las secciones de análisis propuestas, a fin de verificar los resultados preliminares presentados en este informe.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Crespo Villalaz, Carlos; "Mecánica de Suelos y Cimentaciones"; Segunda Edición; Editorial Limusa S.A.; México 1981.
- (2) Chen, W. F.; "The Civil Engineering Handbook"; Editorial CRC Press; Boca Raton, Florida 2000.
- (3) González de Vallejo, Luis; "Ingeniería Geológica"; Editorial Pearson Educación S.A.; España 2003.
- (4) Instituto Tecnológico GeoMinero de España; "Manual de Ingeniería de Taludes"; Serie: Ingeniería GeoAmbiental; Imprime Gráficas Monterreina S.A.; Madrid 1991.
- (5) Lambe, William; Whitman, Robert, "Mecánica de Suelos"; Segunda Edición; Instituto Tecnológico de Massachussets; Editorial Limusa S.A.; México 2001.
- (6) López Jimeno, Carlos; "Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes"; Segunda Edición; Gráficas Arias Montano S.A.; Madrid 2002.
- (7) Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles; Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM 2000); Lima 2003.
- (8) Oteo Mazo, Carlos; "Curso Internacional de Carreteras"; Universidad Politécnica de Madrid – CEDEX; España 1985.
- (9) PCI – CESEL; Estudio de Rehabilitación de las Carreteras afectadas por "El Niño", Zona 1: Puente Ricardo Palma – La Oroya, Tramo 2 : Cocachacra – Matucana, Lima 2000.



- (10) Salazar Díaz, Humberto; "Geología de los Cuadrángulos de Matucana y Huarochirí"; boletín N° 36; hojas 24-k y 25-k, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico; Lima 1983.

- (11) Whitlow, Roy; "Fundamentos de Mecánica de Suelos", Segunda Edición; Compañía Editorial Continental S.A.; México 1994.

ANEXOS

Anexo 1

REGISTROS DE EXPLORACION DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA			
PROYECTO	: MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA		
TRAMO	: TRAMO COCACHACRA - MATUCANA		
SECTOR	: SECTOR KM 69+000 - KM 72+000		
SONDEO:	C-1	PROGRESIVA :	Km 69+585
TIPO DE SONDEO	CALICATA	LADO:	Derecho
REGISTRADO POR	GRUPO N° 9	DISTANCIA AL EJE:	8.40 m
		FECHA	22-01-06
		PROF. TOTAL:	1.00 m
		NIVEL FREATICO	-
REGISTRO DE EXPLORACION DE SUELOS			
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	
0,00		MATERIAL DE PRESTAMO. Grava arenosa, limosa, particulas angulares de hasta 2" de tamaño máximo, densa, ligeramente húmeda, plomo. (GM)	
0,70		SUELO NATURAL. Arena gravosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro amarillento. Presenta particulas subangulares de hasta 4" de tamaño máximo (SM)	
0,50			
1,00	1.00		
1,50			
Notas:			

Anexo 1 (Continuación)

REGISTRO DE EXPLORACION DE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA			
PROYECTO	: MEJORAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA		
TRAMO	: TRAMO COCACHACRA - MATUCANA		
SECTOR	: SECTOR KM 69+000 - KM 72+000		
SONDEO	C-2	PROGRESIVA	Km 69+585
		FECHA:	22-01-06
TIPO DE SONDEO	CALICATA	LADO	Derecho
		PROF. TOTAL:	0.30 m
REGISTRADO POR	GRUPO N° 9	DISTANCIA AL EJE:	8.40 m
		NIVEL FREATICO:	-

REGISTRO DE EXPLORACION DE SUELOS

PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0,00		MATERIAL DE PRESTAMO. Grava arenosa ligeramente limosa, particulas subredondeadas de hasta 3" de tamaño máximo, muy densa, seca, plomo. (GP-GM)
0,30		BASAMENTO ROCOSO. Granodiorita tonalita, fracturada, ligeramente intemperizada.
0,50		
1,00		
1,50		
Notas:		



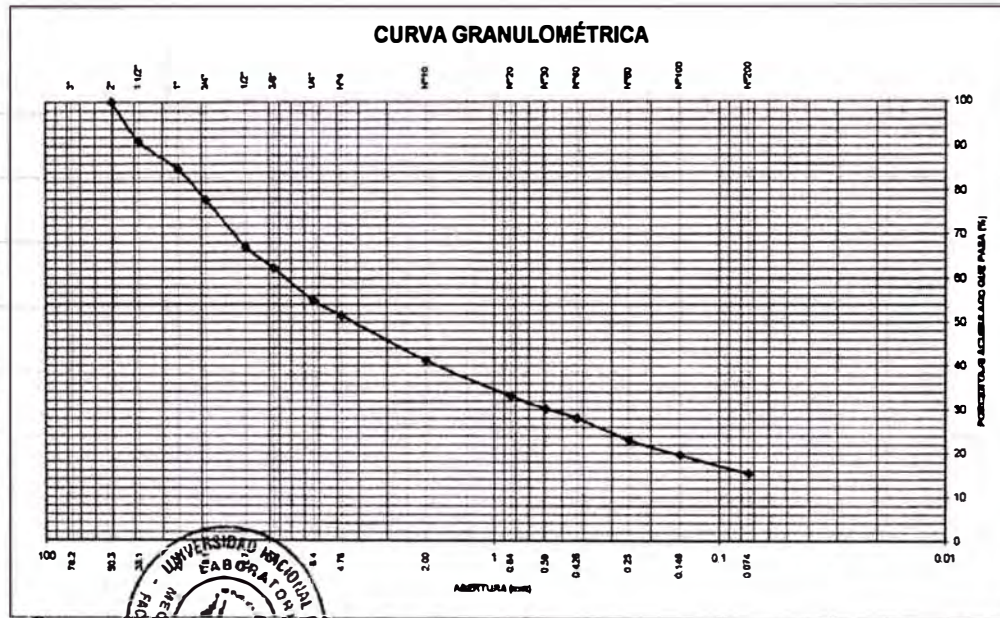
INFORME N° S06 - 052 (I)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 ASTM D-422

Solicitado : GRUPO N°09 - CURSO INTEGRADOR DE VIALIDAD
 Proyecto : CARRETERA HÉROES DE LA BREÑA
 Ubicación : TRAMO 2 COCACHACRA - MATUCANA. Km.69+000-Km.72+000
 Fecha : 30 DE ENERO DE 2006

Calicata : C-1
 Prof.(m.) : 0.00-0.20

Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	91.1
1"	25.400	84.8
3/4"	19.050	77.7
1/2"	12.700	67.1
3/8"	9.525	62.2
1/4"	6.350	54.9
N°4	4.760	51.5
N°10	2.000	41.2
N°20	0.840	33.1
N°30	0.590	30.2
N°40	0.425	28.0
N°60	0.250	23.0
N°100	0.149	19.6
N°200	0.074	15.3



ENSAYOS DE LABORATORIO (ENERO 2006)

Anexo 2



LUISA E. SHUAN LUCAS
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

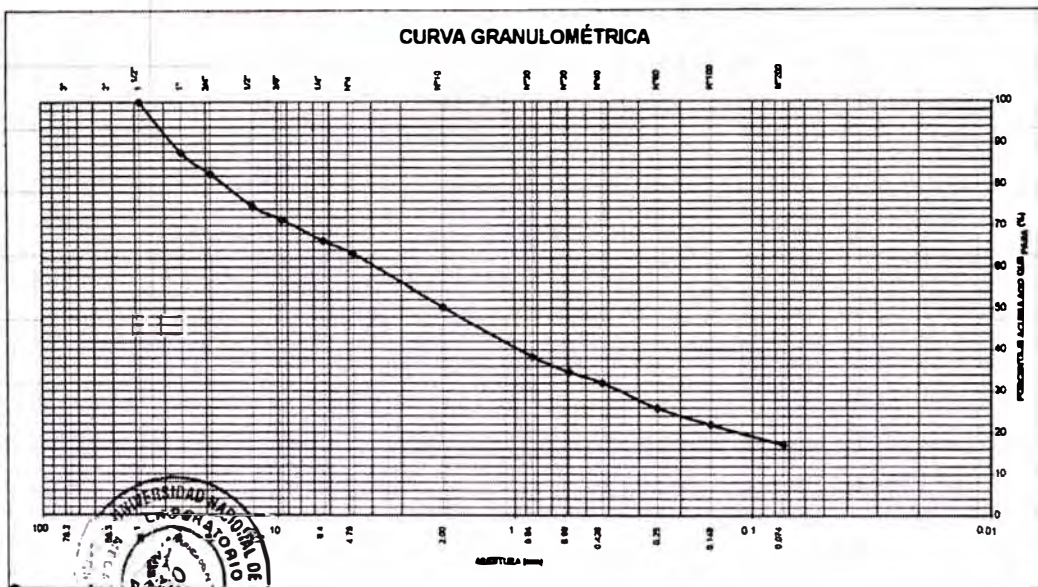
INFORME N° S06 - 052 (I)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Solicitado : GRUPO N°09 - CURSO INTEGRADOR DE VIALIDAD
 Proyecto : CARRETERA HÉROES DE LA BREÑA
 Ubicación : TRAMO 2 COCACHACRA - MATUCANA. Km.69+000-Km.72+000
 Fecha : 30 DE ENERO DE 2006

Calicsta : C-1
 Prof.(m.) : 0.20-1.00

Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	87.7
3/4"	19.050	82.5
1/2"	12.700	74.6
3/8"	9.525	71.4
1/4"	6.350	66.2
N°4	4.760	63.1
N°10	2.000	50.3
N°20	0.840	38.3
N°30	0.590	34.7
N°40	0.428	32.0
N°60	0.250	25.9
N°100	0.149	21.8
N°200	0.074	17.1



LUISA E. SHUAN LUCAS
 ING. RESPONSABLE DE AREA
 Lab. de Mecánica de Suelos UNI



ENSAYOS DE LABORATORIO (ENERO 2006)

Anexo 2 (Continuación)

Anexo 2 (Continuación)

ENSAYOS DE LABORATORIO (ENERO 2006)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S06-052 (II)

SOLICITADO : GRUPO N°09 - CURSO INTEGRADOR DE VIALIDAD
OBRA : CARRETERA HÉROES DE LA BREÑA
UBICACION : TRAMO 2 COCACHACRA - MATUCANA. Km.69+000-Km.72+000
FECHA : 30 DE ENERO DE 2006

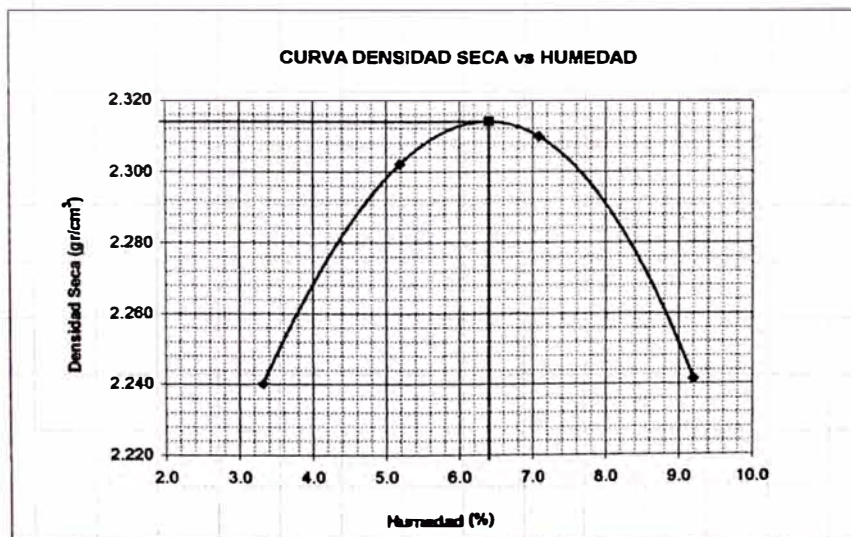
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557

MATERIAL : MEZCLA DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS

Método de Ensayo : C
Material : < 3/4"

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.314
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 6.4



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
Ejecución: Téc. E. Nevarro
Revisión: Ing. L. Shuan L.

LUISA E. SHUAN LUCAS
ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
ING. JEFE DEL LAB. N° 2
Mecánica de Suelos - UNI

Anexo 3

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO EFECTUADOS EN ESTUDIOS ANTERIORES

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO EFECTUADOS EN ESTUDIOS ANTERIORES

PROYECTO: REHABILITACION DE CARRETERAS AFECTADAS POR EL FENOMENO DEL NIÑO

ZONA : PUENTE RICARDO PALMA-LA OROYA

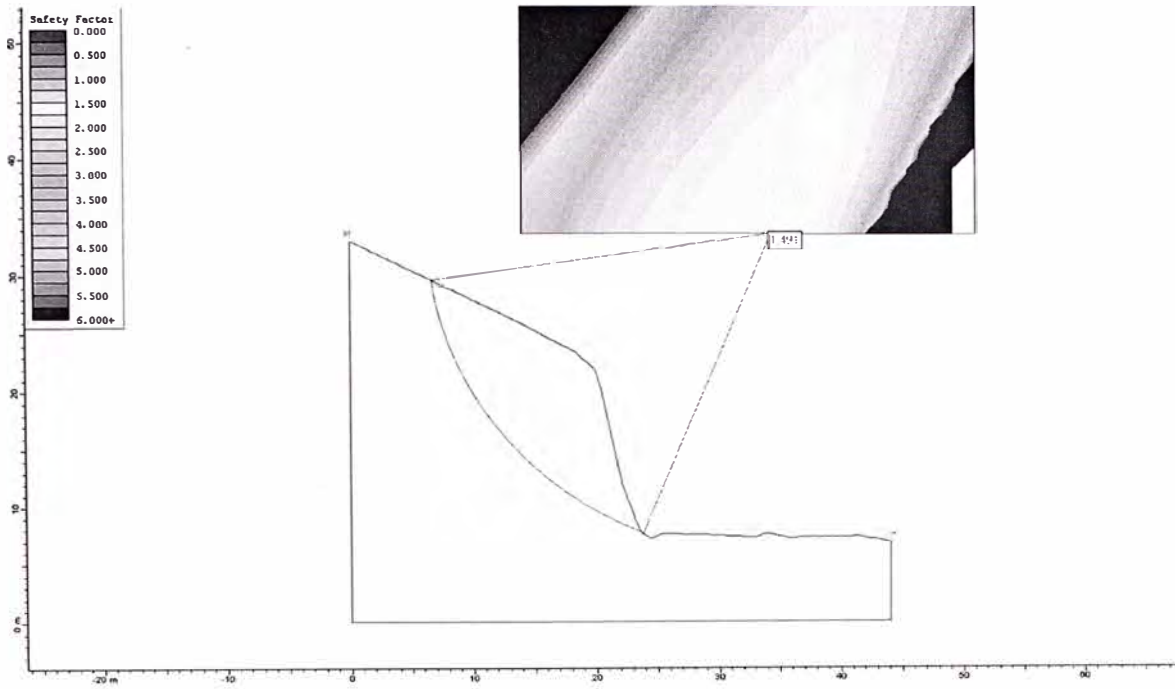
TRAMO : COCACHACRA-MATUCANA

SECTOR : km 68+900 AL km 72+700

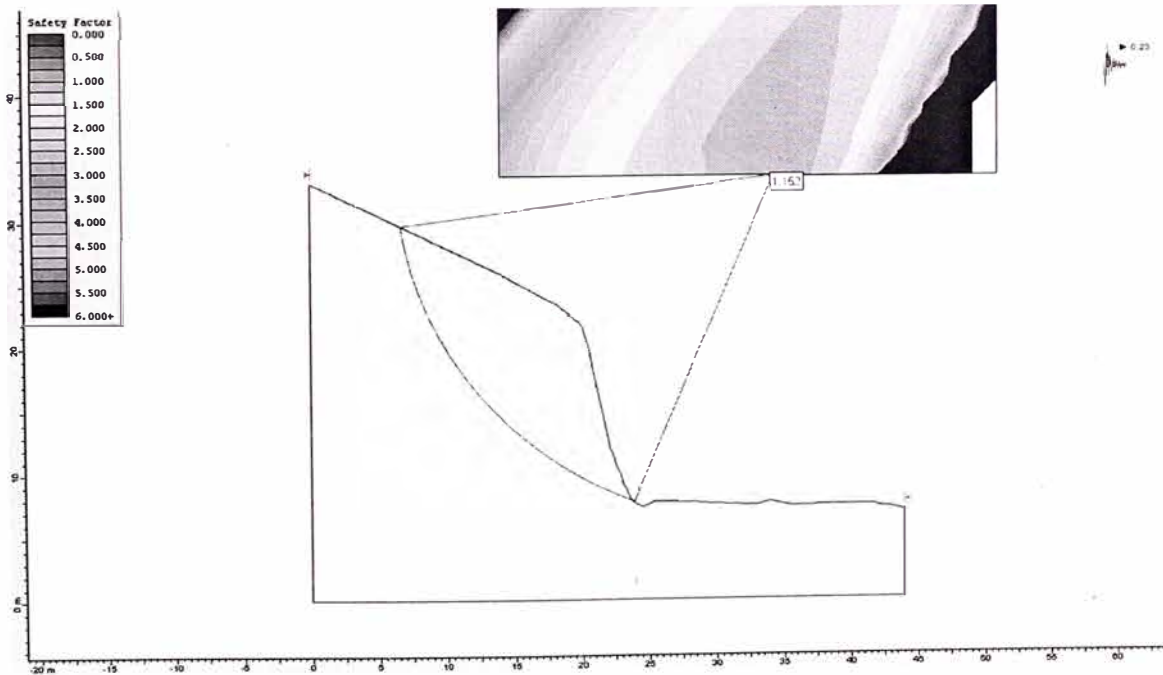
N° CALICATA	UBICACIÓN	LADO	N° MUESTRA	PROFUNDIDAD	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL								
					LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	% HUMEDAD NATURAL	% MATERIAL QUE PASA				CLASIFICACION	
								MALLA # 4	MALLA #10	MALLA # 40	MALLA # 200	AASHTO	SUCS
62	68+900	D	1	0.10-0.30	18	3	4	29.3	19.6	8.8	4.1	A-1-a	GW
			2	0.30-0.70	26	7	6	57.8	46.1	24.6	12.8	A-2-4	SC
62-A	69+400	D	1	0.15-0.45	19	3	5	33.2	24.0	12.4	6.8	A-1-a	GW-GM
			2	0.45-1.50	21	3	8	58.6	45.8	25.2	12.8	A-1-a	SM
63	69+850	I	1	0.15-0.50	16	NP	4	31.0	23.3	11.5	4.7	A-1-a	GW
			2	0.50-1.20	21	NP	5	40.0	33.6	18.0	7.1	A-1-a	GP-GM
63-A	70+400	D	1	0.15-0.35	20	6	8	36.1	25.3	12.8	7.0	A-1-a	GW-GC
			2	0.35-1.50	28	9	11	53.9	43.3	25.2	15.5	A-2-4	GC
64	70+900	I	1	0.15-0.50	21	4	6	42.8	33.1	16.9	8.8	A-1-a	GP-GM
			2	0.50-1.20	29	9	10	47.8	37.8	22.6	14.1	A-2-4	GC
65	71+900	I	1	0.15-0.40	21	4	5	35.4	26.2	14.9	8.4	A-1-a	GW-GM
			2	0.40-0.80	21	4	5	29.7	21.5	11.0	5.9	A-1-a	GW-GC
65-A	72+700	D	1	0.15-0.55	23	6	7	39.9	28.7	16.4	10.2	A-2-4	GP-GC
			2	0.55-1.50	24	7	8	40.6	29.5	19.0	13.6	A-2-4	GC

Anexo 4

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ACTUALES



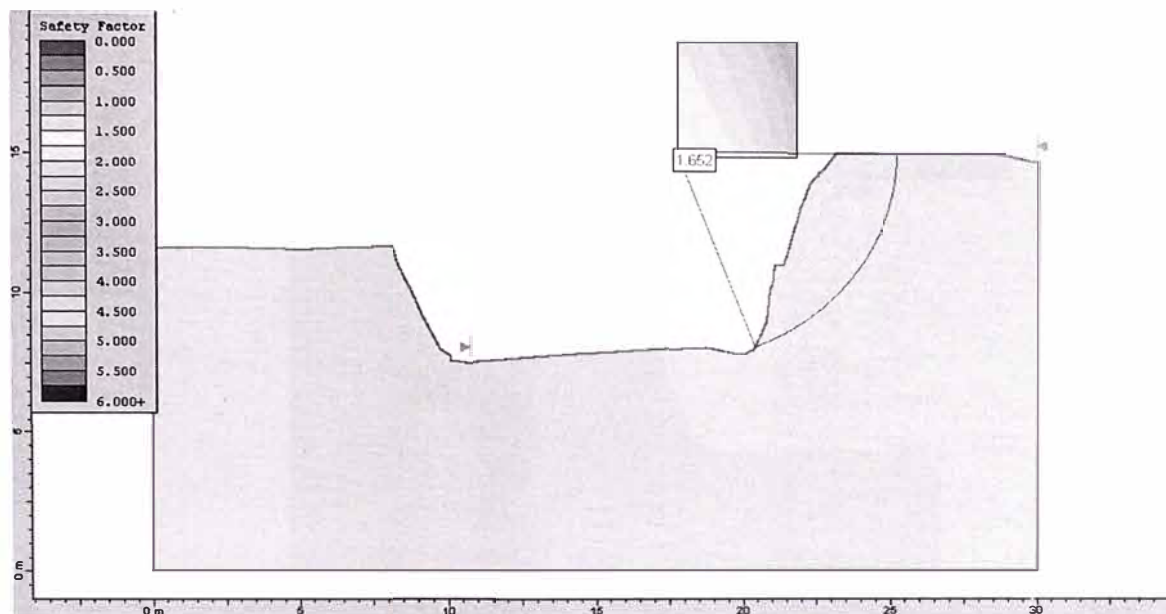
Resultados del Análisis Estático
Sección 1 – Km 69+440 (FS = 1.491)



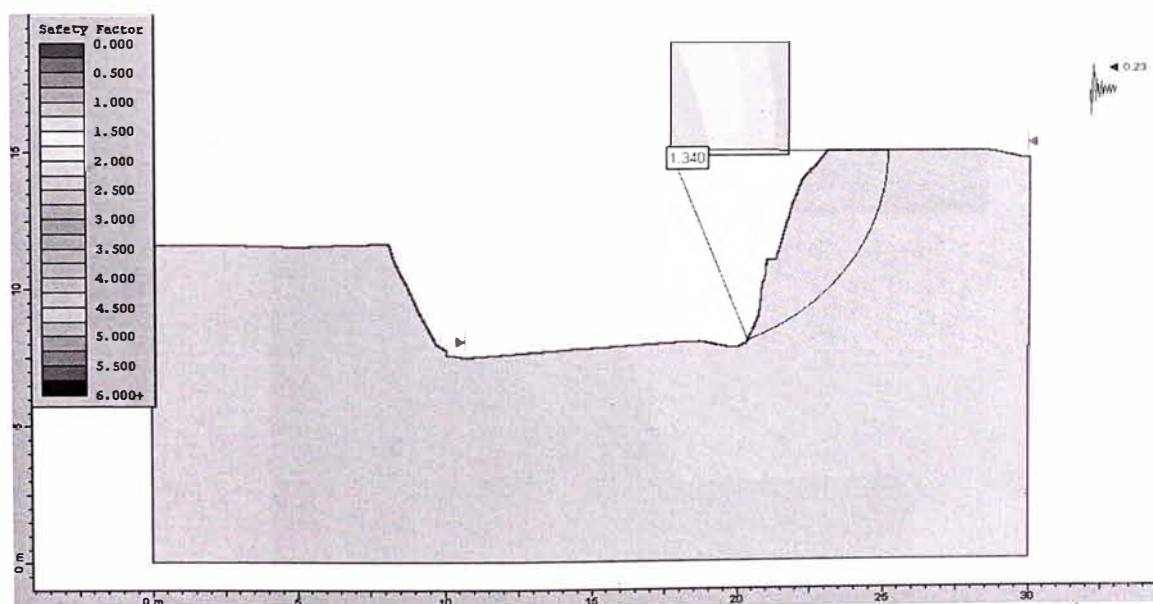
Resultados del Análisis Pseudo-estático
Sección 1 – Km 69+440 (FS = 1.152)

Anexo 4 (Continuación)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ACTUALES



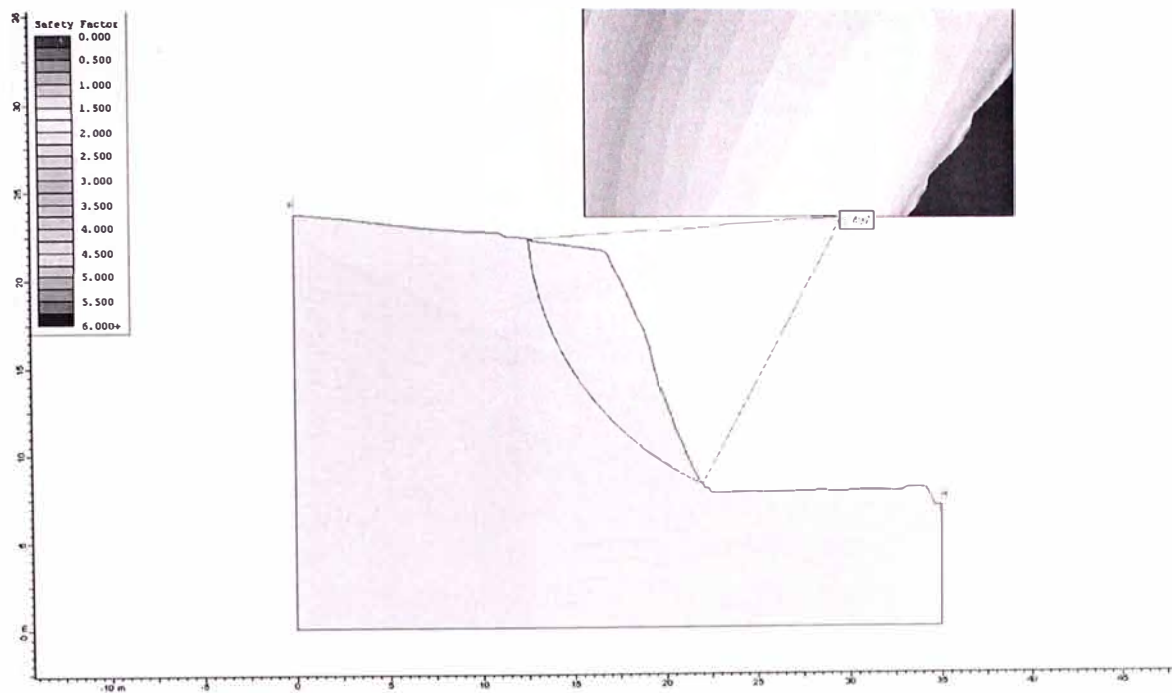
Resultados del Análisis Estático Sección 2 – Km 70+020 (FS = 1.652)



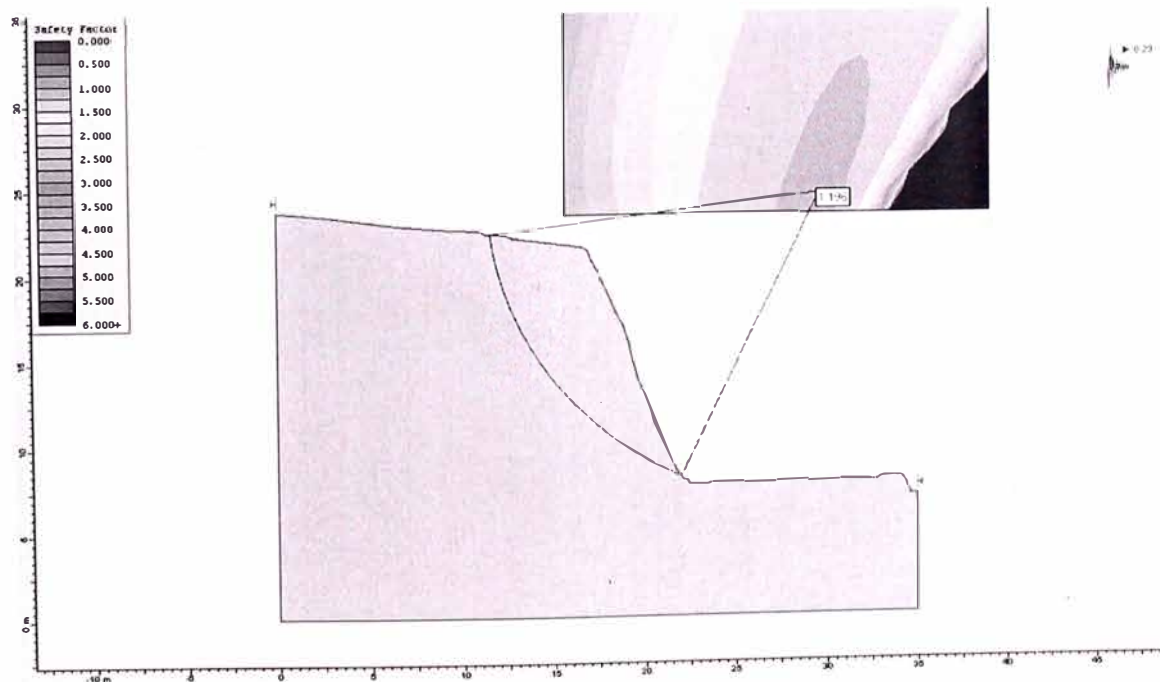
Resultados del Análisis Pseudo-estático Sección 2 – Km 70+020 (FS = 1.340)

Anexo 4 (Continuación)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ACTUALES



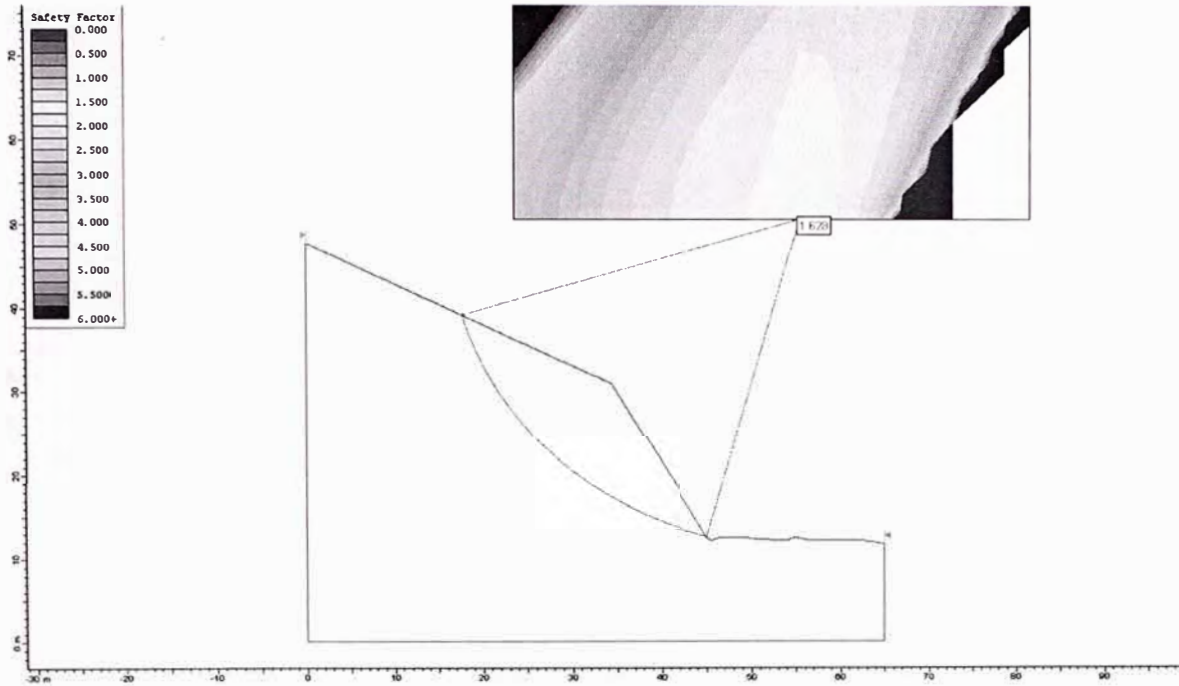
Resultados del Análisis Estático
Sección 3 – Km 71+320 (FS = 1.497)



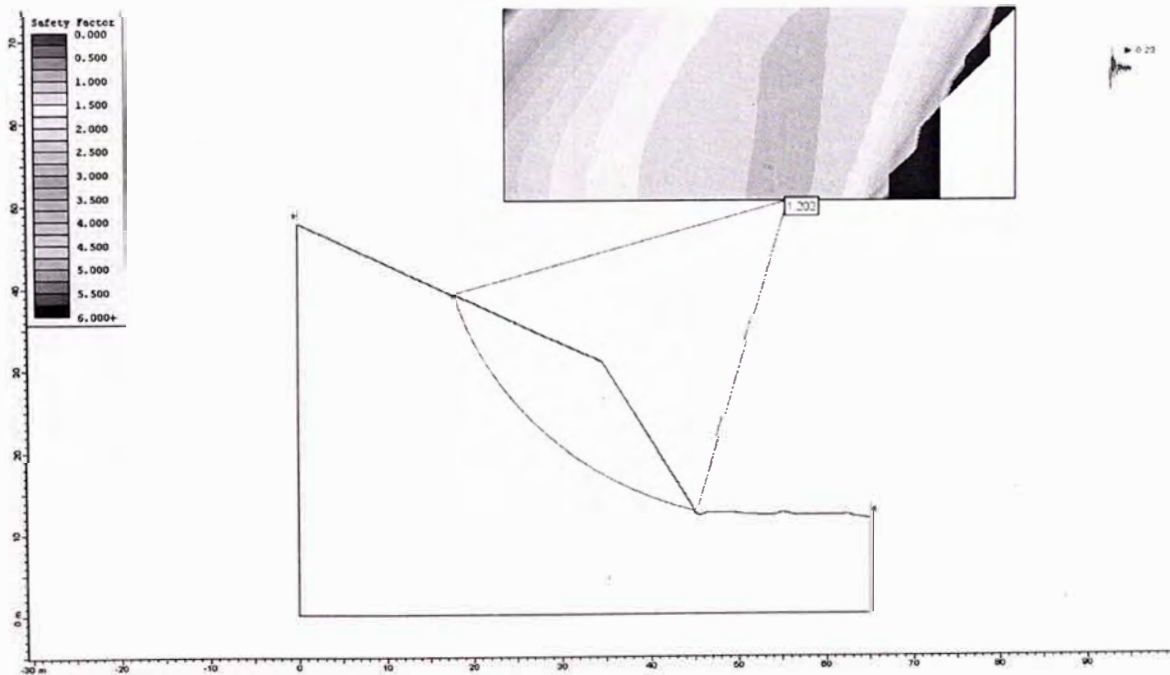
Resultados del Análisis Pseudo-estático
Sección 3 – Km 71+320 (FS = 1.196)

Anexo 5

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ALTERNATIVA DE ESTABILIZACIÓN 1



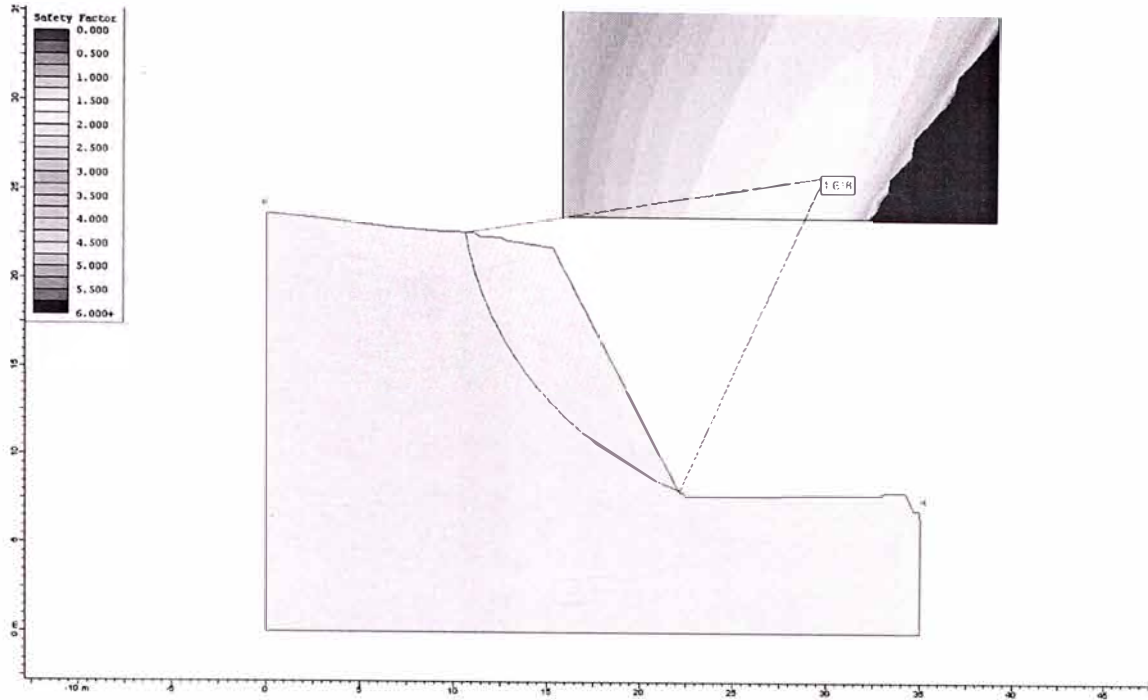
Resultados del Análisis Estático
Sección 1 – Km 69+440 (FS = 1.628)



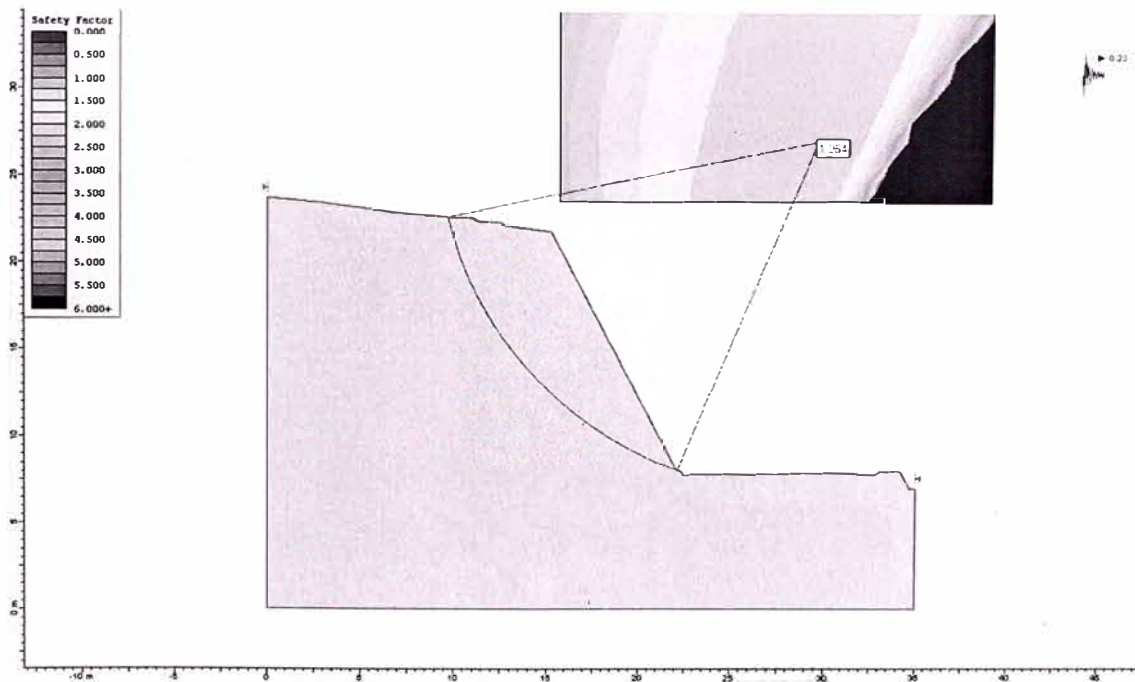
Resultados del Análisis Pseudo-estático
Sección 1 – Km 69+440 (FS = 1.202)

Anexo 5 (Continuación)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ALTERNATIVA DE ESTABILIZACIÓN 1



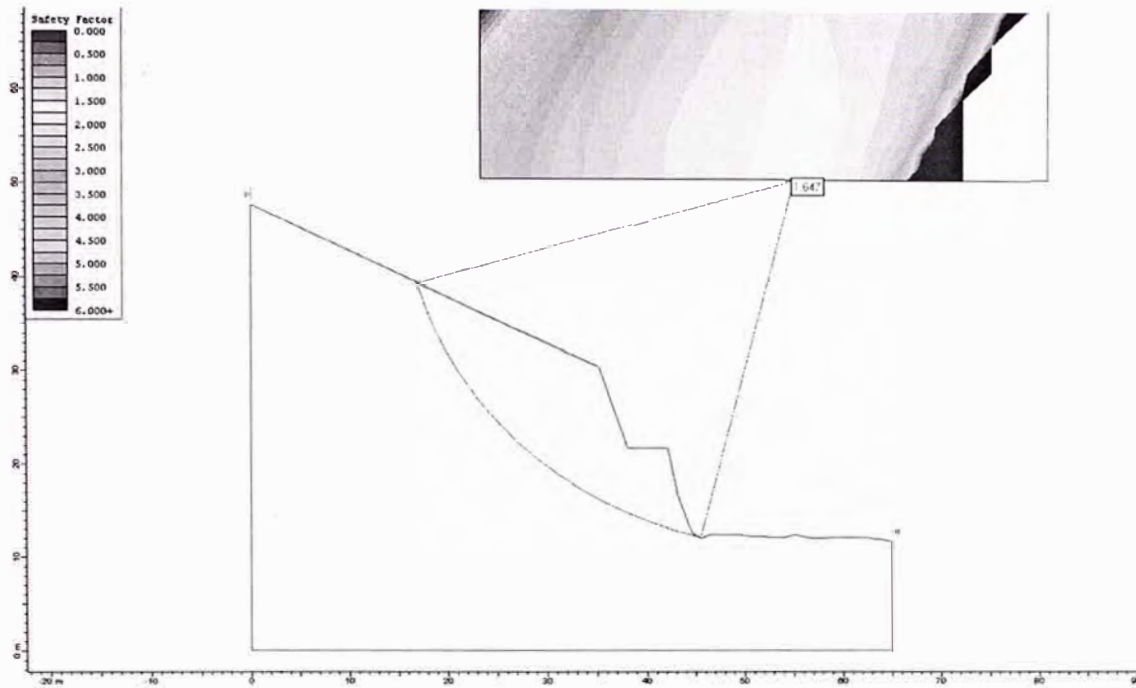
Resultados del Análisis Estático Sección 3 – Km 71+320 (FS = 1.618)



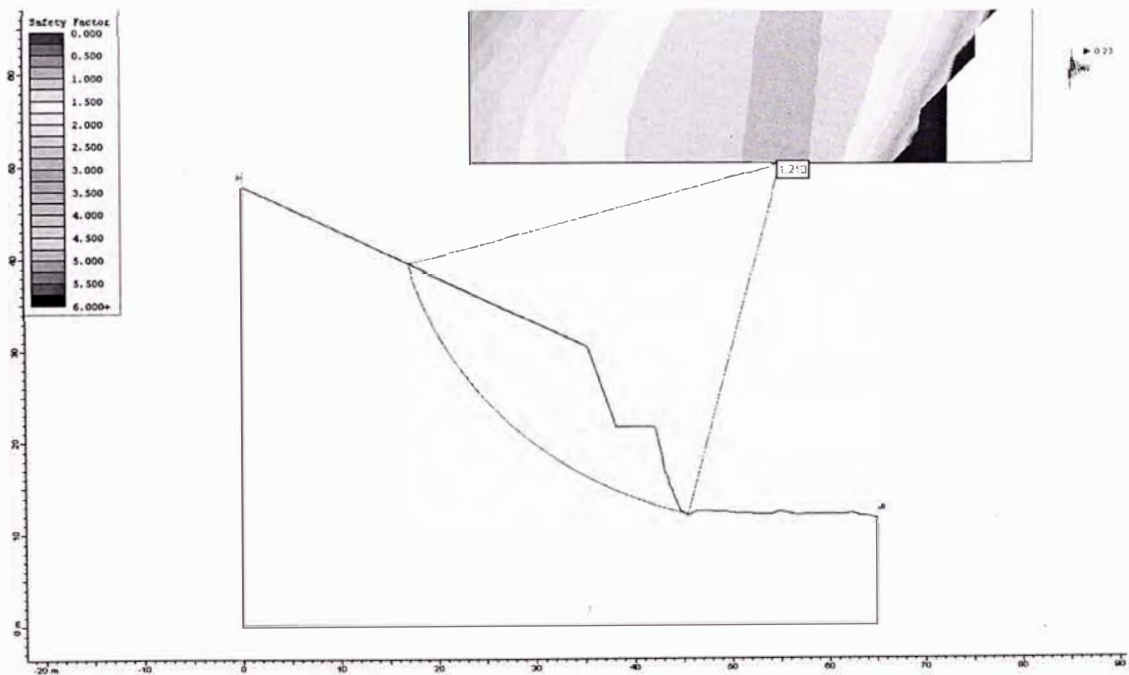
Resultados del Análisis Pseudo-estático Sección 3 – Km 71+320 (FS = 1.254)

Anexo 6

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ALTERNATIVA DE ESTABILIZACIÓN 2



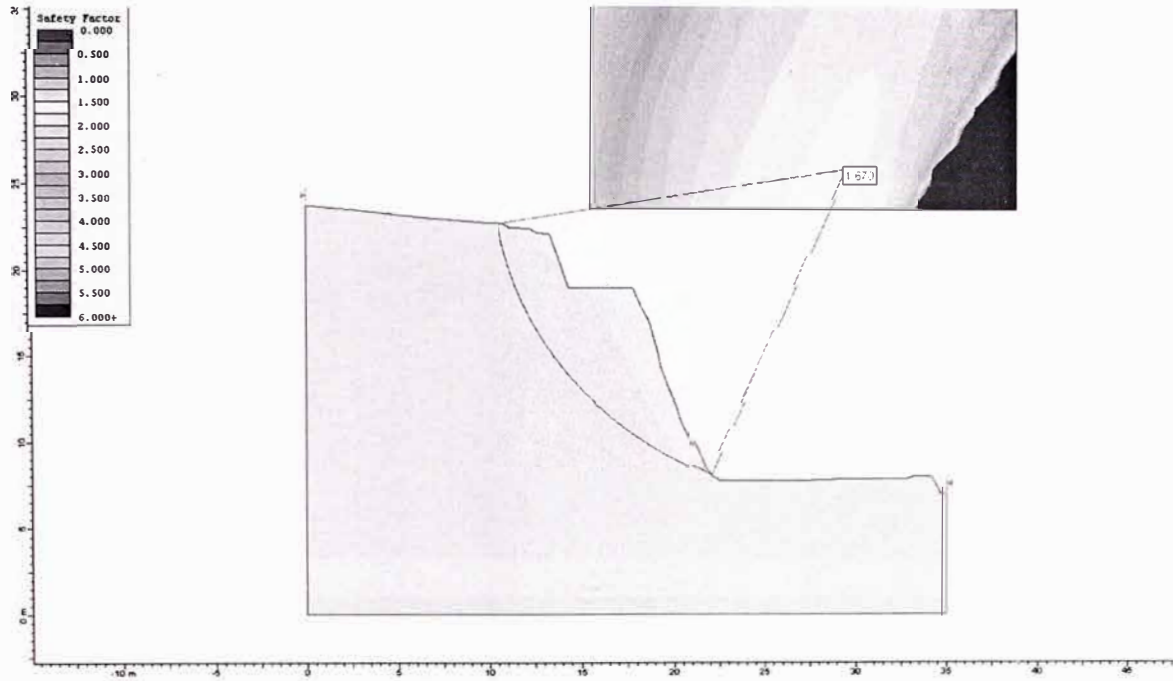
Resultados del Análisis Estático
Sección 1 – Km 69+440 (FS = 1.647)



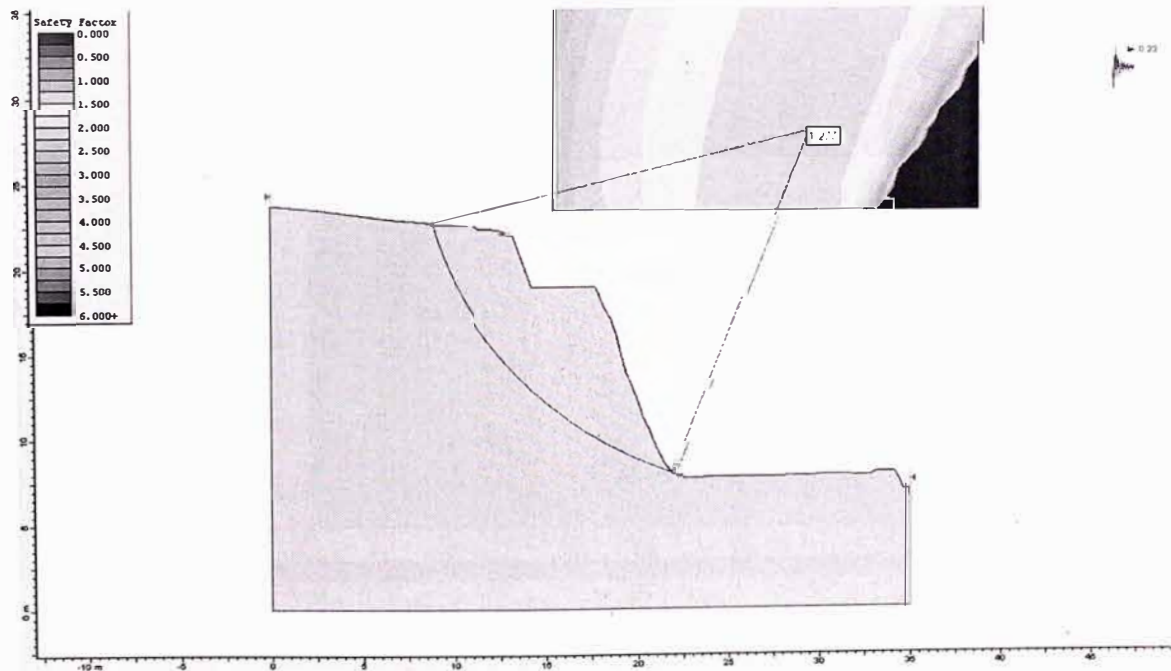
Resultados del Análisis Pseudo-estático
Sección 1 – Km 69+440 (FS = 1.210)

Anexo 6 (Continuación)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ALTERNATIVA DE ESTABILIZACIÓN 2



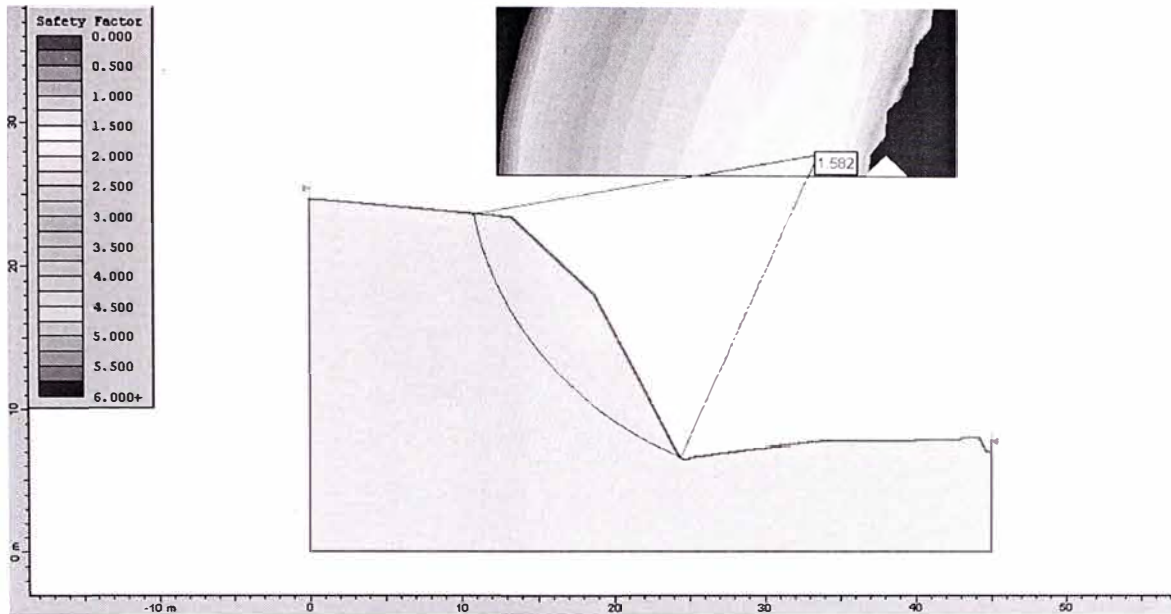
Resultados del Análisis Estático
Sección 3 – Km 71+320 (FS = 1.670)



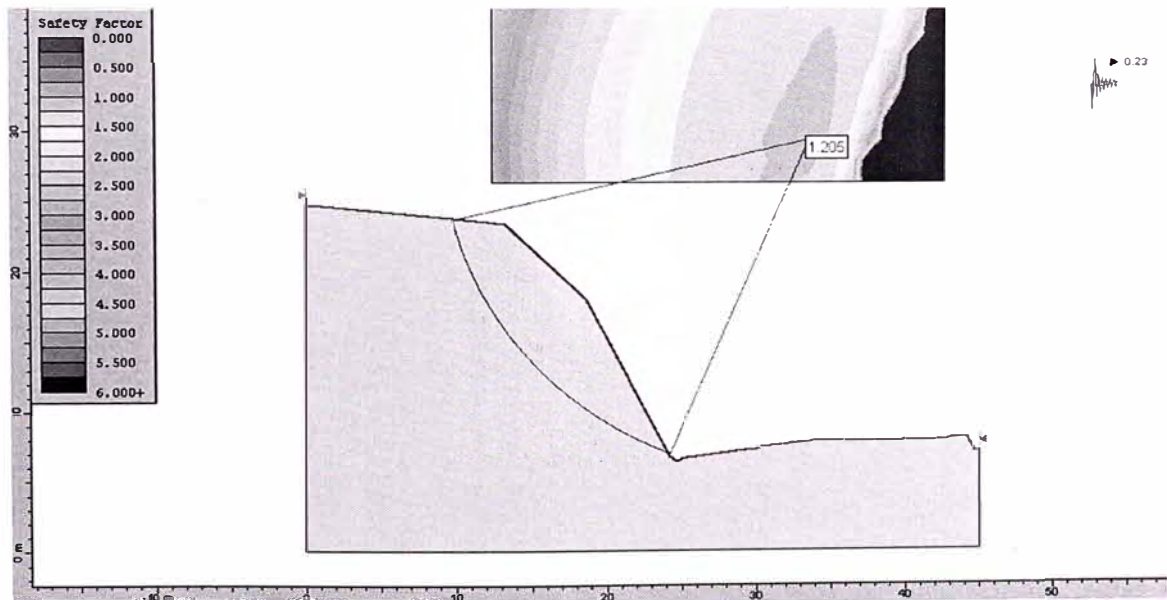
Resultados del Análisis Pseudo-estático
Sección 3 – Km 71+320 (FS = 1.277)

Anexo 7

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DISEÑO DE LOS TALUDES DE CORTE PROYECTADOS



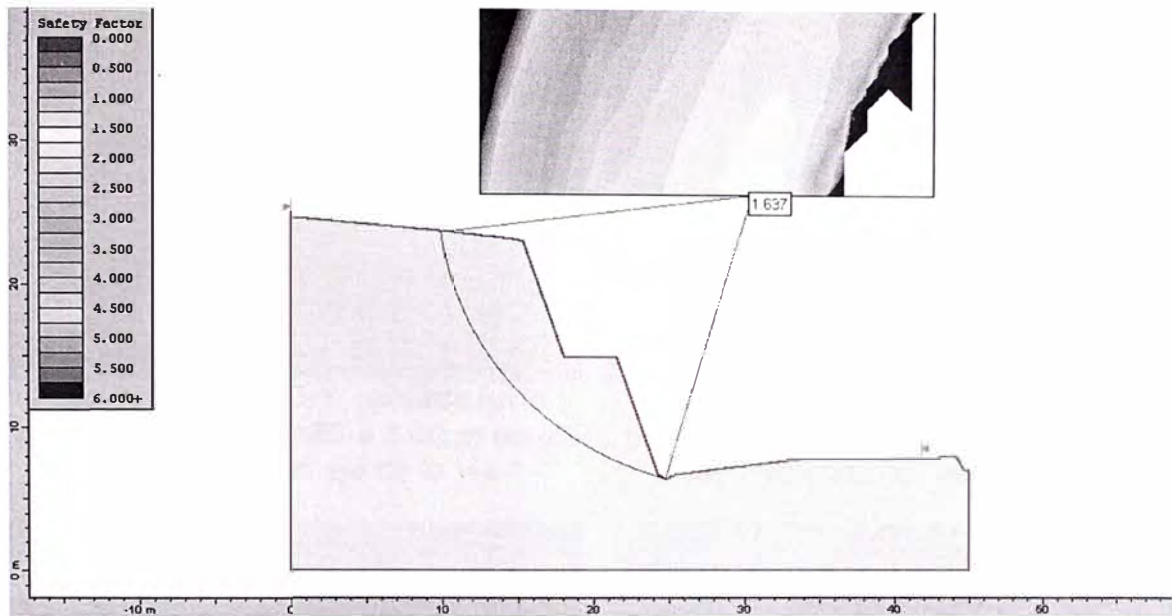
Resultados del Análisis Estático
Sección 4 – Km 71+320 (FS = 1.582)
Alternativa 1



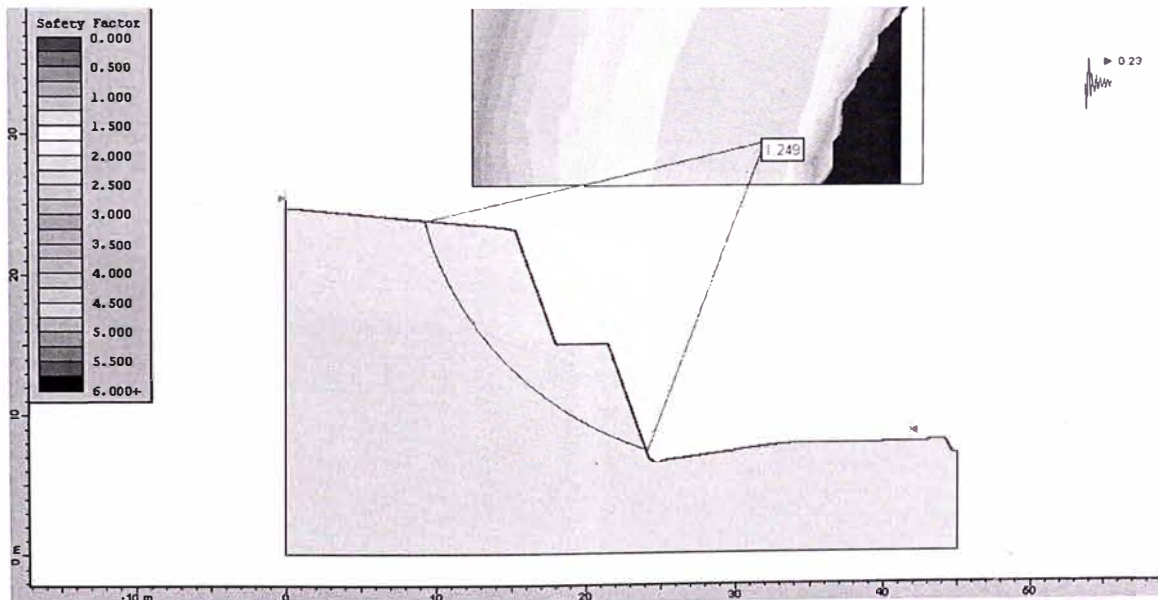
Resultados del Análisis Pseudo-estático
Sección 4 – Km 71+320 (FS = 1.205)
Alternativa 1

Anexo 7 (Continuación)

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DISEÑO DE LOS TALUDES DE CORTE PROYECTADOS



Resultados del Análisis Estático
Sección 4 – Km 71+320 (FS = 1.637)
Alternativa 2



Resultados del Análisis Pseudo-estático
Sección 4 – Km 71+320 (FS = 1.249)
Alternativa 2

Anexo 8

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Calicata C-1, ubicada en la progresiva Km 69+585 a 8.40 m en el lado derecho del eje de la vía.



Foto 2. Calicata C-2, ubicada en la progresiva Km 71+650 a 10.20 m en el lado derecho del eje de la vía.



Foto 3. Progresiva Km 69+180.



Foto 4. Progresiva Km 69+200 (Vista Atrás).



Foto 5. Progresiva Km 69+460.



Foto 6. Progresiva Km 69+570 (Vista Atrás).

Anexo 8 (Continuación)
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 7. Progresiva Km 69+620.



Foto 8. Progresiva Km 69+700.



Foto 9. Progresiva Km 69+860.



Foto 10. Progresiva Km 70+020
(Vista Atrás)



Foto 11. Progresiva Km 70+140.



Foto 12. Progresiva Km 70+240.

Anexo 8 (Continuación)
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 13. Progresiva Km 70+300.



Foto 14. Progresiva Km 70+460.



Foto 15. Progresiva Km 70+700.



Foto 16. Progresiva Km 70+800.



Foto 17. Progresiva Km 70+900.
(Vista Atrás)



Foto 18. Progresiva Km 71+000.

Anexo 8 (Continuación)
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 19. Progresiva Km 71+060.



Foto 20. Progresiva Km 71+100.
(Vista Atrás)



Foto 21. Progresiva Km 71+200.



Foto 22. Progresiva Km 71+300.
(Vista Atrás)



Foto 23. Progresiva Km 71+340.



Foto 24. Progresiva Km 71+380.

Anexo 8 (Continuación)
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 25. Progresiva Km 71+540.



Foto 26. Progresiva Km 71+600.
Estrido Derecho del Puente Collana.



Foto 27. Progresiva Km 71+760.
Banqueo de Talud
(Vista Atrás)



Foto 28. Progresiva Km 71+830
(Vista Atrás)

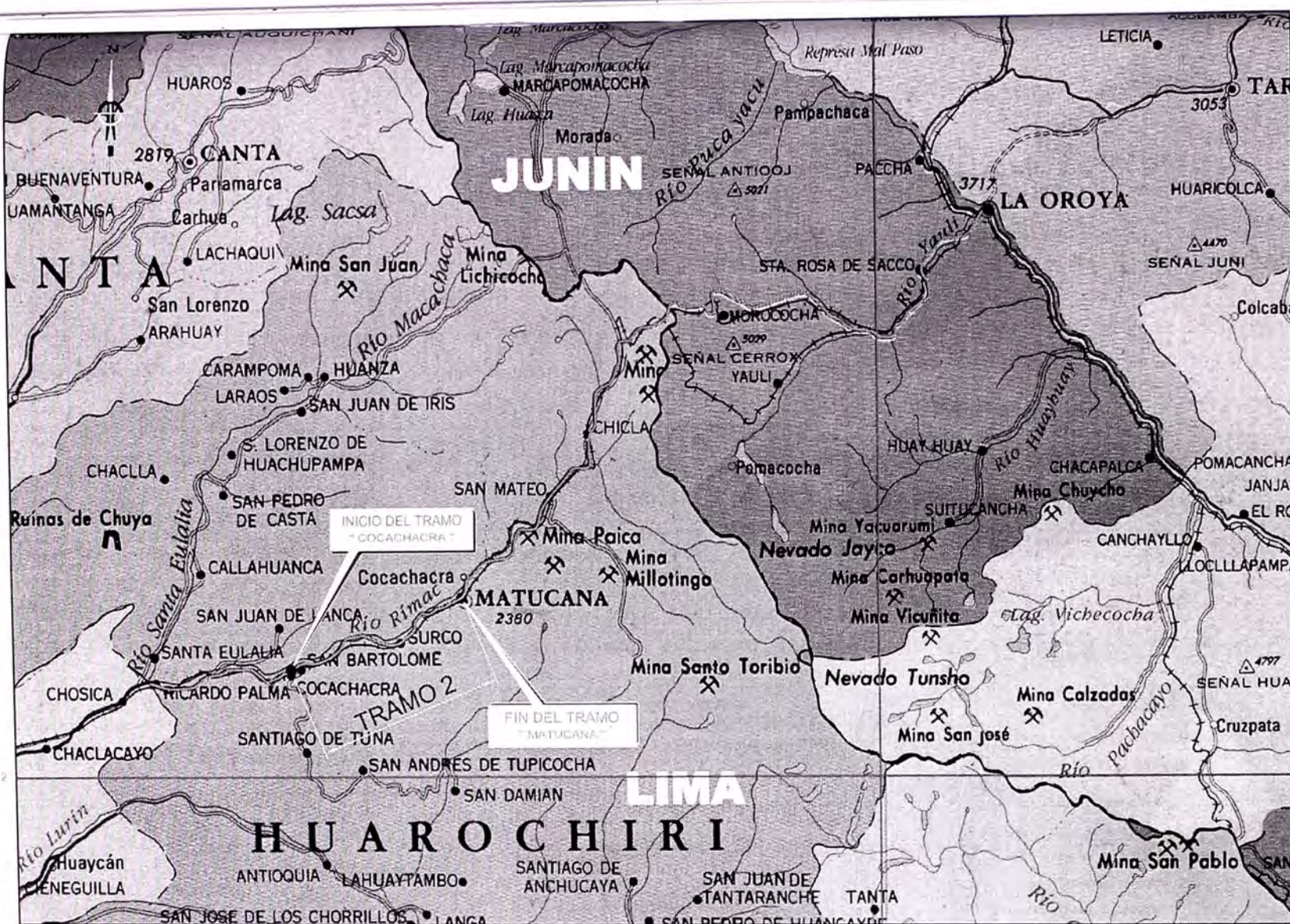


Foto 29. Progresiva Km 71+940.



Foto 30. Progresiva Km 72+000.

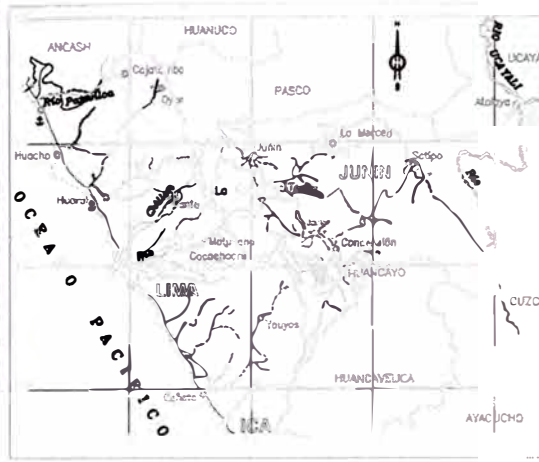
PLANOS



PLANTA GENERAL



UBICACION



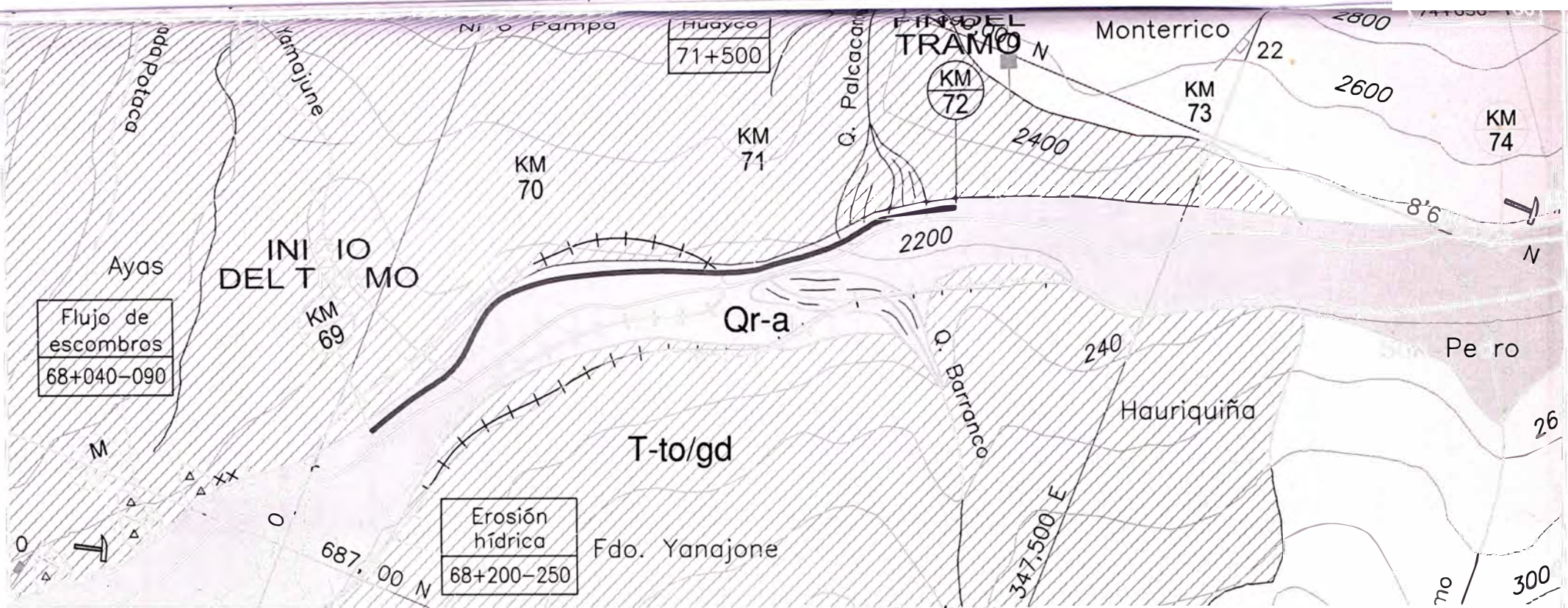
LOCALIZACION

MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :
UBICACION DEL PROYECTO

DISERO: E.E.E.E.	FECHA: JUN 2006	PLANO N° 01
ESCALA: 1/1250	REV. N° 0	



LEYENDA

ESCALA: 1/20,000

SIMBOLOGIA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Qr-al Depósitos aluviales	
		PLEISTOCENO		
	TERCIARIO	SUPERIOR		T-to/gd Tonalita Granodiorita
		MEDIO	Tm-m Volc. Millotingo	
	INFERIOR	Ti-ri Grupo Rimoc	Ka-a Andesita	
MESOZOICO	CRETACIO	SUPERIOR		
		INFERIOR		
	JURASICO		J-ar Frm. Arahuay	

	Rumbo y buzamiento de estrato		Desquinche
	Buzamiento moderado: Fotointerpretación		Gavión
	Diaclasas a fracturas		Mura
	Eje de sinclinal		Limpieza
	Eje de anticlinal		Dren horizontal
	Eje de anticlinal invertido		Falla conocida
	Contacto conocido		Falla inferida
	Contacto cubierto		Carretera asfaltada
	Huayco		Carretera afirmada
	Escarpa		
	Flujo de escombros		

MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA TRAMO COCACHACRA - MATUCANA SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

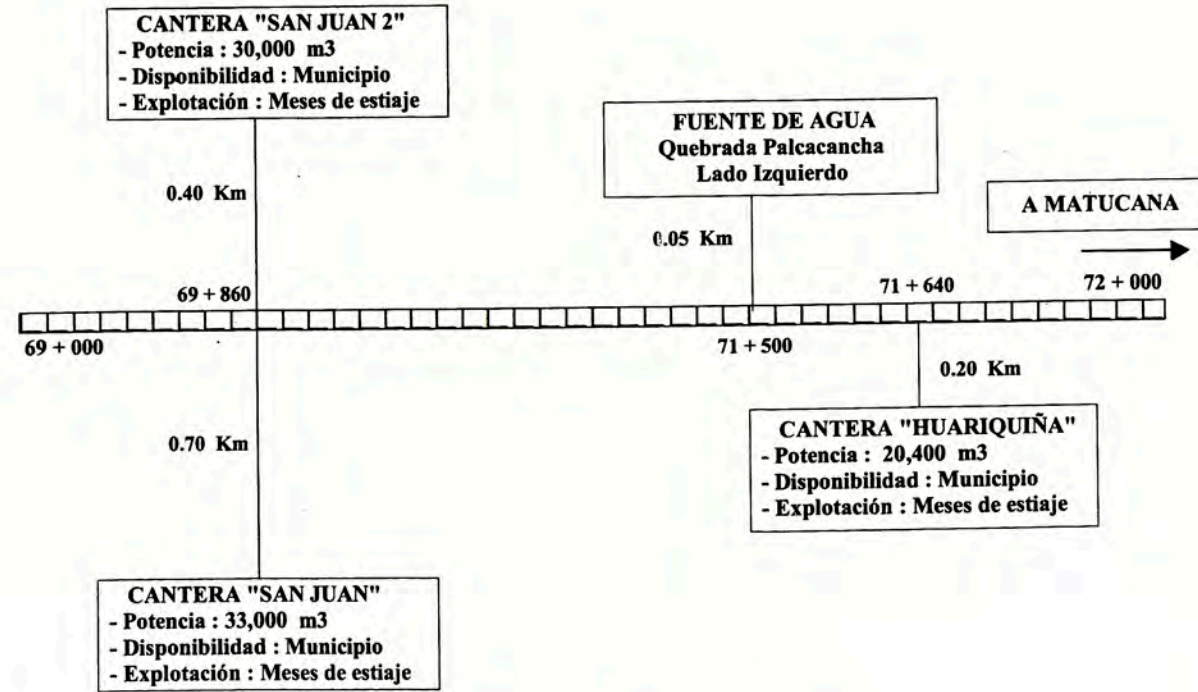
PLANO :

GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

DISERIO: R.E.E.E. FECHA: JUN 2006 PLANO N° 02
 ESCALA: 1/20,000 REV# 0

FUENTES DE AGUA

FUENTE	UBICACIÓN	RESULTADOS DE LABORATORIO						ESPECIFICACIONES					
		pH	CL (ppm)	SO4 (ppm)	SST (ppm)	Mat.Org.(ppm)	Sol.susp(ppm)	pH	CL (ppm)	SO4 (ppm)	SST (ppm)	Mat.Org.(ppm)	Sol.susp(ppm)
Quebrada Palcacancha	Km 71+522	7.86	191.4	87.0	212.0	0.69	22.0	> 7	300	300	1500	10	1500



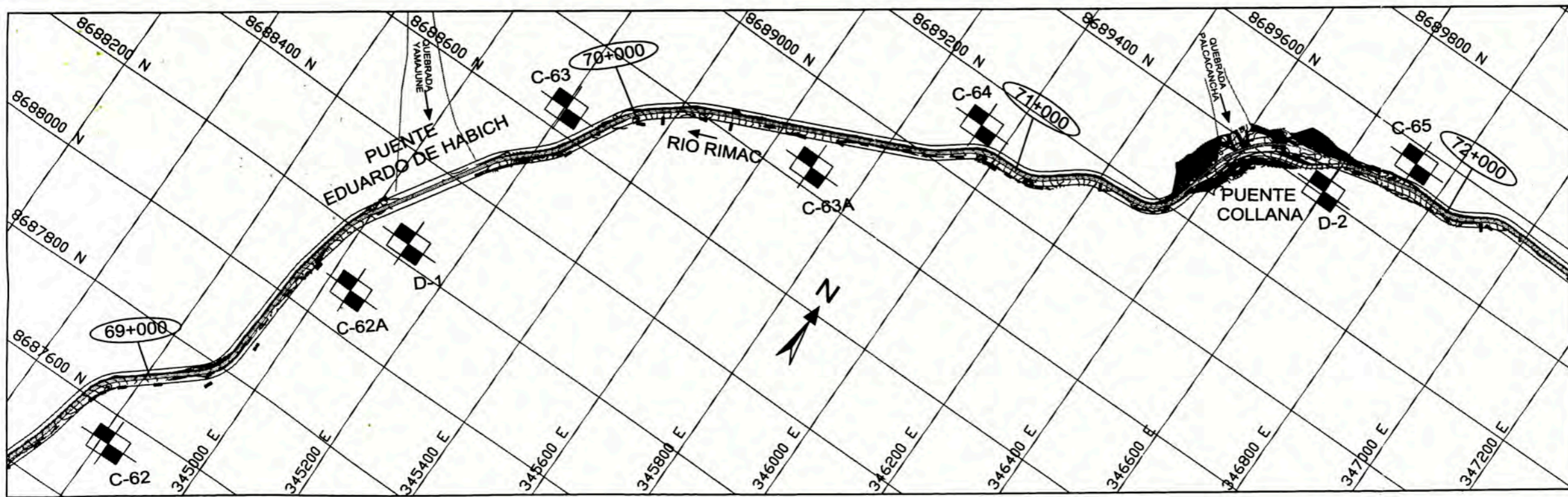
CUADRO DE CANTERAS

CANTERAS	UBICACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL												
				LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	HUMEDAD	% MATERIAL		CLASIFICACION		CBR (%)		% PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	% DURABILIDAD	
	PASA MALLA # 4	PASA MALLA # 200	AASHTO					SUCS	100% de M.D.S	95% de M.D.S	Agregado Grueso	Agregado Fino				
Cantera "San Juan"	69 + 860	700	D	16	NP	NP	4.8	39.4	2.5	A-1-a (0)	GP	77	38	15.40	2.8*	2.9*
Cantera "San Juan 2"	69 + 860	400	I	15*	NP	NP	4.5*	65.0	3.0	A-1-a (0)	SP	65*	30*	15.40*	2.8*	2.9*
Cantera "Huariquiña"	71 + 640	300	D	17	NP	NP	5.3	54.3	7.4	A-1-a (0)	SW - SM	72	40	16.80	-	-

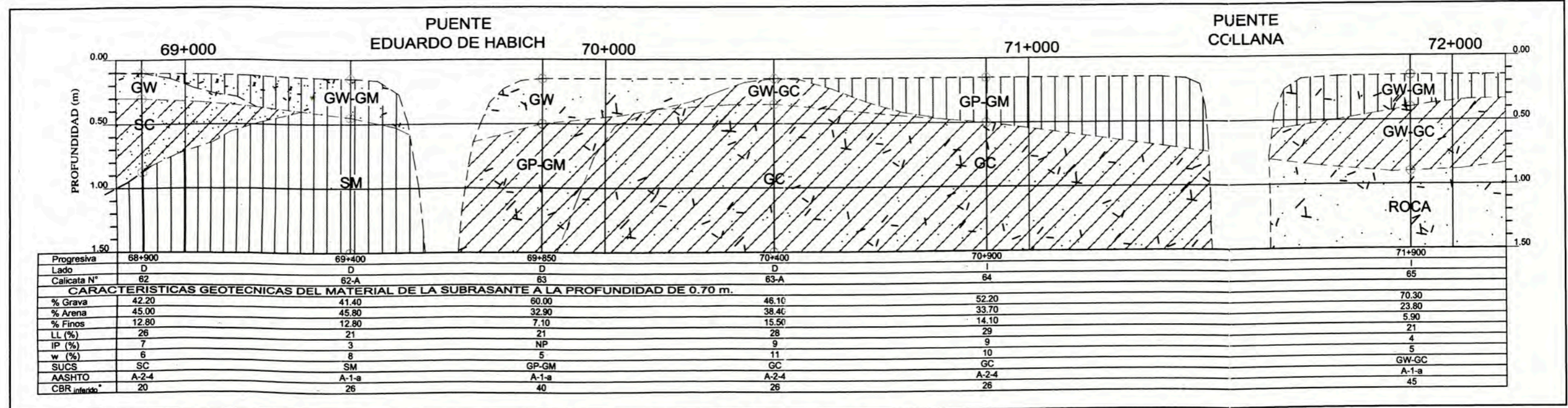
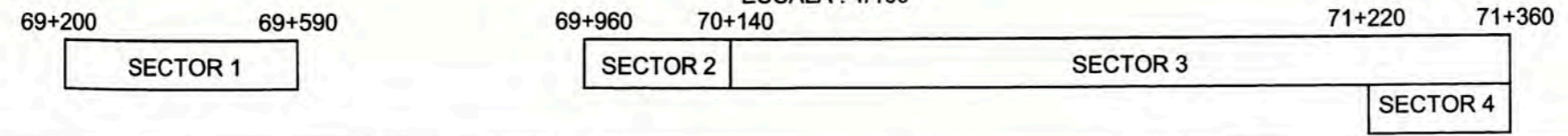
CANTERAS	UBICACIÓN			CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL												
				GRAV. ESPECIF. (gr/cm3)		% ABSORCION		PESO UNITARIO (kg/m3)				Modulo de fineza	RIEDEL WEBER	EQUIVALENTE DE ARENA	% DE CARAS FRACTURADAS	% ABRASION
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agregado Fino	SUELTO		COMPACTADO									
Cantera "San Juan"	69 + 860	700	D	2.573	2.566	0.4	-	1721	1648	1721	1648	3.8	5 al 9*	74.0	29.0*	14.1*
Cantera "San Juan 2"	69 + 860	400	I	2.573*	2.566*	0.4*	-	1721*	1648*	1721*	1648*	-	-	60.0*	29.0*	14.1*
Cantera "Huariquiña"	71 + 640	300	D	2.682	-	0.3	-	1630	1736	1787	1921	3.9	-	53.3	-	-

NOTA:
(*) Valores estimados.

MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA TRAMO COCACHACRA - MATUCANA SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA	PLANO : CANTERAS Y FUENTES DE AGUA	DISENO: E.E.E.E.	FECHA: JUN 2006	PLANO N° 03
			ESCALA: 1/2000	REV.N° 0	



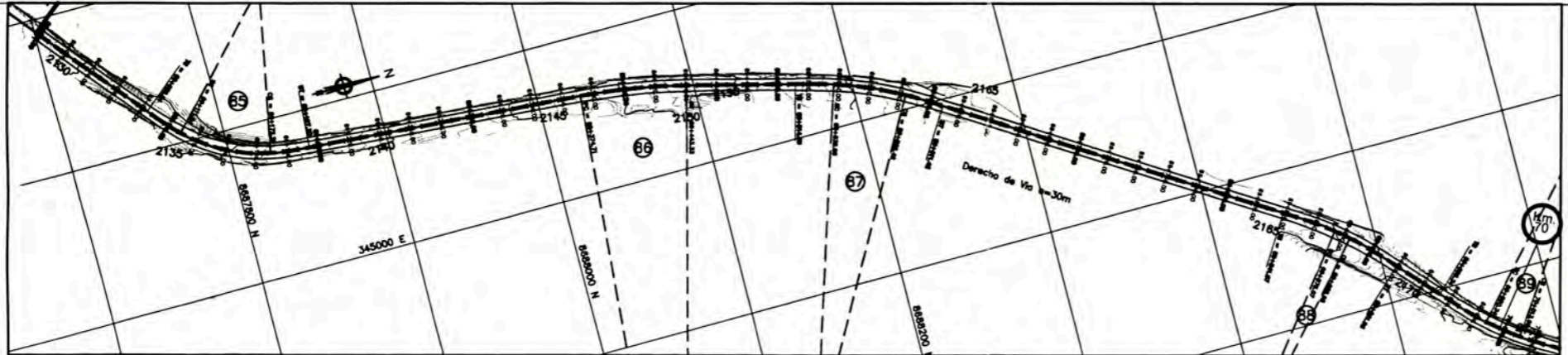
PLANTA
ESCALA : 1/100



PERFIL ESTRATIGRAFICO
ESCALA : 1/100

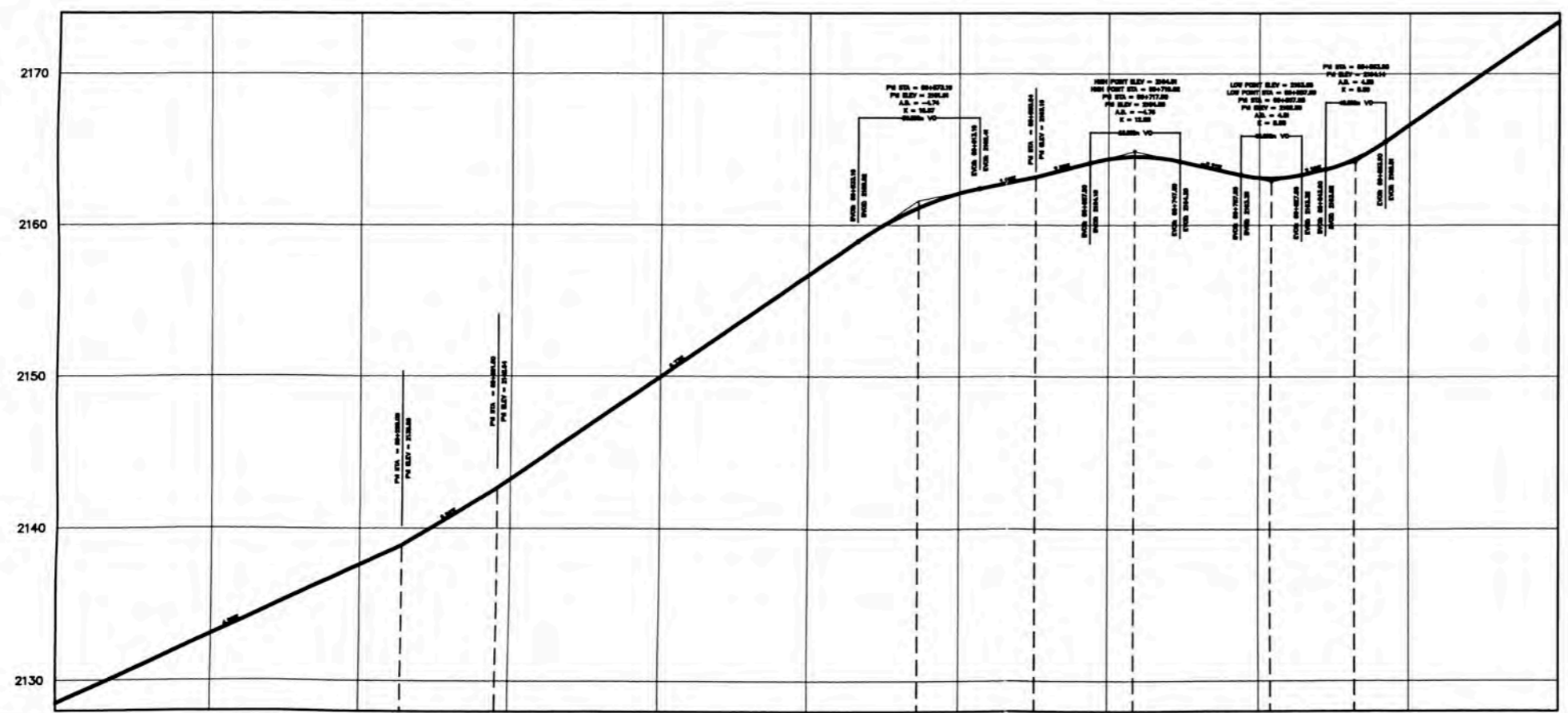
MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA TRAMO COCACHACRA - MATUCANA SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA	PLANO :	DISEÑO:	FECHA:	PLANO N°
		PERFIL ESTRATIGRAFICO KM 69+000 - KM 72+000 Y SECTORES DE ANALISIS	E.B.E.E.	JUN 2006	04
			ESCALA:	REV.N°	
			1/100	0	

ESCALA
H : 1/2000



ELEMENTOS DE CURVAS									
C. Nro.	S	A.D.	R.	TG.	L.C.	P.C.	P.T.	S.A.	P %
85	I	32°37'40"	106	67.86	60.36	69+111.84	69+172.20	1.1	11.5
86	D	10°04'48"	390	69.33	68.62	69+374.71	69+443.33	0.4	5.1
87	D	11°38'26"	230	47.38	46.73	69+539.69	69+586.42	0.6	7.2
88	D	03°33'47"	175	10.9	10.88	69+876.07	69+886.95	0.8	9.2
89	I	07°19'17"	185	23.77	23.64	69+990.34	70+013.98	0.8	9

ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200



C. Nro.	S	R.	ESPIRAL DE ENTRADA			ESPIRAL DE SALIDA		
			TS	SC	LONG. ESP	CS	ST	LONG. ESP
85	I	106	69+086.84	69+111.84	25	69+172.20	69+197.20	25
86	D	390	-	-	-	-	-	-
87	D	230	69+514.69	69+539.69	25	69+586.42	69+611.42	25
88	D	175	69+841.07	69+876.07	35	69+886.95	69+921.95	35
89	I	185	69+955.34	69+990.34	35	70+013.98	70+048.98	35

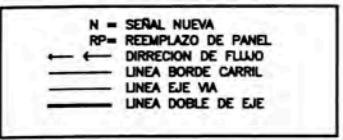
2170
2160
2150
2140
2130

PENDIENTE	-4.55% en 228m		-5.92% en 83.50m		-6.73% en 281.86m		-1.99% en 77.41m		-2.56% en 86.86m		-2.21% en 90.45m		-2.29% en 55.95m		-0.84% en 785.785m																																				
COTA CAPA NIVELANTE	2128.51	2128.620	2130.330	2131.240	2132.150	2133.060	2133.970	2134.880	2135.790	2136.700	2137.610	2138.520	2139.430	2140.340	2141.250	2142.160	2143.070	2143.980	2144.890	2145.800	2146.710	2147.620	2148.530	2149.440	2150.350	2151.260	2152.170	2153.080	2153.990	2154.900	2155.810	2156.720	2157.630	2158.540	2159.450	2160.360	2161.270	2162.180	2163.090	2164.000	2164.910	2165.820	2166.730	2167.640	2168.550	2169.460	2170.370	2171.280	2172.190	2173.100	2174.010
COTA DE CARPETA EXISTENTE	2128.51	2128.44	2130.36	2131.28	2132.17	2133.06	2133.98	2134.88	2135.80	2136.71	2137.64	2138.55	2139.46	2140.37	2141.28	2142.19	2143.10	2144.01	2144.92	2145.83	2146.74	2147.65	2148.56	2149.47	2150.38	2151.29	2152.20	2153.11	2154.02	2154.93	2155.84	2156.75	2157.66	2158.57	2159.48	2160.39	2161.30	2162.21	2163.12	2164.03	2164.94	2165.85	2166.76	2167.67	2168.58	2169.49	2170.40	2171.31	2172.22	2173.13	2174.04
ALINEAMIENTO																																																			
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE																																																			
SEÑALIZACION																																																			
KILOMETRAJE	69+000	69+100	69+200	69+300	69+400	69+500	69+600	69+700	69+800	69+900	70+000																																								

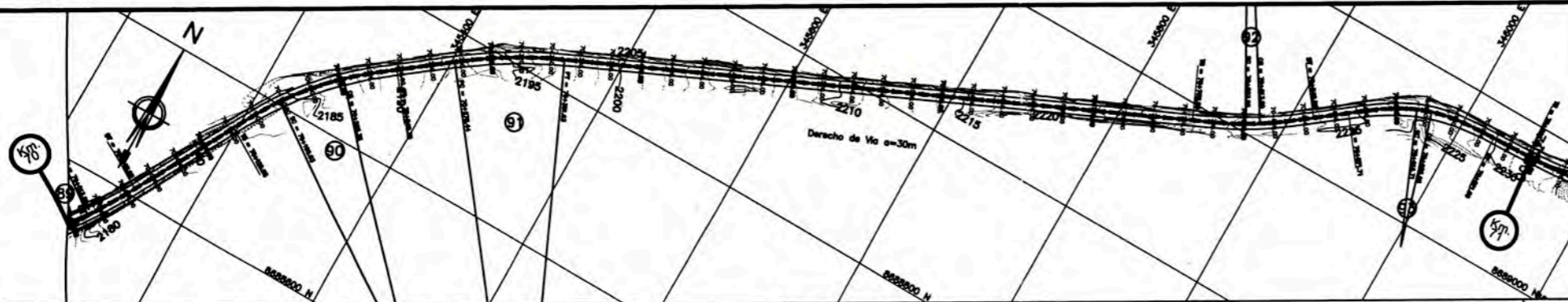
SEÑALIZACION Y SEGURIDAD	
69+090 - 69+190	PD Postes Delimitadores (D)
69+634 - 69+658	GV Guardia (I)
69+000	P-2B Preventiva (I)
69+040	P-2B Preventiva (D)
69+250	P-2A Preventiva (I)
69+450	P-2A Preventiva (D)
69+660	P-2B Preventiva (I)
69+750	I-2 Informativa (I)
69+890	R-15 Reglamentaria (I)

2140
2130

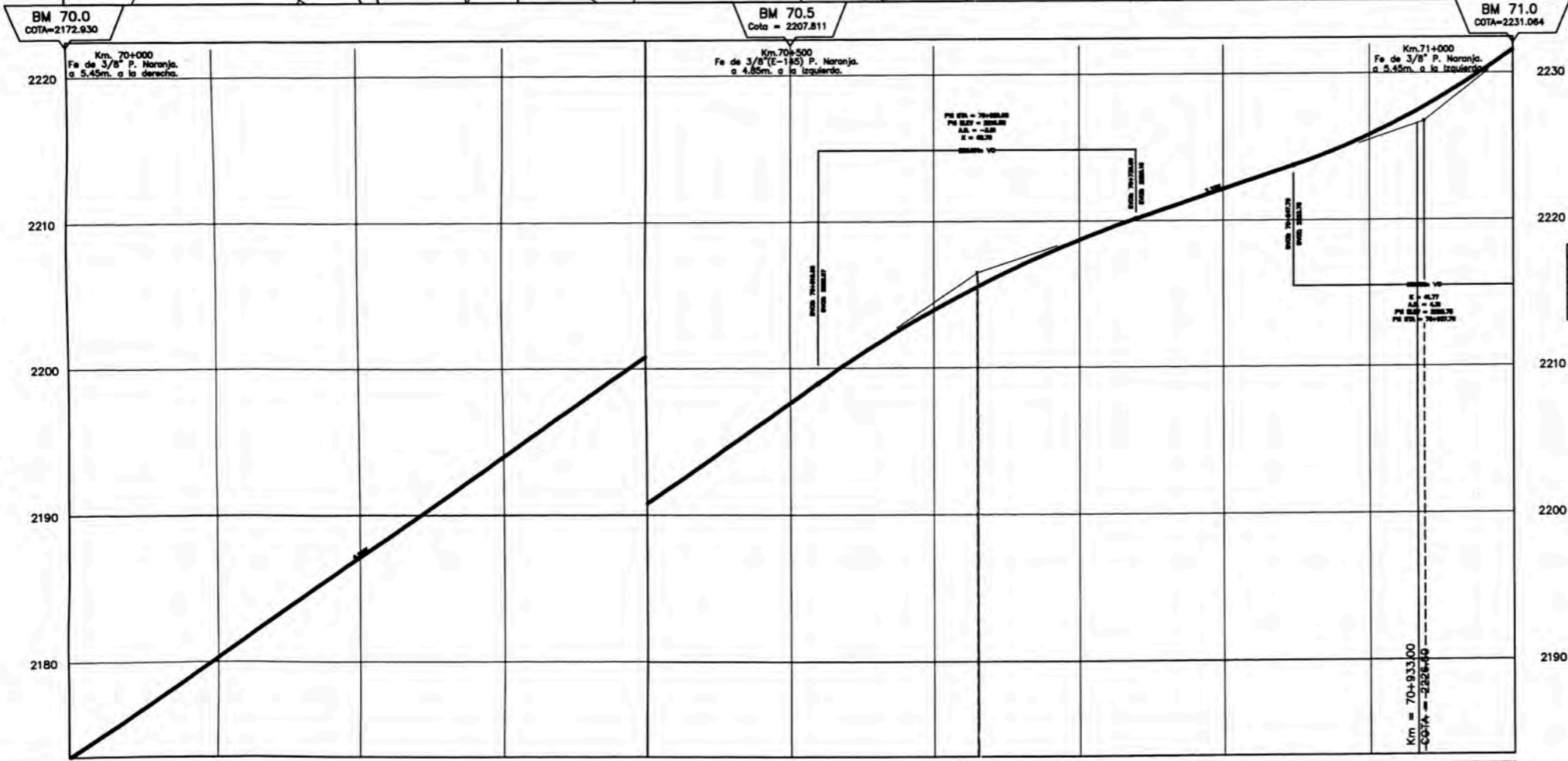
LEYENDA



ESCALA
H : 1/2000



ELEMENTOS DE CURVAS									
C. Nro.	S	A.D.	R	TG.	L.C.	P.C.	P.T.	S.A.	P %
89	I	07°19'17"	185	23.77	23.64	69+990.34	70+013.98	0.8	9
90	D	13°03'05"	195	45.2	44.42	70+160.93	70+205.35	0.7	8.5
91	D	13°18'41"	315	74.53	73.19	70+278.44	70+351.63	0.5	5.7
92	I	02°55'17"	195	9.95	9.94	70+803.86	70+813.80	0.7	8.5
93	D	06°20'03"	90	9.99	9.95	70+916.71	70+926.66	1.1	12



C. Nro.	S	R	ESPIRAL DE ENTRADA		ESPIRAL DE SALIDA			
			TS	SC	LONG. ESP.	CS	ST	LONG. ESP.
89	I	185	69+955.34	69+990.34	35	70+013.98	70+048.98	35
90	D	195	70+125.93	70+160.93	35	70+205.35	70+240.35	35
91	D	315	-	-	-	-	-	-
92	I	195	70+768.86	70+803.86	35	70+813.80	70+848.80	35
93	D	90	70+871.71	70+916.71	45	70+926.66	70+971.66	45

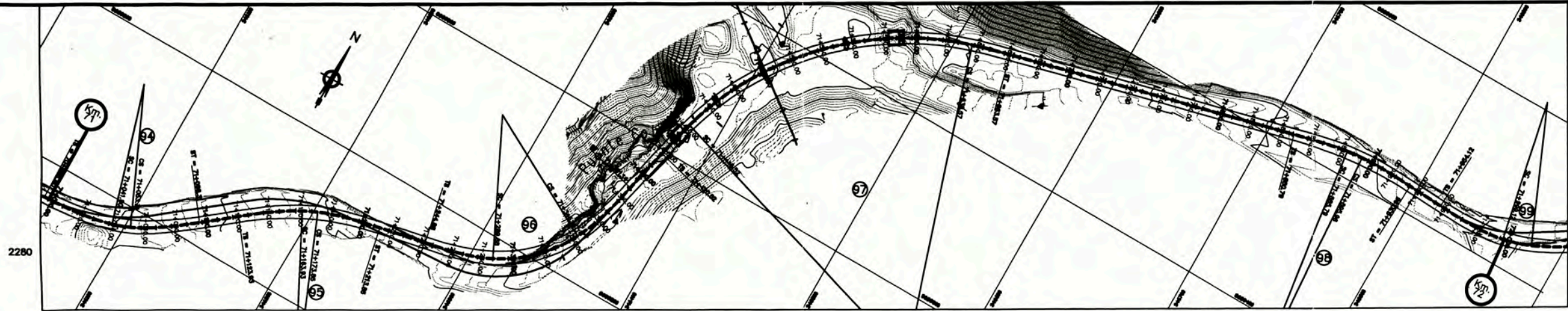
ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200

SEÑALIZACION Y SEGURIDAD	
70+070	P-2A Preventiva (D)
70+100	P-4A Preventiva (I)
70+300	P-2B Preventiva (I)
70+680	P-5B Preventiva (D)
70+720	R-30 Reglamentaria (D)
70+985	P-35 Preventiva (D)

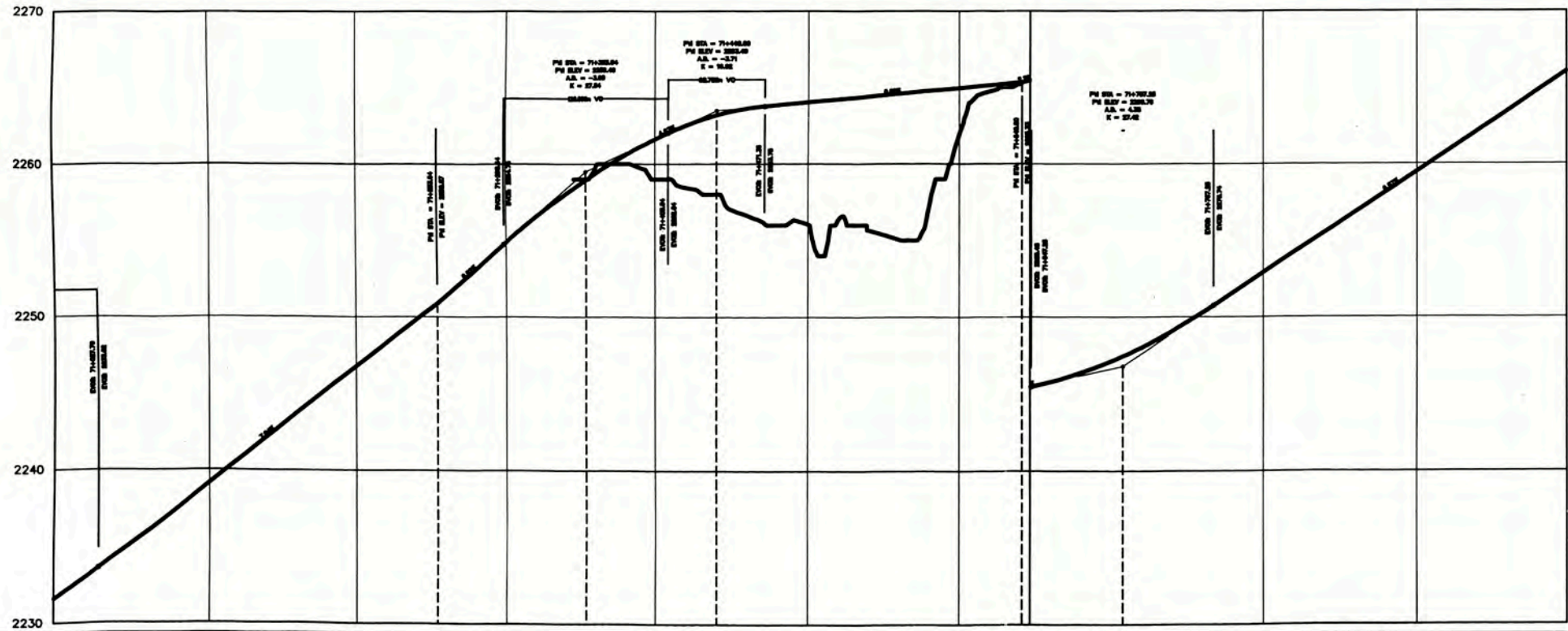
PENDIENTE	6.84% en 785.78m		-3.33% en 308.13m		7.64% en 315.85m	
COTA CAPA NIVELANTE	2173.448	2174.814	2176.181	2177.549	2178.916	2180.283
COTA DE CARPETA EXISTENTE	2173.95	2174.82	2176.20	2177.57	2178.94	2180.31
ALINEAMIENTO	[Diagram showing curve segments with lengths and angles]					
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	[Diagram showing drainage structures and manholes]					
SEÑALIZACION	[Diagram showing signal markers and signs]					
KILOMETRAJE	70+000	70+100	70+200	70+300	70+400	70+500

NOTA:
 N = SEÑAL NUEVA
 RP = REEMPLAZO DE PANEL
 ---> DIRECCION DE FLUJO
 --- LINEA BORDE CARRIL
 --- LINEA EJE VA
 --- LINEA DOBLE DE EJE

ESCALA
H : 1/2000



ESCALAS
H : 1/2000
V : 1/200



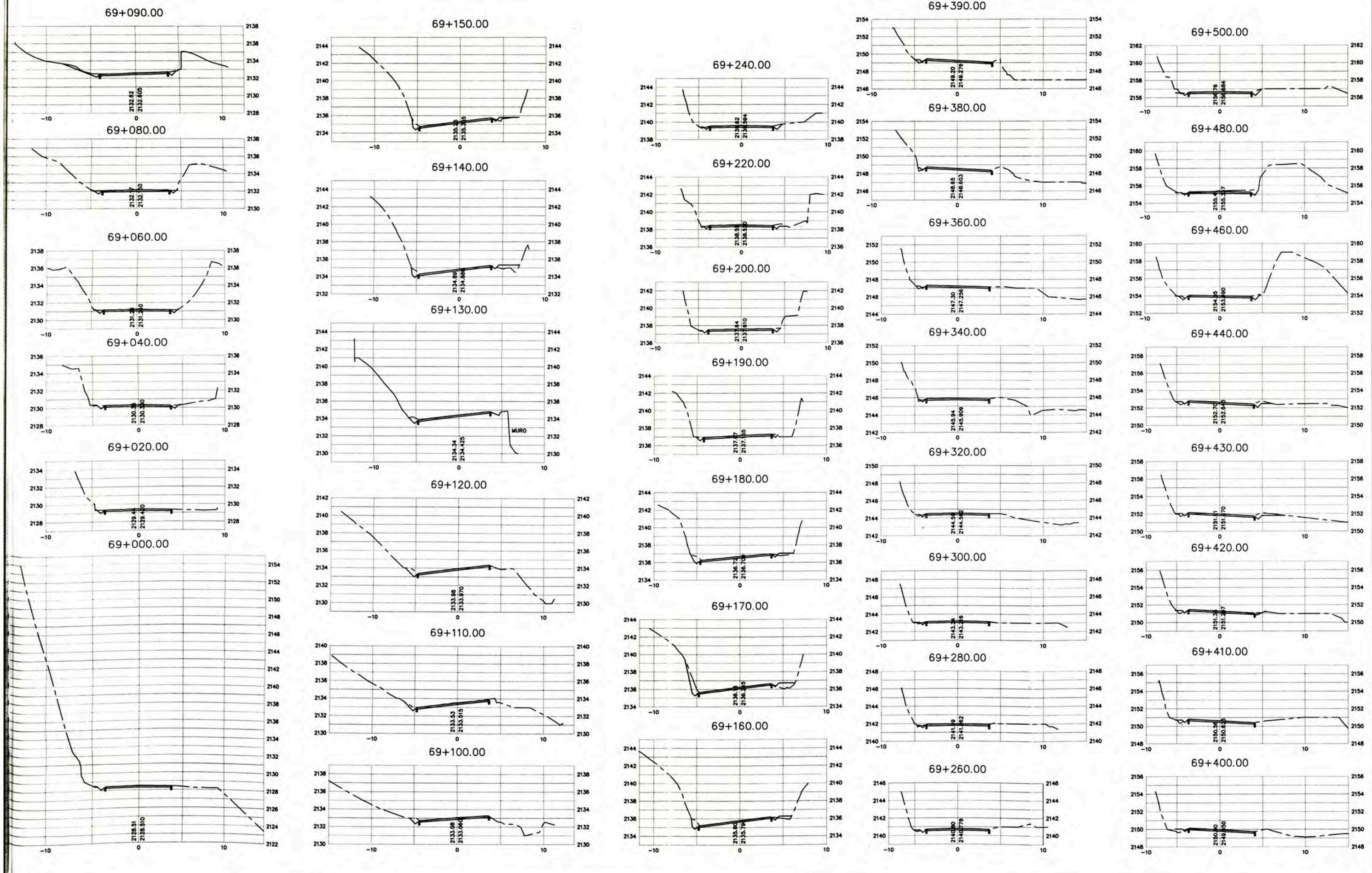
ELEMENTOS DE CURVAS									
C. Nro.	S	A.D.	R.	TG.	L.C.	P.C.	P.T.	S.A.	P. %
94	I	07°19'26"	90	11.57	11.51	71+041.80	71+053.31	1.1	12
95	D	05°10'52"	109.67	9.94	9.92	71+163.93	71+173.85	1.1	11
96	I	35°48'49"	90	64.94	56.26	71+289.88	71+346.14	1.1	12
97	D	55°18'17"	200	288.89	193.05	71+445.52	71+638.57	0.7	8
98	D	03°50'03"	152	10.19	10.17	71+885.79	71+895.96	0.9	8.9
99	I	06°05'22"	90	9.6	9.57	71+999.12	72+008.69	1.1	12

C. Nro.	S	R.	ESPIRAL DE ENTRADA			ESPIRAL DE SALIDA		
			TS	SC	LONG. ESP	CS	ST	LONG. ESP
94	I	90	70+996.80	71+041.80	45	71+053.31	71+098.31	45
95	D	109.67	71+123.93	71+163.93	40	71+173.85	71+213.85	40
96	I	90	71+244.88	71+289.88	45	71+346.14	71+391.14	45
97	D	200	71+420.52	71+445.52	25	71+638.57	71+663.57	25
98	D	152	71+850.79	71+885.79	35	71+895.96	71+930.96	35
99	I	90	71+954.12	71+999.12	45	72+008.69	-	-

SEÑALIZACION Y SEGURIDAD		
71+260 - 71+350	PD	Postes Delineadores (D)
71+300 - 71+480	GV	Guardavías (D)
71+710	I-34	Informativa (D)
71+830	P-5A	Preventiva (D)
71+830	P-5B	Preventiva (I)
71+970 - 71+994	GV	Guardavías (D)

PENDIENTE	7.64% en 315.85m										8.62%100					4.63%286					0.50%201					2.20%66					8.57% en 292.75m																					
COTA CAPA NIVELANTE	2231.994	2233.036	2234.057	2235.064	2237.812	2239.139	2240.867	2242.194	2243.722	2245.249	2246.776	2248.304	2249.831	2251.421	2253.145	2254.869	2256.511	2258.007	2259.358	2260.563	2261.824	2262.524	2263.197	2263.833	2263.855	2264.039	2264.223	2264.407	2264.591	2264.775	2264.958	2265.142	2265.326	2265.785	2266.391	2267.142	2268.039	2269.083	2270.272	2271.577	2272.892	2274.207	2275.522	2276.837	2278.152	2279.466	2280.781	2282.096	2283.411	2284.726	2286.041	
COTA DE CARPETA EXISTENTE	2231.72	2233.07	2234.41	2235.00	2237.20	2238.00	2240.29	2241.84	2243.40	2245.01	2246.71	2248.26	2251.16	2254.35	2258.20	2263.40	2262.06	2258.47	2256.11	2251.40	2242.37	2233.06	2283.06	2283.48	2283.87	2283.84	2284.02	2284.19	2284.48	2284.85	2284.83	2285.00	2285.17	2285.28	2285.63	2286.18	2286.92	2287.84	2288.96	2290.22	2291.55	2292.86	2294.18	2295.50	2296.82	2298.13	2299.45	2300.76	2302.09	2303.40	2304.71	2306.00
ALINEAMIENTO	[Diagram showing curve data: Lct=45, A=07°19'26", Lct=20, A=35°48'49", Lct=25, A=55°18'17", Lct=35, A=03°50'03", Lct=45, A=06°05'22"]																																																			
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	[Diagram showing drainage structures: Puente Collana, Km 71+781.20, Km 71+982.83]																																																			
SEÑALIZACION	[Diagram showing traffic signs: PD, GV, I-34, P-5A, P-5B]																																																			
KILOMETRAJE	71+000	71+100	71+200	71+300	71+400	71+500	71+600	71+700	71+800	71+900	72+000																																									

NOTA:
 N = SEÑAL NUEVA
 RP = REEMPLAZO DE PANEL
 ← = DIRECCION DE FLUJO
 --- = LINEA BORDE CARRIL
 - - - = LINEA EJE VIA
 ——— = LINEA DOBLE DE EJE

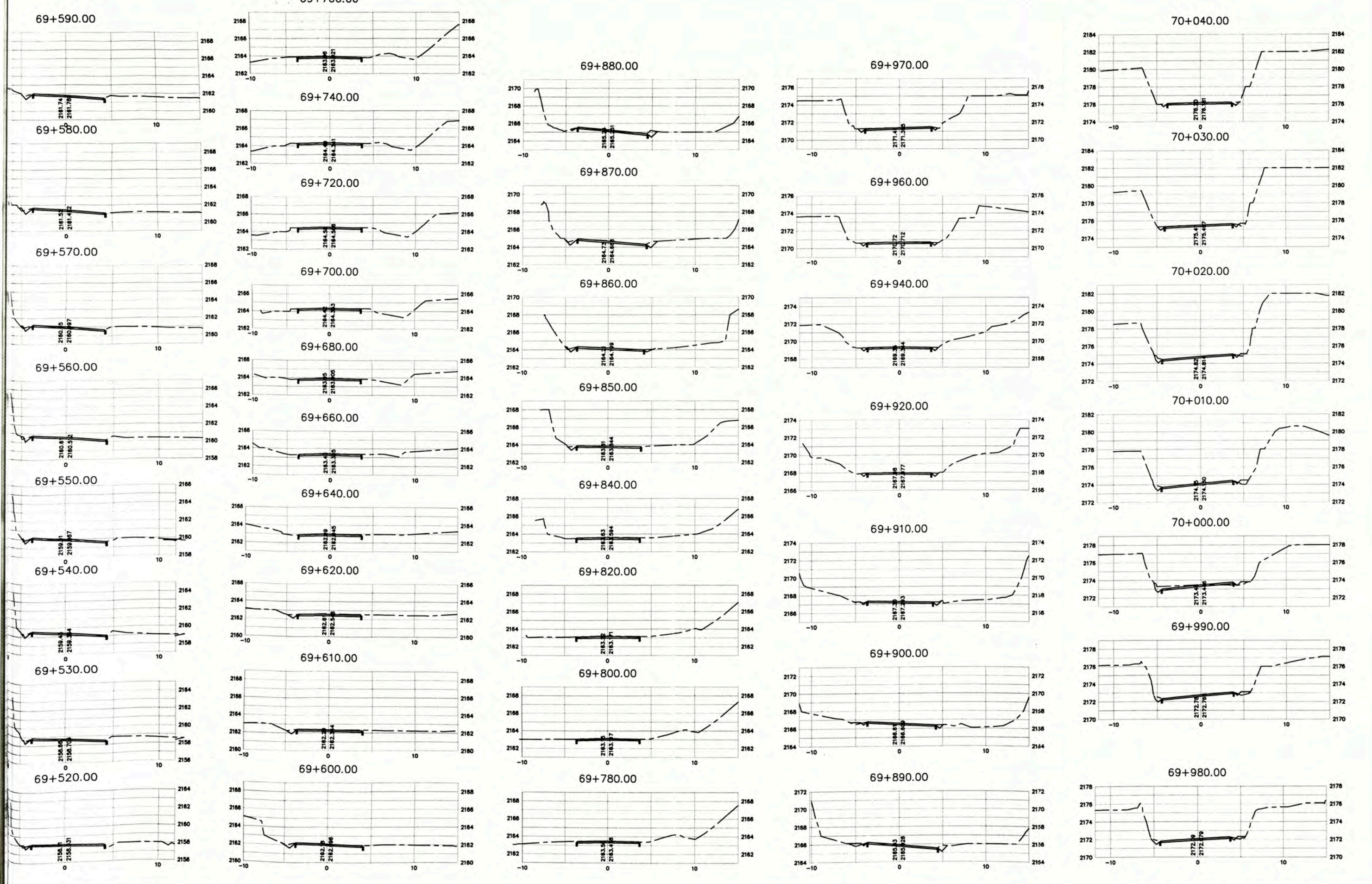


MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
 CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
 TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
 SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :
 SECCIONES TRANSVERSALES
 KM 69+000 AL KM 69+500

DISEÑO: E.E.E.E.	FECHA: JUN 2006	PLANO N° 08
ESCALA: 1/400	REV.N° 0	



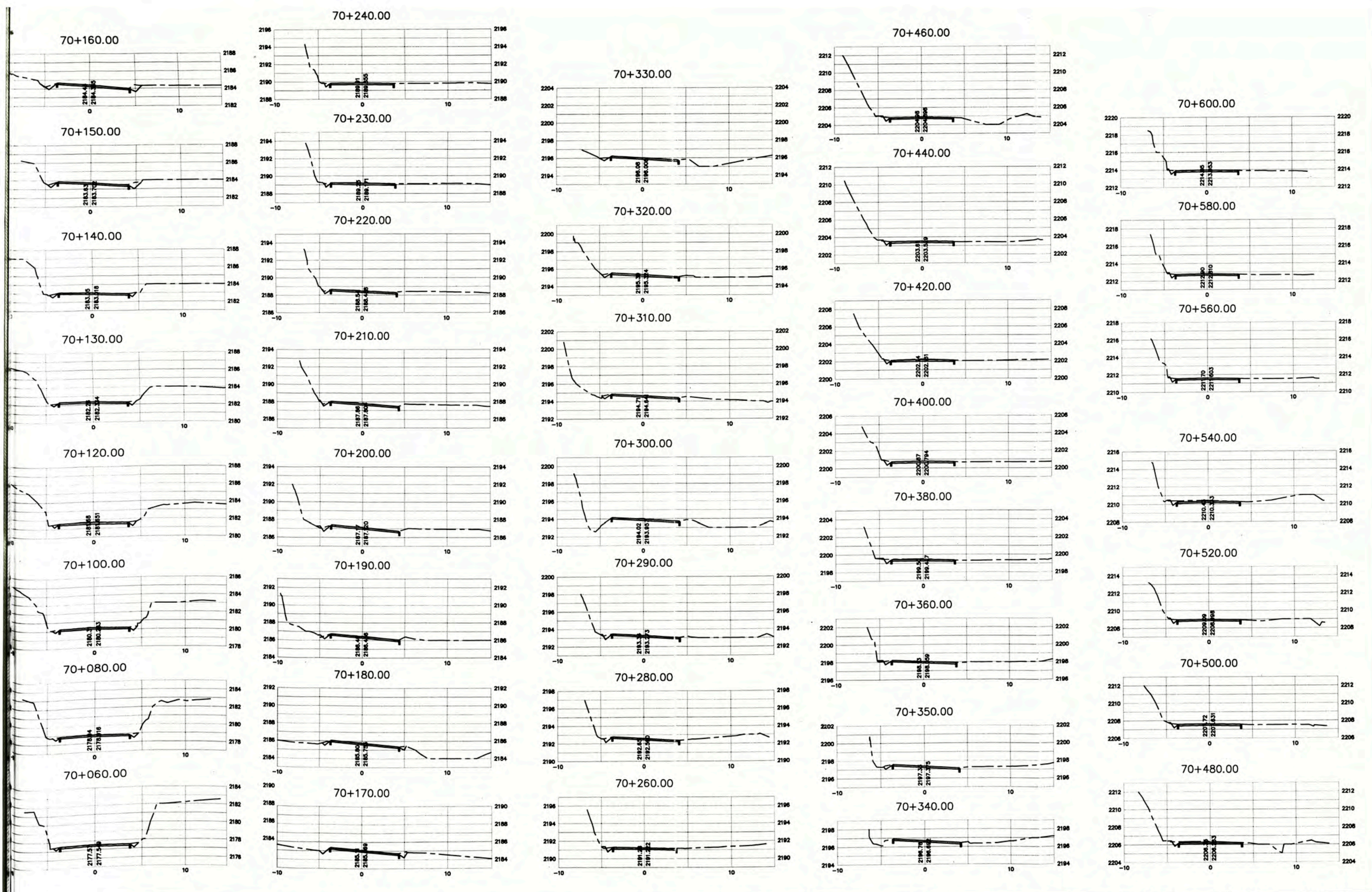
MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
 CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
 TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
 SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :
 SECCIONES TRANSVERSALES
 KM 69+520 AL KM 70+040

DISEÑO: E.E.E.E.
 ESCALA: 1/400
 FECHA: JUN 2006
 REV.N° 0

PLANO N°
 09

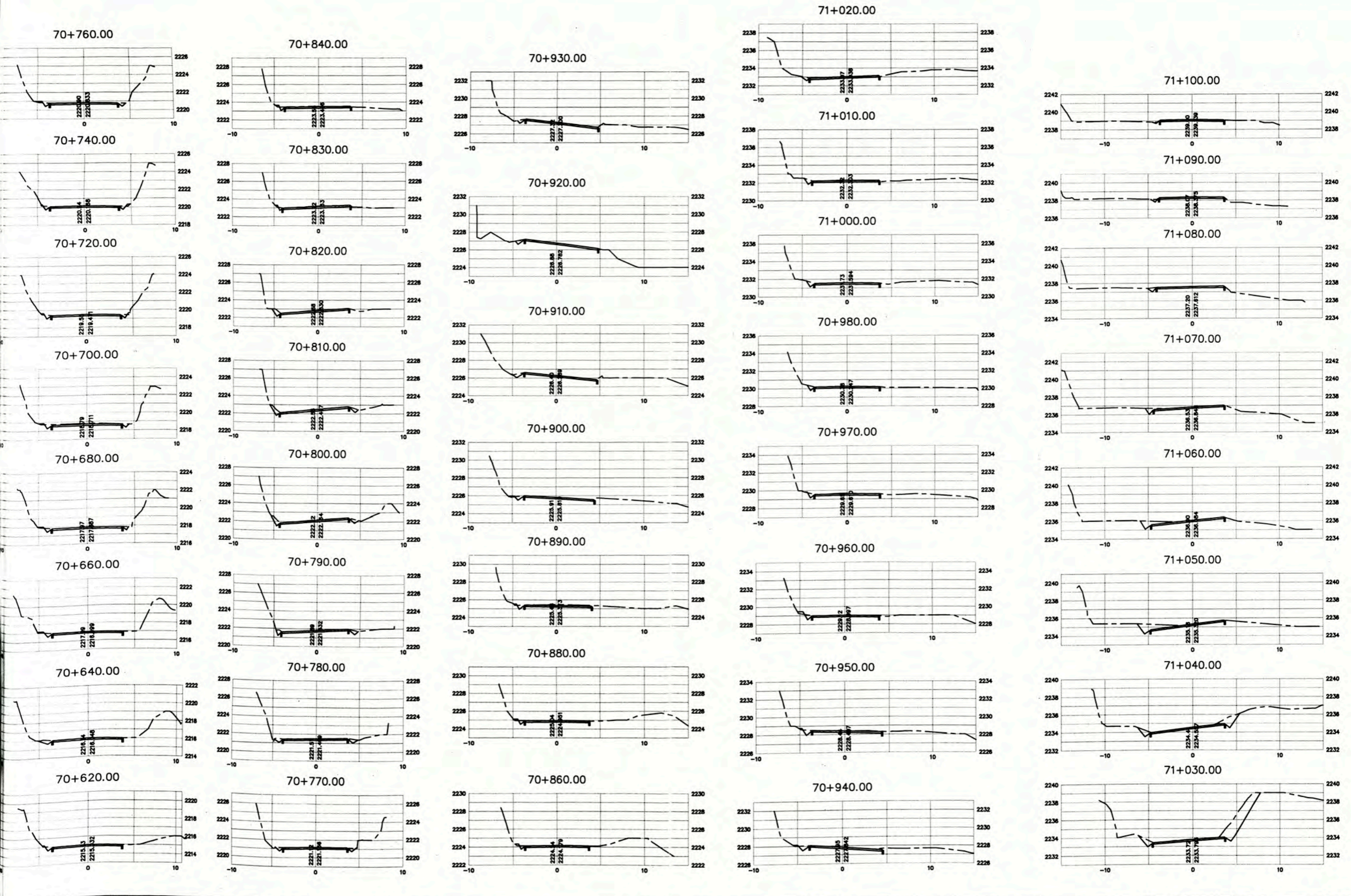


MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
 CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
 TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
 SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :
 SECCIONES TRANSVERSALES
 KM 70+060 AL KM 70+600

DISEÑO: E.E.E.E.	FECHA: JUN 2006	PLANO N° 10
ESCALA: 1/400	REV.N° 0	



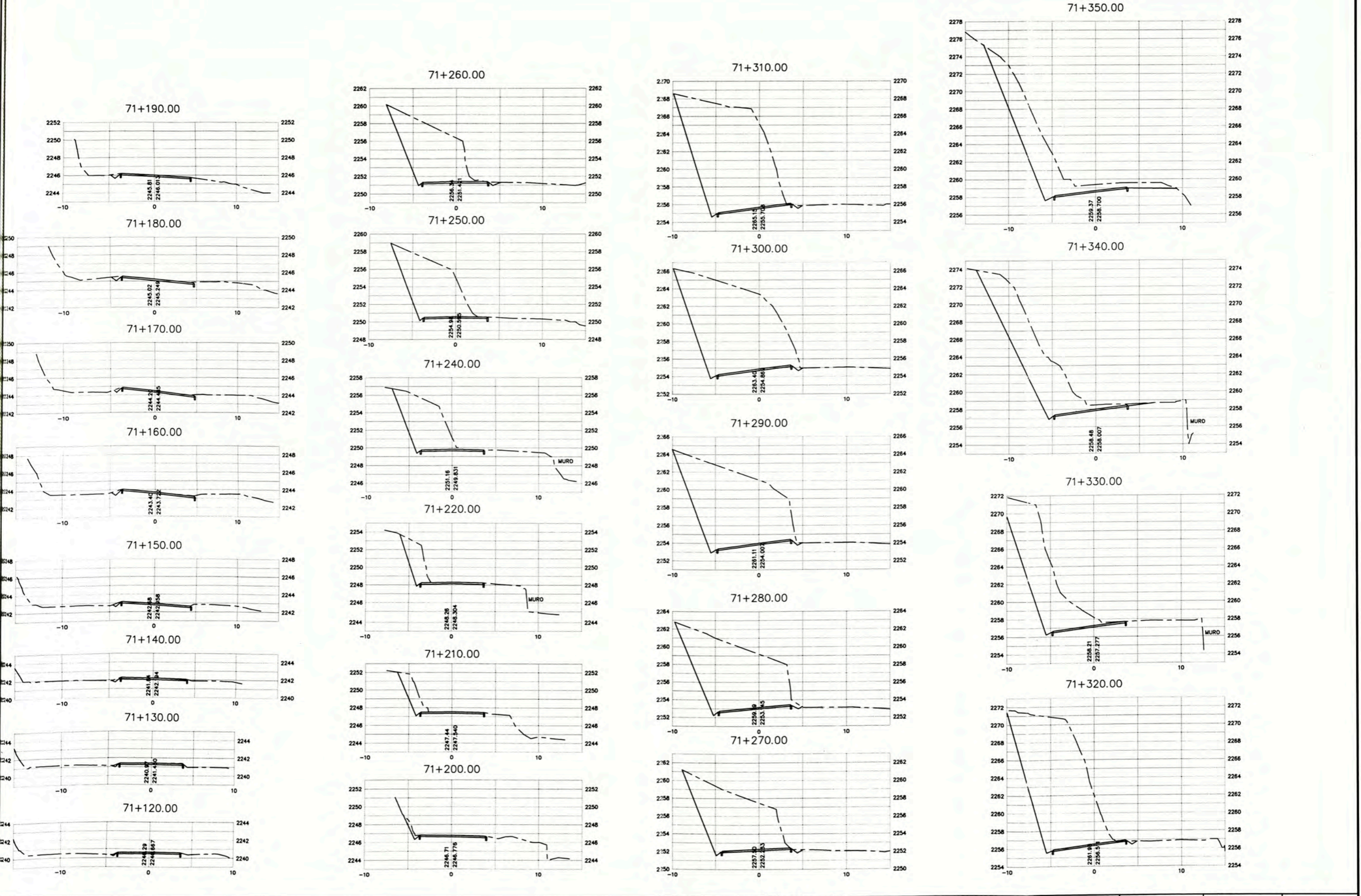
MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
 CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
 TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
 SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :
 SECCIONES TRANSVERSALES
 KM 70+620 AL KM 71+100

DISEÑO: E.E.E.E.
 FECHA: JUN 2006
 ESCALA: 1/400
 REV.N° 0

PLANO N°
 11



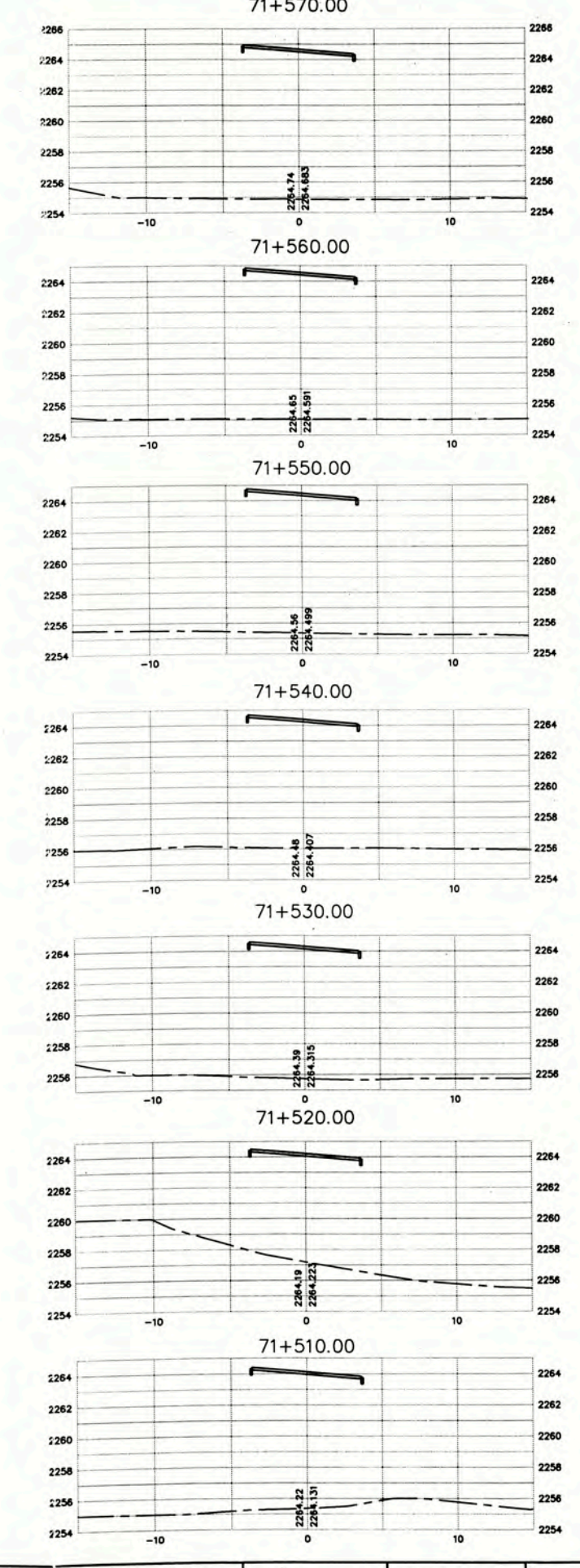
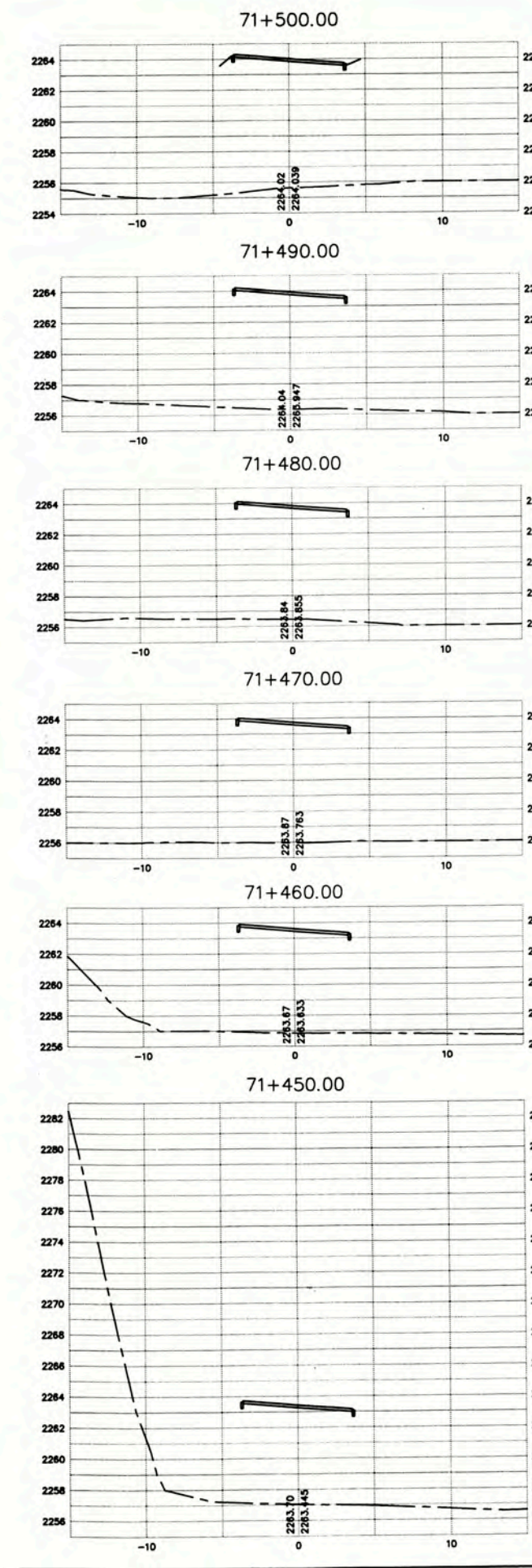
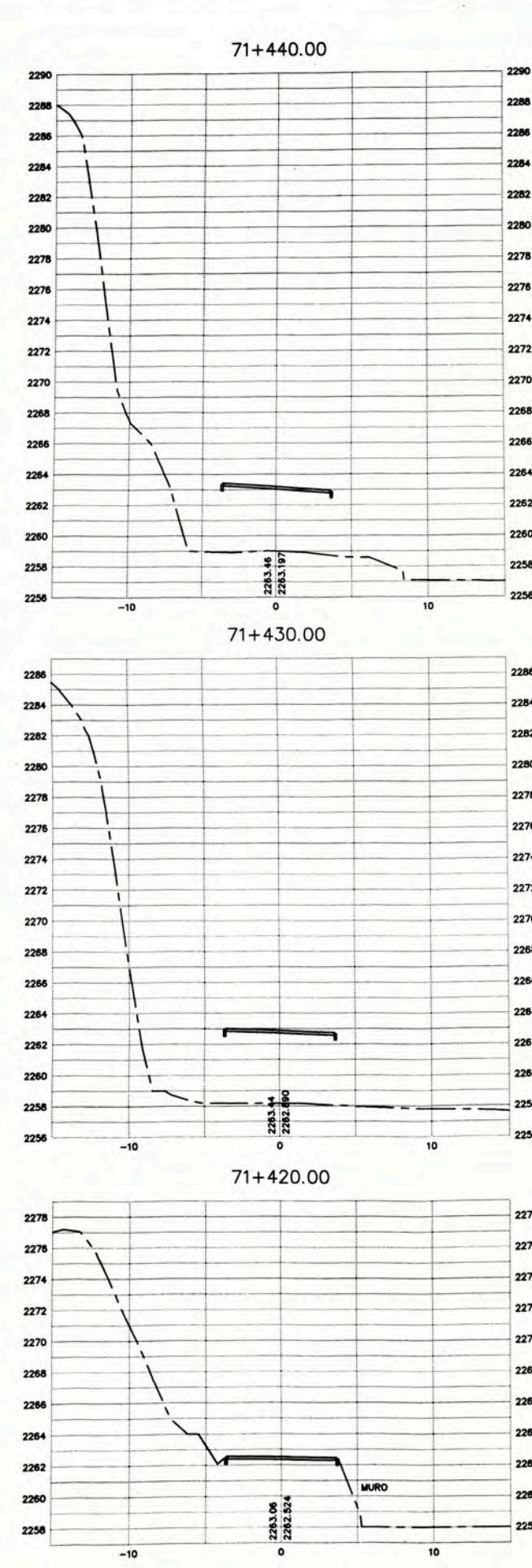
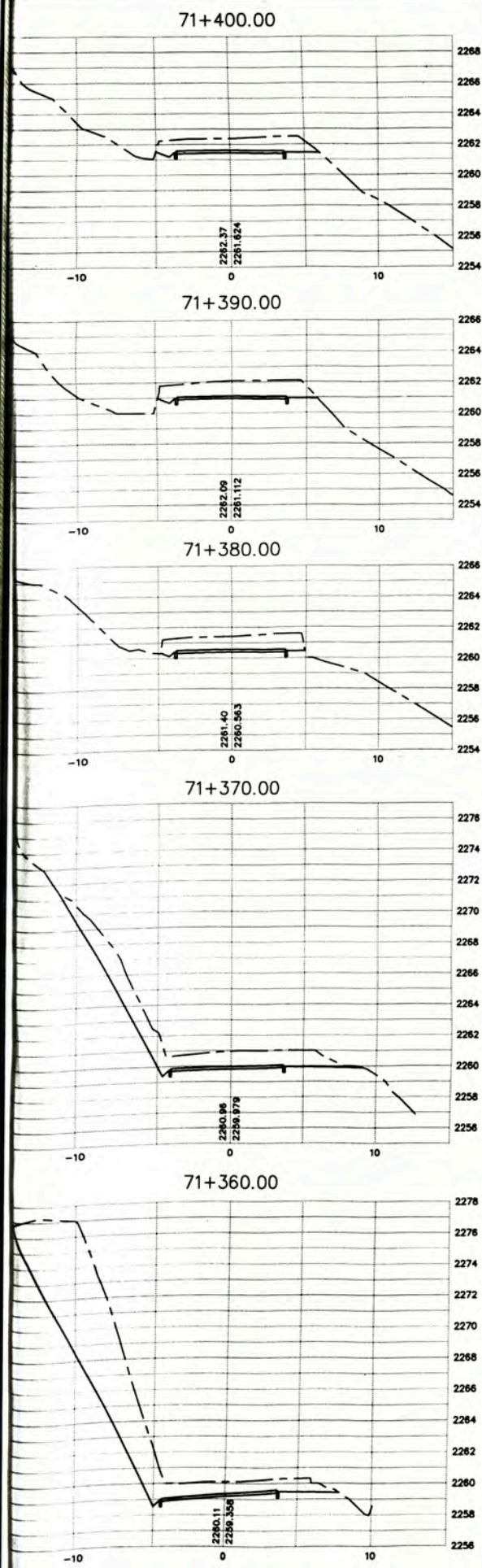
MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA TRAMO COCACHACRA - MATUCANA SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO : SECCIONES TRANSVERSALES KM 71+120 AL KM 71+350

DISEÑO: E.E.E.E. ESCALA: 1/400
 FECHA: JUN 2006 REV.N° 0

PLANO N° 12



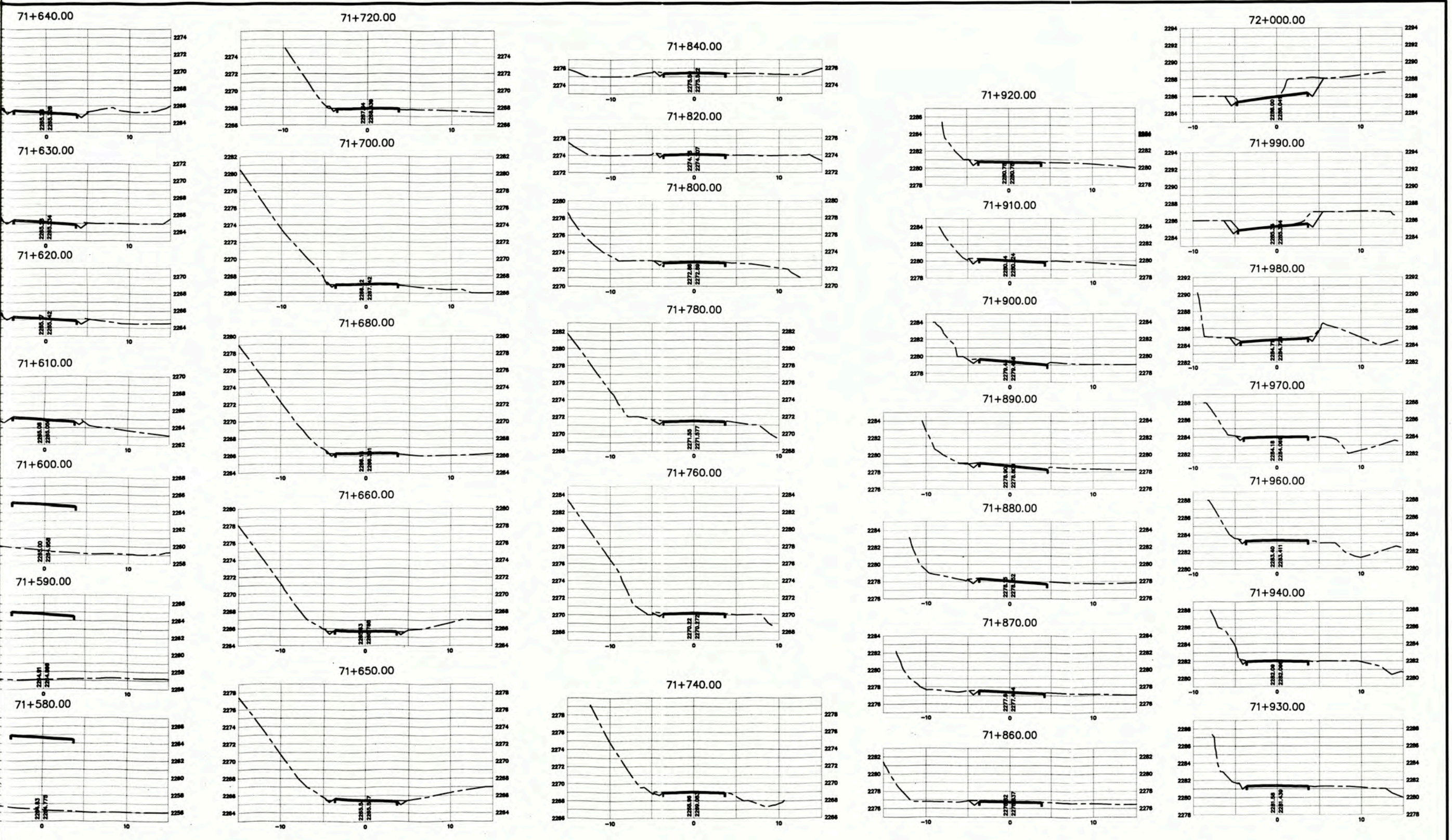
MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
 CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
 TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
 SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :
 SECCIONES TRANSVERSALES
 KM 71+360 AL KM 71+570

DISEÑO: E.E.E.E.
 ESCALA: 1/400
 FECHA: JUN 2006
 REV. N° 0

PLANO N°
 13



MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
 CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
 TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
 SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :

SECCIONES TRANSVERSALES
 KM 71+580 AL KM 72+000

DISÑO:

E.E.E.E.

FECHA:

JUN 2006

PLANO N°

ESCALA:

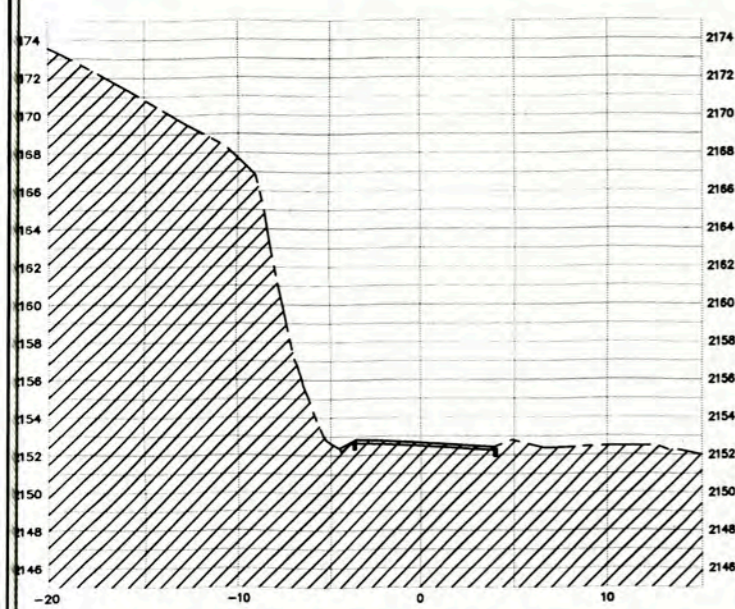
1/400

REV.N°

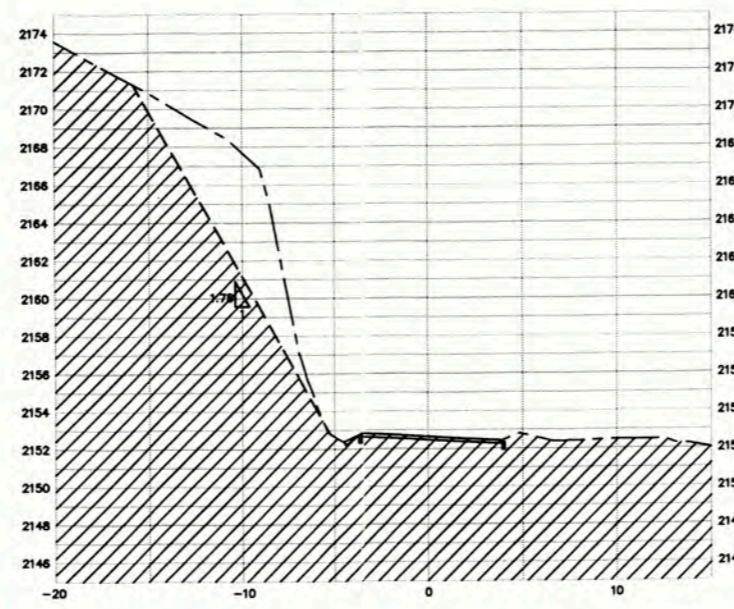
0

14

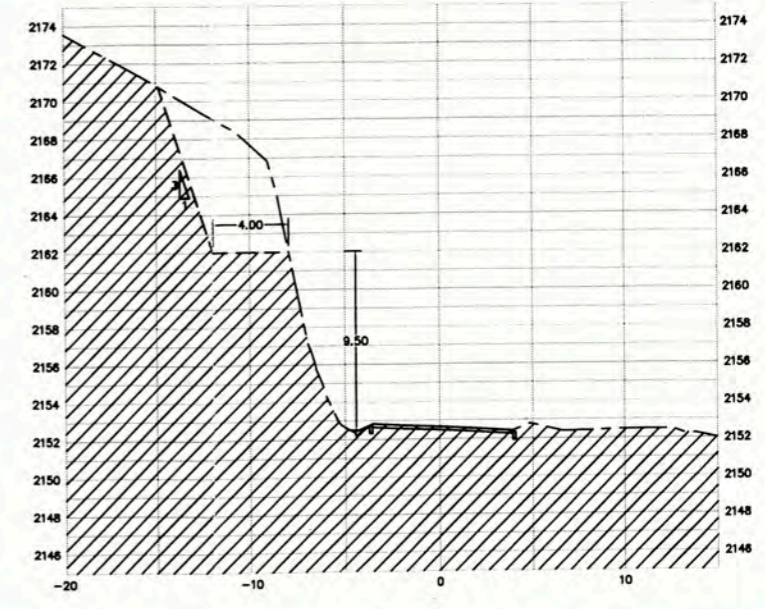
SECTOR 1 : KM 69+200 - KM 69+590
 SECCION DE ANALISIS
 KM 69+440



ANALISIS ESTABILIDAD
 CONDICIONES ACTUALES

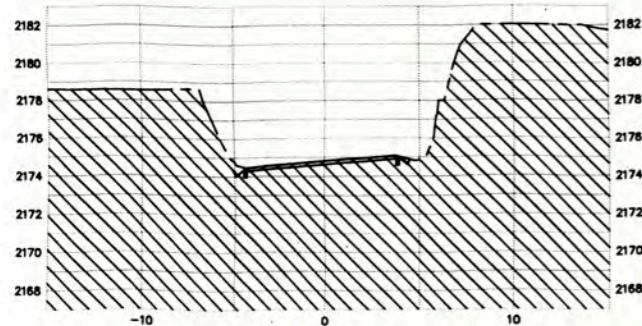


ANALISIS ESTABILIDAD
 ALTERNATIVA 1
 TENDIDO DE TALUD



ANALISIS ESTABILIDAD
 ALTERNATIVA 2
 DESCARGA DE TALUD

SECTOR 2 : KM 69+960 - KM 70+140
 SECCION DE ANALISIS
 KM 70+020







ANALISIS ESTABILIDAD
 CONDICIONES ACTUALES

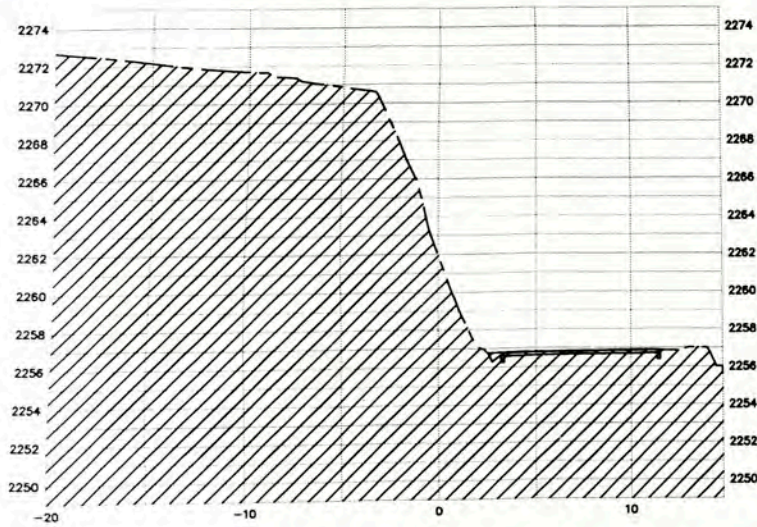
PARAMETROS GEOTECNICOS

TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCION INTERNO (grados)	COHESION (KPa)	PESO UNITARIO (KN/m3)
SM	36	50	19
GP-GM	40	25	22

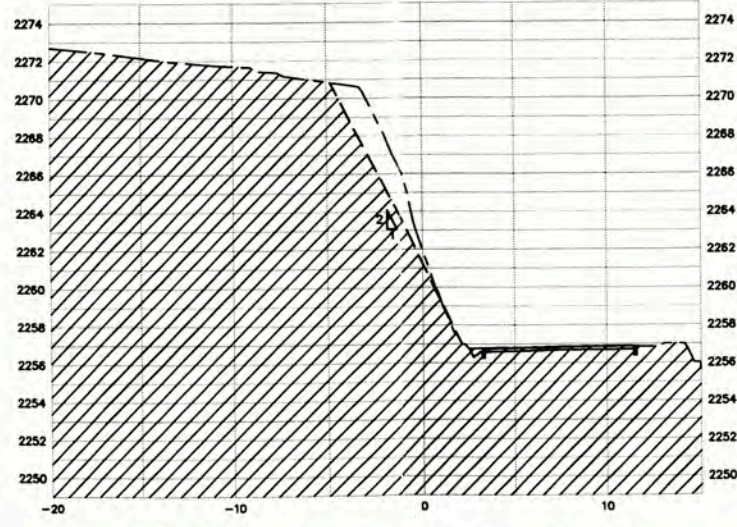
LEYENDA

-  Arena gravosa, limosa, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, plomo. Presenta partículas de 8" de tamaño máximo. (SM)
-  Grava arenosa, mal gradada, ligeramente limosa, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, plomo. Presenta partículas de 8" de tamaño máximo. (GP-GM)
-  Terreno Natural.
-  Limite de Corte (Proyectado).

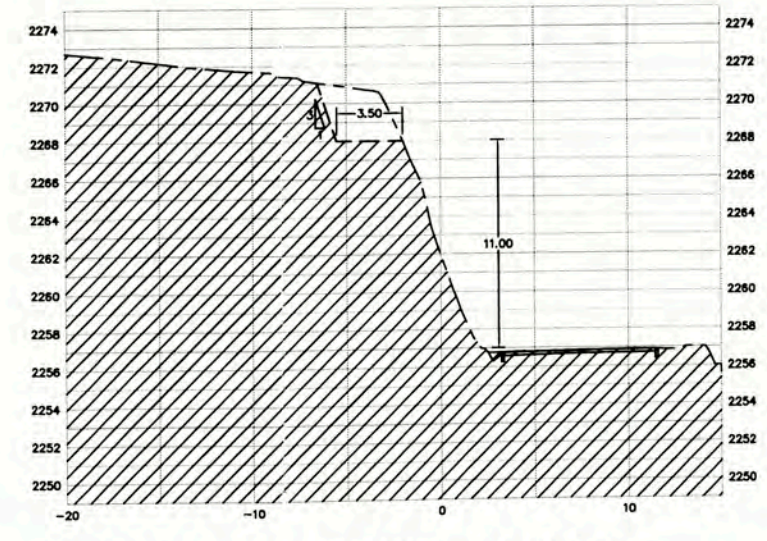
SECTOR 3 : KM 70+140 - KM 71+360
 SECCION DE ANALISIS
 KM 71+320



ANALISIS ESTABILIDAD
 CONDICIONES ACTUALES

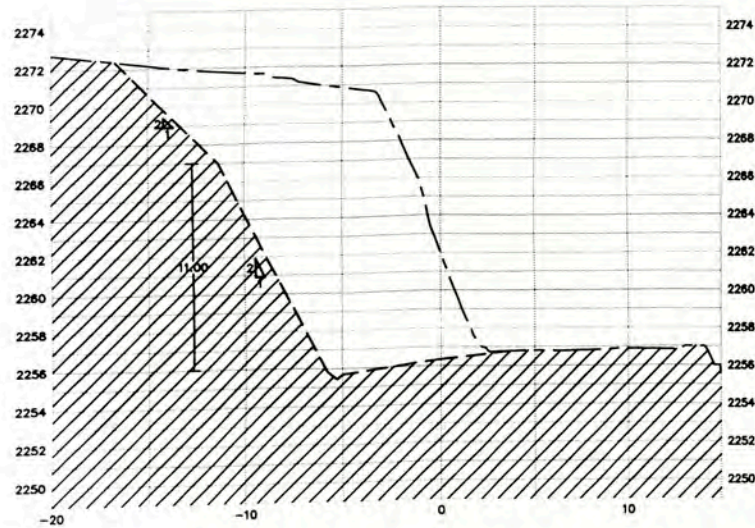


METODO DE ESTABILIZACION (PROYECTADO)
 ALTERNATIVA 1
 TENDIDO DE TALUD



METODO DE ESTABILIZACION (PROYECTADO)
 ALTERNATIVA 2
 DESCABEZAMIENTO DE TALUD

SECTOR 4 : KM 71+220 - KM 71+360
 SECCION DE ANALISIS
 KM 71+320



METODO DE ESTABILIZACION (PROYECTADO)
 ALTERNATIVA 1
 TENDIDO DE TALUD



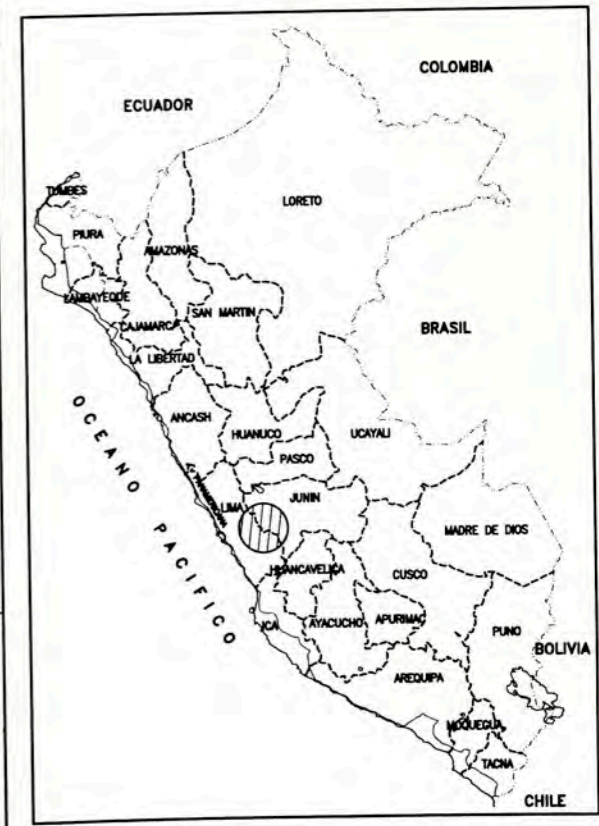
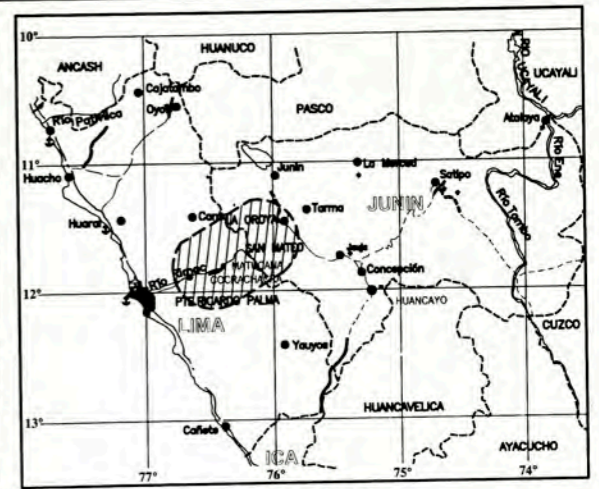
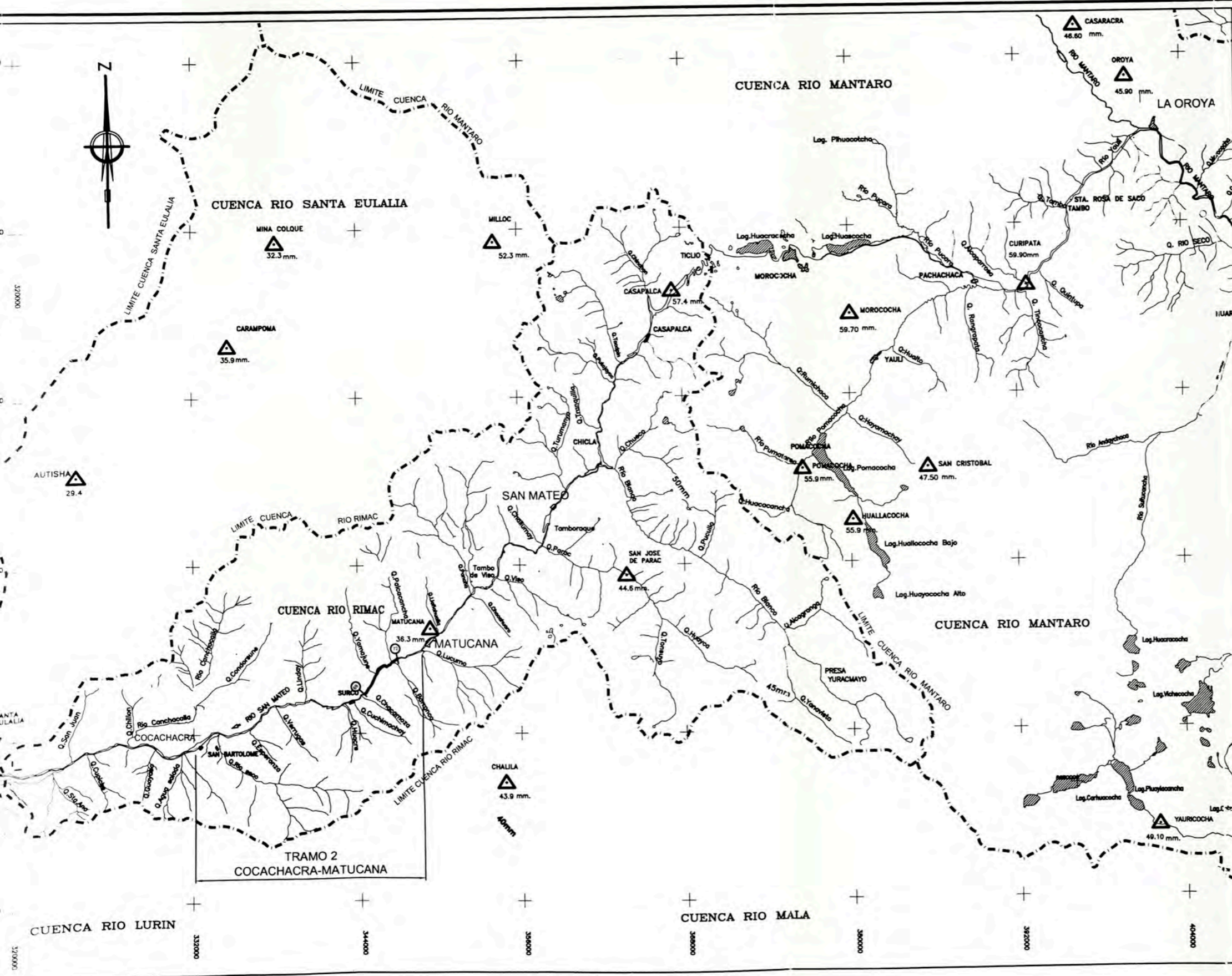
METODO DE ESTABILIZACION (PROYECTADO)
 ALTERNATIVA 2
 DESCABEZAMIENTO DE TALUD

PARAMETROS GEOTECNICOS

TIPO DE SUELO	ANGULO DE FRICCION INTERNO (grados)	COHESION (KPa)	PESO UNITARIO (KN/m ³)
GC	40	40	22

LEYENDA

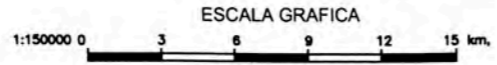
- Grava arcillosa, arenosa, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, plomo. Presenta partículas de 10" de tamaño máximo. (GC)
- Terreno Natural.
- Limite de Corte (Proyectado).



LEYENDA

LIMITE CUENCA RIO MANTARO	
LIMITE CUENCA RIO SAN MATEO	
LIMITE CUENCA RIO STA EULALIA	
LAGUNAS	
RIOS Y QUEBRADAS	
POBLADOS	
ESTACION PLUVIOMETRICA	

NOTA:
SE HA GRAFICADO TODA EL AREA DE LA CUENCA DEL ESTUDIO, QUE ABARCA HASTA LA LINEA DMSORIA DE AGUAS (TICLIO)



MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

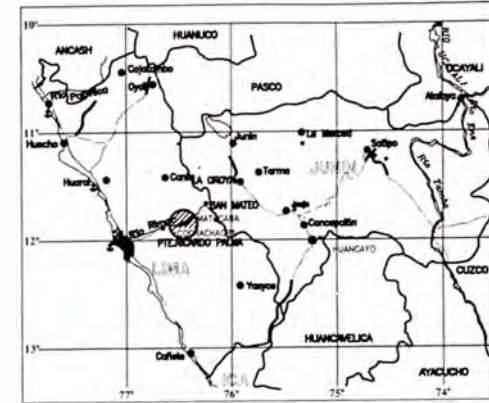
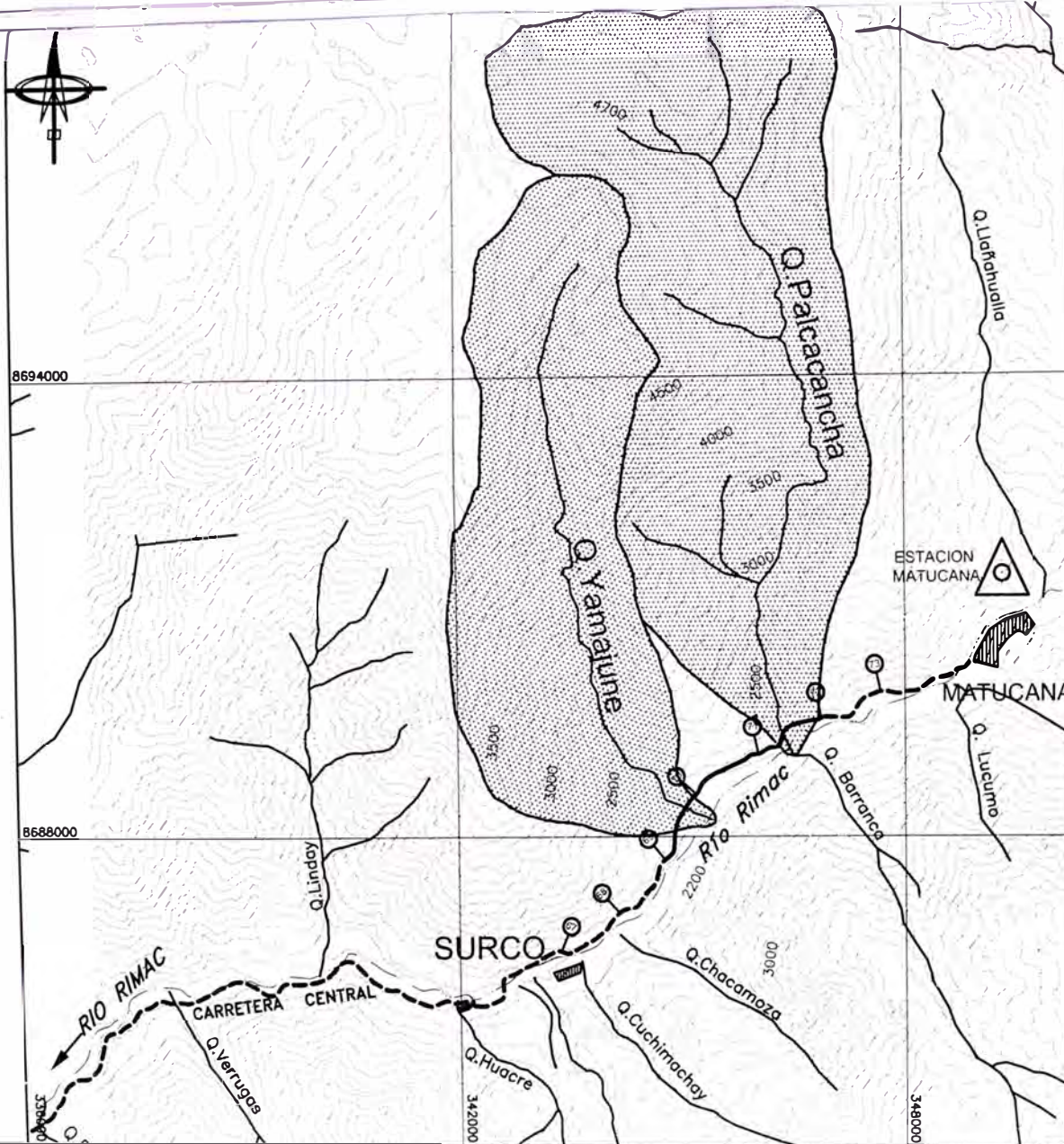
PLANO :
UBICACION DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

DISEÑO: E.E.E.E.	FECHA: JUN 2006	PLANO N° 17
ESCALA: INDICADA	REV.N° 	



8694000

8688000



LOCALIZACION

CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS

SECTOR	CUENCA N°	NOMBRE	UBICACION	LADO	AREA (Km2)	Perimetro (km)	Long Cauce (km)	Pendiente (%)
69+000	01	Qda. YamaJune	69+700	IZQ	19.36	21.88	6.95	8.70
72+000	02	Qda. Palcacancha	71+522	IZQ	29.16	26.69	9.35	15.90



ESCALA GRAFICA

MEJORAMIENTO Y REHABILITACION DE LA
CARRETERA HEROES DE LA BREÑA
TRAMO COCACHACRA - MATUCANA
SECTOR: KM 69+000 - KM 72+000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO DE VIALIDAD INTERURBANA

PLANO :

PLANO DE CUENCAS

DISIÑO:
E.E.E.E.

FECHA:
JUN 2006

PLANO N°

ESCALA:
INDICADA

REV.N°
0

18