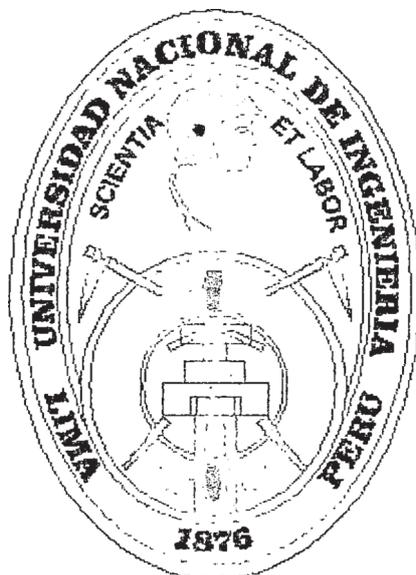


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACION DE VULNERABILIDAD A LOS PELIGROS
NATURALES DE LA VIA DE EVITAMIENTO DE ABANCAY**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

FRANK ANTONIO MERINO CÁRDENAS

Lima – Perú

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

2008

Dedicatoria.

*A mis Madres Teresa Cárdenas y Victoria Merino, a mi Padre Nildo Merino, a mis
Hermanos Liz, Marco, Lissy y Nildo.*

*Y a toda mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron,
el cual refleja la razón de mí ser.*

Agradecimiento.

*A mis maestros de la UNI por los conocimientos transmitidos, la formación
académica y personal.*

*A mis compañeros y amigos de aula, por ser un hito en el decurso de
nuestras vidas.*

*A mis amigos de la Residencia Universitaria por compartir una
etapa de mi vida y esa fortaleza humana de superación.*

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE CUADROS

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 PROYECTOS VIALES.....	Pag 12
1.2 PLAN VIAL PROVINCIAL.....	15
1.3 DETERMINACION RAPIDA DE VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE INFRAESTRUCTURA.....	17

CAPITULO II: MARCO CONCEPTUAL

2.1. CONCEPTO DE PELIGRO NATURAL	24
2.2. CONCEPTO DE VULNERABILIDAD.....	28
2.3. CONCEPTO DE RIESGO.....	30
2.4. GESTION DEL RIESGO.....	32

CAPITULO III: MÉTODOLÓGÍA DE EVALUACION DE VULNERABILIDAD EN VIAS DE TRANSPORTE

3.1 VULNERABILIDAD EN SISTEMAS VIALES DE CENTROAMERICA.....	34
3.2 MÉTODOLÓGÍA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD.....	41
3.3 GUIA PARA IDENTIFICAR PROBLEMAS DE DESLIZAMIENTOS.....	47

CAPÍTULO IV: CARACTERIZACION DE LA ZONA EN ESTUDIO

4.1 UBICACION GEOGRAFICA.....	55
4.2 DEMOGRAFIA.....	57
4.3 ASPECTOS HISTORICOS.....	58
4.4 MEDIO FISICO.....	60
4.5 ASPECTOS ECONOMICOS.....	63
4.6 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS NATURALES.....	66

CAPÍTULO V: DISEÑO GEOMETRICO DE LA VIA DE EVITAMIENTO

5.1 DISEÑO EN PLANTA.....	73
5.2 PERFIL LONGITUDINAL.....	79

CAPITULO VI: EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA VIA DE EVITAMIENTO

6.1 LEVANTAMIENTO DE CAMPO Y TRAMOS VULNERABLES.....	81
6.2 ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO.....	84
6.3 DETERMINACION DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD.....	86

CAPITULO VII: OBRAS DE PREVENCIÓN Y COSTOS ASOCIADOS

7.1 MURO DE RETENCION DE CONCRETO ARMADO Y GAVIONES	90
7.2 CUNETAS REVESTIDAS.....	92
7.3 ALCANTARILLAS DE CONCRETO ARMADO.....	93
7.4 BADEN DE MAMPOSTERIA.....	94
7.5 PUENTE DE CONCRETO ARMADO.....	94
7.6 PRESUPUESTO DE OBRAS DE PREVENCIÓN.....	95

CONCLUSIONES.....	97
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	99
----------------------	----

BIBLIOGRAFIA.....	100
-------------------	-----

GLOSARIO

• ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS	102
--------------------------------------	-----

ANEXOS

• ANEXO A: MEMORIA DE CÁLCULO.....	110
• ANEXO B: PANEL FOTOGRAFICO.....	124
• ANEXO C: MAPAS.....	130
• ANEXO D: PLANOS.....	137

RESUMEN EJECUTIVO

La presente tesis comprende la evaluación de vulnerabilidad a los peligros naturales de la Vía de Evitamiento de Abancay, así como las medidas estructurales cuantificadas para reducir dichos factores que atenten al buen desempeño de la carretera durante su vida útil; como política para reducir la vulnerabilidad de la carretera se prestó particular atención a los efectos de la geodinámica externa y se replanteó el diseño geométrico en planta con el uso de las curvas de transición y perfil longitudinal haciendo uso de las normas técnicas peruanas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2003.

La evaluación de vulnerabilidad tomó en cuenta la recopilación de información concerniente a la vulnerabilidad en carreteras, mapa de peligros naturales del Perú que permitió identificar los deslizamientos de la zona; luego con la información obtenida se realizó un reconocimiento de campo tomando nota de los tramos vulnerables e identificando los puntos críticos. Haciendo uso de la metodología desarrollada por la USDOT en los países centroamericanos, se asignó los niveles de peligro a cada tramo identificado como vulnerable; luego aplicando la ecuación de ponderación se determinó que la vulnerabilidad de la Vía de Evitamiento de Abancay en términos cualitativos es de nivel **moderado**.

Una vez evaluado la vulnerabilidad de la mencionada vía se plantea las obras de prevención para reducir la vulnerabilidad de la vía; dichas obras comprenden estratégicamente a aquellos tramos identificados como vulnerables; así también se presenta el presupuesto que demandará la construcción de las mencionadas obras, lo cual permitirá completar el proyecto que demanda la intervención a nivel de perfil; se adjunta los planos respetivos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura Nº I.1:** Ejes Bioceanicos del Plan IIRSA
- Figura Nº I.2:** Vía Interoceánica Perú - Brasil
- Figura Nº I.3:** Componentes del sistema expuestos diferentes peligros
- Figura Nº I.4:** Análisis de vulnerabilidad
- Figura Nº I.5:** Proceso de manejo de peligros naturales y ciclo de preparación del proyecto
- Figura Nº II.1:** Material suelto de detritus, ante precipitaciones pluviales pueden ocasionar deslizamiento.
- Figura Nº II.2:** Carretera altamente vulnerable al deslizamiento, sin obras de prevención
- Figura Nº II.3:** Peligro, vulnerabilidad y riesgo
- Figura Nº III.1:** Bloque de plano inclinado y diagrama de fuerzas
- Figura Nº IV.1:** Mapa de peligros naturales de Apurimac
- Figura Nº IV.2:** Mapa de Sísmicidad de Abancay
- Figura Nº IV.3:** Mapa de Intensidades Sísmicas del Perú
- Figura Nº IV.4:** Mapa de Volcanes del sur del Perú
- Figura Nº IV.5:** Mapa de deslizamientos del Perú
- Figura Nº IV.6:** Peligro de desbordamiento del canal de regadío
- Figura Nº IV.7:** Prog. Km 4+200 Las obras de arte se ubicarán estratégicamente a lo largo de vía.
- Figura Nº V.1:** Curvas verticales
- Figura Nº VI .1:** Prog. 00+100 Levantamiento de campo
- Figura Nº VI.2:** Prog. 01+600 Talud de corte de material arcilloso propenso a deslizarse ante las precipitaciones pluviales
- Figura Nº VI.3:** Tramos críticos altamente vulnerables
- Figura Nº VI.4:** Material suelto no consolidado, talud inestable
- Figura Nº VI.5:** Talud estable, con pendiente y altura moderada

LISTA DE CUADROS

- Cuadro N° I.1:** Inventario Vial de Apurimac
- Cuadro N° I.2:** Metas a nivel provincial
- Cuadro N° III.1 :** Parámetros y niveles de vulnerabilidad
- Cuadro N° III.2 :** Longitud vulnerable a los peligros naturales de la carretera Panamericana en Honduras
- Cuadro N° III.3 :** Longitud vulnerable a los peligros naturales de la carretera Panamericana en Panamá
- Cuadro N° III.4 :** Mapa temático de niveles de peligro
- Cuadro N° III.5:** Rangos de vulnerabilidad
- Cuadro N° III.6:** Clasificación de fallas
- Cuadro N° III.7:** Relación de resistencia al corte no drenado y el ángulo de fricción
- Cuadro N° IV.1:** Ubicación geográfica
- Cuadro N° IV. 2:** Superficies provinciales de la región Apurimac
- Cuadro N° IV.3:** Superficies distritales de la provincia de Abancay
- Cuadro N° IV.4:** Población total por provincias
- Cuadro N° IV.5:** Población total por distritos
- Cuadro N° IV.6:** Precipitación mensual y anual de la estación "Ampay"
- Cuadro N° IV.7:** Producción agrícola
- Cuadro N° IV.8:** Producción pecuaria
- Cuadro N° V.1:** Clasificación según las condiciones ortográficas
- Cuadro N° V.2:** Velocidad directriz en función del IMD y orografía "NORMA MTC DG-2001 TABLA 101.01"
- Cuadro N° V.3:** Radios mínimos y peraltes máximos
- Cuadro N° V.4:** Valores de radios para prescindir las curvas de transición
- Cuadro N° V.5:** Pendientes máximos "TABLA 402.03 DG-2001"
- Cuadro N° VI.1:** Longitud vulnerable a los peligros naturales

Cuadro N° VI.2: Longitud vulnerable y nivel de peligro por tramos

Cuadro N° VI.3: Resumen longitud vulnerable y nivel de peligro

Cuadro N° VII.1: Obras de prevención

Cuadro N° VII.2: Muros de retención

Cuadro N° VII.3: Gaviones

Cuadro N° VII.4: Ubicación de cunetas

Cuadro N° VII.5: Ubicación de alcantarillas

Cuadro N° VII.6: Ubicación de badenes

Cuadro N° VII.7: Ubicación de puentes y pontones

INTRODUCCIÓN

El Perú es un país cuyo desarrollo esta íntimamente ligado a sus medios de comunicación, especialmente en lo concerniente a su red vial. Se enfrenta al problema de financiamiento para mejorar y conservar su actual infraestructura vial, considerando que la calidad, seguridad y economía del transporte es un índice de su bienestar.

La red nacional, tiene una longitud de 78,200 Km. [18] de los cuales 68,720 Km. (87%) son caminos no pavimentados, caminos que históricamente se mantienen a través de la ejecución de carpetas de rodadura granular (nivel de afirmado).

En la actualidad dentro de la política de desarrollo estratégico del país se viene construyendo la carretera interoceánica del sur, específicamente el tramo I Ñapari – San Juan de Marcona, en el cual la Vía Evitamiento de Abancay forma parte de dicha vía.

La Vía de Evitamiento de Abancay tiene gran importancia económica, política y social a nivel local; por tal motivo la seguridad vial debe ser la premisa básica para el diseño vial; en ese entender se hace uso del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG – 2001), Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG – 200). Aprobado con R.D N° 1146-2000-MTC/15.17; diciembre del 2000.

Con el presente trabajo aplicativo se propone que la evaluación de vulnerabilidad en carreteras formen parte de perfiles de proyectos viales; con lo cual se garantizaría la viabilidad de dichos proyectos y por tanto se considere la inversión adecuada; con este concepto los proyectos viales deben presentar niveles de vulnerabilidad aceptables que permitan la transitabilidad constante de la vía.

La experiencia recogida, sobre la evaluación de vulnerabilidad en los sistemas de infraestructura de edificaciones, agua potable y saneamiento, revela que para reducir la vulnerabilidad a niveles aceptables se requiere de acciones preventivas y de diseños de ingeniería adecuados a los peligros existentes en la zona donde se va construir la infraestructura, para tal efecto se propondrán las obras de reducción de vulnerabilidad.

El contenido de la tesis consta de siete capítulos, donde el primer capítulo trata de generalidades sobre la red vial nacional y su desarrollo actual, así como la metodología de evaluación de vulnerabilidad en algunos sistemas de infraestructura; el segundo capítulo contempla el marco conceptual sobre peligro, vulnerabilidad y gestión del riesgo; en el tercer capítulo se presenta y desarrolla detalladamente la metodología de evaluación de vulnerabilidad que será aplicado al presente estudio.

El cuarto capítulo trata sobre la caracterización de la zona en estudio, la ubicación, aspectos históricos, el medio físico, aspectos económicos así también la identificación de los peligros naturales que afectan a la Vía de Evitamiento de Abancay; el quinto capítulo está destinado a la presentación del trazo y rediseño geométrico de la vía.

En el sexto capítulo se evalúa el nivel de vulnerabilidad de la Vía de Evitamiento de Abancay que comprende el levantamiento de información en campo, los niveles de peligro en cada tramo identificado como vulnerable y la determinación de la vulnerabilidad.

Finalmente en el séptimo capítulo se propone las obras de prevención y/o obras de reducción de vulnerabilidad, la ubicación estratégica de dichas obras así también el presupuesto de las obras en mención.

CAPITULO I:

GENERALIDADES

En éste primer capítulo se tratará temas relacionados con los proyectos viales a nivel nacional que están en su etapa de ejecución como lo es el plan IIRSA que contempla los tres ejes bioceánicos y la red vial de la provincia de Abancay donde se construirá la Vía de Evitamiento.

Así también se describen las metodologías empleadas para determinar la vulnerabilidad en los sistemas de saneamiento, edificaciones y carreteras que es materia de estudio.

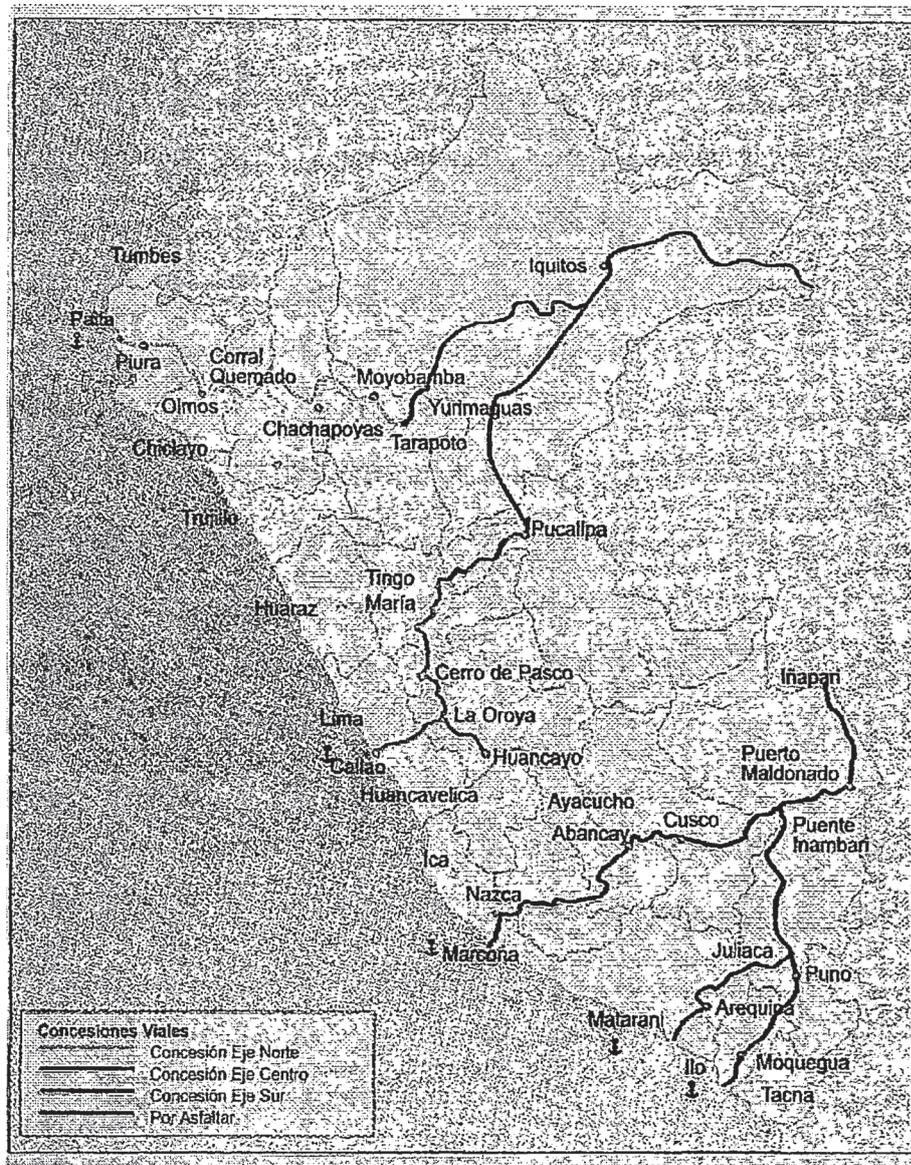
1.1 PROYECTOS VIALES

Al mencionar la Vía de Evitamiento, cabe señalar que el Perú el es único país de la región que está ejecutando los tres ejes bioceánicos de la iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional de América del Sur (IIRSA), tal como se muestra en la figura N° I.1

- Un eje bioceánico multimodal del Amazonas, que tendrá 800 Km en su recorrido y que ya ha sido concesionado a dos empresas brasileñas.
- Un eje bioceánico intermedio que prácticamente vinculará el Callao con Pucallpa y de allí a Río Grande, el que está en proceso de concesión.
- Un eje bioceánico que es la vía transamazónica y/o interoceánica.

Figura N° 1.1

Ejes Bioceanicos del Plan IIRSA



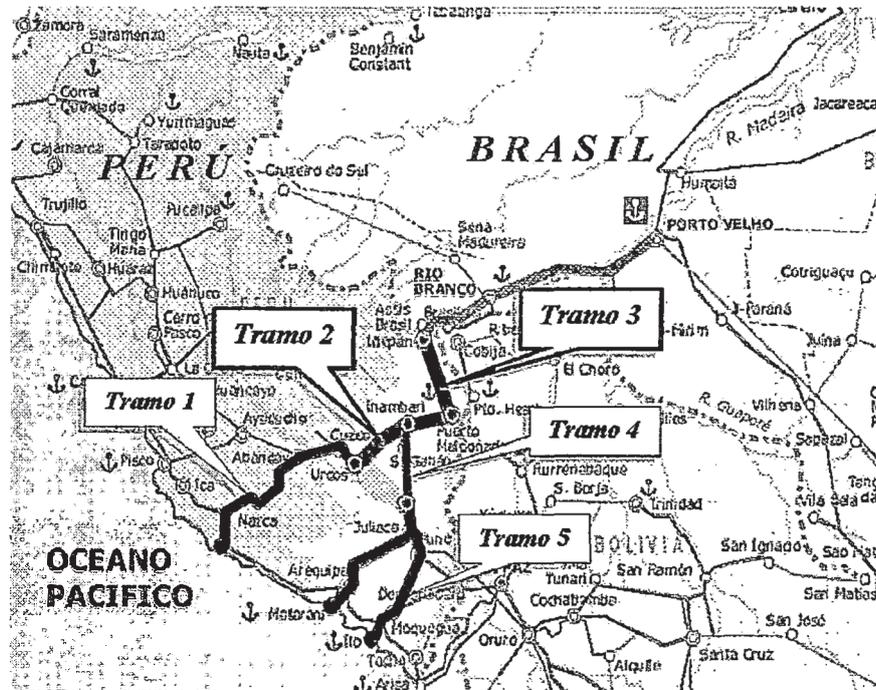
Fuente: www.iirsa.org

El tercer eje bioceanico en su marco de proyecto se divide en cinco tramos tal como se muestra en la figura N° 1.2

En la actualidad dichos tramos, se encuentran en proceso de construcción y rehabilitación de las zonas más afectadas.

Figura Nº 1.2

Vía Interoceánica Perú - Brasil



Fuente: MTC

Dentro de la concepción del Tramo 1 de la interoceánica que une las regiones de Ica, Ayacucho, Apurímac y Cuzco; la carretera en su estado actual se encuentra a nivel de asfaltado en óptimas condiciones y mantenimiento permanente; con la única problemática que dicha vía al ingresar a las zonas urbanas de las ciudades de Puquío, Chalhuanca, Abancay y Curahuasi no cuenta con una Vía de Evitamiento que evite la circulación de los vehículos pesados en la zona urbana de las ciudades en mención y por ende la reducción de la velocidad directriz en dichos sectores.

En tal sentido la ciudad de Abancay demanda la construcción de una Vía de Evitamiento que permita ordenar y solucionar el tránsito a nivel urbano, regional y nacional; y que formaría parte de la carretera interoceánica Iñapari – San Juan de Marcona (tramo 1).

La Vía Evitamiento tiene 9.14 Km de longitud; en su estado actual se encuentra construido 6.1 Km de la primera etapa a nivel de trocha carrozable con un ancho de 5.00m de carril, el financiamiento de la construcción de la Vía Evitamiento es de aproximadamente 7.5 millones de dólares americanos y está a cargo del Gobierno Regional de Apurímac, que por su precario presupuesto los desembolsos son anuales e insuficientes, esto lleva consigo el retraso de la construcción; es así que, desde su etapa de inicio de construcción hasta su estado actual ya lleva 2 años.

De acuerdo a la importancia que adquiere la Vía de Evitamiento es necesario que dicha vía sea diseñada con una visión sustentable ante los peligros naturales.

1.2 PLAN VIAL PROVINCIAL

Es necesario conocer en forma permanente, ordenada y articulada las características de la red de carreteras, símbolo de modernidad y principal medio de comunicación del país, la que demanda la elaboración de un inventario de carreteras, del cual se obtengan datos precisos sobre ubicación de ciudades y poblaciones comunicadas, la extensión y características técnicas de cada carretera, determinación de fuentes de material, sitios inestables y otros aspectos.

El cuadro N° I.1 presenta las características de la red vial provincial por tipo de superficie de rodadura.

Cuadro N° I.1

Clasificación Jurisdiccional	Tipo de superficie de rodadura			Total
	Asfaltado	Afirmado	Sin afirmar	
NACIONAL	153.00	35.00	5.00	193.00
DEPARTAMENTAL		30.00	25.00	55.00
VECINAL		142.75	483.64	626.39
Total	153.00	207.75	513.24	874.39

Fuente: Instituto Vial Provincial de Abancay

Como muestra el cuadro N° 1.1 la red vial de la región Apurímac cuenta con 153 Km de carretera asfaltado, que representa el 17.5%, esto indica lo precario que se encuentra el sistema de transporte, lo que conlleva a plantear objetivos y metas claras para el desarrollo vial, como por ejemplo el proyecto de la construcción de la Vía de Evitamiento de Abancay que contribuirá a un mejor ordenamiento del transporte.

a) Visión del desarrollo vial

“Red vial vecinal transitable y en mantenimiento Integrada a la red departamental y nacional articulando los centros poblados principales e interconexión con el Puerto de San Juan de Marcona que contempla el tramo uno de la carretera interoceánica; bajo responsabilidad y gestión de los gobiernos locales de la Región Apurímac”.

b) Objetivos

- Mejorar la accesibilidad, consolidar la transitabilidad y articular las zonas marginadas o excluidas con potencial productivo de las zonas rurales de la provincia de Abancay.
- Contribuir a elevar el nivel de vida de la población (urbana y rural), haciendo que proporcionen acceso a los servicios básicos principalmente educación y salud y mejor el intercambio de sus productos con los mercados interiores y exteriores.

c) Metas

En la provincia de Abancay se tiene como meta la rehabilitación, reconstrucción como se indica en el cuadro N° 1.2

Cuadro N° I.2

Metas a nivel provincial

COMPONENTE	META (km.)	PRESUPUESTO (S/.)
<ul style="list-style-type: none"> • REHABILITACIÓN • RECONSTRUCCIÓN • MANTENIMIENTO Rutinario y Periódico 	492.40 21.20 112.76	28'222,398.40 16,124.76 1'123,991.68
<ul style="list-style-type: none"> • MEJORAMIENTO DE CAMINOS DE HERRADURA 	275.00	13'679,300.00
TOTAL	1,951.36	43'041,814.84

Fuente; Instituto Vial Provincial de Abancay

**1.3 DETERMINACION RAPIDA DE VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE
INFRAESTRUCTURA**

El análisis de vulnerabilidad desde el punto de vista de la prevención es una de las herramientas más importantes para realizar un manejo adecuado de los efectos que los desastres originados por fenómenos naturales pueden causar en una determinada estructura y/o comunidad. Permite estimar el grado de los daños en los componentes del sistema para poder reforzarlos y evitar esos daños en futuros impactos. Es decir, una vez evaluado el nivel de los daños de cada uno de esos componentes frente a los peligros naturales propios de la zona, es posible definir las medidas de mitigación que disminuyan la vulnerabilidad y permitan reducir el riesgo.

Para tales propósitos de análisis de vulnerabilidad, existen métodos de evaluación propios a cada sistema como se describen a continuación:

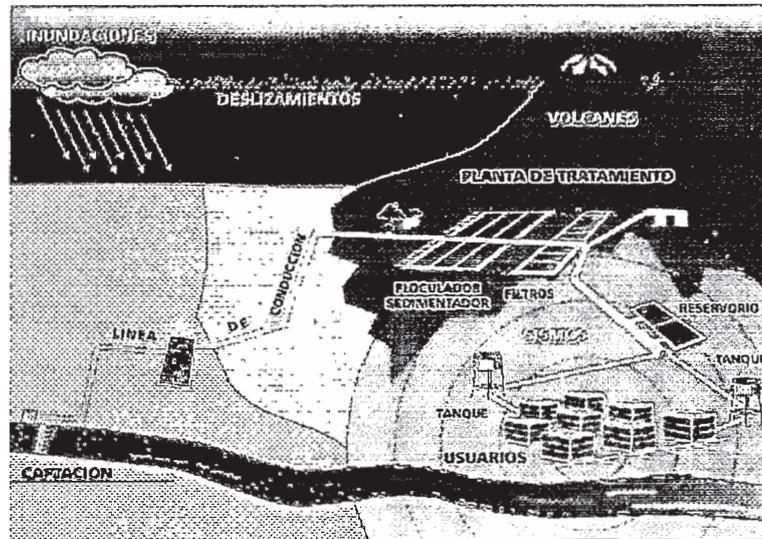
a) Vulnerabilidad en sistemas de agua potable y saneamiento

En los sistemas de agua potable y saneamiento la vulnerabilidad se puede estimar como física, organizativa y operativa, depende de las características estructurales, recursos con los que se cuenta para el manejo del sistema y capacitación del personal. [17]

El análisis de vulnerabilidad se aplica a los componentes críticos del sistema y requiere identificar y caracterizar los peligros.

Figura Nº 1.3

Componentes del sistema expuestos diferentes peligros

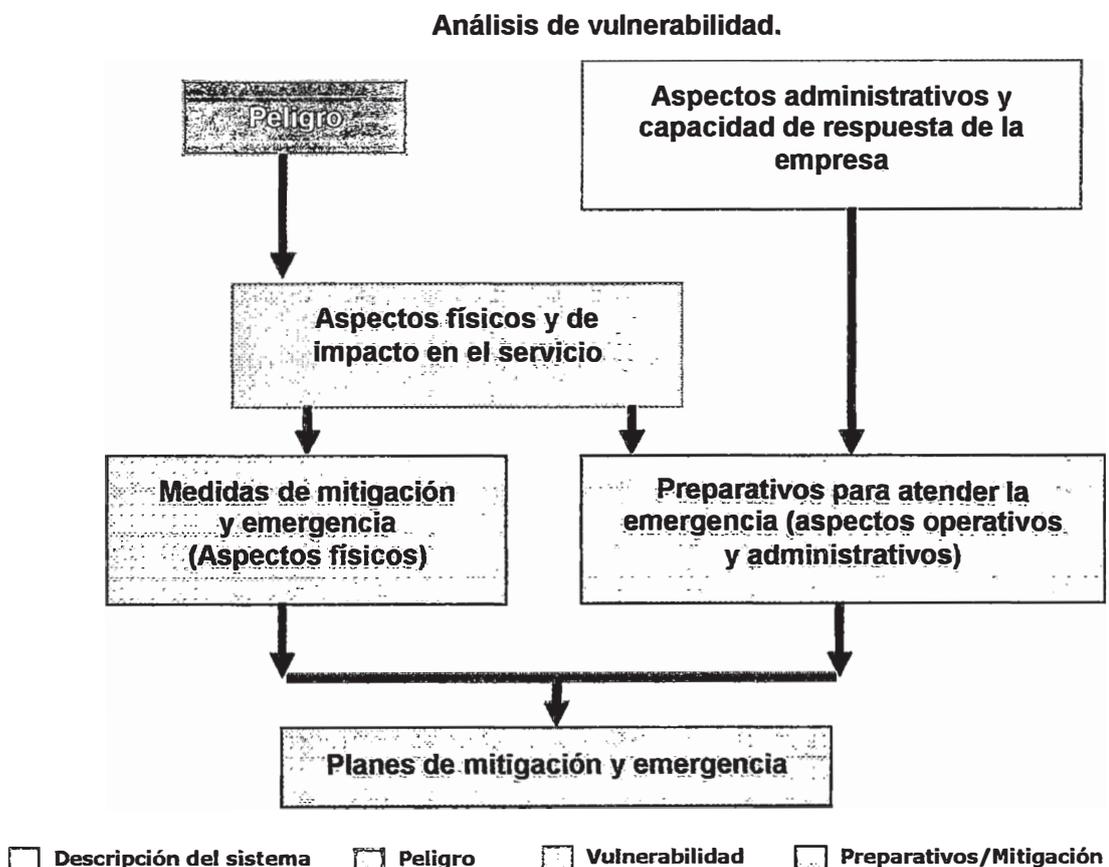


Las vulnerabilidades detectadas en el sistema podrán identificarse de manera cuantitativa o cualitativa para conocer las situaciones de mayor riesgo y establecer prioridades. En cada componente vulnerable se deberá estimar el nivel de daños que podría experimentar frente a un desastre, desde la ausencia de daños hasta la ruina del componente. Este análisis se realiza para un evento específico y para cada componente del sistema analizado.

Al realizar el análisis de vulnerabilidad es necesario identificar la organización local y nacional para situaciones de emergencia y desastres, sus normas de funcionamiento y recursos disponibles. También es importante caracterizar la zona donde se ubica y la cual sirve el sistema (distancia a otros centros poblados, estructura urbana, salud pública, desarrollo socioeconómico, servicios, accesos, etc.) y tener la descripción física del sistema con los datos más relevantes de cada componente, su funcionamiento y datos estacionales.

En el figura N° 1.4 muestra un resumen de cómo interactúan las distintas actividades de la gestión del riesgo en sistemas de agua y saneamiento. Se destaca que para la elaboración de planes de respuesta en situaciones de emergencia y desastres, es necesario conocer los peligros y el impacto de las mismas en los componentes del sistema y su repercusión en el servicio

Figura N° 1.4



b) Vulnerabilidad en edificaciones

Para el análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones se conocen diversos métodos cuantitativos o analíticos tales como: método de comparación de la demanda vs resistencia sísmica, método japonés (metodología de Hirosawa); y métodos cualitativos o subjetivo ATC-21 (evaluación rápida) método italiano [9].

Generalmente los análisis cuantitativos son realizados mediante modelos matemáticos en los cuales se consideran los aspectos tales como:

- Interacción de la estructura con los elementos no estructurales
- Cargas reales a las que está sometida la estructura (sobre carga de diseño)
- Análisis para los diferentes sismos que se pueden presentar

Por tanto, la vulnerabilidad en edificaciones se clasifica en vulnerabilidad estructural y no estructural; la **vulnerabilidad estructural** se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes de la estructura que la mantienen en pie ante la ocurrencia de un evento sísmico. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas; para lo cual es necesario realizar los estudios de vulnerabilidad cuantitativa que consideran los siguientes factores:

- Daños estructurales
- Problemas de configuración arquitectónica
- Problemas de configuración estructural

En tanto que la **vulnerabilidad no estructural** está enfocada al estudio del conjunto de elementos no estructurales como: muros no portantes, parapetos, tabiquería, etc; es decir aquellos elementos que no cumplen la función de índole estructural.

Mientras que el análisis **cualitativo o subjetivo** tal es el caso del método ATC – 21 es un método rápido visual, tiene las siguientes ventajas:

- Es económico
- Es rápido
- Es confiable
- Es práctico, no necesita sofisticados o complicados análisis
- Permite a corto plazo establecer prioridades para mitigar el riesgo sísmico.

Este método es básicamente una evaluación visual “in situ” describiendo las características principales de la construcción de acuerdo a la ficha técnica de evaluación ATC – 21 para luego calificarlos según los cuadros establecidos por dicho método.

c) Vulnerabilidad en carreteras

De igual forma para la evaluación de vulnerabilidad en carreteras debería contemplar una metodología de evaluación, pero en la actualidad no se reporta método alguno en el ámbito nacional; en ese entender hay la necesidad de contar con un método para evaluar la vulnerabilidad del sistema vial del país; para tal efecto se recoge experiencias de los diversos métodos de evaluación de vulnerabilidad en países de Centroamérica, que por su ubicación geográfica se convierten en una de las regiones más vulnerables a los peligros naturales; de tales experiencias se elegirá aquel método que más se ajuste a nuestro medio y que podrá ser empleado para evaluar la vulnerabilidad del sistema vial del Perú.

Es así que La Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (UDSMA OEA), el Departamento de Transportes de los Estados Unidos (USDOT), ejecutó el Proyecto de Reducción de la Vulnerabilidad del Sistema Vial de Transporte a los Peligros Naturales en los países de Centroamérica; la elaboración del perfil de vulnerabilidad consiste en dos etapas: recopilación de información básica y levantamiento de información de campo.

La información básica consiste en el mapa de la red vial, mapas sísmicos, mapas geológicos, mapas de inundaciones, deslizamientos de tierra y mapa de peligros naturales; después de analizar la información básica, se realizan visitas de campo, donde se recorren los tramos en estudio, con el fin de verificar, observar y levantar información del área vulnerable a los peligros naturales y el estado de la infraestructura vial; adicionalmente se elabora un catálogo de fotografías, donde se muestran los tramos de la carretera identificados como vulnerables.

También, a largo plazo el enfoque más efectivo para reducir el impacto de los eventos naturales es incorporar la evaluación y mitigación de peligros naturales dentro del proceso de planificación del desarrollo integrado y de la formulación y ejecución de proyectos de inversión como es el caso de la Vía de Evitamiento de Abancay.

La planificación del desarrollo integrado es un proceso multidisciplinario y multisectorial que incluye el establecimiento de normas y estrategias de desarrollo, la identificación de ideas de proyectos de inversión, la preparación de proyectos, aprobación final, financiamiento y ejecución.

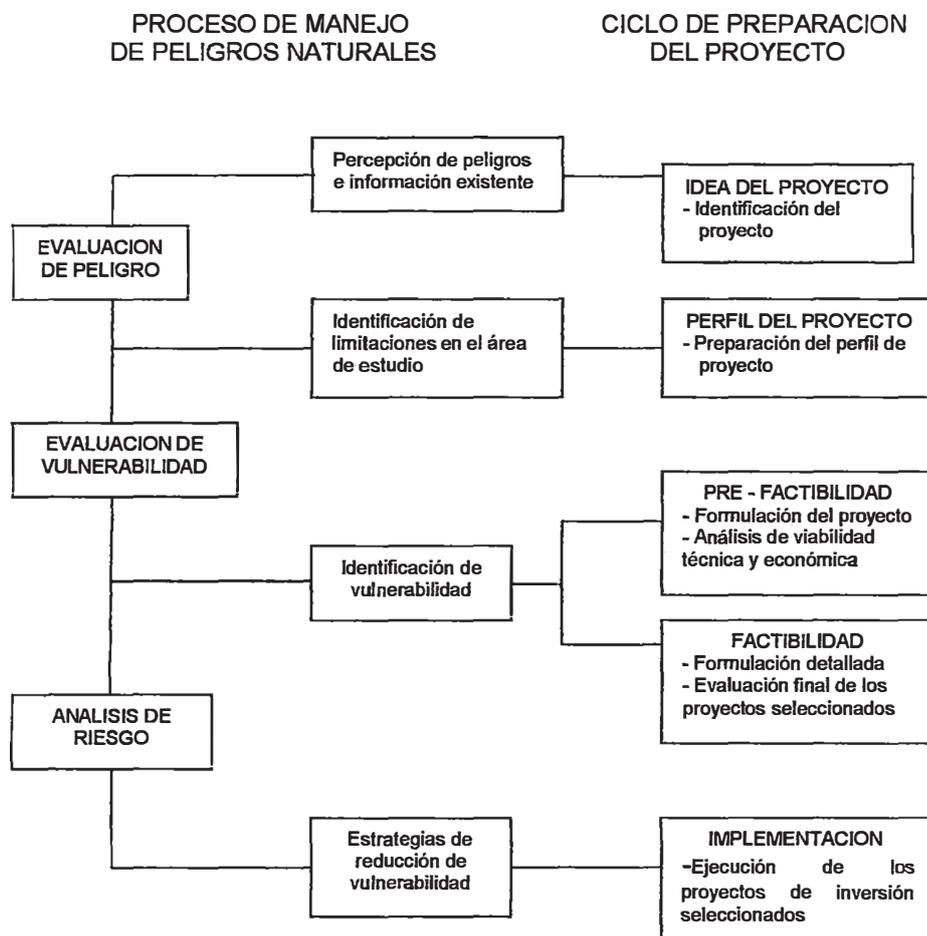
Las ventajas de incorporar el manejo de peligros dentro de la planificación del desarrollo, son las siguientes:

- Las medidas para reducir la vulnerabilidad tienen más posibilidades de ser aplicadas como parte de los proyectos de desarrollo que como propuestas de mitigación en sí.
- El costo de reducir la vulnerabilidad es menor cuando se incorporan medidas de reducción de vulnerabilidad dentro de la formulación original del proyecto, y no cuando se las incorpora después.

- La incorporación de medidas de reducción de vulnerabilidad dentro de los proyectos de desarrollo como lo son las carreteras beneficia a los segmentos más pobres de la población del país donde se ejecuta el proyecto.

Proceso de planificación de desarrollo integrado, manejo de peligros naturales y el ciclo del proyecto.

Figura N° 1.5



Tal es así, la importancia de evaluación de vulnerabilidad en los proyectos de inversión como es el caso de la construcción de la Vía de Evitamiento de Abancay.

CAPÍTULO II:

MARCO CONCEPTUAL

Este capítulo está destinado al desarrollo de conceptos básicos de peligros naturales, tipos de peligros; los conceptos genéricos y puntuales de vulnerabilidad aplicados a vías de transportes, así como también el concepto de riesgo y gestión del riesgo.

2.1 CONCEPTO DE PELIGRO NATURAL

Diferentes estudios revisados tratan el concepto de peligros naturales definiéndolos como a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos y los incendios que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades.[16]

Se hace un énfasis en que la condición de "natural" excluye a todos los fenómenos causados exclusivamente por el hombre como la contaminación y los eventos naturales inducidos por el hombre.

Para el estudio de evaluación de vulnerabilidad a los peligros naturales en vías de transportes, el peligro natural se conceptúa como un fenómeno de origen natural que tiene el potencial de afectar la estructura de la vía.

Dentro de los peligros naturales en mención se tiene: los deslizamientos, inundaciones, erupciones volcánicas y los movimientos sísmicos.

A continuación se trata brevemente cada uno de ellos dada la relevancia sobre el desempeño que estos tienen en las carreteras.

a) Deslizamientos

Los deslizamientos de manera genérica se conocen como una amplia variedad de movimientos cuesta abajo de suelos y rocas generadas por acción de la gravedad en terrenos inclinados.

Los desplazamientos de las rocas o suelos dependen en gran parte del buzamiento o inclinación de los estratos.

Se consideran tres tipos generales de movimientos masivos de tierra: (1) derrumbes y avalanchas, (2) flujos y deslizamientos laterales y (3) desprendimientos de rocas. [17]

Los **derrumbes y avalanchas** son movimientos muy rápidos de material coluvial a lo largo de pendientes sumamente empinadas bajo condiciones de mucha humedad, ocurren frecuentemente y cada evento puede causar daños moderados o daños mayores, pero dada su frecuencia el total de los daños es muy grande.

Los **flujos y deslizamientos laterales** se refiere a movimientos rápidos y fluidos de materiales no consolidados en planicies o en pequeñas elevaciones, estos movimientos terrestres ocurren comúnmente y pueden causar grandes daños.

Los **desprendimientos de rocas** se caracterizan por rocas que caen libremente de acantilados y pendientes empinadas, cada uno de estos eventos puede causar pocos daños, pero dada su alta frecuencia en total causan muchos daños, pérdidas humanas, materiales y económicas.

Los deslizamientos están frecuentemente provocados por terremotos. Sin embargo, también pueden ser causados por erupciones volcánicas, fuertes precipitaciones, crecimiento de aguas subterráneas, socavamiento de ríos, etc.

b) Inundaciones

Las inundaciones ocurren de muchas maneras y en diferentes ambientes. Las inundaciones de ríos, que son las más frecuentes, se originan por prolongadas e intensas precipitaciones, rápido derretimiento de nieve en las cabeceras de vertientes o por el ciclo regular de deshielo durante la primavera.

Las inundaciones pueden ser causadas por precipitaciones cortas pero extremadamente fuertes sobre terrenos relativamente planos, por el reflujó de estuarios debido a mareas altas que coincidan con inundaciones marinas fruto de tormentas, por falla de presas, rebalse de presas por efecto de derrumbes en el reservorio y mareas originados en grandes lagos por acción del viento.

c) Erupciones Volcánicas

Los principales peligros volcánicos son los flujos piroclásticos, las corrientes de fango (lahars), los desprendimientos de cenizas, los proyectiles y el flujo de lava.

Estos peligros generalmente no constituyen un problema muy serio en las áreas ubicadas a más de 30 km. del centro del evento, aunque en casos excepcionales el desprendimiento de cenizas pueden causar daños hasta una distancia de 60 km.

El grado de peligro de un volcán se calcula por su periodicidad, considerándose que los de corta periodicidad (intervalos entre erupciones de menos de 100 años) presentan un mayor peligro que los de larga recurrencia.

La información necesaria para caracterizar la actividad de un volcán incluye su ubicación, periodicidad, última fecha de erupción, la mayor erupción sufrida y los peligros asociados a dichas erupciones.

d) Movimientos Sísmicos

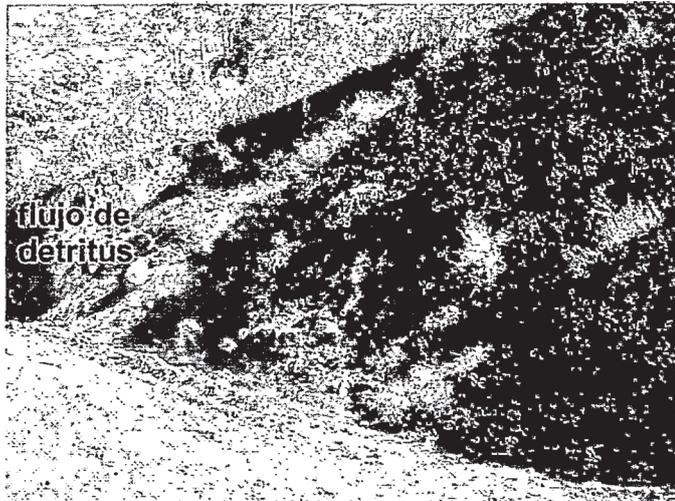
Se necesitan dos clases de datos para evaluar el riesgo impuesto por los movimientos sísmicos: la severidad potencial de los mismos y la probabilidad de que ocurran durante un período determinado.

La severidad potencial generalmente se define en base a datos históricos, tomando al sismo de mayor escala ocurrido en el área como el máximo potencial que pueda alcanzar un sismo en el futuro en esa misma área.

De lo expuesto los peligros naturales que mayormente afectan la Región Apurímac son los deslizamientos causados por las precipitaciones pluviales en la que se encuentra la Vía de Evitamiento de Abancay que es materia de estudio; se muestra el mapa de peligros naturales del Perú (ver mapa MPN anexo C)

Figura Nº II.1

Material suelto de detritus, ante precipitaciones pluviales pueden ocasionar deslizamiento.



El estudio de peligros naturales está inmerso en amplios estudios de vulnerabilidad donde se vinculan otras variables de tipo social como la población y la dispersión de ésta sobre el espacio estudiado que puede comprender una o varias cuencas hidrográficas; de todos modos las variables físicas todavía en estos trabajos tienen un gran peso sobre la toma de decisiones hacia la reducción de la vulnerabilidad; además un tipo de peligro natural o una combinación de ellos puede afectar las carreteras incrementando así la vulnerabilidad.

2.2 CONCEPTO DE VULNERABILIDAD

De manera general la vulnerabilidad corresponde a la probabilidad de un elemento en una comunidad y/o estructura, expuesta a un peligro natural, tecnológico o antrópico que pueda sufrir daños humanos y materiales en el momento del impacto del fenómeno; depende por tanto del grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político institucional entre otros).

Figura N° II.2

Carretera altamente vulnerable al deslizamiento, sin obras de prevención



La vulnerabilidad en términos generales, puede clasificarse de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en termino físicos y funcionales, como por ejemplo, en pérdidas potenciales referidos a los daños o la interrupción de los servicios, a diferencia de la segunda que prácticamente solo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debida a que esta relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc.

En consecuencia, un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la perdida de un elemento o grupo de elementos ante un peligro específico, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso.

La vulnerabilidad tiene expresiones distintas según se trate de países, de territorios subnacionales, de rubros productivos, de comunidades o de hogares.

En estos últimos, por ejemplo, la vulnerabilidad y los comportamientos demográficos entre otras acompañan a la pobreza, conformando un verdadero síndrome de desventaja social, para ello se define la vulnerabilidad social.

La vulnerabilidad social es la falta de acceso de una familia, comunidad, sociedad, a los recursos que permiten dar seguridad frente a determinados peligros. [14]

También es vista como la incapacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de un peligro (es decir, la capacidad de protegerse y restablecer sus medios de vida).

En los países de desarrollo la vulnerabilidad social es en la mayoría de los casos, la causa de las condiciones de vulnerabilidad técnica, a diferencia de los peligros que actúa como detonante, la vulnerabilidad social es una condición que permanece en forma continua en el tiempo y esta íntimamente ligado a los aspectos culturales y a nivel de desarrollo de las comunidades.

Un ejemplo es el caso de la población rural que en su habitat natural se proyectan las vías de acceso atravesando sus tierras de cultivos, vivienda, etc. finalmente quedando expuesto a los márgenes de las mencionadas carreteras.

En tanto la vulnerabilidad en edificaciones se define como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento destructivo, expresada en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (perdida total).

De manera análoga a los conceptos de vulnerabilidad en edificaciones se define y/o conceptúa la vulnerabilidad en los sistemas de transportes.

De manera análoga a los conceptos de vulnerabilidad en edificaciones se define y/o conceptúa la vulnerabilidad en los sistemas de transportes.

Luego la **vulnerabilidad** en vías de transportes se define como la resistencia que ofrece una obra o proyecto en particular (como las carreteras) a la acción de un peligro natural.

En una determinada carretera como lo es la Vía de Evitamiento, es necesario identificar los tramos vulnerables para luego plantear las obras de prevención que permita reducir la vulnerabilidad de dicha vía; así también el estudio de vulnerabilidad indicará la factibilidad de los proyectos de infraestructura vial, puesto que si una obra vial es altamente vulnerable a los peligros naturales, los costos de mantenimiento y rehabilitación serían elevados lo cual sería antieconómico.

2.3. CONCEPTO DE RIESGO

El riesgo corresponde a un valor relativo probable de pérdidas de toda índole en un sitio específico vulnerable a un peligro particular, en el momento del impacto de éste y durante todo el período de recuperación y reconstrucción que le sigue. El riesgo puede ser de origen natural, geológico, hidrológico, atmosférico o también de origen tecnológico o provocado por el hombre.

Matemáticamente, los conceptos esquematizados del riesgo se pueden definir:

$$\text{Riesgo} = f(\text{Vulnerabilidad} \times \text{Peligro})$$

Se considera que para analizar el riesgo, se requiere seguir tres etapas: Identificación del riesgo, reducción del riesgo y medidas de transferencia del riesgo (sobre todo a nivel financiero); para ello hay necesidad de realizar un estudio de Costo/Beneficio, a fin de evaluar el riesgo lo cual se puede expresar en:

- Riesgo controlable : Si el costo vale la pena
- Riesgo incontrolable : Si el costo no vale la pena

Al igual que el peligro, el riesgo también puede plasmarse en mapas, estos mapas pueden ser, dependiendo de la naturaleza del peligro probalísticos o determinístico. En este último caso, los mapas de riesgo representan un “escenario”, o sea la distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un evento de una intensidad definida sobre un área geográfica, de acuerdo al grado de vulnerabilidad de los elementos que compone el medio expuesto.

Para el caso de riesgo en una carretera se puede definir como el costo de: construcción de obras de prevención, mantenimiento y rehabilitación de la vía en los tramos definidos como vulnerables ante un peligro.

La construcción de la Vía de Evitamiento atraviesa áreas de cultivo, caseríos poblados que generan un riesgo a nivel social, ambiental y productivo que es materia de estudio ajeno al presente.

El riesgo que ocasiona la construcción de Vía de Evitamiento estará enfocado al tipo económico que demanda la infraestructura en su presupuesto; éste parámetro es de mucha importancia ya que podría determinar la factibilidad de un proyecto.

El riesgo y la vulnerabilidad guardan una relación directa, es decir si un proyecto vial es altamente vulnerable, el riesgo también lo será en términos económicos; ante esta situación se realiza un estudio de la relación costo beneficio en la evaluación de un proyecto.

2.4. GESTION DEL RIESGO

La gestión del riesgo se define como el proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios que se desprenden de los desastres, así como de las acciones preventivas, correctivas y reductivas correspondientes que deben emprenderse.

Ambas son condiciones necesarias para expresar al riesgo, el cual se define como la probabilidad de pérdidas, en un punto geográfico definido y dentro de un tiempo específico.

Mientras que los sucesos naturales no son siempre controlables, la vulnerabilidad sí lo es.

El enfoque integral de la gestión del riesgo pone énfasis en las medidas *ex-ante* y *ex-post* y depende esencialmente de:

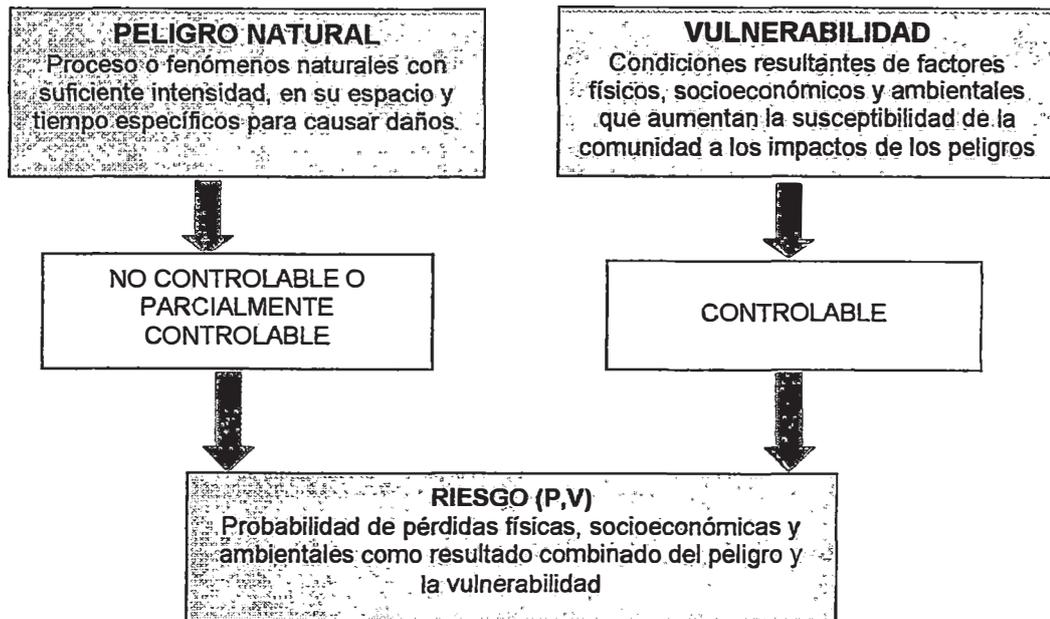
- (a) La identificación y análisis del riesgo
- (b) La concepción y aplicación de medidas de prevención y mitigación
- (c) La protección financiera mediante la transferencia o retención del riesgo
- (d) Los preparativos y acciones para las fases posteriores de atención, rehabilitación y reconstrucción.

El riesgo es una función de dos variables: el peligro y la vulnerabilidad; en la cual el peligro es la variable no controlable o parcialmente controlable, mientras que la vulnerabilidad es la variable controlable.

La vulnerabilidad se puede controlar mediante las obras de prevención, el figura N° II.3 muestra como interactúan las dos variables de peligro y vulnerabilidad en la gestión del riesgo.

Figura Nº II.3

Peligro, vulnerabilidad y riesgo



Para efectos de planificación, diseño de obras de infraestructura y protección es necesario definir un nivel de “riesgo aceptable”, que sea un valor admisible de probabilidad de consecuencias sociales y económicas que, a juicios de las autoridades que regulan este tipo de decisiones, se considera lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación física, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas socio-económicas afines.

Los mapas de riesgo son de vital importancia en la gestión del riesgo para la planificación de la intervención de un peligro y/o vulnerabilidad a través de los planes de desarrollo, planes de contingencia que los organismos operativos deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias.

CAPÍTULO III:

MÉTODOLOGIA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD EN VÍAS DE TRANSPORTE

Este capítulo está destinado a describir los métodos empleados en la evaluación de vulnerabilidad a los peligros naturales en vías de transportes en los países de Centroamérica; los criterios y/o conceptos básicos que contempla la metodología propios de cada país; así también una guía para identificar los problemas de deslizamiento. No se desarrolla la guía para los peligros como: inundaciones, sísmicos y volcánicos debido a que en el ámbito de estudio estos peligros mencionados tienen una repercusión imperceptible.

3.1 VULNERABILIDAD EN LOS SISTEMAS VIALES DE CENTROAMERICA

La metodología para evaluar la vulnerabilidad a los peligros naturales en vías de transportes, se basa en una información sobre los estudios realizados por la Organización de los Estados Americanos (Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente UDSMA), United States Department of Transportation (USDOT) Washington, DC EEUU 2001; en los países de Centro América preparados por los equipos técnicos de los países y coordinados internacionalmente por la UDSMA. Para tal efecto, desde marzo del 2000 la UDSMA ha venido trabajando en el desarrollo de los estudios de vulnerabilidad.

Los estudios y perfiles de vulnerabilidad cubren el área geográfica conocida como marco centroamericano, el cual comprende Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá; dichos estudios de vulnerabilidad fueron preparados por cada uno de los países. Las instituciones nacionales que formaron parte de la realización de los estudios de vulnerabilidad son las siguientes:

* **Costa Rica:** Dirección de Planificación del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), coordinó junto con la UDSMA la realización del perfil de vulnerabilidad de la Carretera Panamericana en Costa Rica.

El estudio presenta un análisis detallado de los distintos tipos de peligros y de la infraestructura vulnerable. Estos análisis comprendieron una evaluación global de los fenómenos generales que afectan el tramo, evaluación de la capacidad hidráulica de las alcantarillas del tramo, evaluación de los peligros por deslizamientos y fenómenos asociados (erosión y meteorización aceleradas) y evaluación de los problemas ocasionados por cauces naturales y fenómenos hidrometeorológicos.

Con base en estas evaluaciones se realizó un resumen de los puntos y estructuras más críticas del tramo, y en éste se menciona que prácticamente, la mayoría de las estructuras y muchos tramos de la carretera están en alto riesgo.

Como parte de la metodología utilizada, se realizaron levantamientos de campo, estudios de campo y digitalización de mapas.

Para el cómputo de la longitud vulnerable de carretera, se consideraron únicamente los segmentos de tramos expuestos a movimientos de masas (deslizamiento de tierra, roca, caída de material); las alcantarillas en mal estado o con capacidad hidráulica insuficiente y los puentes con riesgo de socavación no fueron tomados en cuenta dado que involucran zonas muy puntuales de la carretera. Las zonas de socavación de márgenes coinciden con zonas propensas a los deslizamientos, por lo que su inclusión en el cálculo se consideró redundante. Siendo así, se determinó que la longitud de los segmentos del tramo vulnerable a movimientos de masas (deslizamientos, caída de materiales) es de 19 km, representando un 31 % de la longitud total del corredor.

* **El Salvador:** Unidad de Planificación Vial del Ministerio de Obras Públicas (MOP). La información básica utilizada para el estudio de perfil de vulnerabilidad consistió en el mapa de la red vial, mapa de enjambres sísmicos, mapas de la delimitación de zonas sísmicas, mapas de fallas geológicas, mapas de inundaciones y deslizamientos de tierra, mapas de daños por el Huracán Mitch, daños de terremotos, gráficas de principales terremotos generados en El Salvador e información de campo.

Después de analizar la información básica, se realizaron visitas de campo, en donde se recorrieron la carretera en estudio, con el fin de verificar y observar el área vulnerable a los peligros naturales y el estado de la infraestructura de puentes y pavimentos. Con el apoyo de Sistemas de Posición Global (GPS) se tomaron datos de las coordenadas en los puntos de las carreteras que el equipo técnico estimó conveniente.

Con la información de campo se procedió a la identificación y descripción cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad de las carreteras en estudio con el fin de proponer el listado de obras de mitigación.

* **Guatemala:** División de Planificación y Estudios de la Dirección General de Caminos (DGC). La realización del estudio de vulnerabilidad consistió en investigación en instituciones privadas y públicas sobre información relacionada con el análisis de vulnerabilidad con el fin de hacer una síntesis preliminar de la identificación de los tramos más vulnerables. La compilación de datos incluyó estudios de impacto ambiental de carreteras, datos climáticos, estudios de vulnerabilidad y riesgo a nivel departamental y municipal, datos de sismicidad y reglamentación en el país, registros de deslizamientos de masas rocosas y suelos, etc., así como los diversos mapas temáticos que puedan estar relacionados con los anteriores ítems.

Se procede a realizar un reconocimiento de campo en toda la vía con el objeto de definir la categorización de la vulnerabilidad en los diferentes segmentos de los tramos de carretera, e identificar las zonas o tramos críticos.

El estudio incluye tanto los datos de campo como los compilados en las diferentes instituciones, resumidos en una matriz de acuerdo con los peligros naturales identificados. Para cada uno de estos fenómenos se aborda la localización, longitud vulnerable del tramo de carretera, magnitud o severidad del evento y la frecuencia del mismo; con el fin de calificar el grado de vulnerabilidad a los peligros naturales, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

Los eventos cuantificados, sin incluir el Huracán Mitch, se dividieron en tres grupos dependiendo de su origen: **geodinámicos, hidrometeorológicos y geofísicos**. Para los fenómenos geodinámicos, se sumaron tres tipos de fenómenos que participan en este grupo: erupciones volcánicas, terremotos y sismos. Los fenómenos hidrometeorológicos se refieren a correntadas, desbordamientos, ventarrones, tormentas eléctricas, lluvias fuertes, huracanes, inundaciones, heladas, granizadas, marejadas y sequías. Los fenómenos geofísicos se refieren a derrumbes, deslaves, grietas, hundimientos e incendios.

Para el análisis de vulnerabilidad también se tuvo en cuenta la densidad de población, ya que las zonas más pobladas presentan una mayor vulnerabilidad ante eventos naturales, considerándose una densidad alta para aquellos municipios con más de 300 habitantes por km².

Otro parámetro tomado en cuenta para calificar la vulnerabilidad fue el ingreso per cápita por habitante, con el fin de considerar la capacidad administrativa desde el punto de vista económico para atender las posibles consecuencias de eventuales desastres. De esta manera las zonas de vulnerabilidad se establecieron combinando las variables productivas, densidad de población y recurrencia histórica de los fenómenos físicos que han afectado a la población.

Los parámetros anteriores se asociaron a un nivel de vulnerabilidad que fue utilizado como criterio para calificar la severidad de la amenaza natural (ver Cuadro N° III.1).

Cuadro Nº III.1

Parámetros y niveles de vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Descripción
Extrema	a.- Cuando los cuatro parámetros coinciden en una localidad (recurrencia alta de los fenómenos, densidad alta, ingreso percapita alto y producción agrícola alta)
	b.- Cuando tres o mas fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen tres variables coincidentes
Alta	a.- Cuando uno o dos fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen tres variables coincidentes
	b.- Cuando dos o mas fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen dos variables coincidentes
Media	a.- cuándo dos variables coinciden en una localidad
	b.- Cuando tres o mas fenómenos se han producido en la misma localidad y tienen una variable
Baja	a.- Cuando uno o dos fenómenos se han producido en la misma localidad
	b.- Cuando la recurrencia del fenómenos es baja y tiene una variable

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad de la Ruta Panamericana 2000.

* **Honduras:** La Unidad de Planeamiento y Evaluación de Gestión del Sistema de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI) realizó el estudio titulado "Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana y sus Corredores Alternos en la República de Honduras".

La elaboración del perfil de vulnerabilidad consistió en tres etapas: recopilación de información básica y antecedentes, levantamiento de información de campo y preparación del informe. La recopilación de la información básica y antecedentes consistió en la búsqueda de información bibliográfica relacionada con el proyecto en todas las dependencias dentro de SOPTRAVI, así como en otras instituciones estatales involucradas en el proceso de reconstrucción nacional tales como el Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS) y la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).

El levantamiento de información de campo consistió en el recorrido del total de la carretera pavimentada dentro del territorio hondureño.

Durante el recorrido de campo se evalúa la vulnerabilidad de los tramos a los peligros naturales y características técnicas de los tramos tales como la longitud, utilizando un distanciómetro; la pendiente, por medio de un clinómetro; su altitud, por medio de un alfilerómetro de bolsillo; y su ubicación geográfica, con la ayuda de un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS). Se tabula la información obtenida y se procede a la elaboración de mapas temáticos del perfil de vulnerabilidad, adicionalmente se elabora un catálogo de fotografías donde se muestran los sitios más vulnerables de la carretera.

Finalmente, con toda la información obtenida y los mapas generados se procede a elaborar el informe definitivo, determinando los tramos vulnerables (ver cuadro N° III.2).

Cuadro N° III.2

**Longitud vulnerable a los peligros naturales de la carretera
Panamericana en Honduras**

Tramo	Longitud (Km)	Longitud vulnerable a deslizamientos y derrumbes (Km)	Longitud vulnerable a fallas geológicas (Km)	Longitud vulnerable a inundaciones (Km)
Choluteca salida San Marcos Colon	54,26	0,59	0,08	0
San marcos Colon – El Espino	10,64	0	0	0
Total	64,9	0,59	0,08	0
Porcentaje	100,00%	0,91%	0,12%	0,00%

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana en Honduras, 2000.

* **Panamá:** Dirección del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” (IGNTG), Ministerio de Obras Públicas (MOP)

Para la identificación de la vulnerabilidad utilizaron la información generada por la Dirección del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, la Dirección Nacional de Mantenimiento Vial, apoyados por información disponible en el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), la Universidad de Panamá, la Universidad Tecnológica, la Dirección General de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industria y la Dirección de Tránsito y Transporte Terrestre Nacional.

Esta información comprende mapas de la red vial, sismos, erupciones volcánicas, geología y el mapa general del país a escala 1:250,000. También se utiliza varios informes de inundaciones y deslizamientos y una tabla de epicentros sísmicos. Haciendo uso del software Autocad Map, el programa Arc-Info y el Sistema de Información Geográfica Arc-view, se determinaron los tramos de la Carretera Panamericana vulnerables a los peligros naturales (ver Cuadro N° III.3).

Cuadro N° III.3

Longitud vulnerable a los peligros naturales de la carretera panamericana en Panamá

Tramo	Longitud (Km)	Longitud vulnerable a inundaciones (Km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (Km)	Longitud vulnerable a sismos (Km)	Longitud vulnerable a erupciones volcánicas (Km)
Arraijan - La Chorrera	18	0	0	0	0
San Carlos - Rio Hato	30	0	0	0	30
Nata Agua - Dulce	10,12	0,3	0	0	10,12
Veladero - Tole	25	0	0,35	25	0
Total	83,12	0,3	0,35	25	40,12
Porcentaje	100,00%	0,36%	0,42%	30,08%	48,27%

Fuente: Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana en Panamá, 2000.

* **Nicaragua:** La Dirección General de Planificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) de Nicaragua realizó el estudio sobre la vulnerabilidad a los peligros naturales de la Carretera Panamericana titulado "Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua".

A continuación se desarrolla en detalle el método nicaragüense que será empleado para evaluar la vulnerabilidad de la Vía de Evitamiento de Abancay; la elección de éste método es por la practicidad, sencillez y rapidez que representa dicho método, además todas las metodologías descritas anteriormente tienen en común los principios y/o conceptos básicos.

3.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

La metodología para realizar el estudio de evaluación de vulnerabilidad de una carretera y/o red vial, se siguen los siguientes pasos:

- Investigación en instituciones privadas y públicas sobre información relacionada con el análisis de vulnerabilidad de las zonas o áreas en estudio con el fin de hacer una síntesis preliminar de la identificación de los tramos más vulnerables.
- Se trabaja con mapas de peligros naturales como: volcánicos, inundaciones, deslizamientos y sismicidad; ésta información permite identificar el peligro que afecta a la carretera.
- Se procede a realizar un reconocimiento de campo en toda la vía con el objeto de cuantificar los tramos vulnerables y definir el nivel de peligro en los diferentes segmentos de los tramos de carretera, e identificar las zonas o tramos críticos, además de constatar y complementar la información obtenida en los mapas de peligros que luego se analiza y sintetiza.
- Con el fin de calificar el nivel de peligro, se asignan los niveles 1, 2, 3 y 4. tal como se indica en el mapa temático del cuadro N° III.4.

Cuadro N° III.4 Mapa temático de niveles de peligro

Peligro	Nivel Moderado 1	Nivel Medio 2	Nivel Alto 3	Nivel muy Alto 4
Volcánico	Este nivel de peligro está condicionado a la cantidad de cenizas emitidas durante la erupción y a las condicionantes atmosféricas y dirección de los vientos.	Nivel condicionado a las caídas de los piroclastos de diferentes tamaños. Estos tamaños son función de la granulometría. Va desde arenas hasta cenizas.	Se aplica a erupciones de tipo estrombolianas o plinianas, áreas afectadas a los flujos de lavas, gases y posibles nubes ardientes. y bombas.	Determinantes en zonas próximas a conos volcánicos, emisión de gases, lava o explosiones violentas, gran volumen de piroclastos.
Deslizamiento	Zonas con rocas masivas sin estratificación, baja o nula permeabilidad que impide la meteorización profunda y limita los procesos de desmoronamiento del conjunto. Pendientes menores del 3 % y precipitaciones menores a 150 mm/año.	Zonas con rocas sedimentarias y metamórficas, incluyendo calizas, pizarras y areniscas. Posibilita el almacenamiento de agua, la meteorización y la fracturación. Pendientes entre 3 y 10%, propiciando las condiciones de deslizamientos. Precipitaciones entre 150 y 200 mm/año.	Zonas volcánicas con diferentes capas la permeabilidad, consistencia y fracturación. Las condiciones morfológicas y el clima inciden sobre la estabilidad de los materiales. Pendientes oscilan entre 11 y 25 %. Precipitaciones de 300 mm/año y también se encuentran depósitos aluviales.	La roca tiene la consistencia de una arcilla. Fracturación intensa. Zonas propicias para el almacenamiento de agua. Los suelos presentan rocas altamente meteorizadas. Pendientes mayores al 25% y las precipitaciones mayores a los 300 mm/año.
Sismicidad	La magnitud del sismo es menor de 3 en la escala de Richter, la profundidad de epicentros entre 100 y 300 km, sismos difícilmente perceptibles por la población.	Los sismos oscilan entre 3 y 4 en la escala de Richter, la profundidad de los epicentros varía entre 30 y 100 km.	Los sismos oscilan entre 4 y 5 en la escala de Richter y la profundidad de los epicentros de 0 a 30 km.	Sismos mayores que 5 en la escala de Richter y la profundidad de los epicentros varía entre 0 y 30 km.
Inundaciones	Áreas que presentan un relieve menor del 2%, las precipitaciones menores a los 150 mm/año, el suelo presenta mayor capacidad de retención debido a la existencia de bosques.	Las precipitaciones oscilan entre 150 y 200 mm/año, presentan un relieve entre el 2 y el 10%, la capacidad de retención de los suelos es poca, en algunas áreas el régimen hidrológico ha sido alterado y hay presencia de deforestación.	El relieve oscila entre el 10 y 25%, las precipitaciones entre 200 y 300 mm/año, existe una fuerte erosión de los suelos.	Las precipitaciones son mayores a los 300 mm/año, el relieve es mayor del 25% y la capacidad de retención de los suelos es poca o nula, ya que los terrenos se dedican a la labor intensiva.
Densidad de Población	1 Hab./ ha	2 Hab./ ha	3 Hab./ ha	> 3 Hab./ ha

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

La elaboración del mapa temático sobre peligros naturales, se basa en datos y registros históricos.

Para realizar el mapa de **peligros volcánicos** usaron la información sobre erupciones históricas en función de la clase de erupción y de la identificación de zonas con alguna probabilidad a ser afectadas por la proximidad a los volcanes activos; además se considera la cantidad y tipo de materiales emitidos durante la erupción.

Para el mapa de **peligros por deslizamiento** tomaron en cuenta, entre otros aspectos, los registros de deslizamientos o deslaves más frecuentes, los desprendimientos de rocas y los flujos que se generan potencialmente cerca de los centros poblados, también la pendiente, tipo de roca o suelo, permeabilidad del material y la precipitación media anual los cuales definen el nivel de peligro.

Para el mapa de **peligros por sismicidad**, emplearon los registros históricos de las áreas que ya han sufrido los efectos de los terremotos y las áreas con probabilidad a ser afectadas; la magnitud en la escala de Richter, y la profundidad de los epicentros que determinaran el nivel de peligro.

Para el mapa de **peligros por inundaciones** utilizaron registros históricos de inundaciones actuales y la posibilidad de ocurrencia de inundaciones en el área de estudio; el relieve, la precipitación media anual y la capacidad de retención de los suelos.

En la elaboración del mapa temático se incluyó la **densidad poblacional** como un factor de ponderación para la evaluación de la vulnerabilidad, es decir el método toma en consideración el aspecto social en la determinación de los niveles de vulnerabilidad de la carretera en mención.

- Se determina el porcentaje de longitud de carretera afectada por cada uno de los niveles de peligro, ponderando el valor con el peso correspondiente de cada nivel de peligro resumidos en una sumatoria y cuyo resultado se multiplica por la densidad poblacional, tal como se describe en la siguiente ecuación (1).

$$V = \delta * \sum_{i=1}^{n=4} P_i * \%L \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

V : Vulnerabilidad (adimensional)

δ : Densidad poblacional (Hab/ha)

P: Peso correspondiente a cada nivel de peligro (cuadro N° III.1)

%L: Porcentaje de longitud de carretera afectada

i : 1, 2, 3 y 4 (niveles de peligro)

Evaluando en la ecuación (1) se ingresa al cuadro N° III.5 para estimar el rango de variación de vulnerabilidad del tramo de carretera analizado.

Cuadro N° III.5

Rangos de vulnerabilidad	
Vulnerabilidad	Rango
Moderado	V < 400
Media	401 < V < 1600
Alta	1601 < V < 3600
Muy Alta	3601 < V < 6400

Fuente: Perfil de Vulnerabilidad de la Carretera Panamericana Nicaragua, 2000.

Éste método permite evaluar la vulnerabilidad de una carretera de manera rápida e independiente para cada uno de los peligros naturales que afectan la vía; es decir en la evaluación de vulnerabilidad de una vía se tendrá:

- Vulnerabilidad a deslizamientos
- Vulnerabilidad a movimientos sísmicos
- Vulnerabilidad a erupciones volcánicas
- Vulnerabilidad a inundaciones

La ubicación e identificación de los peligros naturales que puedan afectar la carretera determinará el tipo de vulnerabilidad a evaluar como se describió líneas arriba.

Ejemplo:

Dada una red vial se evalúa la vulnerabilidad a los peligros naturales, para ello se identifica los tramos afectados:

1.- Tramo afectado por deslizamientos:

Longitud afectada del tramo corresponde a:

- 25% nivel de peligro (1)
- 50%: Media (2)
- 10%: Alta (3)
- 15%: Muy Alta (4)

Densidad de Población: Alta, es decir = 3 hab/ha

Aplicando la ecuación (1) de ponderación se tiene:

$$V = (1 \times 25 + 2 \times 50 + 3 \times 10 + 4 \times 15) \times 3 = 645 \dots (\infty)$$

Haciendo uso de esta metodología y con respecto al cuadro N° III.5, la vulnerabilidad por deslizamiento es **media** (ya que 645 está en el rango comprendido entre 401 y 1600).

2.- Vulnerabilidad por inundaciones:

Longitud afectada del tramo corresponde a:

- 5% Vulnerabilidad Moderada (1)
- 15%: Media (2)
- 25%: Alta (3)
- 55%: Muy Alta (4)

Densidad de Población: Alta, es decir = 3 hab/ha

Aplicando la ecuación de ponderación se tiene que:

$$V = (1 \times 5 + 2 \times 15 + 3 \times 25 + 4 \times 55) \times 3 = 990 \dots \dots \dots (\infty)$$

Haciendo uso de esta metodología y con base en los datos del Cuadro N° III.5, la vulnerabilidad por deslizamiento es **media** (ya que 990 está en el rango comprendido entre 401 y 1600).

Finalmente se concluye que:

- La vulnerabilidad a deslizamientos es media
- La vulnerabilidad a inundaciones es media

La carretera en estudio tiene una vulnerabilidad de rango medio a dichos peligros naturales estudiados.

Una vez identificados los tramos y/o puntos vulnerables a los peligros naturales en el área de influencia de la carretera se definen las propuestas de obras de prevención que permitirán reducir de vulnerabilidad, además de los respectivos costos asociados.

3.3 GUIA PARA IDENTIFICAR PROBLEMAS DE DESLIZAMIENTOS

Dentro de la evaluación de vulnerabilidad es necesario identificar las zonas inestables; para ello se establece una metodología para detectar y prevenir posibles problemas en áreas propensas a deslizamientos mediante:

- La identificación de mecanismos de falla más comunes en los distintos tipos de materiales geológicos.
- El establecimiento de criterios para la recolección de información.
- La búsqueda e interpretación de efectos claves para identificar la posible inestabilidad de los taludes.

Adicionalmente se presentan algunas de las medidas correctivas comúnmente utilizadas para lograr la estabilización de los taludes fallados.

a) Clasificación del tipo de fallas de taludes

Se presenta una clasificación del tipo de fallas de taludes basada en el reconocimiento de los factores geológicos que condicionan la falla; los deslizamientos de taludes ocurren de muchas maneras y aun persiste cierto grado de incertidumbre en su predictibilidad, rapidez de ocurrencia y área afectada.

Sin embargo, existen varios patrones que ayudan a identificar áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento de talud para eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla.

El cuadro N° III.6 presenta una clasificación de fallas.

Cuadro N° III.6

Clasificación de fallas

Tipo de falla	Forma	Definición
Desprendimiento	Caída libre volcadura	Desprendimiento repentino de uno o más bloques de suelo o roca que desciende en caída libre. Caída de un bloque de roca con respecto a un pivote ubicado debajo de su centro de gravedad
Derrumbes	Planar, rotacional, desparramamiento lateral, deslizamiento de escombros	Movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana, movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie curva de falla bien definida, movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamiento distintos, mezclas de suelo y rocas moviéndose a lo largo de una superficie de roca planar.
Avalancha	De roca o escombros	Movimiento de una masa incoherente de escombros de roca o suelo roca donde no se distingue la estructura original del suelo
Flujos, Huayco	De escombros	Suelo o suelo - roca moviéndose como un fluido viscoso, desplazándose usualmente hasta distancia mucho mayores de falla, originados por exceso de presión de poros
Repteo		Movimiento lento e imperceptible talud abajo de una masa de suelo o roca - suelo.

Fuente: Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos.

b) Factores que influencia la estabilidad de los taludes

b.1 Geología de la Región

La geología representa un factor primordial en la estabilidad de un talud y existen muchos factores geológicos que ilustran el potencial del deslizamiento de taludes; los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas, dentro de éstos se menciona:

- Taludes escarpados
- Áreas de concentración de drenaje y filtración
- Áreas de concentración de fracturas

b.2 Topografía y Estabilidad

Los planos topográficos representa una excelente fuente de información para la detección de deslizamientos; en los planos topográficos la escala y el intervalo de las curvas de nivel facilitan la identificación de los deslizamientos; esta identificación se puede llevar mediante:

- Pendientes empinadas (curvas de nivel con poco espaciamiento) en el escarpe de un deslizamiento, topografía con pequeñas elevaciones o montículos dentro de la masa deslizante (curvas de nivel que siguen un patrón irregular con depresiones poco profundas), presencia de masa separada y características de flujo en la parte baja.
- Curvas de nivel onduladas, movimientos menores o irregularidades en zona de pendiente empinadas, acantilados, bancos, áreas de concentración de drenaje.

b.3 Pluviosidad

La pluviosidad tiene un efecto primordial en la estabilidad de los taludes ya que influencia la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos; la acumulación de la precipitación causa un incremento en la saturación del terreno que hace inestable el talud.

b.4 Erosión

La erosión puede ser causada por agentes naturales como el agua de escorrentía, aguas subterráneas, vientos; la erosión por agentes humanos como la tala de árboles u otro tipo de vegetación que ayuda a fijar el suelo y mejorar la estabilidad del talud.

b.5 Licuefacción debido a acciones sísmicas

La licuefacción es un fenómeno que consiste en una caída brusca de resistencia al corte de un suelo granular en condiciones no drenadas, la cual puede ser activada por la repetida aplicación de pequeños incrementos o decrementos de esfuerzos de corte inducidos por vibraciones del terreno asociadas con terremotos o explosiones; la pérdida de resistencia es de tal magnitud que momentáneamente el suelo alcanza la consistencia de un fluido pesado y se originan grandes deformaciones.

c) Evaluación de la estabilidad de un talud

La estabilidad de un talud natural de corte o relleno comúnmente se evalúa mediante métodos de estabilidad basados en el equilibrio límite del suelo; estos métodos toman en cuenta los factores que influyen en la resistencia del suelo o masa rocosa.

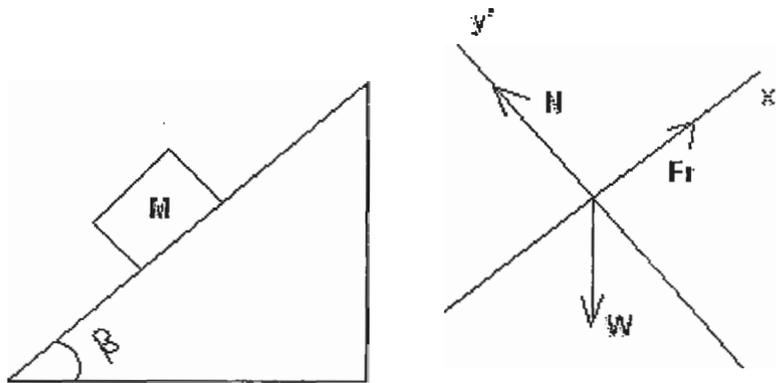
La cuantificación de la estabilidad de un talud se basa en el concepto de factor de seguridad.

c.1 Factor de seguridad

Para ilustrar el concepto de factor de seguridad se usara la analogía de un bloque deslizante en un plano inclinado, tal como muestra el gráfico N° III.1

Figura N° III.1

Bloque de plano inclinado y diagrama de fuerzas



Las fuerzas que actúan sobre el bloque rígido, como se muestra en el gráfico N° III.1 son: el peso del bloque (W), la normal (N) y la fuerza de rozamiento (Fr).

No habrá deslizamiento del bloque a lo largo del plano inclinado mientras la fuerza de rozamiento sea mayor o igual que la componente del peso en esa dirección.

El factor de seguridad (FS) contra el deslizamiento del bloque viene a ser el cociente entre la fuerza de rozamiento (Fr) y la componente del peso en la dirección del plano inclinado como se indica en la siguiente ecuación:

$$FS = \frac{Fr}{W \cdot \text{Sen}\beta}$$

La fuerza resistente viene a ser la resistencia al corte del suelo y las fuerzas desestabilizadoras viene a ser las fueras gravitacionales o sísmicas. Por lo tanto para un talud, el factor de seguridad se define como el cociente entre la resistencia al corte del suelo o roca a lo largo de una superficie de falla y los esfuerzos de corte que tienden a producir deslizamiento a lo largo de esa superficie de falla.

c.2 Determinación de la resistencia del suelo

Los principales parámetros que definen la resistencia del suelo son el ángulo de fricción interna en el caso de suelos granulares y la resistencia al corte no drenada en el caso de suelos cohesivos.

El ángulo de fricción interna ϕ puede estimarse en el laboratorio con el ensayo de corte directo y ensayo triaxial consolidado drenado. También existen correlaciones entre al ángulo de fricción interna ϕ y ensayos in-stu como la prueba de penetración estándar (SPT) o la prueba de penetración de cono (CPT).

La resistencia al corte no drenada (S_u) puede estimarse con ensayos de laboratorio tales como el ensayo triaxial consolidado no drenado (CU), el ensayo sin consolidar sin drenar (UU), el ensayo de compresión sin confinar (q_u) y el ensayo de corte directo simple (DSS). Para los ensayos in-situ se puede usar la prueba de veleta de campo (FV), la prueba de penetración de cono (CPT) y el penetrometro de bolsillo.

Según las condiciones geológicas en el área de estudio se tiene un suelo arcilloso y limoso; las arcillas duras y altamente sobreconsolidadas falla bajo una condición drenada porque el exceso de presión de poros es negativo y por lo tanto a medida que este se disipa las arcillas sobreconsolidadas se debilitan.

Las arcillas blandas y limos fallan en condiciones no drenadas porque el exceso de presión de poros es positivo y por lo tanto la condición crítica es a corto plazo pues a medida que las arcillas disipan el exceso de presión de poros, las mismas se consolidan y ganan resistencia.

El cuadro N° III.7 sirve de guía para estimar la resistencia al corte no drenado de arcillas y el ángulo de fricción en suelos granulares. (Terzaghi y Peck 1967)

Cuadro N° III.7

Relación de resistencia al corte no drenado y el ángulo de fricción

Arenas			Limos o Arcillas		
Nspt	ϕ	Densidad relativa	Nspt	Su (Kg/cm ²)	Consistencia
0 - 4	< 30	muy suelta	< 2	0 - 0,12	muy blanda
4 -10	30 - 32	suelta	2 - 4	0,12 – 0,25	blanda
10 -30	32 - 35	media	4 - 8	0,25 – 0,5	media
30 -50	35 - 38	densa	8 -15	0,5 – 1	firme
> 50	> 38	muy densa	15-30	1 - 2	muy firme
			>30	> 2	densa

Fuente: Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos.

d) Métodos para estabilizar taludes

Tan pronto se comprueba que hay un riesgo de inestabilidad de un determinado talud, se debe buscar la mejor solución y considerar aspectos de costo, naturaleza de las obras afectadas (tanto en la cresta como al pie del talud), tiempo estimado en el que se puede presentar el problema, disponibilidad de los materiales de construcción, etc.

Dentro de las soluciones para estabilizar taludes se tiene:

d.1 Aumentar la resistencia del suelo

Son las soluciones que aplican drenaje en el suelo para bajar el nivel freático o la inyección de sustancia que aumenten la resistencia del suelo tales como el cemento u otro aglomerante.

d.2 Disminuir los esfuerzos cortantes en el talud

Soluciones tales como el cambio de la geometría del talud mediante el corte total o parcial de éste a un ángulo menor o la remoción de cresta para reducir su altura.

d.3 Aumentar los esfuerzos de confinamiento del talud

Se puede lograr la estabilización de un talud mediante obras, como los muros de gravedad, muros gavión, las pantallas atirantadas o las bermas hechas del mismo suelo.

Estas últimas son también conocidas como soluciones estructurales, el objetivo principal de las estructuras de retención es incrementar las fuerzas resistentes de forma activa (peso propio de la estructura) y de forma pasiva al oponer resistencia ante el movimiento de la masa de suelo.

Para el presente estudio se usarán los muros de retención en volado de concreto armado para soporte de la plataforma de la vía y los muros gavión para la retención de talud.

Las características de las estructuras mencionadas y la ubicación respectivamente se desarrolla en el capítulo VII "Obras de Prevención y Costos Asociados"

CAPITULO IV:

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

Este capítulo contempla la descripción de la zona en estudio, la geografía, demografía, los aspectos históricos de desastres, el medio físico, las actividades económicas y la identificación de peligros naturales.

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La provincia de Abancay, donde se asienta la capital de la Región Apurímac, se sitúa en la región sur oriental, tiene puntos de coordenadas según latitud sur 13°38' 33" y longitud oeste 72°52' 54"; cuenta con una superficie de 3, 447.13 km² en un rango altitudinal que va desde los 1,900 m.s.n.m. valle del Pachachaca hasta los 5,220 m.s.n.m que es el glaciar del Ampay, comprendiendo varias regiones naturales. (ver cuadro N° IV.1)

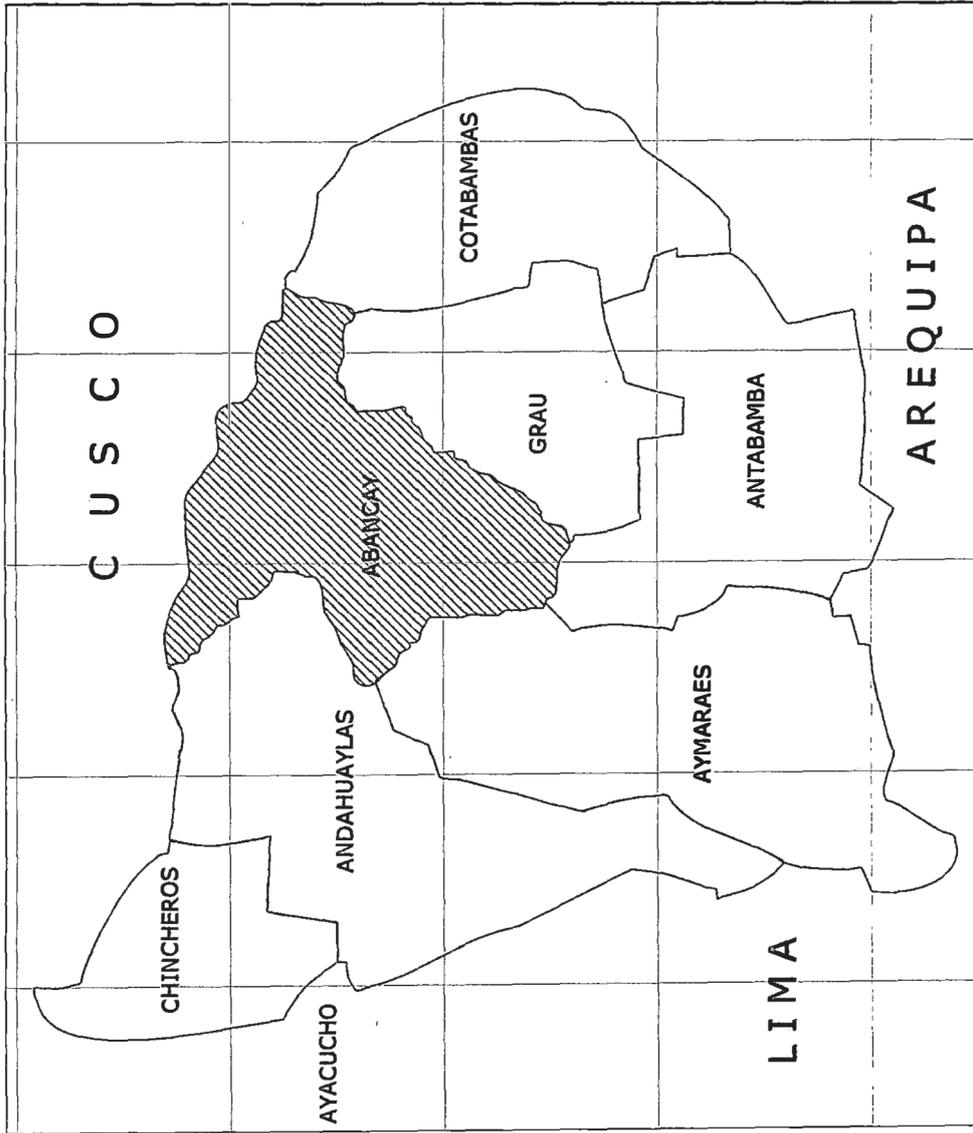
Abancay está ubicada en la parte central y norte de la Región Apurímac y limita por el Norte con la provincia de Anta de la Región Cusco, el puente Cunyac sobre el río Apurímac, por el este con la provincia de Grau, por el sur con las provincias de Aymaraes, Antabamba y Grau y por el oeste con las provincias de Andahuaylas y Aymaraes.

Cuadro N° IV. 1

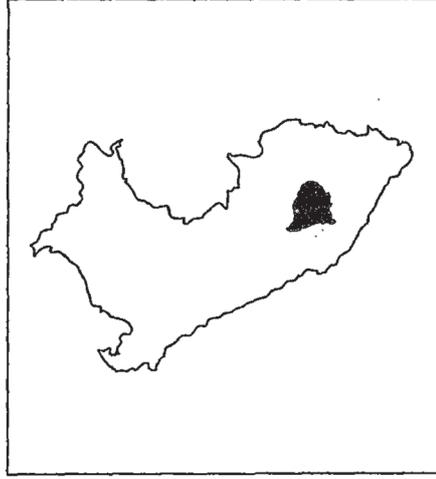
Ubicación geográfica				
PROVINCIA	SUPERFICIE (Km ²)	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
		ALTITUD (m. s. n. m.)	LATITUD	
			SUR	OESTE
ABANCAY	3,447.13	2,378.00	13°38'33"	72°52'54"

Fuente: INEI

La Región Apurímac de acuerdo a su división política esta conformada por siete provincias tal como muestra el cuadro N° IV.2



LEYENDA	
PROVINCIAS	
ABANCAY	
ANDAHUAYLAS	
ANTABAMBA	
AYMARAES	
CHINCHEROS	
COTABAMBAS	
GRAU	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CONSTRUCCION

TESIS: EVALUACION DE VULNERABILIDAD A LOS SISMOS NATURALES

DE LA VIA DE EVITAMIENTO DE ABANCAY

AUTOR: FRANK ANTONIO MERINO CARDENAS

CODIGO: 20000349C

ASesor: DR. JAVIER ARRIETA FREYRE

COASesor: ING. MERCEDES RODRIGUEZ-PRIETO MATEO

FECHA: ASESOR: 2003

PRESENTE 1

VIA DE EVITAMIENTO DE ABANCAY

MAPA DE UBICACION

JU-0

Cuadro N° IV. 2

Superficies provinciales de la región Apurímac

PROVINCIA	SUPERFICIE (Km ²)	%
ABANCAY	3,447	16,82%
ANDAHUAYLAS	3,587	17,50%
ANTABAMBA	3,219	15,70%
AYMARAES	4,213	20,55%
CHINCHEROS	1,242	6,06%
COTABAMBAS	2,612	12,74%
GRAU	2,174	10,61%
TOTAL	20,498	100,00%

Fuente: INEI

Abancay siendo la capital de la Región Apurímac a su vez se divide políticamente en 9 distritos tal como muestra el cuadro N° IV.3.

Cuadro N° IV.3

Superficies distritales de la provincia de Abancay

DISTRITOS	SUPERFICIE (Km ²)	%
ABANCAY	313	9,05%
TAMBURCO	55	1,59%
CURAHUASI	828	23,94%
SAN PEDRO DE CACHORA	109	3,15%
HUANIPACA	433	12,52%
LAMBRAMA	522	15,09%
CIRCA	642	18,56%
CHACOCHE	186	5,38%
PICHIRHUA	371	10,73%
TOTAL	3459	100,00%

Fuente: INEI

4.2 DEMOGRAFIA

La provincia de Abancay presenta un ritmo de crecimiento poblacional, en el periodo 1972 – 1993 la población creció en una tasa promedio de 2.7%, a nivel de la provincia, el distrito de Abancay representa el 54% de la población total de la provincia, donde el 88% se concentra en el área urbana, tal como se muestra en el cuadro N° IV.4 y cuadro N° IV.5, de allí la importancia de la red vial hace que debe ir creciendo de manera directa a la demografía.

Cuadro N° IV.4

Población total por provincias

N°	PROVINCIA	POBLACION TOTAL	
		Hab	%
1	ABANCAY	118.708,00	27,82%
2	ANDAHUAYLAS	144.961,00	33,97%
3	ANTABAMBA	11.651,00	2,73%
4	AYMARAES	26.857,00	6,29%
5	CHINCHEROS	53.005,00	12,42%
6	COTABAMBAS	44.069,00	10,33%
7	GRAU	27.508,00	6,45%
	TOTAL	426.759,00	100,00%

Fuente: INEI

Cuadro N° IV.5

Población total por distritos

N°	DISTRITO	POBLACION TOTAL	
		Hab	%
1	ABANCAY	67.161,00	56,58%
2	CHACOCHÉ	1.602,00	1,35%
3	CIRCA	3.371,00	2,84%
4	CURAHUASI	19.219,00	16,19%
5	HUANIPACA	5.489,00	4,62%
6	LAMBRAMA	5.683,00	4,79%
7	PICHIRHUA	5.941,00	5,00%
8	SAN PEDRO DE CAHORA	4.133,00	3,48%
9	TAMBURCO	6.109,00	5,15%
	TOTAL	118.708,00	100,00%

Fuente: INEI

4.3 ASPECTOS HISTORICOS

"El pasado nos interesa en la medida que ha de servir para comprender el presente y proyectamos hacia el futuro". tal es el propósito al presentar en forma de síntesis el desenvolvimiento económico-social de la provincia de Abancay a través del espacio y tiempo, incidiendo en las actividades económicas que va ligado al sistema de transporte; pues históricamente se configuró como eminentemente productivo, ésta vocación la tuvo desde tiempos prehispánicos donde fue sede de una importante civilización personificada en los legendarios Chancas con vocación agrícola, que años después había que sucumbir ante el Imperio de los Incas. [18]

Apurímac sustentaba su economía en base a sus actividades agrícolas, por ahí es que se caracterizaba por ser centro abastecedor de otras intendencias de productos de pan llevar y derivados de la caña de azúcar como chancaca, aguardiente, azúcar, etc.

El transporte de estos productos se realizaba a través de los caminos de herradura aptas para el tránsito de las acémilas; con la creación de los vehículos motorizados y el crecimiento demográfico, se construyeron más caminos para facilitar el transporte, entre los más importantes la carretera panamericana de Lima – Cusco vía Abancay de 907 Km afirmado con un tiempo de viaje de 3 días, en la actualidad asfaltado con 16 horas de viaje. La carretera Ayacucho – Abancay - Cusco de 387 Km afirmado con 24 horas de viaje hasta la actualidad; ambas carreteras de baja densidad vehicular, y las trochas carrozables de penetración al interior de la Provincia de Abancay.

En la actualidad es imprescindible contar con un sistema vial eficiente capaz de ofrecer resistencia a los peligros naturales que afecten la transitabilidad; con lo cual se garantiza un transporte fluido y masivo que permita comercializar a nivel regional y nacional, incrementando su actividad económica.

Historia de Desastres

En la historia de desastres nos remitimos a los acontecimientos ocurridos en el siglo XX que será útil para tener un conocimiento objetivo de los peligros a los que está expuesta la Vía de Evitamiento de Abancay.

Testimonios recogidos de pobladores, indican que en la década del 50 se produjo un desembalse de la laguna Ankasq'ocha, arrasando en su trayecto campos de cultivo y algunas viviendas de los sectores Sahuanay y Maucacalle, habiendo incluso puesto en riesgo parte de la ciudad de Abancay en el sector de la quebrada de los riachuelos Olivo y Ullpuhuayqo.

En la misma década, en los distritos de Abancay y Tamburco se presentaron una serie de movimientos sísmicos de grado 2 a 3 a escala de Richter sin ocasionar mayores daños de vidas humanas y/o materiales; en la década del 70, las precipitaciones pluviales ocasionaron pequeños torrentes de agua provenientes de las faldas del Ampay, que se acumularon y llegaron a destruir campos de cultivo y provocando la muerte de animales domésticos.

Como resultado de las actividades depredadoras de tala indiscriminada del bosque, y las consecuencias inexorables de la saturación de los suelos, en febrero de 1997 se produjeron deslizamientos de tierra y lodo en los sectores de Ccocha y Pumararra, que produjeron prácticamente la desaparición de dichos poblados. Los daños materiales y de vidas humanas fueron incalculables, el desastre dejó un solo sobreviviente.

Como muestra la historia de desastres de Abancay, las precipitaciones pluviales son las que mayor daño produjeron, ocasionando desembalses de lagunas y deslizamientos de tierras; lo cual es un indicador que los deslizamientos son propios de la zona; esto hace que en futuras construcciones de carreteras se tome en consideración los peligros que pudieran afectar con el fin de disminuir la vulnerabilidad de dicha vía; como es el caso de la construcción de la Vía de Evitamiento.

4.4 MEDIO FÍSICO

a) Relieve

La zona presenta un territorio accidentado, con valles profundos y agrestes cumbres, alternan con altas mesetas o punas y pocos nevados, también se tiene la presencia de las cordilleras Huanso y Chonta.

Debido al relieve característico que aqueja la zona, las carreteras de Abancay son vulnerables a los deslizamientos de suelo por las pendientes pronunciadas del talud y las precipitaciones pluviales.

b) Climatología

La provincia de Abancay tiene un clima seco y templado, siendo uno de los más agradables, considerado como "Oasis de la Eterna Primavera".

La temperatura varía de acuerdo a la altitud, siendo la temperatura promedio anual máxima de 26.2 °C y mínima de 11.9 °C. La humedad es alta en febrero y marzo alcanzando a registrar hasta 90 % y baja en el mes de Junio y Julio hasta registrar el 50 % de humedad relativa.

c) Hidrología

De acuerdo al régimen hidrológico de la cuenca de Abancay se tienen los ríos Mariño, Huacrachuco, Puruchaca y Marcahuasi; con reducido caudal en el río Colcaque y Nashiro, y con aguas estacionales, la quebrada Ampay, Sahuanay, Vallecito el Olivo, Moyocorral, Anizal y Anizhuyaco que tienen cursos aledaños a la ciudad, los demás tributarios de la cuenca alta son estacionales y de reducido caudal; como es el caso de la quebrada Ñacchero donde se ubica la Vía de Evitamiento.

Los ríos de la cuenca se caracterizan por ser rápidos, esta gran velocidad del agua indica su fuerte gradiente y que todavía los ríos no alcanzan su perfil de equilibrio. Son de régimen variable, las variaciones que se presentan en sus descargas son notables tanto a nivel diario como mensual y anual.

De acuerdo a la climatología en los meses de febrero y marzo las precipitaciones pluviales llegan hasta los 600mm en promedio anual, pudiendo ocasionar deslizamientos y huaycos; el cuadro N° IV.6 muestra la precipitación mensual y anual de la estación meteorológica del Ampay.

Cuadro N° IV.6 Precipitación mensual y anual de la estación "Ampay"

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	110,50	107,30	119,60	14,10	0,00	0,00	0,00	0,00	35,00	27,40	43,20	24,40	481,50
1965	93,90	151,10	98,30	39,30	4,00	5,00	13,40	0,00	21,30	0,00	1,40	86,40	514,10
1966	73,90	103,00	79,80	5,50	43,80	0,00	0,00	7,60	23,00	95,10	90,50	45,30	567,50
1967	119,10	160,40	246,50	27,60	6,40	0,80	13,50	11,40	20,60	67,00	15,10	61,50	749,90
1968	139,60	76,80	108,70	10,10	3,60	1,20	13,00	9,90	14,20	40,30	86,00	39,10	542,50
1969	83,00	85,60	105,30	68,80	0,40	9,40	1,20	7,10	2,70	51,20	53,50	88,30	556,50
1970	153,50	67,00	79,50	38,70	8,40	2,70	15,00	0,00	31,70	71,20	39,40	90,70	597,80
1971	109,00	180,20	89,20	41,00	3,90	16,80	0,20	2,60	2,20	30,20	40,80	47,90	564,00
1972	198,90	127,60	100,00	25,00	2,20	0,00	22,70	18,60	16,20	33,90	55,00	87,60	687,70
1973	125,30	202,40	120,10	58,90	10,80	0,00	10,80	25,90	26,90	21,80	102,00	82,60	787,50
1974	152,30	178,10	103,00	52,00	0,00	11,90	3,90	35,60	1,90	33,00	68,30	28,40	668,40
1975	53,40	100,10	97,80	8,70	30,80	11,40	1,70	10,30	15,40	44,00	69,50	142,30	585,40
1976	154,70	131,60	145,30	53,40	10,70	20,90	3,10	21,10	55,00	14,60	6,20	96,50	713,10
1977	58,40	105,60	90,60	5,00	3,50	0,40	11,40	0,00	28,00	25,90	107,20	96,50	532,50
1978	171,70	59,90	86,20	18,50	31,00	0,00	1,60	0,40	32,40	62,80	84,00	73,00	621,50
1979	89,70	122,80	137,00	67,80	8,20	1,40	2,80	6,90	39,40	22,40	63,70	75,00	637,10
1980	100,90	91,40	75,40	2,50	0,90	0,00	14,30	0,00	24,10	49,70	40,90	24,30	424,40
1981	142,10	144,20	77,00	49,50	3,40	0,50	5,10	18,00	29,10	57,10	76,00	132,40	734,40
P	118,33	121,95	108,85	32,58	9,56	4,58	7,43	9,74	23,28	41,53	57,93	73,46	609,21

Fuente: Plan vial de la provincia de Abancay

d) Geología

En el área de estudio se exponen rocas sedimentarias tectonizadas cuyas edades son del Pérmico al Triásico, intrusivos terciarios y depósitos cuaternarios.

d.1 Depósitos cuaternarios: Consiste en materiales inconsolidados producidos por procesos degradacionales, acumulándose a lo largo del valle de Abancay, al pie de las vertientes y en las áreas glaciares y periglaciares; constituyendo depósitos aluviales, coluviales y deslizamientos respectivamente.

d.2 Depósitos de conos aluviales: Son suelos que se forman en las desembocaduras de las quebradas; estos fenómenos geológicos han sido producidos hace miles de años; en época de grandes avenidas el material arrastrado por las aguas son depositados formando grandes extensiones de suelos con poca pendiente; estos suelos están conformados por bloque y gravas angulosos a subredondeados, en una matriz arcillosa.

d.3 Depósitos coluviales: Son los depósitos que se forman por efecto del intemperismo de las rocas y que son transportados pendiente abajo por efecto de la gravedad; estos depósitos se desarrollan en las laderas de los cerros, incluyen el material deslizado y derrumbado.

d.4 Depósitos de deslizamientos: Como su nombre lo indica, estos depósitos son formados por eventos recientes de deslizamiento de material, el más reciente que podemos nombrar es el producido en el distrito de Tamburco en la localidad de Ccocha – Pumaranra; la zona comprendida entre Limapata y Molinopata, presenta un suelo bastante comprometido con fenómenos de remoción de masa y reptación de suelos, tal es la evidencia de estos movimientos que se ve reflejado en la constante aparición de ojos de agua; así como en la formación de numerosos bofedales.

El medio físico tiene influencia determinante y directa sobre las vías de transportes ya que si la geología de la zona de estudio es de suelo inestable, las precipitaciones son altas y el relieve es abrupto; estos factores en conjunto hace que la vía sea propensa a sufrir daños por dichos eventos y/o fenómenos.

4.5 ASPECTOS ECONÓMICOS

a) Agricultura

La agricultura es la principal actividad de los pobladores de la provincia, los cultivos principales son: maíz, papa, haba, frijol, anís y en menor proporción: tarwi, quinua, arvejas.

Estos cultivos constituyen la base de la dieta de las familias rurales, existen algunas zonas aptas para la fruticultura como: paltos, papaya, ciruelo, duraznos, anís, frijoles, linaza, cochinilla, caña de azúcar, cuya producción tiene una clara orientación mercantil.

La mayor producción agrícola esta en los tubérculos (papa, olluco, camote) como se muestra en el cuadro N° IV.7

Cuadro N° IV.7

Producción agrícola

PRODUCTOS	TM	%
Frutales (chirimoya, durazno, palto, etc)	3.423,23	7,26%
Cereales (maíz, trigo, cebada, quinua)	10.393	22,03%
Hortalizas (haba, maíz, choclo, tomate, arveja)	3.672	7,78%
Menestras (fríjol, haba seca)	2.237,2	4,74%
Tubérculos (camote, papa, olluco)	26.630,1	56,46%
Anís	380	0,81%
Pastos y forrajes	434	0,92%
TOTAL	47.169,53	100,00%

Fuente: Ministerio de Agricultura

a) Ganadería

Las crianzas son variadas y practicadas en forma extensiva en lo que se refiere a animales mayores. El 60% de las familias se dedican a la ganadería utilizando tecnología tradicional, predominan las razas criollas y un número reducido de criadores de ganado mejorado, la ganadería esta conformado por equinos, porcino, caprino, ovino, vacuno, etc. la producción ganadera se muestra en el cuadro N° IV.8

Cuadro N° IV.8

Producción pecuaria

PRODUCTOS	Población	%
Vacuno	59.211,00	48,37%
Porcino	11.100,00	9,07%
Caprino	15.674,00	12,80%
Equino	36.438,00	29,76%
TOTAL	122.423,00	100,00%

Fuente: Ministerio de Agricultura

b) Minería

La provincia de Abancay presenta una variedad de metales como oro, plata, cobre y plomo; de los cuales si realizamos un análisis a nivel distrital observamos que existe solamente la mina de oro denominado Vicuñahuato del distrito de Chacoche actualmente en explotación.

Por otra lado en los demás distritos existen minas pero no están en explotación ni exploración, prácticamente en estado de abandono temporal a que el Ministerio de Energía y Minas pueda dar los permisos respectivos para su intervención y exista entidades que se interesen y puedan financiarlos.

La mina de cobre las Bambas ubicado en la provincia de Cotabambas en la actualidad esta es su proceso de explotación bajo la concesión a la empresa Xstrata Perú.

c) Turismo

La provincia de Abancay posee un valioso patrimonio cultural – natural como: Monumentos Arqueológicos Históricos, Danzas, Costumbres, lugares naturales ecológicos dentro de la jurisdicción espacial de sus distritos, que en conjunto constituyen el potencial turístico de la zona y a falta de una adecuada promoción y difusión no son plenamente conocidos los valores turísticos, que permita captar al turista interno y externo, a esto se agregan las limitaciones operativas, la falta de Vías de acceso, inercia de las instituciones encargadas de administrar este recurso; dentro de los atractivos turísticos más importantes tenemos:

- Cañón del Apurímac
- Baños termo medicinales de Cconoc
- Santuario nacional del Ampay
- Puente colonial de Pachachaca

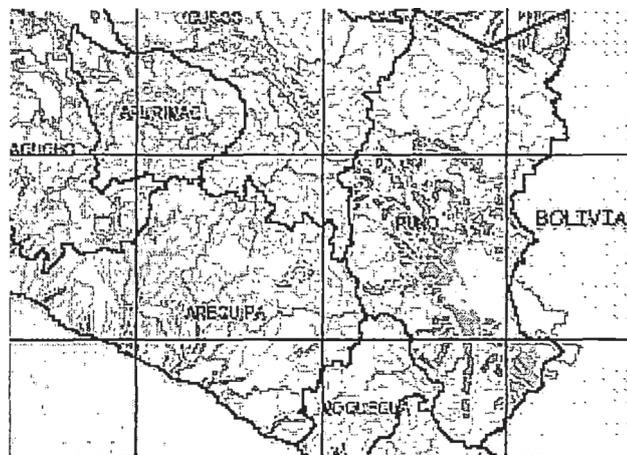
La actividad económica de la provincia de Abancay va de la mano con el sistema vial; para incrementar la producción agropecuaria es de vital importancia que las carreteras que unen los flujos de mercados estén diseñados para resistir aquellos eventos naturales como los deslizamientos, con ello se garantiza una interacción continua con los centros poblados que unen las mencionadas carreteras.

4.6 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS NATURALES

Para identificar los peligros naturales que afectan la Ciudad de Abancay y específicamente la zona donde se ubica la Vía de Evitamiento, es necesario determinar la zona en estudio en el mapa de peligros naturales del Perú, tal como muestra la figura N° IV.1 (ver mapa de peligros naturales anexo C)

Figura N° IV.1

Mapa de peligros naturales de Apurímac



Fuente: Atlas de peligros naturales del Perú

Leyenda

	Deslizamientos y huaycos por deforestación en la selva alta
	Deslizamientos y huaycos en la vertiente occidental de los andes
	Deslizamientos y huaycos en la vertiente oriental de los andes
	Inundación en épocas de crecida de ríos amazónicos
	Aludes y aluviones por presencia de glaciares y lagunas
	Ocurrencia frecuente de inundaciones

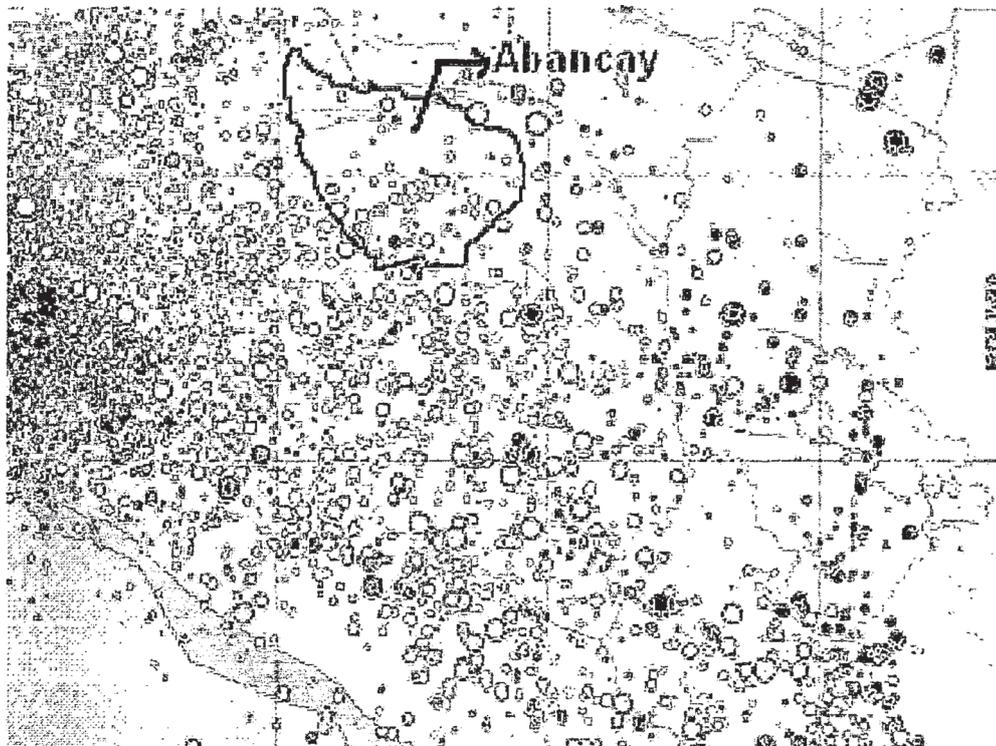
Como se puede apreciar en el mapa de peligros naturales, ubicando la Región Apurímac; los deslizamientos de tierra y huaycos son los únicos peligros naturales a los que esta expuesta la zona en estudio; los deslizamientos de tierra pueden ser ocasionados por movimientos sísmicos, erupciones volcánicas y precipitaciones pluviales; para identificar la causa de los deslizamientos se presenta el mapa de máximas intensidades sísmicas, mapa de sismicidad y mapa de erupciones volcánicas. (Ver mapa de sismicidad del Perú anexo C)

a) Movimientos Sísmicos

Para determinar la actividad sísmica que pudiera ocasionar los deslizamientos se analiza el mapa de sismicidad como se puede apreciar en la figura N° IV.2

Figura N° IV.2

Mapa de Sísmicidad de Abancay

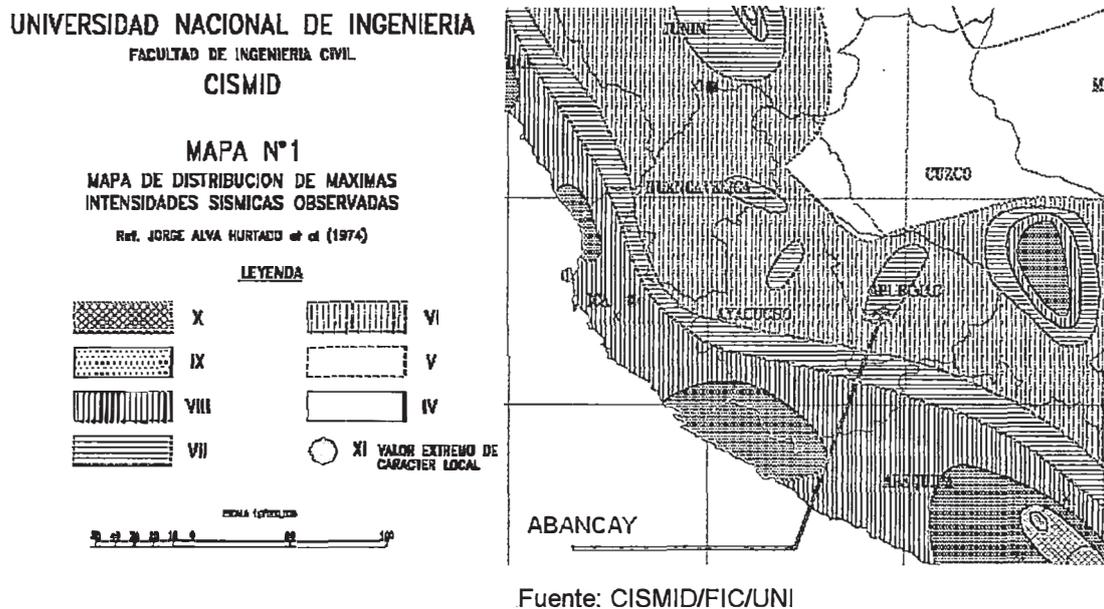


Fuente: Atlas de peligros naturales del Perú

De acuerdo al mapa sísmico del Perú, específicamente la cuenca de Abancay no tiene epicentros sísmicos, siendo la concentración mas próxima al NE de Abancay cerca al río Apurímac, caracterizado por sismos superficiales (30 – 70Km). Se muestra en la figura N° IV.3 (Ver mapa de intensidades sísmicas del Perú anexo C).

Figura N° IV.3

Mapa de Intensidades Sísmicas del Perú

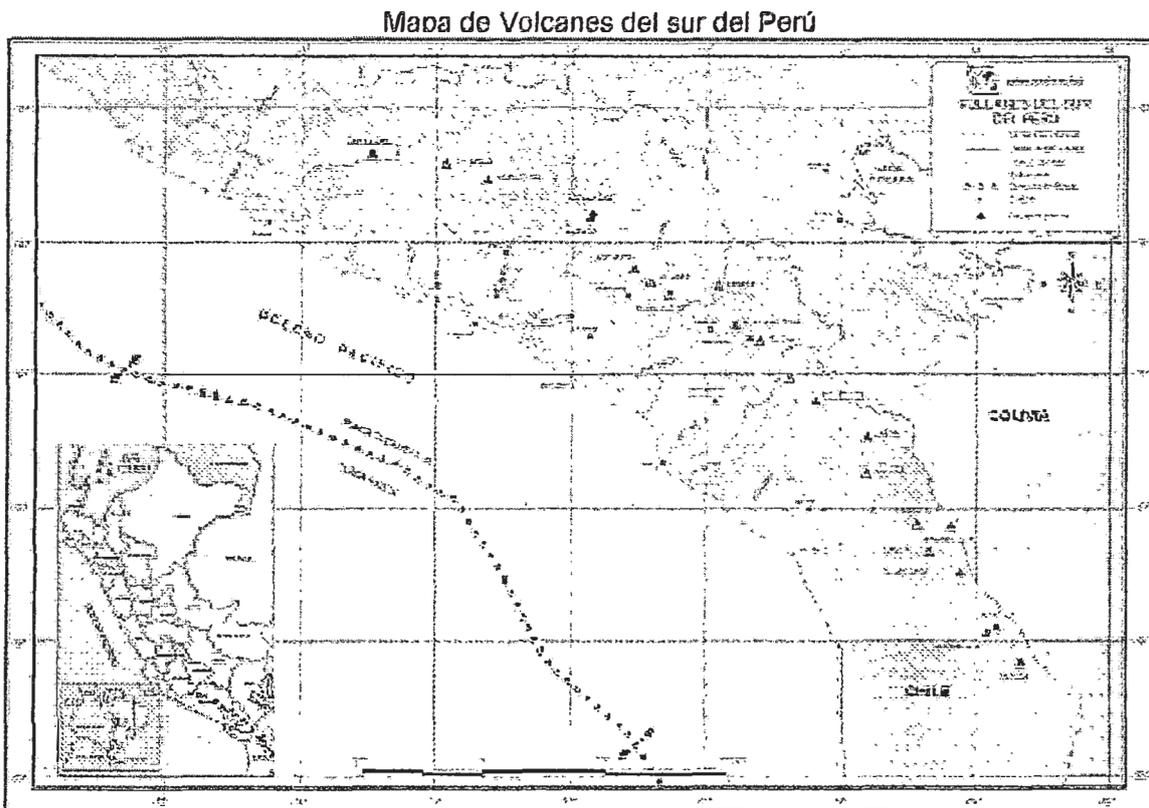


Superponiendo los mapas de máximas intensidades sísmicos y sismicidad del Perú; se puede apreciar visualmente que la zona en estudio no presenta mayor peligro que pudiera ocasionar los deslizamientos; así también la historia de desastres demuestra que no se reportaron ningún fenómeno de esta naturaleza.

b) Erupciones Volcánicas

La actividad volcánica también puede dar lugar a los deslizamientos, para tal efecto se analiza el mapa de volcanes del Perú (ver anexo C), en la figura N° IV.4 se muestra la ubicación de los volcanes.

Figura N° IV.4



Fuente: Atlas de peligros naturales del Perú

Como se aprecia el mapa de volcanes del sur del Perú, la zona en estudio no presenta volcán alguno, por lo tanto el peligro de ocasionar los deslizamientos debido a este fenómeno es nulo.

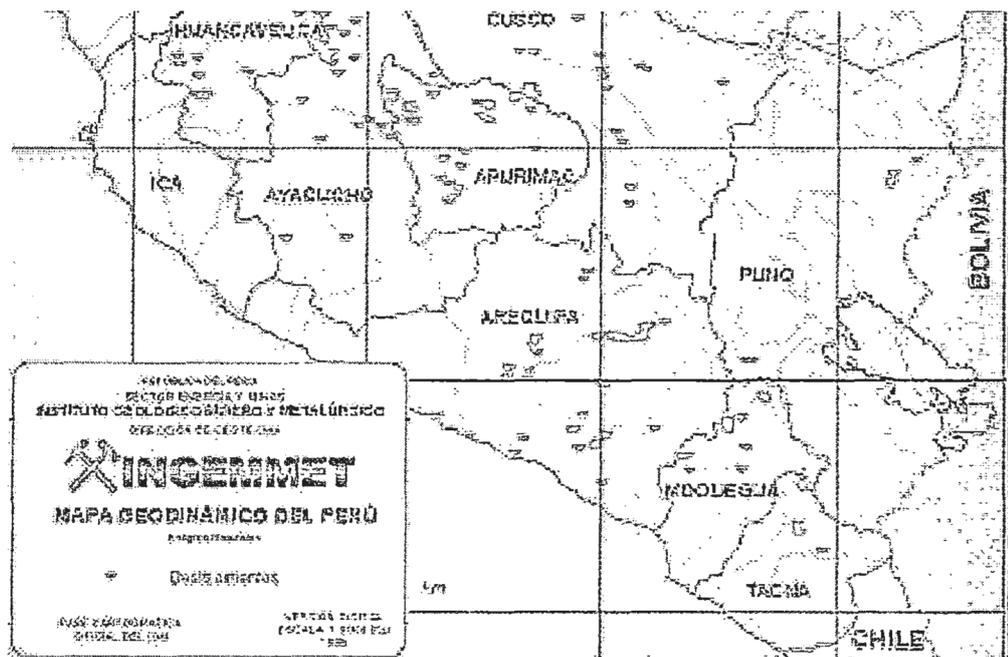
Se concluye que los deslizamientos de suelo son provocados únicamente por las precipitaciones pluviales que alcanzan un promedio anual de 600mm como se mostró en el cuadro N° IV.6 las precipitaciones de la estación del Ampay.

Las altas precipitaciones pluviales que alcanzan son en los meses de febrero a marzo, saturando el suelo en aquellas quebradas con pronunciadas pendientes pudiendo generarse huaycos y deslizamientos.

La historia de desastres causados por este fenómeno reporta lo ocurrido el 17 de febrero del 1997 en la zona de Pumaránra que causó 220 desaparecidos, 50 heridos y 61 viviendas destruidas, así como también varias hectáreas de terreno de cultivo destruidos; se muestra en la figura N° IV.5 los deslizamientos ocurridos en la Región Apurímac.

Figura N° IV.5

Mapa de deslizamientos del Perú



Fuente: Atlas de peligros naturales del Perú

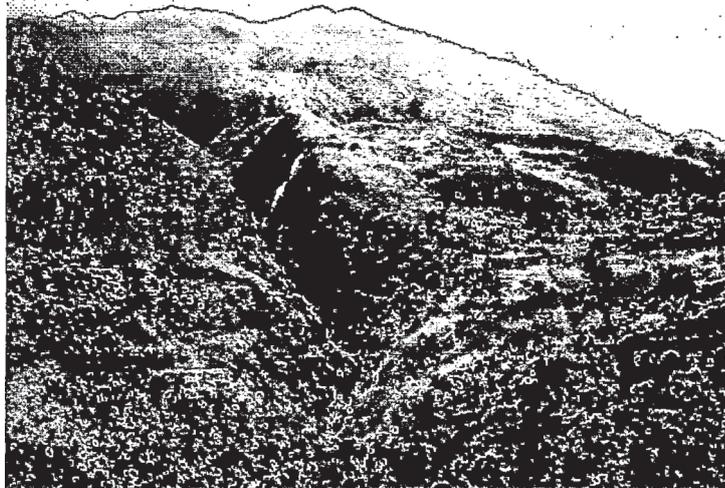
Esto implica que se debe tomar conciencia y mayor atención a este tipo de fenómenos naturales; tal es el caso en la construcción de la Vía de Evitamiento que por su ubicación es susceptible a dicho fenómeno.

Analizado los peligros naturales que afectan a la Vía de Evitamiento, se concluye que los deslizamientos de suelo saturado es el único fenómeno que afecta a dicha vía; con lo cual el estudio de evaluación de vulnerabilidad estará enfocado específicamente a este evento.

Caso aparte se identifica como peligro indirecto e inducido el canal de regadío ubicado en la progresiva Km 2+500 a Km 3+000 de la quebrada Ñacchero, que superpone paralelamente al eje de la carretera; dicho canal se vería afectado por el corte de talud para la plataforma de la vía, quedando debilitado y propenso a las más leve erosión de colapsar tal como se puede apreciar en la figura N° VI.6

Figura N° IV.6

Peligro de desbordamiento del canal de regadío



La ubicación del canal en mención podría generar un desbordamiento afectando la vía y más aún el regadío de las zonas agrícolas; para evitar dicho efecto se propone la reubicación del canal ubicando la bocatoma y el eje del canal a una cota superior a la actual, de tal manera que pueda estar en servicio sin riesgo alguno de afectar a la carretera como también a las áreas agrícolas.

De lo expuesto una vez identificado el peligro (trabajo de gabinete), se debe realizar un levantamiento de información en campo para corroborar lo mostrado en los mapas de peligros naturales; e identificar las zonas y/o tramos críticos que será aquel que tenga mayor peligrosidad.

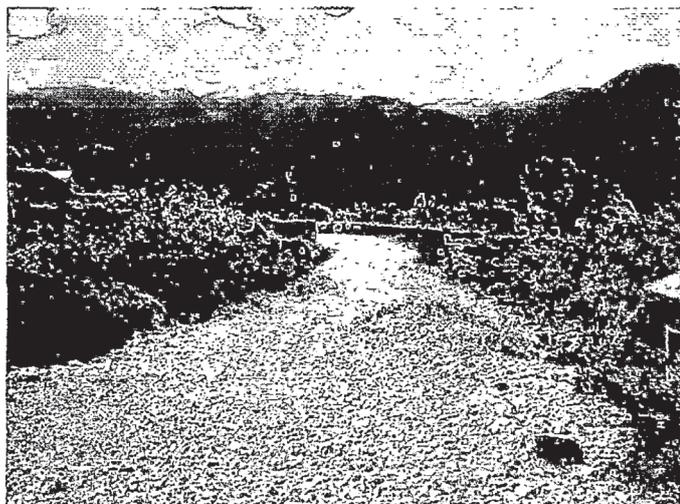
También se debe considerar los efectos inducidos como por ejemplo los cortes de talud que genera la construcción de la Vía de Evitamiento, éstas harán aún más susceptibles e inclusive podría llegar a inestabilizar el talud, con lo cual se pone en riesgo las grandes áreas de cultivo que atraviesa dicha vía, así también la población rural se vería afectado por la perdida de sus terrenos de cultivo.

Las posibles consecuencias y/o efectos causados por la construcción que demandará la vía, serán contrarrestados con un diseño vial acorde a las exigencias de la actualidad al igual que el diseño de las obras de prevención.

La cantidad y tipos de obras de arte deberán estar estratégicamente ubicados a lo largo de la carretera, para esto; la identificación de los tramos vulnerables, el reconocimiento de campo y los mapas de peligros naturales mencionados permitirán la buena elección y ubicación de dichas obras.

Figura N° IV.7

Prog. Km 4+200
Las obras de arte se
ubicarán estratégicamente a
lo largo de vía.



CAPITULO V:

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA DE EVITAMIENTO

El diseño vial es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional para garantizar la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad; el diseño de una carretera en su entorno debe procurar minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la topografía existente.

Por cuanto en este capítulo se desarrollará el diseño geométrico de la Vía de Evitamiento que contempla: el diseño en planta y perfil longitudinal.

El diseño en planta y perfil longitudinal se basa en el manual de diseño geométrico de carreteras (DG - 2001); y las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG – 2000), aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (RD N° 1146-2000-MTC/15.17 diciembre 2000).

5.1 DISEÑO EN PLANTA

Para el diseño geométrico de la Vía de Evitamiento se cuenta con el plano clave de curvas de nivel del eje de la vía, realizado por el Gobierno Regional de Apurímac; en base al plano mencionado se procede al replanteo y mejoramiento del trazo del eje de la carretera.

El trazo en planta se compone de alineamientos rectos y de curvas; para lo cual debemos elegir aquel eje que en conjunto: costo de construcción, costo de operación vehicular y costo de mantenimiento de la vía, resulte más económica.

Cabe señalar que el trazo en planta y perfil longitudinal propuesto en el presente estudio serán de uso exclusivo para la evaluación de vulnerabilidad y servirán de base para el diseño definitivo de la Vía de Evitamiento.

Para el diseño geométrico es necesario definir la velocidad directriz, para ello se debe clasificar previamente la carretera en estudio.

La clasificación de la carretera Lima – Cusco, vía Abancay tiene un índice medio diario (IMD < 2000 veh/día); entonces de acuerdo a la demanda se clasifica como de “segunda clase”.

De acuerdo a lo descrito, la Vía de Evitamiento de Abancay por ser parte de la carretera Lima – Cusco (ver plano vial de Abancay), también tendrá la misma clasificación, es decir de segunda clase; por tanto se procede la elección de la velocidad directriz.

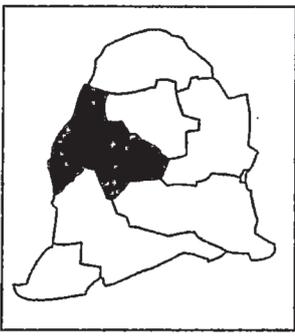
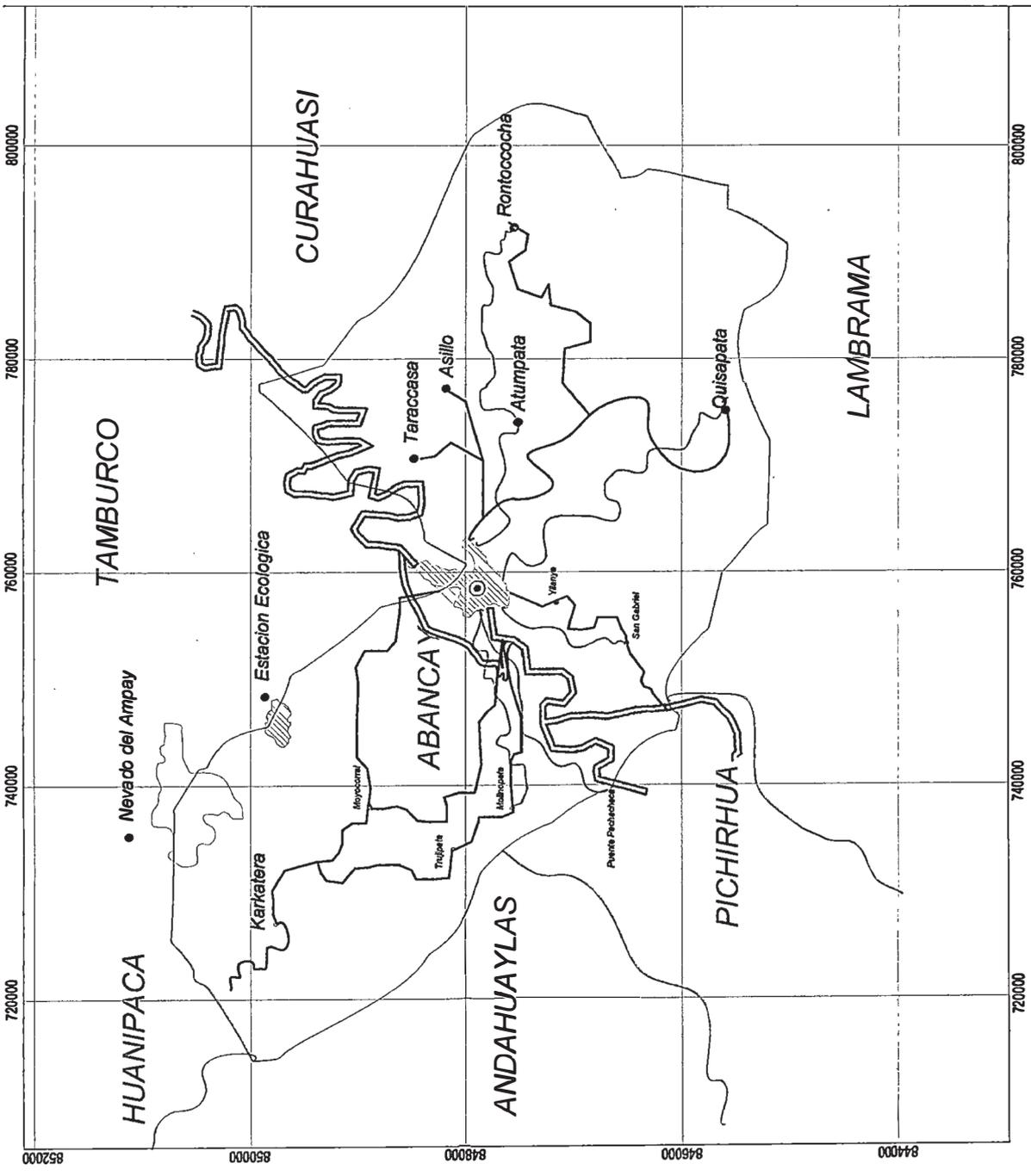
a) Velocidad directriz (km/h)

Es la velocidad a la cual un conductor puede circular con entera seguridad por una carretera, con ésta velocidad se precederá el diseño.

La elección de la Vd depende de la importancia o categoría de la futura carretera, de los volúmenes de tránsito, de la configuración topográfica del terreno, etc.

b) Orografía

La orografía nos indica la inclinación transversal de terreno; el cuadro N° V.1 indica la clasificación de la carretera según las condiciones orográficas.



LEYENDA

- Capital de Distrito.
- Centro Poblado
- Carretera Nacional.
- Via de Evitamiento.
- Carretera Departamental.
- Carretera Vecinal.
- Camino de Herradura.
- Puentes.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
	DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CONSTRUCCION
	PROYECTO 1
	TESIS: EVALUACION DE VULNERABILIDAD A LOS PELIGROS NATURALES
	DE LA VIA DE EVITAMIENTO DE ABANCAY
	AUTOR: FRANK ANTONIO MERRINO CARDENAS
	COORDENADOR: DR. JAVIER JIMENEZ PERAZA
	ABANCAY, 2000

Cuadro N° V.1 Clasificación según las condiciones ortográficas

CARRTERA	CONDICION OROGRAFICA	
	INCLINACION TRANSVERSAL DEL TERRENO NORMAL AL EJE DE LA VIA	
TIPO 1	0% - 10%	0° - 5,7°
TIPO 2	10% - 50%	5,7° - 26,6°
TIPO 3	50% - 100%	26,6° - 45°
TIPO 4	MAYOR DE 100%	MAYOR DE 45°

Fuente: MTC

Por cuanto, se definió líneas arriba que la Vía de Evitamiento corresponde a una clasificación de segunda clase y de acuerdo al plano de curvas de nivel (ver plano diseño en planta anexo D) se determina que la orografía es de tipo 4; con estos resultados se ingresa al cuadro N° V.2 donde se elige la **velocidad directriz y/o velocidad de diseño**.

Cuadro N° V.2

**Velocidad directriz en función del IMD y orografía
NORMA MTC DG-2001 TABLA 101.01**

CLASE	SUPERIOR				PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE							
	TRAF. VEH/DIA > 4000								4000 - 2001				2000 - 401				400 - 201			
TIPO DE VIA	AP		MC		DC				DC				DC							
OROGRAFIA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DIRECTRIZ EN Km/h	30																			
	40																			
	50																			
	60																			
	70																			
	80																			
	90																			
	100																			
	110																			
	120																			
	130																			
	140																			
150																				

AP: AUTOPISTAS

MC: CARRETERA MULTICARRIL

DC: CARRETERA DE DOS CARRILES

Fuente: MTC

Además los radios mínimos de curvas, sobreeanchos, peraltes, curvas verticales, visibilidad, longitud de transiciones y en fin todos los factores que gobiernan el diseño del camino, se calculan en función de la velocidad directriz, por cuanto del cuadro N° V.2 con los datos descritos líneas arriba la velocidad directriz corresponde a 40Km/h.

c) Radio mínimo

Los radios mínimos normales que se usan en las diferentes carreteras son función de la velocidad directriz y del peralte de acuerdo a los valores que se indican en el cuadro N° V.3.

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{128(p + f)}$$

V = Velocidad Directriz (Km/h)

p = Peralte (máx. 8% p'carreteras 1° y 2° orden)
(máx. 10% p'carreteras 3° y 4° orden)

Cuadro N° V.3

Radios mínimos y peraltes máximos

UBIACION DE LA VIA	VELOCIDAD DE DISEÑO	P maximo %	RADIO REDONDEADO	f max	RADIO CALCULADO
AREA RURAL TIPO 3 ó 4	30	12	25	0,17	24,25
	40	12	45	0,17	43,10
	50	12	70	0,16	69,75
	60	12	105	0,15	104,17
	70	12	150	0,14	147,24
	80	12	195	0,14	192,31
	90	12	255	0,13	253,13
	100	12	330	0,12	325,52
	110	12	415	0,11	411,01
	120	12	540	0,09	535,71
	130	12	665	0,08	660,16
	140	12	815	0,07	805,92
150	12	985	0,06	976,56	

Fuente: Norma MTC

De lo determinado líneas arriba el trazo en planta se propone:

- Velocidad Directriz : 40 Km./h
- Longitud Total 9,14 Km
- Categoría Segunda clase (por importancia de la vía)
(Normas DG 2001) Tipo 4 (según sus
Condiciones orográficas)
- Ancho de Superficie de Rodadura
6.00 + bermas de 0.50 m
- Radio Mínimo 30 metros
- Radio Máximo 350 metros.

De acuerdo a la Normas del MTC 1999 tabla 402.08 tal como se muestra en el cuadro N° V.4 los valores de radios a partir del cual se podría prescindir de la curva de transición son:

Cuadro N° V.4

Valores de radios para prescindir las curvas de transición

V (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800	2000

Fuente: Norma MTC

Según lo propuesto, para una $V_d=40\text{Km/h}$ se debe tener un radio mínimo de 150m; esto obliga al uso necesario de replantear con curvas de transición y/o espiral aquellas curvas de radios menores a 150m; por lo cual el 70% de las curvas serian espirales salvo sectores críticos que fue imposible diseñarlas evitando elevados movimientos de tierra, para contrarrestar la vulnerabilidad de la vía en dichas zonas a accidentes de tráfico se complementaria con adecuados señales de transito advirtiendo al usuario, el plano en planta con curvas circulares y espirales se muestra en el anexo D (Ver plano diseño en planta)

5.2 PERFIL LONGITUDIAL

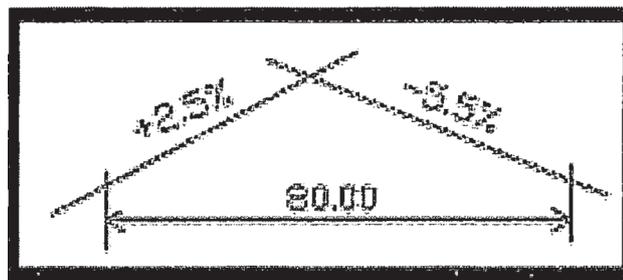
El perfil longitudinal está formado por la rasante constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, dichas rectas son tangentes a los arcos; para efectos de definir el perfil longitudinal se consideran prioritarias las características funcionales de seguridad y comodidad.

En el perfil longitudinal la rasante serán enlazadas con curvas verticales parabólicas, estas deben colocarse en el caso de vías con pavimento tipo superior cuando la diferencia algebraica de pendiente sea mayor a 1%, así también la longitud puede ser variable, se recomienda una longitud mínima de 80m, como se indica en la figura N° V.1.

Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan la distancia de visibilidad mínima de parada y según sea el caso en distancia de paso.

Figura N° V.1

Curvas verticales



El cuadro N° V.5 muestra las pendientes máximas de acuerdo al tipo de vía, clase, Vd, etc.; el cual debe verificarse en el trazo del perfil longitudinal.

Cuadro Nº V.5

Pendientes máximas

TABLA 402.03 DG-2001

CLASE TRAF. VEH/DIA	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE				
	> 4000								4000 - 2001				2000 - 401				400 - 201				
TIPO DE VIA	AP				MC				DC				DC				DC				
OROGRAFIA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
VELOCIDAD DIRECTRIZ EN Km/h	30																		10,0	12,0	
	40														9,0	8,0	9,0	10,0			
	50										7,0	7,0			8,0	9,0	8,0	8,0			
	60					6,0	6,0	7,0	7,0	6,0	6,0	7,0	7,0	6,0	7,0	8,0	9,0	8,0	8,0		
	70			5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	7,0	6,0	6,0	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0		7,0			
	80	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	6,0	6,0	6,0		6,0	6,0			7,0			
	90	4,5	5,0	5,0		5,0	5,0	6,0		5,0	5,0			6,0							
	100	4,5	4,5	4,0		5,0	5,0	6,0		5,0				6,0							
	110	4,0	4,0			4,0															
	120	4,0	4,0			4,0															
	130	3,5																			
	140	3,0																			
	150																				

Fuente: MTC

Según el perfil diseñado presenta una pendiente mínima y máxima de:

- Pendiente Mínima 0.5 %
- Pendiente Máxima 8.5 %

El plano del perfil longitudinal y el cuadro de elementos de las curvas verticales se muestran en el plano de perfil longitudinal (Ver anexo D).

CAPITULO VI:

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA VÍA DE EVITAMIENTO

La información básica utilizada consiste en el mapa de peligros naturales, mapa de red vial, mapa de sismicidad y mapa de erupciones volcánicas; de acuerdo a lo descrito en el capítulo IV "Caracterización de la Zona en Estudio" (Identificación de Peligros Naturales); en el que se concluyó que los deslizamientos es el único peligro que afecta a la Vía de Evitamiento; en tal sentido la evaluación de vulnerabilidad se sintetiza a dicho fenómeno.

Después de analizar la información básica, se realizan visitas de campo, donde se recorrió la carretera en su totalidad, con el fin de verificar y cuantificar la longitud vulnerable a los peligros naturales.

6.1 LEVANTAMIENTO DE CAMPO Y TRAMOS VULNERABLES

Se procede a realizar el reconocimiento de campo en toda la ruta de la vía con el objeto de cuantificar la longitud vulnerable en los diferentes segmentos de los tramos de carretera, e identificar las zonas o tramos críticos.

En el reconocimiento de campo se toma nota de: tipo de roca y/o suelos, acuíferos, pendientes, precipitaciones y fotografías que ayudaran a describir mejor la zona (ver figura N° VI.1)

Figura N° VI.1

Prog. 00+100
Levantamiento de
campo



Realizado el trabajo en campo se procede al procesamiento de datos en gabinete dando como resultado la longitud vulnerable a los deslizamientos en sus respectivas progresivas, como se indica en el cuadro N° VI.1.

Cuadro N° VI.1

Longitud vulnerable a los peligros naturales

Progresiva	Longitud (ml)	Longitud Vulnerable a Deslizamientos (m)
Km 00+00 - 00+100	100	50
Km 00+100 - 00+200	100	20
Km 00+200 - 00+300	100	50
Km 00+300 - 00+400	100	30
Km 00+400 - 0+500	100	-
Km 00+500 - 00+600	100	100
Km 00+600 - 00+700	100	100
Km 00+700 - 1+00	300	-
Km 1+00 - 1+100	100	50
Km 1+100 - 1+400	300	-
Km 1+400 - 1+500	100	65
Km 1+500 - 1+600	100	75
Km 1+600 - 1+700	100	100
Km 1+700 - 1+800	100	50
Km 1+800 - 1+900	100	70
Km 1+900 - 2+00	100	30
Km 2+00 - 2+800	800	-
Km 2+800 - 2+900	100	100
Km 2+900 - 3+000	100	100
Km3+000 - 3+3000	300	-
Km 3+300 - 3+400	100	30
Km 3+400 - 3+500	100	40
Km 3+500 - 3+600	100	50
Km 3+600 - 3+700	100	40
Km 3+700 - 3+800	100	50
Km 3+800 - 3+900	100	45
Km 3+900 - 4+000	100	-
Km 4+000 - 4+700	700	-
Km 4+700 - 4+800	100	50
Km 4+800 - 4+900	100	100
Km 4+900 - 5+000	100	65

Progresiva	Longitud (ml)	Longitud Vulnerable a Deslizamientos (m)
Km 5+00 - 5+100	100	-
Km 5+100 - 5+200	100	100
Km 5+200 - 5+300	100	60
Km 5+300 - 5+400	100	-
Km 5+400 - 5+500	100	50
Km 5+500 - 5+700	200	-
Km 5+700 - 5+800	100	100
Km 5+800 - 5+900	100	55
Km 5+900 - 6+000	100	-
Km 6+000 - 6+700	700	-
Km 6+700 - 6+800	100	80
Km 6+800 - 7+000	200	-
Km 7+000 - 7+400	400	-
Km 7+400 - 7+500	100	40
Km 7+500 - 8+000	500	-
Km 8+000 - 8+800	800	-
Km 8+800 - 8+900	100	80
Km 8+900 - 9+00	100	62
Km 9+00 - 9+142.51	142,51	38
TOTAL	9142,51	2125
PORCENTAJE	100%	23%

Fuente: Elaboración propia

De los 9.14 Km de carretera, 2125m es vulnerable a los deslizamientos que representa el 23% de la vía; 0% vulnerable a sismos, 0% vulnerables a inundaciones y 0% vulnerable a erupciones volcánicas, por consiguiente se puede decir que el 77% de la vía es relativamente estable.

El cuadro N° VI.1 representa una identificación general de los tramos vulnerables de acuerdo a sus respectivas progresivas, que será útil para plantear las obras de prevención.

Una vez identificado los tramos vulnerables de la Vía de Evitamiento, como se mostró en el cuadro N° VI.1, se procede a categorizar el nivel de peligro; para ello, la vía se divide en tramos de 1Km.

Para asignar el nivel de peligro a cada tramo se hace uso de los parámetros establecidos en el cuadro N° III.1, donde se indica los criterios básicos, y con los datos tomados en campo se asignan los niveles de peligro a cada tramo.

6.2 ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO

Para la evaluación de vulnerabilidad, el cuadro N° VI.1 se procede a dividir en tramos de 1Km, donde se indica la longitud vulnerable y el nivel de peligro asignado según el cuadro N° III.4; tal como se muestra en el cuadro N° VI.2

Además de estos datos, el estudio presenta imágenes explicativas que permiten entender y visualizar la magnitud de los eventos y su efecto en la ruta estudiada.

Cuadro N° VI.2

Longitud vulnerable y nivel de peligro por tramos

tramos	longitud (m)	progresiva	longitud vulnerable a deslizamientos (m)	% afectado	nivel de peligro
Tramo 1	1000	00+000 - 1+000	350	35	2
Tramo 2	1000	1+000 - 2+000	440	44	2
Tramo 3	1000	2+000 - 3+000	200	20	3
Tramo 4	1000	3+000 - 4+000	255	26	2
Tramo 5	1000	4+000 - 5+000	215	22	1
Tramo 6	1000	5+000 - 6+000	365	37	3
Tramo 7	1000	6+000 - 7+000	80	8	3
Tramo 8	1000	7+000 - 8+000	40	4	2
Tramo 9	1142,51	8+000 - 9+145,51	180	16	1

Fuente: Elaboración propia

El cuadro N° VI.2 muestra que el tramo 2 tiene mayor longitud vulnerable a deslizamientos con 440m, respecto al resto de tramos; esto no implica necesariamente que sea el tramo crítico ya que el nivel de peligro es 2 (moderado en base al cuadro N° III.4).

En la figura N° VI.2 se muestra el potencial de deslizamiento que podría tener el talud de material arcilloso suelto, a una eventual saturación del suelo debido a las altas precipitaciones pluviales en los meses de enero a marzo.

Figura N° VI.2

Prog. 01+600
Talud de corte
de material
arcilloso
propenso a
deslizarse
ante las
precipitaciones
pluviales



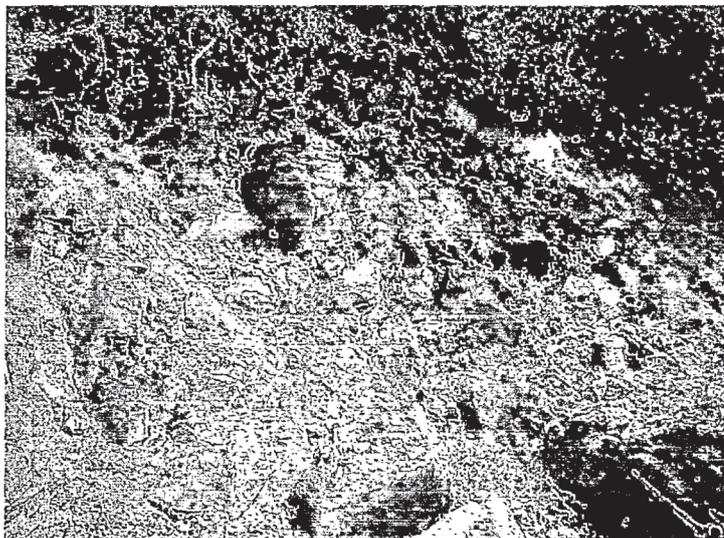
El tramo crítico será aquel que presente el mayor nivel de peligro, es decir los tramos 3, tramo 6 y tramo 7 con un total de 645m de longitud vulnerable que representa el 7% de la vía; con un nivel de peligro 3 (nivel alto en base al cuadro N° III.4), tal como se muestra en las figuras N° VI.3 y N° VI.4.

Figura N° VI.3

Tramos críticos
altamente
vulnerables



Figura N° VI.4



Material suelto no consolidado, talud inestable

Conocidas las longitudes vulnerables y el nivel de peligro de cada uno de los tramos respectivamente; se hace la sumatoria de longitudes vulnerables de los tramos que tengan igual nivel de peligrosidad resumidos en una matriz que se presenta en el cuadro N° VI.3

6.3 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de la vía, se agrupa aquellos tramos de igual nivel de peligro que se muestra en la matriz del cuadro N° VI.3.

Cuadro VI.3

Resumen longitud vulnerable y nivel de peligro

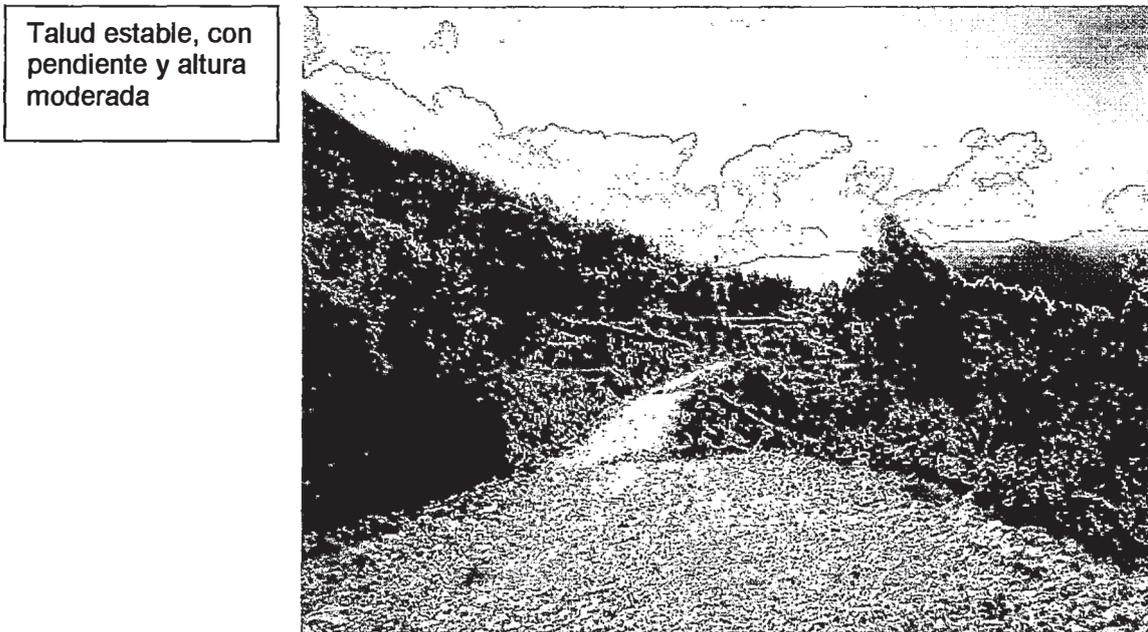
Tramos	Longitud Vulnerable a Deslizamientos (m)	% afectado	Nivel de Peligro	Densidad Poblacional
Tramo 5 y 9	395	4,32%	1	3
Tramo 1, 2, 4 y 8	1085	11,87%	2	
Tramo 3, 6 y 7	645	7,05%	3	
Tramos estables	7017,51	76,76%	1	
TOTAL	9142,51	100,00%		

Fuente: Elaboración propia

Los tramos relativamente estables representa el 76,76% de la vía, resulta de la sumatoria de las diferencias y/o complemento aritmético de longitudes calificados como vulnerables según el cuadro N° VI.2.

Estos tramos consideramos como estables, o no vulnerables a los deslizamientos son aquellos que presentan una topografía de moderada pendiente como se puede apreciar en la figura N° VI.5

Figura N° VI.5



Se concluye evaluando en la ecuación (1) la matriz del cuadro N° VI.3.

$$V = \delta * \sum_{i=1}^{n=4} P_i * \%L \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

δ : Densidad poblacional

P: peso correspondiente a cada nivel de peligro (cuadro N° III.1)

%L: Porcentaje de longitud de carretera afectada

i : 1.2.3.4 (nivel de peligro)

Evaluando la ecuación (1)

$$V = (1 \times 4.32 + 2 \times 11.87 + 3 \times 7.05 + 1 \times 76.76) \times 3 = 377.91$$

Con este resultado 377.91 se ingresa al cuadro N° III.5 que corresponde a un rango de vulnerabilidad **moderado**, puesto que 377.91 es menor que 400 tal como se define en el cuadro N° III.5.

Entonces la vulnerabilidad de la Vía de Evitamiento de Abancay es Moderado; esto no representa mayor riesgo en la infraestructura del transporte, a excepción en los meses de altas precipitaciones pluviales donde podría ocasionar cierto efecto a la carretera.

Tomando en consideración lo descrito líneas arriba, se plantean las propuestas de obras de prevención con el objeto de reducir la vulnerabilidad de dicha carretera; se describe a continuación:

- Puentes
- Pontones
- Muros de Retención de Concreto Armado
- Muros de Retención con Gaviones
- Alcantarillas
- Badenes
- Cunetas

Estas propuestas de reducción de vulnerabilidad en el sistema de transporte se deben implementar en los proyectos a nivel de factibilidad; con lo cual se estaría optimizando los costos de mantenimiento y rehabilitación de las carreteras; ya que si una vía es altamente vulnerable, demandará elevados costos de construcción, mantenimiento y rehabilitación.

CAPITULO VII:**OBRAS DE PREVENCION Y COSTOS ASOCIADOS**

Este capítulo esta destinado a las propuestas de obras de prevención para reducir la vulnerabilidad, que incluyen tanto el diseño, los planos y el presupuesto, se desarrolla de manera detallada la ubicación de las obras de arte según las progresivas como: muros de concreto armado, gaviones, alcantarillas, cunetas, puentes, badén y pontones.

De acuerdo al levantamiento de campo y a la evaluación de la vulnerabilidad se plantea las obras de reducción de vulnerabilidad según el cuadro VII.1.

Cuadro N° VII.1 Obras de prevención

Progresiva	Concepto de Obras
Km 00+225	Alcantarilla N° 1
Km 0+500 - 0+700	Gavión
km 0+860	Alcantarilla N° 2
Km 1+40	Alcantarilla N° 3
Km 1+200	Alcantarilla N° 4
Km 1+400	Alcantarilla N° 5
Km 1+440 - 1+500	Gavión
Km 1+430 - 1+450	Baden
Km 1+540	Alcantarilla N° 6
Km 1+500 - 1+545	Gavión
Km 1+580 - 1+600	Gavión
Km 1+610	Alcantarilla N° 7
Km 1+610 - 1+700	Gavión
Km 1+820 - 1+850	Gavión
Km 1+840	Alcantarilla N° 8
Km 1+860 - 1+930	Gavión
Km 2+00	Alcantarilla N° 9
Km 3+00	Puente Ñacchero L=20m
Km 3+420	Alcantarilla N° 10
Km 3+750	Alcantarilla N° 11
Km 4+400	Alcantarilla N° 12
Km 4+670	Alcantarilla N° 13
Km 4+700 - 4+740	Gavión
Km 4+800 - 4+900	Gavión
Km 4+900	Alcantarilla N° 14

Progresiva	Concepto de Obras
Km 4+900 - 4+960	Gavión
Km 5+100	Alcantarilla N° 15
Km 5+200 - 5+240	Muro retención
Km 5+360	Alcantarilla N° 16
Km 5+470 - 5+ 500	Muro soporte
Km 5+700 - 5+850	Gavión
Km 5+900	Puente Hullpuhuaycco L=20m
Km 6+720 - 6+800	Muro retención
Km 6+860	Ponton Sahuanay L=6m
Km 7+420 - 7+460	Muro retención
Km 7+540	Alcantarilla N° 17
Km 8+840 - 8+860	Gavión
Km 8+880 - 8+900	Gavión
Km 8+900	Ponton Veronicayoc L=6m
Km 8+965 - 9+00	Gavión
Km 9+00 - 9+142,51	Gavión

Fuente: elaboración propia

7.1 MUROS DE RETENCIÓN DE CONCRETO ARMADO Y GAVIONES

a) Muro de retención de concreto armado

Los muros de retención de concreto armado en voladizo se proponen para contener la plataforma de la Vía de Evitamiento en los tramos evaluados previamente de acuerdo al cuadro VII.2 (ver plano MR-01)

Cuadro N° VII.2

Muros de retención

Progresiva	Concepto de Obras
Km 5+200 - 5+240	Muro retención
Km 5+470 - 5+ 500	Muro retención
Km 6+720 - 6+800	Muro retención
Km 7+420 - 7+460	Muro retención

Fuente: elaboración propia

b) Muro de retención con gaviones

Los gaviones tipo caja fabricados con malla metálica de triple torsión de alambre galvanizado clase III (Zn - 5% Al – MM ASTM A 856) diámetro 270mm, rellenos con piedra de la región, representan una solución técnico – económica eficiente, estética y ecológica; para su aplicación en obras de ingeniería civil son de fácil instalación y se adecuan e integran armoniosamente a su entorno, logrando que la vegetación pueda desarrollarse en ella.

Los gaviones tienen múltiples aplicaciones, para el presente estudio los gaviones cumplirán la función de estructuras de contención, además los gaviones combinan eficazmente las funciones de sostenimiento y de drenaje, son de rápida construcción y permeables por ser armadas pero flexibles toleran asentamientos sin fracturas.

Por todo lo indicado líneas arriba se propone la utilización de los gaviones en la contención del talud de corte ubicados estratégicamente de acuerdo al cuadro VII.3. (Ver plano G-01)

Cuadro N° VII.3 Gaviones

Progresiva	Concepto de Obras
0+500 - 0+700	Gavión
1+440 - 1+500	Gavión
1+500 - 1+545	Gavión
1+580 - 1+600	Gavión
1+610 - 1+700	Gavión
1+820 - 1+850	Gavión
1+860 - 1+930	Gavión
4+700 - 4+740	Gavión
4+800 - 4+900	Gavión
4+900 - 4+960	Gavión
5+700 - 5+850	Gavión
8+840 - 8+860	Gavión
8+880 - 8+900	Gavión
8+965 - 9+00	Gavión
9+00 - 9+140	Gavión

Fuente: elaboración propia

7.2 CUNETAS REVESTIDAS

Las dimensiones serán definidas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, se recomienda que las cunetas sean revestidas ya que a una velocidad demasiada alta del agua que discurren sobre ella produciría erosión.

Según las N.T.P las dimensiones mínimas de cuneta son:

REGIÓN	PROF (h) (m)	ANCHO (a) (m.s.n.m)
Seca	0.20	0.50 (0.00 - 1000)
Lluviosa	0.30	0.50 (1000 - 2000)
Muy lluviosa	0.50	1.00 (> 2000)

De acuerdo a las condiciones pluviométricas de 600 mm/año en Abancay, se considera como una Región Lluviosa, por consiguiente la profundidad ($h = 0.30$) y el ancho ($a = 0.50$), se indica en el cuadro N° VII.4 (ver plano C-01)

Cuadro N° VII.4

Ubicación de cunetas

PROGRESIVA		LADO	LONGITUD DE CUNETA TRIANGULAR		TOTAL DE CUNETAS (m)
INICIO	FINAL		IZQUIERDO (m.)	DERECHO (m.)	
0+000,00	0+900,00	d	-	900,00	900,00
1+000,00	2+000,00	i	1.000,00	-	1.000,00
1+460,00	2+000,00	d	-	540,00	540,00
2+000,00	3+000,00	i	1.000,00	-	1.000,00
2+000,00	2+200,00	d	-	200,00	200,00
2+300,00	3+000,00	i	700,00	-	700,00
3+060,00	4+000,00	i	940,00	-	940,00
4+000,00	5+000,00	i	1.000,00	-	1.000,00
4+000,00	4+640,00	d	-	640,00	640,00
4+700,00	5+000,00	d	-	300,00	300,00
5+000,00	5+900,00	i	900,00	-	900,00
6+000,00	6+600,00	i	600,00	-	600,00
6+640,00	6+860,00	i	220,00	-	220,00
7+000,00	8+000,00	i	1.000,00	-	1.000,00
7+000,00	7+500,00	d	-	500,00	500,00
7+700,00	8+000,00	d	-	300,00	300,00
8+000,00	8+940,00	i	940,00	-	940,00
9+000,00	9+142,00	i	142,00	-	142,00
TOTAL				=	11.822,00

Fuente: elaboración propia

7.3 ALCANTARILLAS DE CONCRETO ARMADO

Para predimensionar las alcantarillas utilizamos el método del Dr. A.N Talbot profesor de la Universidad de Illinois, dicho método es aplicable en zonas donde no ha existido ninguna alcantarilla y no hay datos respecto al gasto hidráulico ni datos de precipitación tal es el caso que se presenta en la construcción de la Vía de Evitamiento de Abancay.

$$a = 0.183CA^{3/4}$$

Donde:

a= área hidráulica (m2) que deberá tener la alcantarilla

A= superficie a drenar en Has

C= coeficiente de Talbot, (C= 1.00, terrenos montañosos y escarpados)

La ubicación de alcantarillas se presenta en el cuadro N° VII.5. (Ver plano A-01)

Cuadro N° VII.5 Ubicación de alcantarillas

No.	PROGRESIVA	ESTRUCTURA PRINCIPAL		FUNCION
		TIPO	LONGITUD	
1	0+225	C° A°	L	Quebrada
2	0+860	C° A°	L	Pase de agua
3	1+040	C° A°	L	Pase de agua
4	1+200	C° A°	L	Pase de agua
5	1+400	C° A°	L	Pase de agua
6	1+540	C° A°	L	Pase de agua
7	1+610	C° A°	L	Quebrada
8	1+840	C° A°	L	Pase de agua
9	2+000	C° A°	L	Pase de agua
10	3+420	C° A°	L	Quebrada
11	3+750	C° A°	L	Pase de agua
12	4+400	C° A°	L	Pase de agua
13	4+680	C° A°	L	Quebrada
14	4+900	C° A°	L	Pase de agua
15	5+100	C° A°	L	Quebrada
16	5+360	C° A°	L	Pase de agua
17	7+540	C° A°	L	Pase de agua

Fuente: elaboración propia

7.4 BADÉN DE MAMPOSTERIA

Las dimensiones se proponen de acuerdo a experiencias pasadas de proyectos viales desarrollados por el MTC, topografía del terreno y criterios de campo para la toma de decisiones; la ubicación de los badenes se presenta en el cuadro N° VII.6 (Ver plano B-01)

Cuadro N° VII.6 Ubicación de badenes

Nº	NOMBRE	LUGAR	PROGRESIVA	LARGO	ANCHO	ALTO
1	B-01	BELLAVISTA BAJA	1+430	20,00	12,00	0,20
2	B-02	QUEBRADA YUTUBAMBA	6+620	20,00	12,00	0,20

Fuente: elaboración propia

7.5 PUENTE DE CONCRETO ARMADO

En el proyecto se presenta dos puentes de luz de 20m de concreto armado con vigas T (ver plano PM-01); y los pontones de luz de 6m de concreto armado tipo losa, la ubicación se muestra en el cuadro N° VII.7 (ver plano PO-01). El método de diseño estructural elegido es LRFD (LOAD RESISTANCE AND FACTOR DESIGN AASHTO) que se muestra en la memoria de cálculo.

Cuadro N° VII.7 Ubicación de puentes y pontones

No.	PROGRESIVA	NOMDE DE QUBRADA	LUZ
1	3+000	ÑACCHERO	20,00
2	5+900	HULLPUHUYACCO	20,00
3	6+860	SAHUANAY	6,00
4	8+900	VERONICAYOC	6,00

Fuente: elaboración propia

Las especificaciones técnicas se presentan en los planos respectivos a las obras en mención.

Los cálculos para el diseño de las obras en mención, se ilustran en el ANEXO C (memoria de cálculo)

7.6 PRESUPUESTO DE OBRAS DE PREVENCIÓN

El presupuesto de las obras de prevención se ha elaborado con los métrados determinados según lo indicado en los ítems del capítulo VII a cada obra de arte respectivamente y con los precios unitarios calculados se presenta como presupuesto base.

El presupuesto incluye el análisis de costos unitario de las partidas y subpartidas principales, para tal efecto se realizaron cotizaciones a los proveedores de materiales en la zona, con lo cual se obtuvo los precios de los insumos.

Para el cálculo de los costos de horas hombre se tomaron como base de referencia el costo de jornal en la zona.

No se considera el costo de transporte de material, ya que estos costos esta incluido en el precio unitario; es decir el costo de los materiales es puesto en obra, salvo para aquellas partidas que no han sido considerados en el presente estudio.

Para el cálculo de los gastos generales se estimo aproximar el 10% del costo directo, y el 15% del costo directo para la utilidad; esta aproximación resulta de las experiencias en obras viales desarrollados en el país.

El presupuesto asciende al monto de: **SIETE MILLONES NOVECIENTOS SESENTA Y OCHOMIL TRESCIENTOS NOVENTICINCO CON 51/100 NUEVOS SOLES (S/. 7.968.395,51)** incluido el IGV, calculado en agosto del 2007.

PRESUPUESTO DE OBRAS DE PREVENCIÓN

OBRA: VIA DE EVITAMIENTO DE ABANCAY "OBRAS DE REDUCCION DE VULNERABILIDAD"

FECHA: AGOSTO DEL 2007

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	PU (S/.)	PARCIAL	SUB TOTAL
1.00 OBRAS PRELIMINARES						21,696.55
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	GLB	1.00	20,000.00	20,000.00	
1.02	CARTEL DE OBRA	UND	1.00	680.00	680.00	
1.03	TRAZO Y REPLANTEO	KM	1.00	1016.55	1,016.55	
2.00 OBRAS DE ARTE						791,955.70
2.10	MUROS DE RETENCION					
2.11	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CON MAQUINARIA	M3	1681.50	7.04	11,838.27	
2.12	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	965.20	18.97	18,307.29	
2.13	SOLADO DE 0,05m	M2	883.50	9.50	8,392.31	
2.14	CONCRETO 210 KG/CM2	M3	959.50	257.51	247,084.78	
2.15	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	81557.50	5.29	431,758.39	
2.16	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS	M2	2209.70	26.51	58,581.14	
2.17	GEOTEXTIL	M2	1292.00	7.99	10,322.91	
2.18	TUBO DE DRENAJE PVC SAP CLASE 5, 2"	ML	313.50	18.09	5,670.61	
2.20	GAVION					2,026,020.40
2.21	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CON MAQUINARIA	M3	3801.60	7.04	26,764.43	
2.22	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	2467.80	18.97	46,814.17	
2.23	GAVION	M3	4968.00	393.00	1,952,441.80	
2.30	CUNETAS REVESTIDAS					720,826.12
2.31	CUNETAS TRANGULARES	ML	11822.00	60.97	720,826.12	
2.40	ALCANTARILLA TIPO MARCO					160,589.10
2.41	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CON MAQUINARIA	M3	399.84	7.04	2,815.00	
2.42	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	59.98	18.97	1,137.59	
2.43	SOLADO DE 0,05m	M2	285.60	9.50	2,712.90	
2.44	CONCRETO 210 KG/CM2	M3	195.84	257.51	50,431.56	
2.45	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	15667.20	5.29	82,940.81	
2.46	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	775.20	26.51	20,551.25	
2.50	BADEN					69,426.28
2.51	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CON MAQUINARIA	M3	116.00	7.04	816.68	
2.52	BASE DE 0,10 DE GRAVA ARENOSA	M3	12.76	18.97	242.02	
2.53	GEOTEXTIL	M2	638.00	7.99	5,097.54	
2.54	TUBO DE PVC PERFORADO DE 6"	ML	1620.00	26.34	42,674.24	
2.55	PIEDRA ASENTADA Y ENBOQUILLADA DE 0,30m	M2	40.60	36.40	1,477.96	
2.56	CONCRETO 210 KG/CM2	M3	74.24	257.51	19,117.85	
2.60	PUENTE DE CONCRETO ARMADO L=20m					206,936.75
2.61	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CON MAQUINARIA	M3	378.00	7.04	2,661.24	
2.62	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	75.60	18.97	1,433.93	
2.63	CONCRETO 280 KG/CM2	M3	132.80	304.76	40,472.67	
2.64	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	18592.00	5.29	98,424.45	
2.65	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	776.00	26.51	20,572.46	
2.66	BARANDAS METALICAS	ML	80.00	542.15	43,372.00	
2.70	PONTON DE CONCRETO ARMADO L=6m					99,961.77
2.71	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CON MAQUINARIA	M3	392.00	7.04	2,759.80	
2.72	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	98.00	18.97	1,858.80	
2.73	CONCRETO 280 KG/CM2	M3	74.52	304.76	22,711.02	
2.74	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	10432.80	5.29	55,230.35	
2.75	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	165.60	26.51	4,390.21	
2.76	BARANDAS METALICAS	ML	24.00	542.15	13,011.60	
TOTAL COSTO DIRECTO:					S/.	6,087,391.53
GASTOS GENERALES Y UTILIDAD:					10.00%	608,739.15
SUBTOTAL:					S/.	6,696,130.68
IGV (19%):					19.00%	1,272,264.83
TOTAL PRESUPUESTO:					S/.	7,968,395.51

SON SIETE MILLONES NOVECIENTOS SESENTA Y OCHOMIL TRESCIENTOS NOVENTICINCO CON 51/100 NUEVOS SOLES

CONCLUSIONES

El estudio permitió determinar la vulnerabilidad de la Vía de Evitamiento aplicando la metodología de los países centroamericanos; a partir de estos resultados se procedió al planteamiento y diseño de las obras de reducción de vulnerabilidad (muros de contención) así también las obras que reducen la vulnerabilidad indirectamente (puentes, pontones, cunetas, alcantarillas, badén).

A continuación se presentan las principales conclusiones:

1. El método empleado en la evaluación de vulnerabilidad permitió realizar el estudio de manera práctica y sencilla sin la necesidad de usar sofisticados equipos y/o herramientas, así también la rapidez y bajo costo con la que se desarrollo el estudio.
2. Este método puede ser aplicado a todo una red vial, porque no decirlo a la red nacional del Perú, así como se aplicó en los estudios y/o perfiles de vulnerabilidad de la carretera Panamericana de 2548.33 Km en centroamérica.
3. La vulnerabilidad de la Vía de Evitamiento es moderado a los deslizamientos, por cuanto no representa mayor riesgo, esto es un indicador favorable que garantiza la sustentabilidad y la factibilidad de la vía.
4. El 7% (645m) de la Vía de Evitamiento es crítico que comprende los tramos: tramo 3, tramo 6 y tamo 7; en el cual de debe tomar mayor atención para plantear las obras de prevención y/o reducción de vulnerabilidad.

5. El 77 % de la vía es relativamente estable, lo cual no indica necesariamente exclusión de las obras de reducción de vulnerabilidad, salvo las condiciones topográficas y/o externas lo demande.
6. El 13% de la vía presenta un nivel de peligro moderado; por consiguiente se debe plantear las obras de reducción de vulnerabilidad estratégicamente ubicados a lo largo de la vía.
7. Las obras de reducción de vulnerabilidad deberán estar ubicados en lugares estratégicos de tal forma que garanticen su función de manera optima con ello se estaría reduciendo también los costos.
8. Los estudios de vulnerabilidad ayudan a la definición de las obras de prevención y presupuesto necesarios para el buen funcionamiento de la carretera.
9. Un sistema de transporte vial seguro, eficiente y menos vulnerable a peligros naturales, genera confianza en los usuarios del sistema, fortaleciendo la transitabilidad y por lo tanto el crecimiento económico de la región.
10. El uso de información sobre peligros naturales es un nuevo enfoque, en la región para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de generar beneficios en el sector.

RECOMENDACIONES

- Un estudio de vulnerabilidad debe incluir la identificación de las obras de reducción de vulnerabilidad necesarias para la rehabilitación o reconstrucción de determinado tipo de infraestructura (badén, puente alcantarilla, etc.)
- Se recomienda que los proyectos viales incorporen los estudios de vulnerabilidad en el proceso de formulación y evaluación de proyectos de inversión de transporte; dichos estudios de vulnerabilidad son herramientas a través de las que se puede determinar la viabilidad o no de un proyecto.
- De los estudios viales a nivel nacional se sabe que no existe una metodología para evaluar la vulnerabilidad, por lo tanto se recomienda que se desarrolle esta metodología, incorporando acciones y compromisos para su implementación.
- Para la aplicación de esta metodología en futuros estudios de vulnerabilidad es necesario calibrar el método de tal manera que los parámetros empleados sean más representativos y se ajusten a la realidad del medio geográfico.
- Para los niveles de vulnerabilidad de una carretera de moderado a medio, se procede a la propuesta de las obras de reducción de vulnerabilidad, teniendo en consideración los costos asociados a dichas obras sean accesibles, caso contrario realizar los estudios de costo beneficio para determinar la factibilidad del proyecto.
- Para los niveles de vulnerabilidad de una carretera de alto a muy alto, se sugiere de manera directa sin realizar el presupuesto a las obras de reducción realizar los estudios de costo beneficio para determinar la factibilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alva Hurtado Jorge/Chang Chang Luis
Deslizamientos y Aluviones en el Perú
CISMID/UNI
Lima, Perú 1992.
2. Aranís García – Rossell César
Análisis y Diseño de Puentes de Concreto Armado
American Concrete Institute ACI – UNI
Lima, Peru 2006
3. Braja M. Das
Principios de Ingeniería de Cimentaciones.
Internacional Thomson Editores
México 2001
4. CISMID/UNI
Seminario Internacional de Micro zonificación y de Seguridad de
Sistemas de Servicios Públicos Vitales.
Lima, Perú 1990.
5. CISMID/UNI
Sexto Simposio Nacional de Mitigación de Desastres
Lima, Perú 1992.
6. Consejería del Medio Ambiente y Auditoría del Sector Transporte de
España.
Manual de Gestión Ambiental
Mundi – Prensa Madrid, España 2000.
7. Departamento de Transporte de los Estados Unidos de Norte América
Estudio General Sobre los Tramos Vulnerables a los Peligros Naturales
de la Carretera Panamericana y sus Corredores Complementarios en
Centro América.
Washington, D.C EEUU 2001.
8. Instituto Nacional de Defensa Civil
Atlas de Peligros Naturales del Perú
V&C Services S.R.L Lima 2003.
9. Kuroiwa Horiuchi Julio
Viviendo en Armonía con la Naturaleza “Reducción de Desastres”
Editorial Bruño Lima 1999.

10. Martínez Vargas Alberto José
Aportes Sobre Huaycos e Inundaciones en el Perú
Universidad Nacional de Ingeniería
Lima, Perú 1999.
11. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción
Guía de Supervisión ambiental de Carreteras
Lima, Perú 1999
12. Organización de los Estados Americanos
Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños.
Washington, D.C EEUU 2000
13. Organización de los Estados Americanos
Manual Sobre le Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el desarrollo Regional Integrado.
Washington, D.C EEUU 1993
14. Organización de los Estados Americanos
Plan Hemisférico para la Guía de Manejo Ambiental de Corredores de Transporte Vial.
Washington, D.C EEUU 1995
15. Organización de los Estados Americanos
Proyecto OEA-USDOT, Reducción de Vulnerabilidad del Sector Transporte en Centro América.
Washington, D.C EEUU 2000
16. Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. OPS/OMS
Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable Frente a Deslizamientos.
Caracas, Venezuela 1997.
17. Provias Rural, Municipalidad Provincia de Abancay
Plan Vial de la Provincia de Abancay
Abancay, Perú 2002.
18. Rodríguez Prieto – Mateo Mercedes
Trazo de Línea de Gradiente y Alineamiento en Gabinete
Universidad Nacional de Ingeniería
Lima, Perú 2003.

GLOSARIO

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

OBRA: VIA DE EVITAMIENTO "OBRAS DE PREVENCIÓN"

HECHO POR: Frank Antonio Merino Cardenas

UBIACION: ABANCAY - APURIMAC

FECHA: Agosto del 2007

PARTIDA: MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION REND. glb/día: 1

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	EQUIPOS					
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	GLB	0	1.00	20,000.00	20,000.00
	TOTAL PARTIDA (S/.)					20,000.00

PARTIDA: CARTEL DE OBRA REND. glb/día: 1

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	EQUIPOS					
1.01	CARTEL DE OBRA (MURO DE ALBANILERIA)	GLB	0	1.00	680.00	680.00
	TOTAL PARTIDA (S/.)					680.00

PARTIDA: TRAZO Y REPLANTEO REND. Km/día: 1

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	TOPOGRAFO	HH	2	16.00	12.90	206.40
1.02	OFICIAL	HH	2	16.00	9.35	149.60
1.03	PEON	HH	7	56.00	8.45	473.20
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					829.20
2.00	MATERIALES					
2.01	YESO DEL 28 KG	BLS		1.00	11.35	11.35
2.01	MADERA TORNILLO	P2		50.00	3.52	176.00
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					187.35
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.01	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	41.46	2.07
3.02	CORDEL	PZA		0.10	11.24	1.12
3.03	TEODOLITO	HM	1	8.00	12.50	100.00
3.02	NIVEL TOPOGRAFICO	HM	1	8.00	11.50	92.00
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					103.20
	TOTAL PARTIDA (S/.)					1,016.55

PARTIDA: EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA PESADA REND. m3/día: 480

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.02	10.45	0.17
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	2	0.03	8.45	0.28
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					0.46
2.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
2.01	RETROEXCAVADORA CAP: 0.5-1.3 YD3	HM	1	0.02	395.00	6.58
2.01	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.02	0.00
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					6.58
	TOTAL PARTIDA (S/.)					7.04

PARTIDA: RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO **REND.** m3/día: 10

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	0.5	0.40	10.45	4.18
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	1	0.80	8.45	6.76
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					10.94
2.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
2.01	PLANCHA COMPACTADORA	HM	1	0.80	10.00	8.00
2.01	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.55	0.03
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					8.03
	TOTAL PARTIDA (S/.)					18.97

PARTIDA: SOLADO E=2" **REND.** m2/día: 120

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.07	10.45	0.70
1.02	OFICIAL	HH	1	0.07	9.35	0.62
1.03	PEON	HH	4	0.27	8.45	2.25
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					3.57
2.00	MATERIALES					
2.01	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42,5KG)	BLS		0.2500	15.00	3.75
2.02	HORMIGON	M3		0.0750	20.00	1.50
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					5.25
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.01	MEZCLADORA DE 11 PIE3	HM	1	0.07	10.00	0.67
3.02	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.18	0.01
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					0.68
	TOTAL PARTIDA (S/.)					9.50

PARTIDA: CONCRETO 210 KG/CM2 **REND.** m3/día: 10

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.80	10.45	8.36
1.02	OFICIAL	HH	1	0.80	9.35	7.48
1.03	PEON	HH	5	4.00	8.45	33.80
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					49.64
2.00	MATERIALES					
2.01	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42,5KG)	BLS		8.50	15.00	127.50
2.02	ARENA GRUESA	M3		0.50	20.00	10.00
2.03	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.65	35.00	22.75
2.04	ADITIVO Z ANTIHELADIZO	LT		9.00	3.50	31.50
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					191.75
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.01	MEZCLADORA DE 11 PIE3	HM	1	0.80	10.00	8.00
3.02	VIBRADOR 1 1/2"	HM	1	0.80	10.00	8.00
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	2.48	0.12
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					16.12
	TOTAL PARTIDA (S/.)					257.51

PARTIDA: CONCRETO 280 KG/CM2 **REND.** m3/día: 10

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.80	10.45	8.36
1.02	OFICIAL	HH	1	0.80	9.35	7.48
1.03	PEON	HH	5	4.00	8.45	33.80
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					49.64
2.00	MATERIALES					
2.01	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42,5KG)	BLS		11.65	15.00	174.75
2.02	ARENA GRUESA	M3		0.50	20.00	10.00
2.03	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.65	35.00	22.75
2.04	ADITIVO Z ANTIHELADIZO	LT		9.00	3.50	31.50
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					239.00
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.01	MEZCLADORA DE 11 PIE3	HM	1	0.80	10.00	8.00
3.02	VIBRADOR 1 1/2"	HM	1	0.80	10.00	8.00
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	2.48	0.12
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					16.12
	TOTAL PARTIDA (S/.)					304.76

PARTIDA: ACERO FY=4200 KG/CM2 (KG) **REND.** kg/día: 250

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.03	10.45	0.33
1.02	OFICIAL	HH	1	0.03	9.35	0.30
1.03	PEON	HH	0	0.00	8.45	0.00
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					0.63
2.00	MATERIALES					
2.02	ACERO	KG		1.06	4.29	4.55
2.03	ALAMBRE Nº16	KG		0.017	4.29	0.07
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					4.62
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.01	CIZALLA	HE	1	0.03	1.20	0.04
3.02	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.03	0.00
	SUB TOTAL HERRAMIENTAS(S/.)					0.04
	TOTAL PARTIDA (S/.)					5.29

PARTIDA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS **REND.** m2/día: 10

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.80	10.45	8.36
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	1	0.80	8.45	6.76
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					15.12
2.00	MATERIALES					
2.01	MADERA TORNILLO	P2		2.75	3.52	9.68
2.02	CLAVOS DE 3"	KG		0.13	4.29	0.56
2.03	ALAMBRE Nº 8	KG		0.26	4.29	1.12
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					11.35
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.76	0.04
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					0.04
	TOTAL PARTIDA (S/.)					26.51

PARTIDA: GEOTEXTIL **REND.** m2/día: 1000

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.01	10.45	0.08
1.02	OFICIAL	HH	1	0.01	9.35	0.07
1.03	PEON	HH	4	0.03	8.45	0.27
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					0.43
2.00	MATERIALES					
2.01	GEOTEXTIL	M2		1.00	7.56	7.56
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					7.56
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.02	0.00
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					0.00
	TOTAL PARTIDA (S/.)					7.99

PARTIDA: TUBO DE DRENAJE PVC SAP CLASE 5, 2" **REND.** ml/día: 60

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.13	10.45	1.39
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	4	0.53	8.45	4.51
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					5.90
2.00	MATERIALES					
2.01	TUBO DE DRENAJE PVC SAP CLASE 5, 2"	UND		0.33	36.52	12.17
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					12.17
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.30	0.01
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					0.01
	TOTAL PARTIDA (S/.)					18.09

PARTIDA: **GAVION** REND. m3/día: 12

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.67	10.45	6.97
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	6	4.00	8.45	33.80
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					40.77
2.00	MATERIALES					
2.01	GAVION DE 3X1X1	UND		0.40	307.85	123.14
2.02	GAVION DE 1,5X1X1	UND		0.20	227.40	45.48
2.03	COLCHON RENO DE 5X2X0,3	UND		0.40	307.85	123.14
2.04	PIEDRA MEDIANA DE 6"	M3		1.05	57.50	60.38
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					352.14
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	2.04	0.10
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					0.10
	TOTAL PARTIDA (S/.)					393.00

PARTIDA: **REVEGETALIZACION** REND. ha/día: 0.8

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	10.00	10.45	104.50
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	10	100.00	8.45	845.00
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					949.50
2.00	MATERIALES					
2.01	PLANTAS NATIVAS	UND		200.00	0.45	90.00
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					90.00
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	47.48	2.37
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					2.37
	TOTAL PARTIDA (S/.)					1,041.87

PARTIDA: **CUNETAS TRIANGULARES** REND. ml/día: 50

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	2	0.32	10.45	3.34
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	4	0.64	8.45	5.41
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					8.75
2.00	MATERIALES					
2.01	MATERIAL SELECCIONADO PARA FILTRO	M3		0.001	45.00	0.05
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					0.05
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.01	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.44	0.02
3.02	PLANCHA COMPACTADORA	HM	1	0.13	10.00	1.30
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					1.32
4.00	SUB PARTIDAS					
4.01	DRENAJE	M3		0.03	8.25	0.25
4.02	JUNTAS ASFALTICAS	ML	1	0.65	6.45	4.19
4.03	CONCRETO F'C 175KG/CM2	M3		0.18	242.58	43.66
4.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2		0.10	27.50	2.75
	SUB TOTAL SUB PARTIDAS (S/.)					50.85
	TOTAL PARTIDA (S/.)					60.97

PARTIDA: **TUBO DE PVC PERFORADO DE 6"** REND. ml/día: 40

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.20	10.45	2.09
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	4	0.80	8.45	6.76
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					8.85
2.00	MATERIALES					
2.01	TUBO DE PVC DE 6"	UND		0.33	52.41	17.47
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					17.47
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.03	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.44	0.02
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					0.02
	TOTAL PARTIDA (S/.)					26.34

PARTIDA: **PIEDRA ASENTADA Y ENBOQUILLADA 0,30m** **REND.** m²/día: 25

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	MANO DE OBRA					
1.01	OPERARIO	HH	1	0.32	10.45	3.34
1.02	OFICIAL	HH	0	0.00	9.35	0.00
1.03	PEON	HH	2	0.64	8.45	5.41
	SUB TOTAL MANO DE OBRA (S/.)					8.75
2.00	MATERIALES					
2.01	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42,5KG)	BLS		1.050	15.00	15.75
	SUB TOTAL MATERIALES (S/.)					15.75
3.00	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3.01	HERRAMIENTAS	%MO		0.05	0.44	0.02
3.02	PLANCHA COMPACTADORA	HM	1	0.13	10.00	1.30
	SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (S/.)					1.32
4.00	SUB PARTIDAS					
4.01	ARENA GRUESA	M3		0.12	20.00	2.40
4.02	TRANSPORTE DE AGUA PARA OBRAS DE DRENAJE	M3	1	0.02	6.45	0.13
4.03	PIEDRA MEDIANA DE 6"	M3		0.14	57.50	8.05
	SUB TOTAL SUB PARTIDAS (S/.)					10.58
	TOTAL PARTIDA (S/.)					36.40

PARTIDA: **BARANDAS METALICAS** **REND.** ml/día: 25

ITEM	Descripcion	Und.	Cuadrilla	Cantidad	P. U.(S/.)	Parcial
1.00	SUB PARTIDAS					
1.01	COLOCACION DE BARANDAS METALICAS	ML		1.00	42.85	42.85
1.02	FABRICACION BARANDAS METALICAS	ML		1.00	425.68	425.68
1.03	PINTURA ANTICORROSIVA EPOXICA	ML		1.00	73.62	73.62
1.04	PINTURA ESMALTE EPOXICO	ML		1.00	35.42	35.42
	SUB TOTAL SUB PARTIDAS (S/.)					542.15
	TOTAL PARTIDA (S/.)					542.15

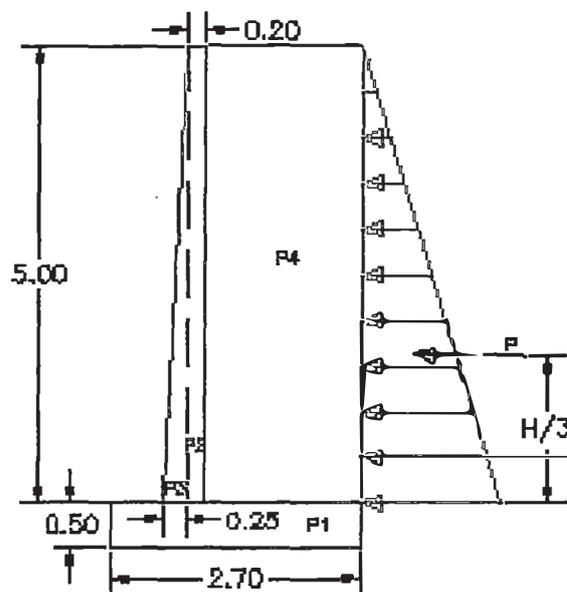
ANEXOS

ANEXO A:

MEMORIA DE CÁLCULO

1.00 DISEÑO DE MUROS DE RETENCION DE CONCRETO ARMADO

Para el diseño se considera la siguiente geometría del muro de retención:



1.0 Verificación de estabilidad

Pi	Pesos (P) Ton	Brazo de Giro (X) m	PX (T.m)
P1	$0.50 \times 2.7 \times 2.4 = 3.24$	1.35	4.37
P2	$0.20 \times 5 \times 2.4 = 2.4$	0.85	2.04
P3	$0.5 \times 0.25 \times 5 \times 2.4 = 1.5$	0.67	1.00
P4	$1.75 \times 5 \times 1.9 = 16.63$	1.83	30.35
	TOTAL N= 23.77		M=37.76

Luego: FSD=1.62 > 1.5 Conforme
FSV=2.34 > 1.75 Conforme

2.0 Diseño de la pantalla

Propiedades del suelo

$$\gamma_s = 1.92T/m^3 \quad \phi = 30^\circ \quad f'_c = 210kg/cm^2$$

$$f'_y = 4200kg/cm^2 \quad \sigma_T = 4.0kg/cm^2$$

Refuerzo vertical

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) = 0.33 \quad M_u = 1.6K_a \gamma \frac{h^3}{6} = 1.6 \times 0.33 \times 1.92 \times \frac{5^3}{6} = 21.12T - m$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/5)} \quad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$\Rightarrow A_s = 15.52cm^2 \quad \therefore \phi 5/8'' @ 12cm$$

El peralte varia linealmente, entonces el momento resistente varia también linealmente; por lo tanto se puede trazar líneas de resistencia para determinar los puntos de corte.

Refuerzo horizontal $A_{st} = \rho_t b_t$

Como $T_s \geq 25cm$, usar refuerzo horizontal en 2 capas

- Arriba: $0.0020 \times 100 \times 20 = 4cm^2/m \Rightarrow \phi 3/8'' @ 25cm$
- Intermedio: $0.0020 \times 100 \times 32.5 = 6.5cm^2/m \Rightarrow \phi 3/8'' @ 15cm$
- Abajo: $0.0020 \times 100 \times 45 = 9cm^2/m \Rightarrow \phi 3/8'' @ 20cm$

3.0 Diseño de la zapata

Zapata anterior

$$q_1 = \frac{P}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{23.77}{2.7} \left(1 + \frac{6 \times 0.44}{2.7}\right) = 17.41T/m^2$$

$$Wu_{max} = q_1 \times 1.6 - Wz \times 0.9 = 26.7t/m$$

$$M_u = 26.78 \times \frac{0.50^2}{2} = 3.45T - m \Rightarrow A_s = 2.43cm^2 \therefore \phi 5/8'' @ 26cm$$

Zapata posterior

$$M_u = 12.5t - m \Rightarrow A_s = 8.8cm^2 \therefore \phi 5/8'' @ 22cm$$

Refuerzo transversal

$$* A_{s_{temp}} = 0.0018bt = 9cm^2 \therefore \phi 5/8'' @ 22cm$$

$$* A_{s_{montaje}} = 36\phi = 57cm^2 \therefore \phi 5/8'' @ 50cm$$

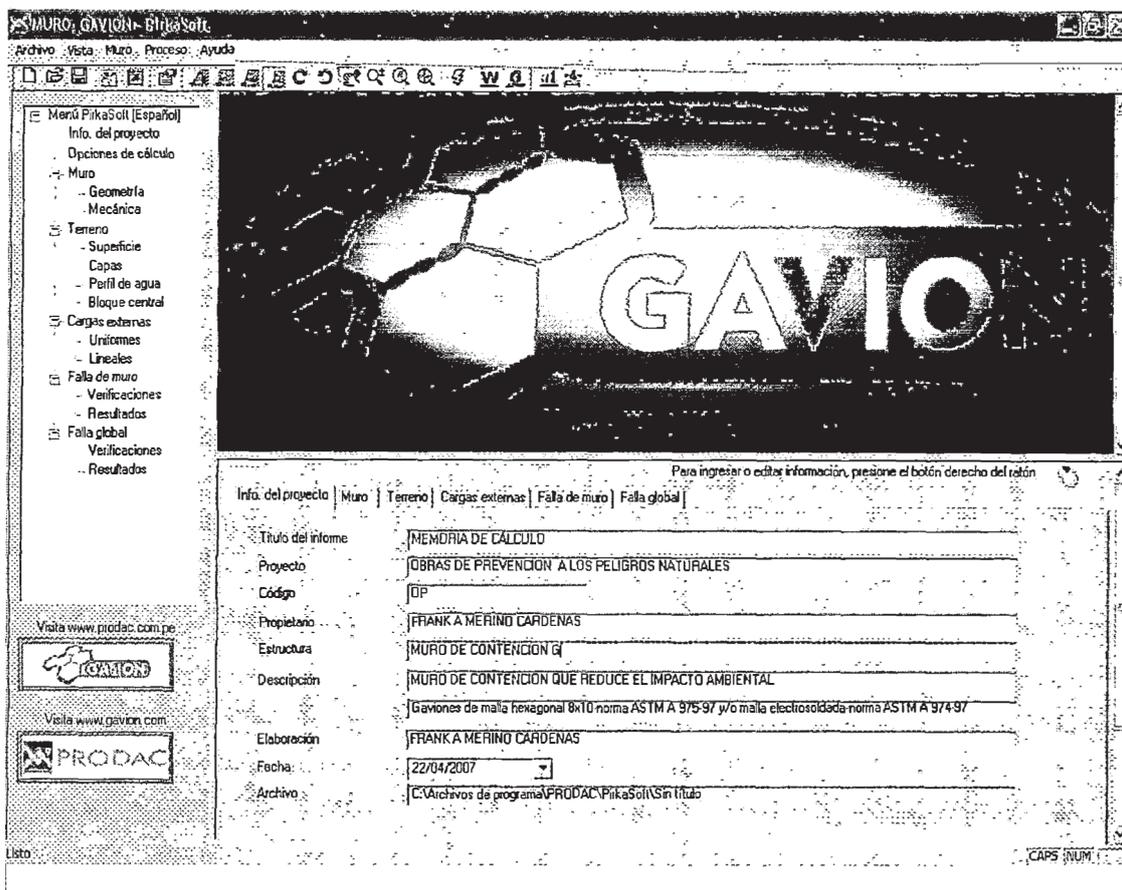
2.00 DISEÑO DE GAVION

Para el diseño del muro de gavión hacemos uso del programa de computo PirkaSoft1.0.1 de la empresa comercializadora de gaviones PRODAC (www.prodac.com.pe).

El diseño consiste en proponer una sección transversal de muro gavión, ingresar las opciones de cálculo, parámetros de muro, suelo y condiciones de cargas, que luego serán verificadas falla de los muros,; caso contrario proponer otra sección y/o incrementar las dimensiones del muro.

Gaviones de malla hexagonal 8x10-norma ASTM A 975-97 y/o malla electrosoldada-norma ASTM A 974-97

Procedimiento de diseño con PirkaSoft1.0.1



1.1 Información del Proyecto (se ingresa la información general de proyecto)

1.2 Opciones de cálculo

Opciones de cálculo

ANGULO DE FRICCIÓN MURO-SUELO en función del material de la interfaz:

AGUA SUPERFICIAL Y/O SUBTERRÁNEA presente en el terreno

PESO UNITARIO SATURADO calculado o definido:

FALLA GLOBAL O DEL CONJUNTO MURO-SUELO bajo análisis

CONDICIONES SÍSMICAS existentes
Coeficiente sísmico horizontal (kh):

FACTORES DE SEGURIDAD LÍMITES (SF lim) en condiciones estáticas y sísmicas

	Estáticas	Sísmicas
Al deslizamiento	<input type="text" value="1.20"/>	<input type="text" value="1.10"/>
Al volteo	<input type="text" value="1.50"/>	<input type="text" value="1.20"/>

Guardar los valores para futuros proyectos

OK
Cancelar
Restaurar

2.- MURO (sección de muro asimétrica tipo 4)

2.1 Geometría

Se ingresa la geometría de cada uno de los bloques que conforma el gavión

Geometría | Mecánica

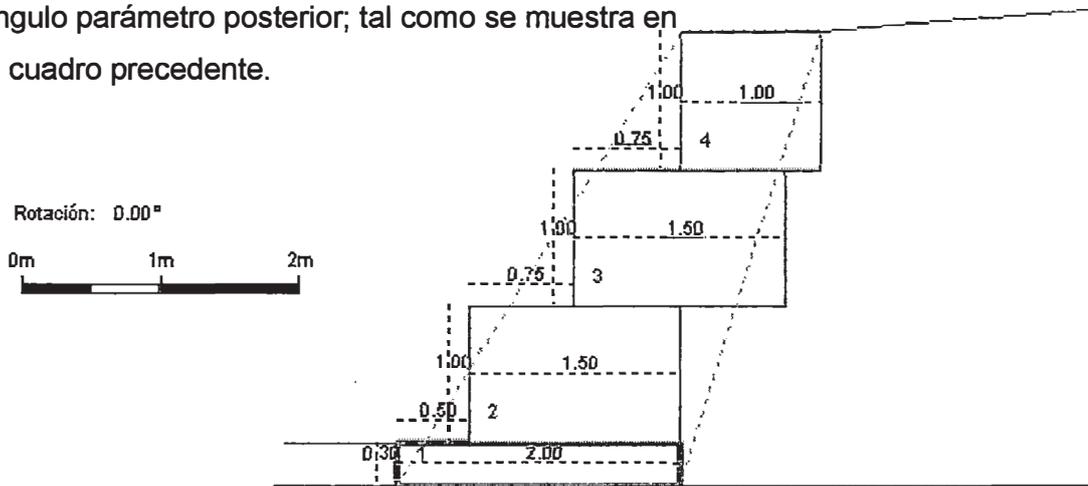
Tipo de muro:

Ángulo de rotación del muro [°]:

Alto	[m]	3.30
Base	[m]	2.00
Corona	[m]	1.00
Paramento posterior	[m]	3.45
Paramento frontal	[m]	3.86
Relación base/altura	[m/m]	0.61
Volumen	[m3/m]	4.60
Áng. paramento frontal	[°]	58.78
Áng. paramento posterior	[°]	106.86

Bloque #	Ancho [m]	Alto [m]	Escalón front. [m]	Escalón post. [m]
4	1.00	1.00	0.75	-0.25
3	1.50	1.00	0.75	-0.75
2	1.50	1.00	0.50	0.00
1	2.00	0.30	0.00	0.00

Alto, base, corona, parámetro posterior, parámetro frontal, relación base/altura, volumen, ángulo parámetro frontal, ángulo parámetro posterior; tal como se muestra en el cuadro precedente.



2.1 Mecánica (se ingresa los datos de la roca de relleno)

Para el diseño se usaran cantos rodados de la zona:

- Gravedad específica = 2.7
- Porosidad = 30%

Roca de relleno		
Gravedad específica	[-]	2.70
Porosidad	[m ³ /m ³]	0.30

El programa calcula:

Muro de gaviones		
Peso unitario	[kN/m ³]	18.90
Peso unitario saturado	[kN/m ³]	21.90
Peso unitario efectivo	[kN/m ³]	11.90

3.- TERRENO (superficie, capas, perfil de agua, bloque central)

3.1 superficie, se ingresa:

- Altura terraplén = 10.00m
- altura base = 0.30m
- ángulo = 5°
- longitud = 1.00m

El programa calcula:

Terraplén					
Tramo #	Datos disponibles	X [m]	Y [m]	Beta [°]	z [-]
1	Altura - Ángulo	14.36	16.00	5.00	11.43

Base					
Tramo #	Datos disponibles	X [m]	Y [m]	Beta [°]	z [-]
1	Longitud - Altura	1.00	0.30		

3.2 Capas: se ingresa peso específico y ángulo de fricción interna

- $\gamma = 19.2 \text{ KN/m}^3$
- $\phi = 30^\circ$

El programa calcula:

Terraplén							
1 capa							
Capa #	Cota superior [m]	Cota inferior [m]	Beta [°]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [°]	Sigma a [MPa]
1	3.30	0.00	0.00	19.20	24.00	30.00	

Base							
Capa #	Cota superior [m]	Cota inferior [m]	Beta [°]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [°]	Sigma a [MPa]
1	0.00	0.00		19.20	24.00	30.00	0.40

3.3 Perfil del agua: (superficial de las precipitaciones pluviales =0.00m)

El programa calcula:

Superficie Capas Perfil de agua Bloque central						
Cota frontal [m]	Cota posterior [m]	Desnivel hidr. [m]	Abatimiento [m]	Cota frontal del terreno [m]	Cota máxima [m]	Desnivel hidr. max [m]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.30

3.4 Bloque central: (profundidad frontal de agua =0.10m)

El programa calcula:

Superficie Capas Perfil de agua Bloque central		
Profundidad frontal [m]	Profundidad posterior [m]	Cota de fondo [m]
0.30	0.30	0.30

4.0 CARGAS EXTERNAS (Uniformes, Lineales)

Consideramos carga uniforme de 20KN/m² sobre el terraplén; no se considera cargas sobre el muro de gavión.

Uniformes Lineales	
Tramo #	Carga [kN/m ²]
1	20.00

5.0 FALLA DE MURO LOCAL (Verificaciones y resultados)

5.1 Resultados

Verificaciones Resultados		
Ángulo horizontal del empuje activo	[°]	13.14
Ángulo horizontal del empuje pasivo	[°]	31.22
Fuerza horizontal	F _x [kN]	31.31
Fuerza vertical	F _y [kN]	100.27
Fuerza normal en la base del muro	N [kN]	100.27
Fuerza tangencial en la base del muro	T [kN]	31.31
Fuerza de fricción sobre la base	F [kN]	57.89
Fuerza deslizante	F _s [kN]	32.90
Fuerza resistente	F _r [kN]	59.48
Momento volcante	M _o [kN-m]	43.15
Momento resistente	M _r [kN-m]	174.29
Posición de la fuerza resultante en la base	d [m]	1.31
Excentricidad	e [m]	-0.31

5.2 Verificaciones

	Proyecto	Límite	Estado
Factor de seguridad al deslizamiento [kN/kN] $SFs = Fr/Fs < SFs_{lim}$	1.81	1.20	Correcto
Factor de seguridad al volteo [kN/kN] $SFo = Hr/Mo < SFo_{lim}$	4.04	1.50	Correcto
Excentricidad [m] $ e < B/6$	0.31	0.33	Correcto
Presión sobre la base, extremo frontal [MPa] $\sigma_{1.1} < \sigma_{a}$	0.10	0.40	Correcto
Presión sobre la base, extremo posterior [MPa] $\sigma_{2.2} > 0 \text{ MPa}$	0.00	0.00	Correcto

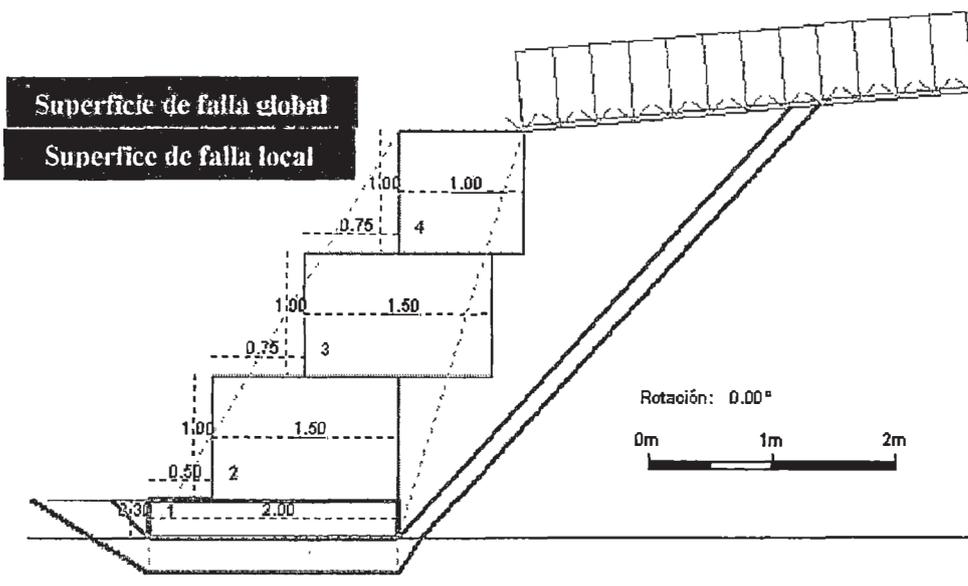
6.0 FALLA DE MURO GLOBAL (Verificaciones y resultados)

6.1 Resultados

Verificaciones	Resultados
Ángulo horizontal del empuje activo	[°] 16.81
Ángulo horizontal del empuje pasivo	[°] 5.74
Fuerza normal en la base del bloque central N	[kN] -37092.01
Fuerza tangencial en la base del bloque central T	[kN] 370083.53
Fuerza de fricción sobre la base F	[kN] -21415.08
Fuerza deslizante Fs	[kN] 39.61
Fuerza resistente Fr	[kN] 348708.06

6.2 Verificaciones

		Detalle de cálculos		
	Proyecto	Límite	Estado	
Factor de seguridad [kN/kN] $SF = Fr/Fs < SF_{lim}$	8802.81	1.20	Correcto	



3.00 PREDIMENSIONAMIENTO DE PONTON

Para un ponton de luces de 5.00 – 14.00 m se recomienda de concreto armado tipo losa maciza, para nuestro caso tenemos una luz de 6.00m, condición de apoyo simple; el peralte se calcula de la siguiente manera:

$$h_{\min} = \frac{1.2(S+10)}{30}$$

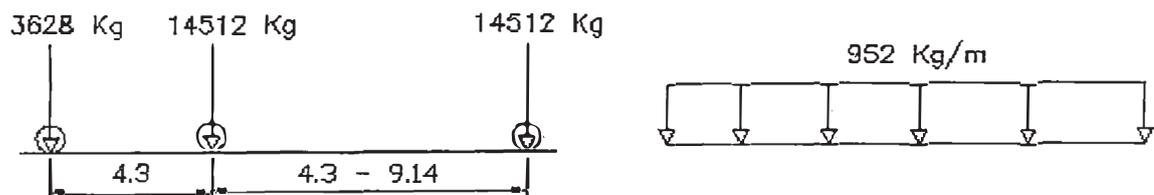
Para una luz de 6m <> 19.69'; tenemos

$$h_{\min} = \frac{1.2(19.69+10)}{30} = 1.19' \approx 36.19\text{cm} \quad \text{se considera } h=40\text{cm}$$

$f'c=280\text{Kg/cm}^2$; $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$; 2 carriles de 3.00m c/u y 2 veredas de 0.60m c/u (incluido barandas metálicas)

Aplicación de carga viva

Camión A.3.6.1.2.2



Cortante máximo

$$V_A^{Camion} = 14512 \times 1.0 + 14512 \times 0.43 + 3628 \times 0.08 = 21042.4\text{Kg} \quad (\text{L. Influencia})$$

$$V_A^{C.Carril} = 1/2 \times 952 \times 6 = 2856\text{Kg}$$

Momento de flexión máximo en el CL

$$M_A^{Camion} = 14512 \times 0.16 + 14512 \times 1.50 + 3628 \times 0.16 = 24670.4\text{Kg}$$

(L. Influencia)

$$M_A^{C.Carril} = 1/8 \times 952 \times (6)^2 = 4284\text{kg} - m$$

$$M_A^{Tanden} = 11338 \times 1.5 + 11338 \times 1.2 = 30612.6\text{kg} - m \quad (\text{El que gobierna})$$

$$M_{LL+IM} = 1.33 \times 30612.6 + 4284 = 44998.76\text{kg} - m \quad (1.33 \text{ Factor de Impacto})$$

Cálculo de los efectos de la carga viva

a.- Franja Interior

Corte y momento por carril; corte y momento por metro de ancho de franja es crítico para: $E = 84 + 1.44\sqrt{L_1 W_1}$ (para dos o más carriles cargados)

$W_1 = 27.5''$ (centro físico); $L_1 = 19.69'$; luego $E = 117.51'' = 2.98m$

$$V_{II+IM} = \left(\frac{1.33 \times 21042.4 + 2856}{2.98} \right) = \frac{30842.39}{2.9} = 10349.79 \text{ Kg / m}$$

$$M_{II+IM} = \left(\frac{30612.6}{2.98} \right) = \frac{30612.6}{2.98} = 10272.68 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

b.- Franja de borde

Debido a que el ancho limite es 1.80m, consideramos ½ camión con un factor presencia múltiple de 1.20.

$$V_{II+IM} = \frac{1/2 \times 30842.39 \times 1.2}{1.8} = 10280.79 \text{ Kg / m}$$

$$M_{II+IM} = \frac{1/2 \times 30612.6 \times 1.2}{1.8} = 10204.2 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Efecto de otras cargas

Peso de losa $W_{DC} = 0.40 \times 1.00 \times 2400 = 960 \text{ Kg / m}$

$$V_{DC} = 1/2 \times 960 \times 6 = 2880 \text{ Kg / m}$$

$$M_{DC} = 1/8 \times 960 \times 6^2 = 4320 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Asfalto $e=0.0075$

$$V_{DW} = 1/2 \times 169 \times 6 = 507 \text{ Kg / m}$$

$$M_{DC} = 1/8 \times 169 \times 6^2 = 760.5 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Cálculo del momento

$$M = \eta \sum \gamma_i \theta_i = 1.0 [1.0M_{DC} + 1.0M_{DW} + 1.0M_{LL+IM}]$$

$$M = 1.0 [4320 + 760.5 + 10204.2] = 15284.7 \text{ kg} - \text{m}$$

$$A_s = \frac{A}{f'_s j d}; \quad j = 0.0875 \quad f'_s = 0.6 \times 4200 = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{15284.7 \times 100}{2520 \times 0.0875 \times 36} = 19.26 \text{ cm/m}$$

$$S = \frac{a_s \times 100}{A_s} = \frac{5.07 \times 100}{19.26} = 26.31 \text{ cm}$$

$$\therefore \phi 1'' @ 25 \text{ cm}$$

Acero de distribución

En el estado limite de resistencia

$$M = \eta \sum \gamma_i \theta_i = 0.95 [1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{LL+IM}]$$

$$\therefore \phi 5/8'' @ 30 \text{ cm}$$

Refuerzo de temperatura y contracción de fragua

$$A_s \geq 0.11 \frac{A_g}{f_y} \quad A_g : \text{Área bruta en (pulg}^2\text{); } f_y : \text{en KSI}$$

$$\therefore \phi 5/8'' @ 30 \text{ cm}$$

4.00 PREDIMENSIONAMIENTO DE PUENTE

Para un puente de luces de 9.00 – 24.00 m se recomienda de concreto armado con vigas T, para nuestro caso tenemos una luz de 20.00m, condición de apoyo simple; para ello se siguen las recomendaciones:

$$h = 0.070L; \quad \text{Además: } b_w = 35 - 55\text{cm}; \quad S = 1.5h \quad t_s \geq \frac{S+10}{30}$$

Donde:

h: peralte de la viga T; además: $f'_c=280\text{kg/cm}^2$; $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

Para nuestro caso tenemos un puente de luz 20m, entonces

$$h = 0.070 \times 20 = 1.4\text{m} \quad S = 1.5 \times 1.4 = 2.10\text{m} <> 6.88'$$

$$t_s \geq \frac{6.88 + 10}{30} = 0.56' = 17.15\text{cm}, \quad \text{espesor sacrificable } 5\text{cm}, \quad \text{entonces}$$

consideramos: $T_s = 18\text{cm}$ y $b_w = 35\text{cm}$

Para el diseño estructural: METODO LRFD: LOAD RESISTANCE AND FACTOR DESIGN AASHTO-LRFD

Carga permanente DC:

Peso de la losa: $0.20 \times 2400 \times 8.40 / 4 = 1008 \text{ Kg/m}$

Peso de la viga (alma) $0.35 \times (1.4 - 0.20) \times 2400 = 1008$

Veredas $2 \times 0.60 \times 0.25 \times 2400 / 4 = 180$

Barandas $2 \times 150 / 4 = 75$

$$W_{DC} = 2271 \text{ Kg/m}$$

Luego calculamos el momento: $M_{DC} = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} (2271)(20)^2 = 113550 \text{ Kg} - m$

Carpeta asfáltica: $0.05 \times 2250 \times 7.20 / 4 = 202.5 \text{ Kg/m}$

$W_{DW} = 202.5 \text{ Kg/m}$; entonces:

$$M_{DW} = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} (202.5)(20)^2 = 10125 \text{ Kg} - m$$

Carga viva vehicular: HL-93 (LRFD)

$$M_{C.Std} = 109.15 \text{ ton} - m \text{ Líneas de influencia}$$

$$M_{C.rep} = \frac{1}{8} \times 0.952 \times (20)^2 = 47.6 \text{ ton} - m$$

$$M_{HL-93} = M_{C.Std} + M_{M.rep} = 109.15 + 47.6 = 156.75 \text{ Ton} - m$$

Factor de distribución de momento de viga interior

$$g = 0.075 + \left(\frac{S}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{kg}{12L_t_s}\right)^{0.1} \cong 0.075 + \left(\frac{S}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2}$$

$$g = 0.075 + \left(\frac{6.88}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{6.88}{65.6}\right)^{0.2} = 0.5998$$

$$M_{LL} = gM_{HL-93} = 0.5998 \times 156.75 = 94.03 \text{ ton} - m$$

$$M_{IM} = 0.33 \times 0.5998 \times 109.15 = 21.60 \text{ ton} - m \quad (\text{Factor de impacto} = 33\%)$$

$$Mu = \eta [\gamma_{PDC} M_{DC} + \gamma_{PDW} M_{DW} + \gamma_{LL+I} M_{LL+I}]$$

$$\eta = \eta_D \eta_R \eta_C; \quad \eta_D = 1.00 \quad \eta_R = 1.05 \quad \eta_C = 0.95$$

$$\eta = 1.00 \quad \gamma_{PDC} = 1.25 \quad \gamma_{PDW} = 1.50 \quad \gamma_{LL+I} = 1.75$$

$$Mu = 1.00 [1.25 \times 113550 + 1.50 \times 10125 + 1.75 \times (94030 + 21600)] = 359477.5 \text{ kg} - m$$

$$K_u = \frac{M_u \times 100}{\phi b d^2} = \frac{359477.5 \times 100}{0.90 \times 210 \times (120)^2} = 13.21 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{4200}{0.85 \times 280} = 17.65$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mk_u}{f_y}} \right] = \frac{1}{17.65} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 17.65 \times 13.21}{4200}} \right] = 0.00323775$$

$$A_s = \rho b d = 0.00323 \times 210 \times 120 = 81.59 \text{ cm}^2 \Rightarrow 9\phi 1^{3/8}$$

$$a = \frac{f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{4200 \times 81.59}{0.85 \times 280 \times 210} = 6.86 < 18 \text{ cm} \rightarrow OK$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{6.86}{0.85} = 8.06 \rightarrow \frac{c}{d} = \frac{8.06}{120} = 0.067 < 0.42 \Rightarrow OK$$

$$\rho_{\min} \geq 0.03 \frac{f'_c}{f_y} = 0.03 \times \frac{280}{4200} = 0.002 \leq \rho \Rightarrow OK$$

Acero en la losa

Acero (+) y (-); para: d^+ ; d^-

$$K_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} \quad A_s = \rho b d$$

$$\therefore A_s(-) = \phi 5/8'' @ 15 \text{ cm}$$

$$\therefore A_s(+) = \phi 5/8'' @ 20 \text{ cm}$$

Acero de distribución

$$\% = \frac{3840}{\sqrt{S_e}} \leq 67\%, \quad \text{usamos } 67\%$$

$$\Rightarrow A_{S_{\text{dist}}} = 0.67 \times A_s, \quad A_s = \rho b d \quad \therefore \phi 1/2'' @ 20 \text{ cm}$$

Refuerzo de temperatura y contracción de fragua

$$S_{\text{temp}} \geq 3Ts \quad \text{ó} \quad \leq 45 \text{ cm}$$

$$A_{S_{\text{temp}}} \geq 7.645 \frac{Ag}{f_y} \quad \therefore \phi 1/2'' @ 45 \text{ cm}$$

ANEXO B:

PANEL FOTOGRAFICO

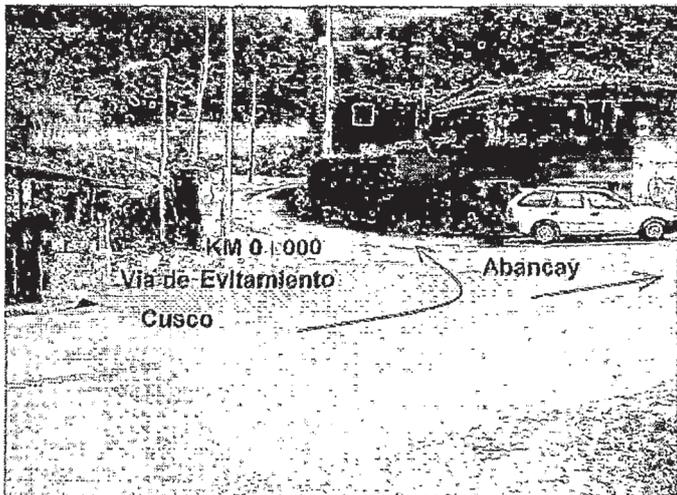


FOTO N° 1
Ingreso a la Vía de Evitamiento, desvío de la carretera Lima - Cusco



FOTO N° 2
Levantamiento de información en campo

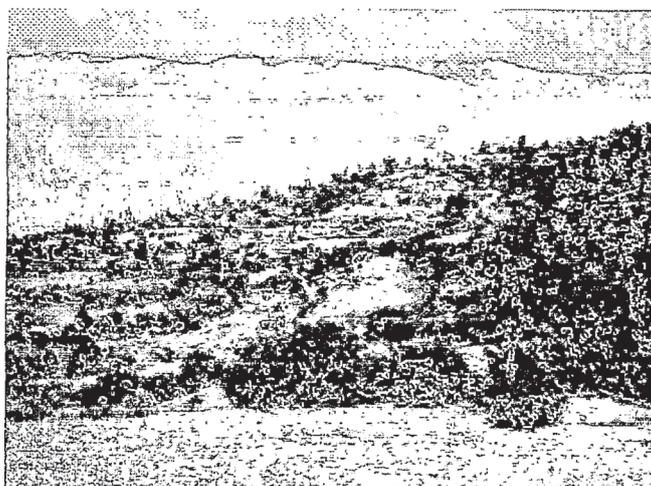


FOTO N° 3
Vista panorámica de la futura Vía de Evitamiento

FOTO N° 4
Km 2+800, topografía
abrupta

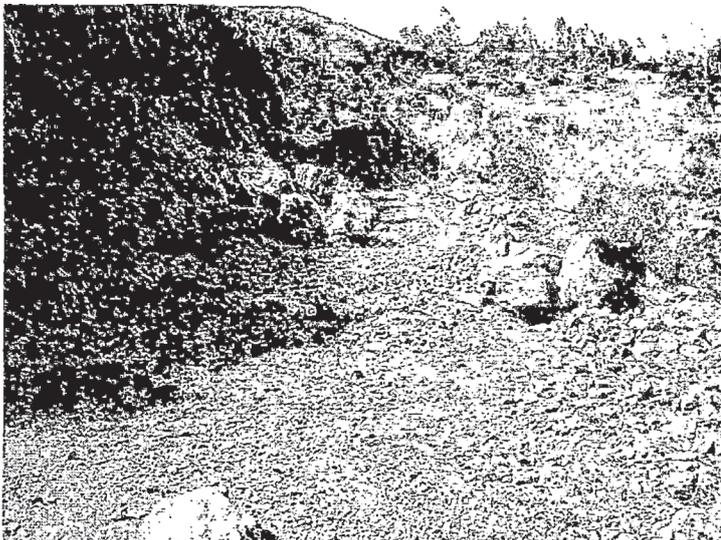


FOTO N° 5
Material suelto, talud de
corte vulnerable a
deslizarse, protección
con gavión

FOTO N° 6
Material fino arcilloso,
vulnerable a deslizarse
ante las
precipitaciones
pluviales

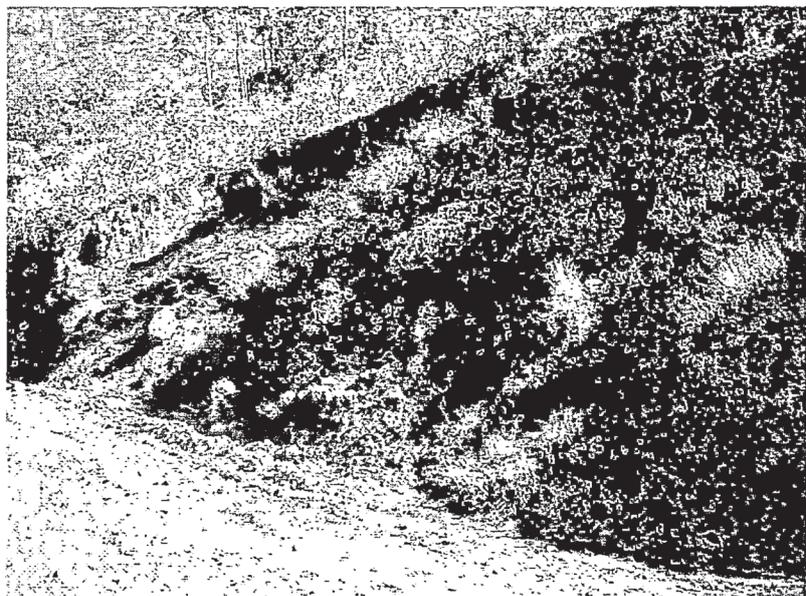




FOTO N° 7
Corte de terreno estable

FOTO N° 8
Áreas de cultivo
dañados por
construcción de la
carretera

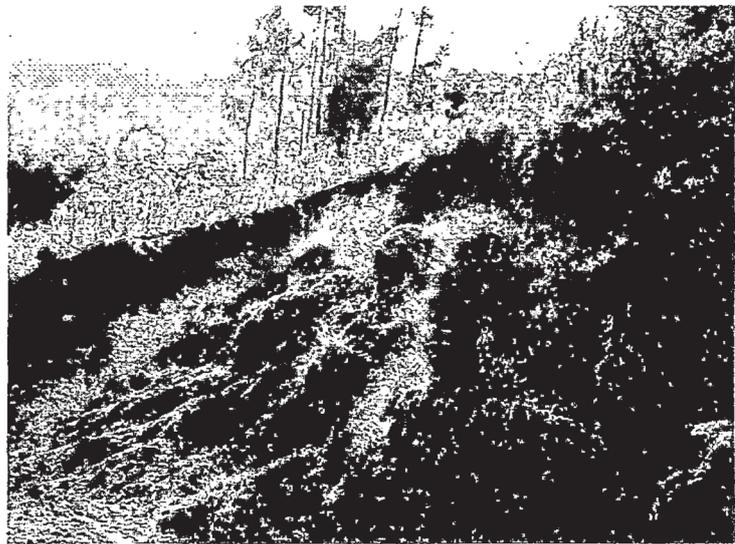


FOTO N° 9
KM 5+000
Zonas de cultivo
atravesadas por la
construcción de la
carretera

FOTO N° 10 y 11

Impacto ambiental negativo por la construcción de la Vía de Evitamiento, altera el paisaje natural



FOTO N° 12
KM 1+430; 6+620
Zona de construcción de Badén, quebrada seca

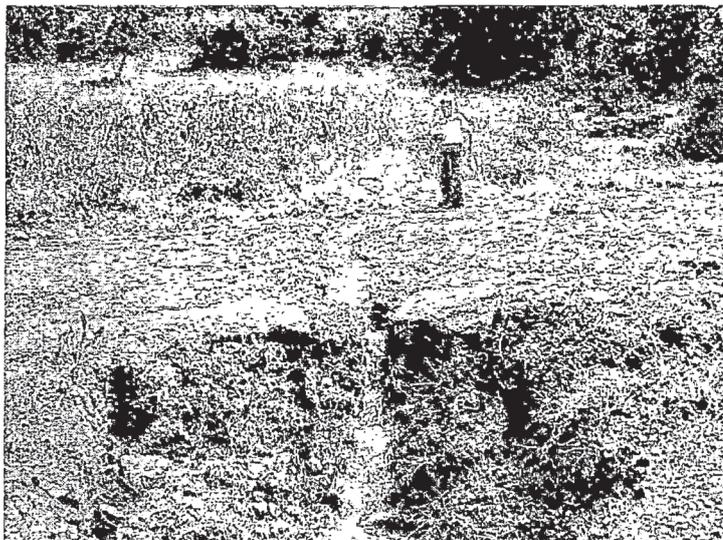
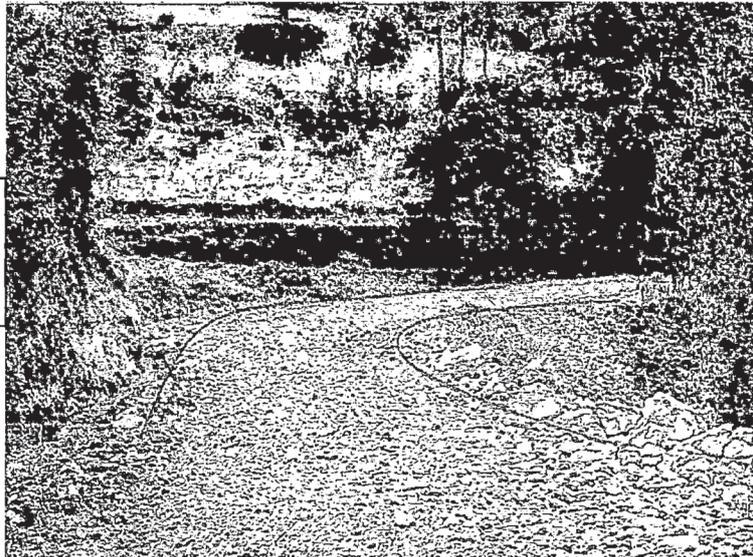


FOTO N° 13
KM 1+840
Construcción de
alcantarilla para pase de
agua de regadío



FOTO N° 14
KM 3+900
Construcción de
cuentas



FOTO N° 15
KM 3+00
Puente Ñacchero
L=20m

Puente Ñacchero, L=20m



FOTO N° 16
Construcción de
gaviones

FOTO N° 17
Construcción de muro de retención de concreto armado



FOTO N° 18
Vista general de la Vía de Evitamiento a nivel de trocha carrozable



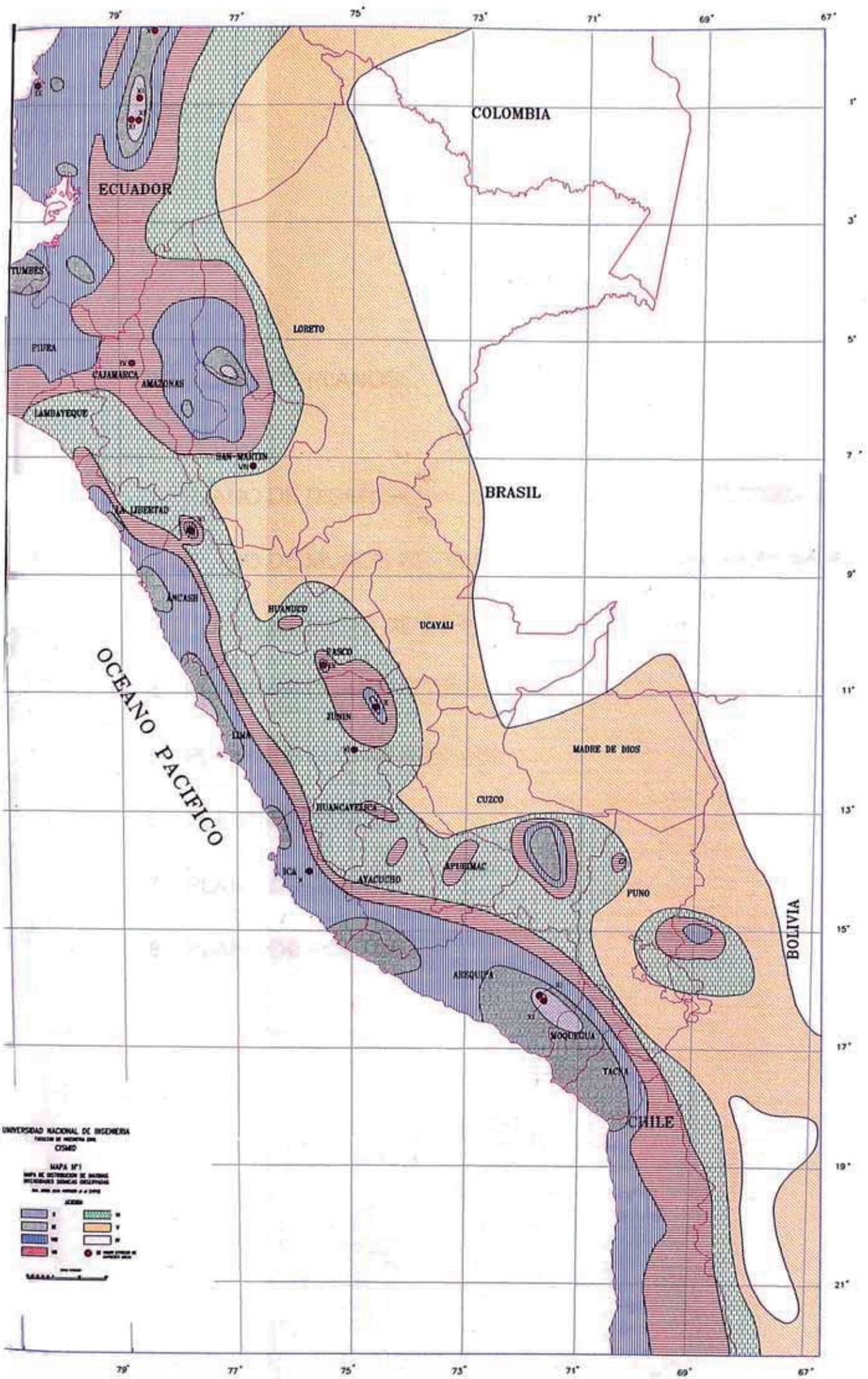
ANEXO C:

MAPAS

RELACION DE MAPAS:

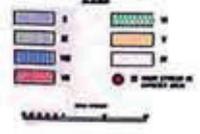
1. MAPA VIAL DEL PERÚ
2. MAPA DE PELIGROS NATURALES DEL PERÚ
3. MAPA DE SISMICIDAD DEL PERÚ
4. MAPA DE INTENSIDADES SISMICAS DEL PERÚ
5. MAPA DE DESLIZAMIENTOS DEL PERÚ
6. MAPA DE VOLCANES DEL PERÚ

PLANO N°1-MAPA VIAL-PAG131
PLANO N°2-MAPA DE PELIGROS
NATURALES-PAG132
PLANO N°3-MAPA DE SISMICIDAD DEL
PERU-PAG133



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CIADMO

MAPA Nº1
 MAPA DE INTRODUCCION DE UNIDADES
 TECTONICAS Y SISMICIDAD DEL PERU
 A LA ESCALA DE 1:1000000



ESCALA: 1:1000000

PLANO N°4-MAPA GEODINAMICO DEL
PERU-PAG135

PLANO N°5-VOLCANES DEL SUR DEL PERU-PAG
136

ANEXO D:

PLANOS

RELACION DE PLANOS:

1. PLANO DE DISEÑO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL (D-1 a D-9)
2. PLANO DE MUROS DE RETENCION DE CONCRETO ARMADO
3. PLANO DE MURO DE RETENCION DE GAVION
4. PLANO DE CUNETAS TRIANGULARES
5. PLANO DE ALCANTARILLAS
6. PLANO DE BANDEN
7. PLANO DE PUENTE
8. PLANO DE PONTON

PLANO N°6-LAMINA D-01-PAG138
PLANO N°7-LAMINA D-02-PAG139
PLANO N°8-LAMINA D-03-PAG140
PLANO N°9-LAMINA D-05-PAG141
PLANO N°10-LAMINA D-04-PAG142
PLANO N°11-LAMINA D-06-PAG142-A
PLANO N°12-LAMINA D-07-PAG143
PLANO N°13-LAMINA D-08-PAG144
PLANO N°14-LAMINA D-09-PAG145
PLANO N°15-LAMINA M-01-PAG146
PLANO N°16-LAMINA G-01-PAG147
PLANO N°17-LAMINA C-01-PAG148
PLANO N°18-LAMINA A-01-PAG149
PLANO N°19-LAMINA B-01-PAG150
PLANO N°20-LAMINA U-01-PAG151
PLANO N°21-LAMINA O-0-PAG152