

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



**EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA  
CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE-LUNAHUANÁ-  
CHUPACA  
INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y  
SISMICOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**ELIZABETH AKEMI KANASHIRO SHIMABUKURO**

**LIMA- PERÚ**

**2011**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FOTOS.....</b>	<b>7</b>
<b>SIGLAS Y ABREVIATURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I GENERALIDADES.....</b>	<b>11</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	11
1.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO .....	13
1.3 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 ÁMBITO DEL ESTUDIO .....	15
1.5 ALCANCES DEL ESTUDIO.....	15
1.6 MARCO LEGAL.....	16
1.6.1 Sistema Nacional de Carreteras .....	16
1.6.2 Inversión Pública.....	16
1.6.3 Gestión de Riesgos.....	16
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1 PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (PIP) .....	17
2.1.1 Preinversión.....	17
2.1.2 Inversión .....	18
2.1.3 Post Inversión.....	18
2.2 RENTABILIDAD SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.....	19
2.3 SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS .....	19
2.3.1 Red Vial Nacional (RVN).....	19
2.3.2 Red Vial Departamental o Regional .....	20
2.3.3 Red Vial Vecinal o Rural .....	21
2.4 ANÁLISIS GEOESPACIAL .....	21
2.4.1 Definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	21
2.4.2 El análisis espacial como un proceso.....	21
2.5 EVALUACIÓN MULTICRITERIO .....	23
2.5.1 Metodología de Jerarquización Analítica.....	23
2.6 CONCEPTOS GENERALES DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	24

2.6.1	Clasificación climática basada en la temperatura.....	24
2.6.2	Clasificación climática basada en la precipitación.....	24
2.6.3	Clasificación climática basada en la combinación de la temperatura y la precipitación.....	25
2.7	PELIGRO SÍSMICO.....	30
2.7.1	Principales Rasgos Tectónicos.....	30
2.7.2	Peligro Sísmico.....	31
<b>CAPÍTULO III INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SISMICOS EN LA RENTABILIDAD SOCIAL DE CARRETERAS .....</b>		
		<b>32</b>
3.1	ASPECTOS EN LA RENTABILIDAD .....	32
3.2	VARIABLES CLIMATOLÓGICAS .....	34
3.3	RIESGO CLIMATOLÓGICO .....	35
3.3.1	Peligro asociado al Fenómeno El Niño (FEN).....	36
3.3.2	Riesgo por inundaciones:.....	37
3.3.3	Riesgo por sequía.....	37
3.4	RIESGO SÍSMICO.....	38
<b>CAPÍTULO IV APLICACIÓN A LA CARRETERA CAÑETE-LUNAHUANÁ-CHUPACA.....</b>		
		<b>40</b>
4.1	ÁREA DE INFLUENCIA.....	40
4.1.1	Área de Influencia Directa.....	40
4.1.2	Área de Influencia Indirecta .....	40
4.2	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	41
4.2.1	Precipitación .....	42
4.2.2	Temperatura .....	44
4.2.3	Riesgo Climatológico .....	45
4.3	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	47
4.4	CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA .....	49
4.5	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL .....	50
4.6	HIDROLOGÍA .....	51
4.6.1	Hidrografía.....	52
4.6.2	Inundaciones .....	55
4.6.3	Erosión Fluvial .....	56
4.7	SISMICIDAD Y RIESGO SÍSMICO.....	57
4.8	SINERGIAS ENTRE ACTORES .....	60
4.8.1	Jerarquización de actores del riesgo hidroclimático .....	63

4.8.2	Jerarquización de la peligrosidad de pendiente del terreno.....	67
4.8.3	Jerarquización de niveles del riesgo sísmico .....	69
4.8.4	Valorización de actores por distrito .....	71
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>73</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	73
5.2	RECOMENDACIONES.....	74
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>79</b>

### **Lista de Mapas**

Mapa 1.1	Ubicación del Área de Estudio
Mapa 4.1	Área de Influencia del Estudio
Mapa 4.2	Mapa de Isoyetas de Precipitación Promedio Anual
Mapa 4.3	Mapa de Zonas con Peligro Potencial del Fenómeno El Niño
Mapa 4.4	Mapa de Peligro por Sequías Recurrentes
Mapa 4.5	Mapa de Peligro potencial de Heladas
Mapa 4.6	Mapa de Clasificación Climática Thornthwaite
Mapa 4.7	Mapa de Zonas de Vida
Mapa 4.8	Mapa de Pendientes
Mapa 4.9	Mapa de Peligro de Inundaciones
Mapa 4.10	Mapa de Aceleración Horizontal Probable del Suelo (TR=50 Años, 10% de excedencia)

### **Lista de Anexos**

Anexo A:	Tablas de caracterización climática y esquema de jerarquización de actores
Anexo B:	Figuras de jerarquización de riesgos
Anexo C:	Identificación de lugares críticos en el área de influencia
Anexo D:	Base de datos

## RESUMEN

El presente estudio se ha orientado con la finalidad de integrar temas complementarios a la evaluación de las carreteras, que permita al profesional la toma de decisiones bajo un lineamiento social. Los diseños de carreteras se basan en métodos foráneos, que se han empleado en todas las vías de la red vial nacional, debido a que no se cuenta con una Norma Peruana de diseño. Ahora, para las carreteras transversales del país ya no se debe seguir empleando dichos métodos tradicionales y por el contrario se deben innovar metodologías de acuerdo a la demanda de diseños coherentes a la realidad de cada zona que atraviesa.

El área de estudio se encuentra al centro del Perú entre los departamentos de Lima y Junín. Desde el punto de vista geográfico se ubica entre los paralelos 11° 45' y 13° 20' de Latitud Sur, y entre los meridianos 75° 15' y 76° 30' de Longitud Oeste, constituyéndose entre estas referencias la zona correspondiente al área de influencia. La carretera se desarrolla de Oeste a Este partiendo de la ciudad de San Vicente de Cañete con una cota de 28 m.s.n.m. ascendiendo hasta los 4,645 m.s.n.m. en el abra Negro Bueno para luego descender hasta la ciudad de Chupaca sobre los 3,281 m.s.n.m. estableciendo con ello una vía de comunicación alternativa de penetración entre Cañete en Lima y Chupaca en Junín totalizando 256.6 km de carretera. Cuando las carreteras presentan una orientación de Oeste a Este, y viceversa, las condiciones de suelos, altitud, temperatura, precipitaciones, entre otras variables, propicia diseños por estratos, es decir por grupo de factores incidentes en una zona, sean o no tradicionales.

El presente estudio, evalúa los niveles de riesgo a los que está expuesta el área de influencia de la vía, en base a los mapas de zonas de peligro natural potencial elaborados por la Comisión Multisectorial de Reducción de Riesgos en el Desarrollo (CMRRD) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). Bajo esta premisa, se ha planteado una metodología que integra la Evaluación Multicriterio (EMC) y Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para evaluar la influencia de los factores hidroclimáticos y sísmicos en la Rentabilidad Social de la Carretera Cañete – Lunahuaná – Chupaca.

Esta metodología proporciona un documento cartográfico en el que se determinan las áreas expuestas a riesgos hidroclimáticos y sísmicos usando

unidades sintéticas de valoración. El diagnóstico de estas unidades permite generar recomendaciones para la planificación y gestión del área de influencia, así como identificar los lugares críticos afectados por los factores analizados.

Finalmente, el presente trabajo de investigación servirá como punto de partida para la elaboración de nuevas metodologías para la evaluación de la rentabilidad social de los proyectos y de ser posible, incluirlas dentro del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

El estudio comprende en su desarrollo cinco capítulos. El primer capítulo está dedicado al establecimiento de los antecedentes, objetivos y alcances del estudio, así como al establecimiento del marco legal de referencia. El segundo capítulo contiene el marco teórico necesario para la comprensión del presente documento. Se han incluido temas que van desde la definición de los proyectos de inversión pública, hasta la descripción de conceptos generales de clasificación climática y peligro sísmico. El tercer capítulo describe aspectos en la rentabilidad y los principales riesgos hidroclimáticos y sísmicos que afectan el área de influencia del proyecto.

En el cuarto capítulo se efectúa la descripción de los factores hidroclimáticos y sísmicos que afectan el área de influencia, específicamente de los aspectos de caracterización hidroclimática, riesgos climatológicos, geomorfología y riesgo sísmico. En este capítulo también se efectúa la jerarquización de los factores individuales y se analiza las diferentes interrelaciones entre ellos, obteniéndose mapas de zonificación del área de influencia. Finalmente, el quinto capítulo está dedicado a la formulación de conclusiones y recomendaciones.

Las conclusiones más importantes de este estudio fueron que luego de realizado el análisis de jerarquización, se observó que los actores riesgo hidroclimático y sísmico son los más influyente en la rentabilidad social, mientras el actor pendiente del terreno es poco influyente en el riesgo natural. Adicionalmente, los factores hidroclimáticos y sísmicos inciden sobre la vía generando rentabilidad social negativa, es necesario evaluar el medio natural junto con los aspectos socioeconómicos, paisajísticos y bióticos, para poder tener un mejor entendimiento y análisis de la rentabilidad de la vía.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Provincias y Distritos ubicados en el Ámbito de Estudio .....	15
Tabla 2.1 Índice de aridez de De Martonne .....	25
Tabla 2.2 Grupos principales climáticos de Köppen .....	26
Tabla 2.3 Subdivisiones climáticas de Köppen .....	26
Tabla 2.4 Tipos climáticos de la clasificación Thornthwaite .....	28
Tabla 2.5 Variación estacional de la humedad (VEH) de la clasificación Thornthwaite .....	29
Tabla 2.6 Índice de eficiencia térmica (ETP) de la clasificación Thornthwaite .....	29
Tabla 2.7 Concentración de la Eficiencia Térmica (Cet) en verano de la clasificación Thornthwaite .....	30
Tabla 4.1 Clasificación Climática según Thornthwaite del área de influencia .....	48
Tabla 4.2 Principales Zonas con Peligro por Erosión Fluvial e Inundaciones .....	57
Tabla 4.3 Matriz de sinergias y conflictos entre actores principales .....	60
Tabla 4.4 Criterios de jerarquización de la metodología de Saaty .....	61
Tabla 4.5 Jerarquización de actores principales .....	62
Tabla 4.6 Jerarquización de actores principales normalizados y valor de importancia relativa .....	62
Tabla 4.7 Criterios de jerarquización de actores del riesgo hidroclimático .....	63
Tabla 4.8 Jerarquización de los actores fenómeno El Niño, sequías, heladas e inundaciones/erosión hídrica .....	65
Tabla 4.9 Jerarquización del actor precipitación media anual .....	66
Tabla 4.10 Criterios de jerarquización del actor precipitación media anual .....	67
Tabla 4.11 Criterios de jerarquización de la peligrosidad de la pendiente del terreno .....	68
Tabla 4.12 Criterios de jerarquización de la peligrosidad de la pendiente del terreno .....	68
Tabla 4.13 Jerarquización de niveles del riesgo sísmico .....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Mapa Geodinámica del Perú – Peligros Naturales Inundaciones .....	56
Figura 4.2 Mapa de áreas de deslizamiento por sismo .....	59
Figura 4.3 Valor de importancia relativa de los actores principales .....	62
Figura 4.4 Valor de importancia relativa de los actores del riesgo hidroclimático .....	64
Figura 4.5 Valor de importancia relativa de los actores fenómeno El Niño, sequías, heladas e inundaciones/erosión hídrica .....	66
Figura 4.6 Valor de importancia relativa de la precipitación media anual .....	67
Figura 4.7 Valor de importancia relativa de la peligrosidad de la pendiente .....	68
Figura 4.8 Valor de importancia relativa del riesgo sísmico .....	70

## LISTA DE FOTOS

Foto 4.1 Clasificación Thornthwaite del área de influencia de la carretera Cañete  
– Lunahuana - Chupaca. .... 49



## SIGLAS Y ABREVIATURAS

Siglas	Descripción	Siglas	Descripción
ACB	Análisis de Costo Beneficio	Ia	Índice de aridez
AHP	Proceso Analítico Jerárquico	Ih	Índice de humedad
AID	Área de influencia directa	Im	Índice hídrico
AII	Área de influencia indirecta	INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
ANP	Análisis de redes neuronales	MCE	Técnicas de evaluación multicriterio
AsCB	Análisis Social de Costo Beneficio	MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
CAF	Corporación Andina de Fomento	NCGIA	National Center for Geographic Information and Analysis
Cet	Concentración de la Eficiencia Térmica	GdR	Gestión de Riesgo
CGIS	Sistema de información geográfica de Canadá	GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
CMRRD	Comisión Multisectorial de Reducción de Riesgos en el Desarrollo	OEA	Organización de Estados Americanos
DGPM	Dirección General de Programación Multianual del Sector Público	OPI	Oficina de Programación e Inversión
EASE-IIRSA	Evaluación Ambiental y Social con Enfoque Estratégico	PIP	Proyecto de Inversión Pública
EMC	Evaluación Multicriterio	RVN	Red Vial Nacional
ETP	Evapotranspiración potencial	SIG	Sistema de Información Geográfica
FEN	Fenómeno El Niño	SINAC	Sistema Nacional de Carreteras
GdR	Gestión de Riesgo	SINAGERD	Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	UE	Unidad Ejecutora
IIRSA	Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana	VEH	Variación estacional de la humedad

## **INTRODUCCIÓN**

El presente informe corresponde a la “Evaluación de la Rentabilidad Social de la Carretera de Penetración Cañete – Lunahuaná – Chupaca, Influencia de los Factores Hidroclimáticos y Sísmicos” que complementa los análisis de factibilidad técnica y viabilidad económica tradicional desde el punto de vista social. El informe ha sido desarrollado en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería a fin de lograr el Título Profesional de Ingeniero Civil que otorga esta Universidad.

Para que un proyecto sea declarado viable, debe demostrar viabilidad social, sostenibilidad y estar enmarcado dentro de las políticas y competencias sectoriales, regionales y locales. Los proyectos de carreteras deben ser validados por el SNIP, para lo cual se emplea el Análisis Social de Costo Beneficio (AsCB), conocido como Análisis de Rentabilidad Social. Si bien la implementación del análisis de rentabilidad social en la evaluación de viabilidad de los PIP ha sido un gran avance con respecto a la metodología de ACB de mercado, este análisis aún se basa en un indicador unicriterio dado que el incremento del ingreso nacional constituye el objetivo único con el cual se mide la efectividad de las diversas alternativas.

Por otro lado, dada la configuración fisiográfica del territorio peruano, las carreteras de penetración atraviesan diferentes zonas ecológicas, con las consiguientes variaciones climáticas, geológicas, bióticas, paisajísticas, socioeconómicas y culturales, que hacen inadecuado adoptar parámetros estándares de valoración de los proyectos.

De esta forma se torna necesario establecer una metodología multicriterio que relacione los diversos componentes de carácter físico, biótico, social y paisajístico del territorio, permitiendo la conciliación de múltiples propósitos complementarios a la construcción de infraestructura vial. Es importante señalar en este punto, que el análisis del territorio no debe ser realizado solo en el área del emplazamiento directo de la infraestructura vial, sino que debe ser efectuado para la totalidad del área de influencia definida.

En el caso particular del presente trabajo, se analizará la importancia relativa de los hidroclimáticos y sísmicos del territorio (en el ámbito del área de influencia

determinada), dado que estos factores no interactúan de manera uniforme a lo largo del territorio, obviar estas variaciones muchas veces conlleva a un análisis sesgado de la viabilidad y por ende constituyen un factor importante sobre la viabilidad de los mismos.

## CAPÍTULO I GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

Si bien existen diversas metodologías de apoyo a la toma de decisiones, las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC), son las que al afrontar precisamente un gran número de situaciones en las que queda exenta la existencia de un solo criterio, constituyen la metodología más empleada y sólida para la valoración de alternativas.

De acuerdo a lo descrito por Hernández (Hernández et al, 2008), esta teoría, aunque alcanzó un grado de madurez significativa en la década del 70, tuvo sus inicios con los trabajos de Koopmans (1951) donde se desarrolla el concepto de vector eficiente o no dominado y Kuhn and Tucker (1951) donde se deducen las condiciones que garantizan la existencia de soluciones eficientes en un problema de decisiones multiobjetivos. Más adelante Charnes, Cooper and Ferguson (1955) presentan los aspectos esenciales de la programación por metas que posteriormente desarrollan Charnes and Cooper en su trabajo "*Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*".

Las diversas investigaciones posteriores fueron validadas en la "I Conferencia Mundial sobre Toma de Decisiones Multicriterio" (*Multiple Criteria Decision Making*), que se celebró en Estados Unidos en octubre de 1972 en la Universidad de Carolina del Sur. Tal acontecimiento puede considerarse el nacimiento del análisis multicriterio, así como el comienzo de un nuevo período en el campo de la toma de decisiones. Desde entonces la teoría de la decisión multicriterio ha conseguido un importante grado de articulación lógica, mostrando hoy en día solidez teórica, particularmente demostrada en su aplicación a los estudios relacionados con el ordenamiento territorial. En el campo de la planificación territorial, en donde la toma de decisiones está ligado a la posición geográfica de los datos, la integración de la EMC y el análisis geoespacial mediante el empleo de SIG, ha permitido llevar a cabo procedimientos simultáneos de análisis, proporcionando soluciones a problemas espaciales complejos (Gómez, 2005).

Al respecto, la primera referencia los SIG aparece en 1967, referida a una aplicación informática cuyo objetivo era desarrollar un conjunto de tareas con

información geográfica digitalizada (Sistema de información geográfica de Canadá - CGIS). En 1990 el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de USA lo define como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

La EMC, en conjunto con el análisis geoespacial empleando aplicaciones de SIG, ha sido utilizada en el análisis de problemáticas de decisión tales como la determinación de la capacidad de acogida del territorio, evaluación de impacto ambiental, zonificación de áreas susceptibles a los movimientos en masa, valoración de la vegetación, priorización de mantenimiento de pavimentos, entre otras (Jimenez et al, 2008; Valpreda, 2004; Ramirez y Saito, 2011; Márquez, 1999; Vía García et al, 2006, Moazami et al 2011).

A nivel regional, la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA), ha elaborado un instrumento metodológico que busca orientar la incorporación de los asuntos ambientales (entre ellos los aspectos físicos del territorio) y sociales con un principio de actuación estratégica. El documento denominado "*Metodología de Evaluación Ambiental y Social con Enfoque Estratégico*" (EASE-IIRSA, 2007), ha sido presentado y validado en todos los países que forman parte de IIRSA, con la colaboración de la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), con el apoyo del BID, ha presentado el Plan Intermodal de Transportes (MTC, 2005) a efectos que se constituya en un plan de desarrollo de la infraestructura de transporte del Perú que permita orientar sus acciones e inversiones. El décimo capítulo del Plan Intermodal de Transportes (MTC, 2005), donde se presentan los resultados del análisis ambiental y de vulnerabilidad, ha sido elaborado a partir de un análisis multicriterio el cual evalúa los peligros y riesgos naturales relativos a la red de transporte; la problemática ambiental relativa a la red de transporte; y los principales aspectos socioeconómicos y culturales relativos a la red de transporte; sin embargo en la aplicación de dicha metodología no se ha incluido el análisis geoespacial como herramienta.

En cuanto a los factores hidroclimáticos y sísmicos, motivo de la presente investigación, estos han sido ampliamente estudiados mediante técnicas multicriterio y análisis geoespacial en forma asociada a los planes de ordenamiento territorial alrededor del mundo, sin embargo poco se ha discutido sobre su inclusión en los análisis de viabilidad de proyectos. El único tema que ha tenido acogida dentro de la formulación de PIP ha sido la gestión de riesgos naturales. La política del BID, aprobada en marzo de 1998, establece que todos los proyectos financiados por el banco deben incluir criterios para reducir el riesgo en las inversiones, a fin de potenciar mejor su manejo integral a través del desarrollo (BID, 2005). En el Perú, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (DGPM) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (antes GTZ), viene trabajando desde el 2004 en la incorporación gradual de la Gestión de Riesgo (GdR) en el SNIP. A fin de brindar soporte a la gestión de riesgos naturales, la CMRRD y el INDECI ha elaborado un diagnóstico de los riesgos naturales del Perú, a partir de un análisis geoespacial del territorio, la cual se realizó en base a la revisión de los eventos más significativos en el Perú, y analizando su ubicación, severidad, probabilidad de ocurrencia y grados de sensibilidad en el territorio.

## **1.2 Importancia del Estudio**

El SNIP del Perú fue creado en el año 2000 con la finalidad de optimizar el uso de recursos públicos destinados a la inversión. Para que un proyecto sea declarado viable, debe demostrar viabilidad social, sostenibilidad y estar enmarcado dentro de las políticas y competencias sectoriales, regionales y locales. Los proyectos de carreteras deben ser validados por el SNIP, para lo cual se emplea el AsCB, conocido como Análisis de Rentabilidad Social.

Si bien la implementación del análisis de rentabilidad social en la evaluación de viabilidad de los PIP ha sido un gran avance con respecto a la metodología de ACB de mercado, este análisis aún se basa en un indicador unicriterio dado que el incremento del ingreso nacional constituye el objetivo único con el cual se mide la efectividad de las diversas alternativas. De esta forma se considera necesario establecer una metodología multicriterio que relacione los diversos componentes de carácter natural, económico y social del territorio, permitiendo la conciliación de múltiples propósitos complementarios a la construcción de

infraestructura vial, tales como la conservación de la biodiversidad, el manejo de recursos forestales, la gestión de riesgos naturales, y en general el desarrollo sostenible de las poblaciones aledañas al proyecto bajo análisis.

En el caso particular del presente trabajo, se analizará la importancia relativa de los factores hidroclimáticos y sísmicos del medio físico del territorio (en el ámbito del área de influencia determinado). Si bien se entiende que el análisis de las variables meteorológicas se debe hacer en el estudio de factibilidad y/o impacto ambiental del proyecto, pocas veces se resalta su importancia en la toma de decisiones ya sea para el diseño de la infraestructura (pues por ejemplo los diseños de pavimento son en su mayoría uniformes sin importar la zona climática en la que se encuentran) como la implementación de proyectos de desarrollo sostenible (por ejemplo se usa un mismo diseño de vivero forestal a 4,000 msnm como a 3,000 msnm). Dado que estos factores no interactúan de manera uniforme a lo largo del territorio, obviar estas variaciones muchas veces conlleva a un análisis sesgado de la viabilidad y por ende constituyen un factor importante sobre la viabilidad de los mismos.

### **1.3 Objetivos Generales y Específicos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la influencia de los factores hidroclimáticos y de geodinámica interna en la evaluación de la rentabilidad social de la carretera de penetración Cañete – Lunahuaná - Chupaca.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Se tiene tres objetivos específicos:

- Definir los factores hidroclimáticos y de geodinámica interna relevantes para el análisis de rentabilidad del proyecto de carretera.
- Efectuar un análisis geoespacial de los factores hidroclimáticos y de geodinámica interna del territorio y su posible influencia en el proyecto de carretera.
- Analizar las sinergias existentes entre los actores hidroclimáticos y de geodinámica interna.

## 1.4 **Ámbito del Estudio**

La carretera bajo estudio cuenta con una longitud aproximada de 285.9 km y se inicia en la localidad de Cañete (km 0+000), teniendo como punto final la localidad de Chupaca (km 285+900). El trazo definido enlaza las localidades de Cañete, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, Catahuasi, Calachota, Puente Auco, Magdalena (desvío a Yauyos), Alis, Tomas, Chaucha, San José de Quero, Ronchas, Angasmayo y Chupaca.

El alcance territorial del estudio corresponde tanto al área de influencia directa como al área de influencia indirecta del proyecto, definidas en su conjunto por los distritos mostrados en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Provincias y Distritos ubicados en el Ámbito de Estudio**

Departamento de Lima	Departamento de Junín
<p><b>Prov. Cañete:</b> San Vicente de Cañete, Imperial, Lunahuaná, Nuevo Imperial, Pacarán, Zúñiga.</p> <p><b>Prov. Yauyos:</b> Yauyos, Alis, Ayauca, Azángaro, Cakra, Carania, Catahuasi, Chocos, Colonia, Hongos, Huancaya, Huangascar, Huantán, Laraos, Lincha, Madean, Miraflores, San Lorenzo de Putinza, Tanta, Tomas, Tupe, Viñac, Vitis.</p>	<p><b>Prov. Concepción:</b> Chambará, San José de Quero.</p> <p><b>Prov. Jauja:</b> Canchayllo, Sincos.</p> <p><b>Prov. Chupaca:</b> Chupaca, Ahuac, Huachac, San Juan de Jarpa, Yanacancha.</p>

*Fuente: Elaboración en base a IGN (1993), INEI (2007)*

## 1.5 **Alcances del Estudio**

La lista presentada cubre las actividades generales del alcance para completar el Informe de Suficiencia:

- Revisión de información pública existente referente a la zona de estudio.
- Determinación del área de influencia involucrada en el trabajo.
- Descripción de los actores físicos del territorio a partir de información secundaria.
- Conducción de una visita de reconocimiento a la carretera bajo estudio y a los distritos más representativos del área de influencia.
- Elaboración de mapas temáticos.
- Identificación de lugares críticos o de características especiales a partir de un análisis geoespacial del territorio, creando capas *raster* para cada variable involucrada en el análisis.
- Elaboración de un análisis cualitativo de los conflictos y sinergias que existen en el área de influencia.



## **1.6 Marco Legal**

### **1.6.1 Sistema Nacional de Carreteras**

- Reglamento de Jerarquización Vial, aprobado por Decreto Supremo N° 017-2007-MTC, publicado en el Diario Oficial El Peruano, 27 de mayo de 2007, modificado por Decreto Supremo N° 006-2009-MTC, publicado en el Diario Oficial El Peruano, 15 de febrero de 2009.
- Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), actualizado por Decreto Supremo N° 044-2008-MTC, publicado en el Diario Oficial El Peruano, 28 de noviembre de 2008.
- Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por Decreto Supremo N° 034-2008-MTC, publicado en el Diario Oficial El Peruano, 25 de octubre de 2008.
- Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, aprobado por Resolución Ministerial N° 660-2008-MTC/02, publicado en el Diario Oficial El Peruano, 30 de agosto de 2008.

### **1.6.2 Inversión Pública**

- Ley N° 27293 Ley que crea el SNIP (Actualizada) modificada por las Leyes N° 28522 (25 de mayo de 2005), 28802 (21 de Julio de 2006), por el D.Leg. N° 1005 (03 de Mayo de 2008) y 1091 (21 de Junio de 2008).
- D.S. N° 102-2007-EF Reglamento del SNIP. En vigencia desde el 02 Agosto de 2007 y Modificado por DS N° 038-2009-EF (15 de Febrero de 2009)

### **1.6.3 Gestión de Riesgos**

- La Ley 29664 crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres (SINAGERD), cuya finalidad es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, minimizar sus efectos y atender situaciones de peligro mediante lineamientos de gestión. La norma precisa que la Ley se aplica para todas las entidades y empresa públicas y en todos los niveles de gobierno, el sector privado y la ciudadanía en general.
- Mediante Decreto Supremo 048-2011-PCM se establece el Reglamento de Ley N° 29664, del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Proyecto de Inversión Pública (PIP)**

Es toda intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar la capacidad productora de bienes o servicios, cuyos beneficios se generan durante la vida útil del proyecto. En el caso peruano, el diseño de proyectos de inversión pública emana de las normativas del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), que para este fin ha creado el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). De acuerdo al SNIP, el ciclo del proyecto contempla las siguientes fases: Preinversión, Inversión y Postinversión.

#### **2.1.1 Preinversión**

La preinversión tiene como objetivo evaluar la conveniencia de realizar un PIP, en particular exige contar con los estudios que sustenten que es socialmente rentable, sostenible y concordante con los lineamientos de política establecida por las autoridades correspondientes. Estos criterios sustentan su declaración de viabilidad, requisito indispensable para iniciar su ejecución.

Los estudios de preinversión se deben basar en un diagnóstico del área de influencia del PIP, del servicio sobre el cual se intervendría, así como de los grupos involucrados en todo el ciclo. Con sustento en el diagnóstico se definirá el problema a solucionar, sus causas y sus efectos; sobre esta base, se plantea el PIP y las alternativas de solución. Es necesario conocer la brecha de servicios que atenderá el PIP, que será el punto de referencia para dimensionar los recursos y estimar los costos de inversión, operación y mantenimiento. Finalmente, se estimarán los flujos de beneficios y costos sociales para definir su rentabilidad social. Es importante, asimismo, demostrar la sostenibilidad en la provisión de los servicios objeto de intervención. Es además importante mencionar que no todos los proyectos requieren el mismo nivel de análisis técnico en la fase de preinversión: a mayor magnitud de inversión, mayores serán los riesgos de pérdida de recursos y, consecuentemente, es mayor la necesidad de información y estudios técnicos que reduzcan la incertidumbre en la toma de decisiones.

### 2.1.2 Inversión

Una vez que un proyecto ha cumplido satisfactoriamente la fase de preinversión, es decir, cuenta con los estudios de pre inversión (perfil, pre factibilidad y factibilidad) y ha sido declarado viable por la Oficina de Programación e Inversiones (OPI) correspondiente, se encuentra habilitado para ingresar a la Fase de Inversión. En esta fase se puede distinguir las etapas de: Diseño (el desarrollo del estudio definitivo, expediente técnico u otro documento equivalente) y la ejecución misma del proyecto, que debe ceñirse a los parámetros técnicos, económicos y ambientales con los cuales fue declarado viable:

- **Diseño:** Se elabora el estudio de detalle (o equivalente) del proyecto, incluyendo la planificación de la ejecución, el presupuesto, las metas físicas proyectadas, las especificaciones técnicas, el programa de conservación y reposición de equipos y los requerimientos estimados de personal para la operación y mantenimiento.
- **Ejecución:** Se realiza la implementación de las actividades programas y, según caso sea el caso, el desarrollo de la obra física. En esta etapa se realizan las acciones del proyecto, la licitación de los bienes, servicios u obras a adquirir e implementar, el seguimiento y control de los contratos así como la revisión periódica de los avances de la ejecución del proyecto. El cierre de la ejecución del proyecto marca el fin de la Fase de Inversión.

### 2.1.3 Post Inversión

La postinversión comprende la operación y mantenimiento del proyecto así como la evaluación ex post. Esta última fase se inicia cuando se ha cerrado la ejecución del proyecto y éste ha sido transferido a la entidad responsable de su operación y mantenimiento. En esta fase, y durante todo su periodo de vida útil, se concreta la generación de beneficios del proyecto.

- **Operación y mantenimiento:** En esta etapa se debe asegurar que el proyecto ha producido una mejora en la capacidad prestadora de bienes o servicios públicos de una Entidad de acuerdo a las condiciones previstas en el estudio que sustentó su declaración de viabilidad. Para ello, la Entidad responsable de su operación y mantenimiento, deberá priorizar la asignación de los recursos necesarios para dichas acciones.
- **Evaluación ex post:** Es un proceso que permite investigar en qué medida las metas alcanzadas por el proyecto se han traducido en los resultados esperados en correlato con lo previsto durante la fase de preinversión.

## **2.2 Rentabilidad Social de Proyectos de Inversión**

La evaluación social de proyectos consiste en comparar los beneficios con los costos que dicho proyecto implica para la sociedad; es decir, consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad (Carrillo, 2004). Los factores por los que la evaluación social puede diferir de la privada son varios. El primero se relaciona con la diferencia entre los precios y costos de capital social y sus correspondientes valores privados. Además, la evaluación social incluye, a diferencia de la evaluación privada, los beneficios y costos sociales indirectos y los beneficios y costos intangibles relacionados al proyecto. Se indica además que la evaluación privada de proyectos subestima el valor social de esta pues no considera los recursos liberados (o ahorrados) para los consumidores (excedente del consumidor) como para los productores (excedente del productor).

En el marco del SNIP, la evaluación social de PIP indica que para la realización de la evaluación social de las alternativas de proyecto se deben incluir sus flujos de ingresos, costos y de costos de operación y mantenimiento. Además, se establece que inicialmente se realice la evaluación económica a precios de mercado, para posteriormente realizar la evaluación de costos netos a precios sociales. La conversión de los flujos económicos a precios de mercado en flujos a precios sociales se realiza mediante el uso de factores de corrección correspondiente para los diferentes tipos de bienes y servicios considerados

## **2.3 Sistema Nacional de Carreteras**

El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) es el conjunto de carreteras conformantes de la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural.

### **2.3.1 Red Vial Nacional (RVN)**

Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del SINAC. Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales. Son parte de la Red Vial Nacional, las carreteras que cumplan cualquiera de los siguientes criterios:

- Interconectar al país longitudinalmente o transversalmente, permitiendo la vinculación con los países vecinos.
- Interconectar las capitales de departamento.
- Soportar regularmente el tránsito de larga distancia nacional o internacional de personas y/o mercancías, facilitando el intercambio comercial interno o del comercio exterior.
- Articular los puertos y/o aeropuertos de nivel nacional o internacional, así como las vías férreas nacionales.
- Interconectar los principales centros de producción con los principales centros de consumo.

La Red Vial Nacional tiene tres (3) Ejes Longitudinales y veinte (20) Ejes Transversales.

- Los Ejes longitudinales son carreteras que unen las fronteras norte y sur del país.
- Los Ejes transversales o de penetración son carreteras donde la medición de su trayectoria se hace de Oeste a Este, comunicando la costa con la sierra y selva, salvo las excepciones de las carreteras que van al litoral, en cuyo caso su trayectoria se mide de Este a Oeste.

### **2.3.2 Red Vial Departamental o Regional**

Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Articula básicamente a la RVN con la Red Vial Vecinal o Rural. Son parte de la Red Vial Departamental o Regional las carreteras que cumplan cualquiera de los siguientes criterios:

- Interconectar la capital del departamento con las capitales de provincias o estas entre sí.
- Facilitar principalmente el transporte de personas y el intercambio comercial a nivel regional o departamental y que tengan influencia en el movimiento económico regional.
- Interconectar capitales de distritos pertenecientes a más de una provincia o permitir la conformación de circuitos con otras carreteras departamentales o nacionales.
- Articular los puertos y/o aeropuertos de nivel regional.

Las vías de esta red pueden, indistintamente, ser longitudinales o transversales, siendo necesario que estén comunicadas entre sí conformando una red vial.

### **2.3.3 Red Vial Vecinal o Rural**

Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstos entre sí, con centros poblados o zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional. Son parte de la Red Vial Vecinal o Rural, aquellas otras carreteras no incluidas en la Red Vial Nacional o en la Red Vial Departamental o Regional.

## **2.4 Análisis Geoespacial**

### **2.4.1 Definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Según se indica en Peña (2009), un SIG es un sistema de información que trata datos georeferenciados, es decir procesa información de eventos o entidades geoespaciales con el fin de generar una información nueva mediante operaciones de manipulación y análisis que ayude a la toma de decisiones.

Los análisis geoespaciales combinan y manipulan los datos almacenados en un SIG para crear información nueva, la cual puede ilustrarse con mapas y resumirse en forma de registros para ser estudiadas por el usuario y decidir si el modelo adoptado constituye una solución plausible. En el más amplio sentido, un SIG es un sistema integrado para trabajar con información espacial, la cual es a su vez una herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas de conocimiento. La base de un SIG es por tanto una serie de capas de información espacial en formato digital que representa una serie de variables (formato *raster*) o bien en capas que representan objetos en formato vectorial. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad del sistema.

### **2.4.2 El análisis espacial como un proceso**

En general el proceso de análisis espacial sigue una serie de etapas bien definidas (a menudo repetitivo): formulación del problema, planificación, recopilación de datos, análisis exploratorio, formulación de hipótesis, modelos y pruebas, consulta y revisión, y en última instancia, la presentación de informes finales y/o la aplicación de los resultados. A continuación se resume tales etapas:

- Tras haber identificado y formulado el problema a resolver y desarrollado un plan general, la primera tarea por lo general implica la obtención de los datos que han de ser objeto de análisis. Esto inmediatamente plantea muchas preguntas que tienen una influencia importante en las etapas posteriores: los supuestos que se han invocado para representar el "mundo real": ¿Cuáles son las implicaciones de esto para su posterior análisis? ¿Cuán completos son los datos - espacial y temporalmente? ¿Qué precisión tienen los datos (espacial, temporal y en términos de atributos medidos)?; ¿Son todos los conjuntos de datos compatibles y coherentes entre sí? ¿Es posible combinar y procesar los recursos disponibles?
- La segunda etapa, una vez que los datos se han obtenido y aceptado como adecuado para el propósito (y/o como la mejor disponible), es a menudo exploratoria. Esto puede implicar: asignación simple de los datos, puntos, líneas, regiones, redes, superficies, el cálculo de las tasas, índices, la densidad, pendientes, tendencias direccionales, niveles, clasificaciones, etc, o una exploración más compleja y dinámica de los datos, como el filtrado y la vinculación. Una o más técnicas y herramientas de análisis pueden ser utilizadas en las etapas posteriores.
- La tercera etapa dependerá del objetivo del análisis. En muchos casos la presentación de los resultados del análisis exploratorio en forma de comentario, mapas, estadísticas descriptivas y los documentos asociados a completar el proceso. En otros, se incluyen el desarrollo y prueba de hipótesis acerca de los patrones observados, y/o modelado de los datos con el fin de llevar a cabo algún ejercicio de predicción o de optimización. Con frecuencia, el resultado de este proceso es una serie de resultados posibles (escenarios) que luego deben ser resumidas y presentadas para su análisis final y la toma de decisiones por las partes interesadas, grupos de interés, los responsables políticos o empresarios. El proceso se puede repetir hasta que el flujo de acuerdo o estable y robusto se logra, a partir de especificación del problema de selección de datos, y de allí a análisis y los resultados.

Este tipo de proceso se puede formalizar y puede ser implementado como un procedimiento estándar en los sistemas operativos o como parte de un proceso de planificación. Estos procedimientos podrán incluir los ciclos de decisión relativamente largos (por ejemplo, la identificación de la ubicación al lado de un nuevo almacén de la demanda de clientes crece) o entornos altamente dinámicos, por ejemplo el control de las luces de tráfico y enrutamiento para reflejar el tipo y la densidad de tráfico en tiempo real. Cada vez con más frecuencia, estos procedimientos se involucran como apoyo a la toma de decisiones, desde el simple análisis costo-beneficio y las técnicas de evaluación multicriterio (MCE por sus siglas en inglés) a los más sofisticados procesos formales de criterios múltiples tales como los modelos de análisis de redes neuronales (ANP, por sus siglas en inglés).

## 2.5 Evaluación Multicriterio

Los análisis multicriterio y los modelos de decisión multiobjetivo se fundamentan en la evaluación de un conjunto de alternativas basándose en una serie de criterios. Un método de EMC puede servir para inventariar, clasificar, analizar y ordenar convenientemente una serie de alternativas a partir de criterios que hayamos considerado pertinentes en una evaluación.

Los principios básicos del funcionamiento pueden esquematizarse en tablas de doble entrada cuyos valores constituyen matrices de la EMC. La primera es la matriz de evaluación en la cual se efectúa la puntuación de cada criterio. La segunda es la matriz de prioridades. En ella se expresa la importancia relativa de cada criterio. La resultante es un vector, donde el valor de las celdas expresa el peso que define cuantitativamente la importancia asignada a cada criterio.

Una de las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad. Una de las metodologías multicriterio más utilizadas es el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP).

### 2.5.1 Metodología de Jerarquización Analítica

Desarrollado por Thomas Saaty en 1980, consiste esencialmente en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos utilizando una estructura jerárquica. El propósito de esta metodología es permitir que el decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, dándole la forma de una jerarquía de atributos.

Este procedimiento parte de establecer una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de factores a ponderar, así se establece una matriz de comparación entre pares de factores, comparando la importancia de uno sobre cada uno de los demás ( $a_{ij}$ ), posteriormente se determina el eigenvector principal, el cual establece los pesos ( $w_j$ ) y el eigenvalor que proporciona una medida cuantitativa de los juicios de valor.



El procedimiento se inicia a partir de una matriz de comparación por pares, en este caso pares de factores. En esta matriz se asigna a cada celda un juicio de valor ( $a_{ij}$ ) que representa la importancia relativa de cada factor en forma de columna, con otros (filas). Cabe resaltar que en este procedimiento la matriz que se produce es recíproca, es decir los valores asignados a ambos lados de la diagonal son inversos.

## **2.6 Conceptos generales de Clasificación Climática**

Las clasificaciones climáticas propuestas hasta el presente se pueden considerar en tres grupos, los cuales están basados en temperaturas, precipitaciones o combinación de ambos factores, a continuación se hace una breve descripción de estos tres grupos:

### **2.6.1 Clasificación climática basada en la temperatura**

Es la clasificación más generalizada, se basa en la distribución global de la temperatura resultante de la insolación. Según esta clasificación existen tres grandes grupos climáticos, los cuales se detallan a continuación:

- Tropical o de baja latitud: Zona cálida ubicada entre los dos trópicos (Cáncer y Capricornio), los rayos solares inciden perpendicularmente durante todo el año, la temperatura media del mes más frío está por encima de los 18 °C.
- Polar o de altas latitudes: Zona fría ubicada en los círculos polares, los rayos solares inciden paralelos durante todo el año, la temperatura media del mes más cálido está por debajo de los 10 °C.
- Templado o de latitudes medias: Zona templada ubicada entre los trópicos y los círculos polares. Se caracteriza por la presencia de las cuatro estaciones. En esta zona, se produce el contacto entre la masa de aire polar y la masa de aire tropical. Se encuentra entre las isotermas de 10 °C y 18 °C.

### **2.6.2 Clasificación climática basada en la precipitación**

Esta caracterización distingue zonas áridas y húmedas, con diversas denominaciones (árido, semiárido, seco, subhúmedo, húmedo, muy húmedo). Sin embargo, el no considerar la distribución temporal de la precipitación en el año, ni considera el factor temperatura, la efectividad de las lluvias queda sin evaluar. La clasificación según precipitaciones de Blair distingue los siguientes tipos de climas:

- Climas áridos: 0-250 mm anuales.

- Climas semiáridos: 250-350 mm anuales.
- Climas subhúmedos: 350-1000 mm anuales.
- Climas húmedos: 1000-2000 mm anuales.
- Climas muy húmedos o hiperhúmedos: más de 2000 mm anuales.

### 2.6.3 Clasificación climática basada en la combinación de la temperatura y la precipitación

#### 2.6.3.1 Índice de aridez de De Martonne

Considera la precipitación total anual como la fuente de agua y la temperatura como la capacidad de evaporar del clima. Este índice está representado por la formulación:

$$Ia = \frac{P}{tm + 10}$$

En donde, P es la precipitación media anual en mm y tm es la temperatura media anual en °C. La clasificación se determina según los rangos presentados en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Índice de aridez de De Martonne**

Valor del índice de aridez	Zona
0 - 5	Desiertos (Hiperárido)
5-10	Semidesierto (Árido)
10-20	Semiárido de tipo mediterráneo
20-30	Subhúmeda
30-60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

*Fuente: E. Ereño, 2004*

#### 2.6.3.2 Clasificación climática de Köppen

Es uno de los esquemas climáticos más usados. Se basa en el efecto del clima sobre la vegetación y se basa en las temperaturas medias mensuales y anuales, así como la precipitación total anual con su variación estacional. Los tipos climáticos se clasifican usando dos o tres letras, según corresponda. Existen cinco grupos climáticos principales designados por letras mayúsculas (A, B, C, D, E), las cuales son descritas en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Grupos principales climáticos de Köppen**

A	Climas lluviosos tropicales	El mes más frío tiene una temperatura superior a los 18 °C
B	Climas secos	La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico
C	Climas templados y húmedos	La temperatura media del mes más frío es menor a 18 °C y superior a -3 °C, al menos un mes la temperatura media es superior a 10 °C
D	Climas boreales o de nieve y bosque	La temperatura media del mes más frío es inferior a -3 °C y la del mes más cálido superior a 10 °C
E	Climas polares o de nieve	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 10 °C y superior a 0 °C
F	Clima de hielos perpetuos	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 0 °C

*Fuente: E. Ereño, 2004*

También se hace uso de otras letras mayúsculas para indicar algunas particularidades climáticas, como ocurre con los climas secos (B), que se subdividen en climas semiáridos (BS) y áridos (BW) o bien, para climas fríos (E) que incluyen los climas tundra (ET) y a los de hielos (EF). Cuando la influencia de la altura del relieve es relevante, sobre los 3,000 msnm en la caracterización del clima, se hace uso de la letra H, en primera, segunda o tercera posición, dependiendo de las particularidades de cada caso. Para caracterizar el comportamiento de las lluvias se hace uso de una letra minúscula que sigue a las letras mayúsculas. Estas letras específicamente hacen referencia a la estación seca: f, para la ausencia de estación seca; w, estación seca en invierno; s, estación seca en verano; m, estación seca determinada por los vientos monzónicos. Las subdivisiones dependen de características adicionales. Las cuales se expresan en minúsculas y son explicadas en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Subdivisiones climáticas de Köppen**

a	La temperatura media del mes más cálido supera los 22 °C	Se aplica a los climas tipo C y D
b	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22 °C	Se aplica a los climas tipo C y D
c	La temperatura media del mes más frío es inferior a -38 °C	Se aplica a los climas tipo D
h	La temperatura media anual es superior a 18 °C	Se aplica a los climas tipo B
k	La temperatura media anual es inferior a 18 °C	Se aplica a los climas tipo B

*Fuente: E. Ereño, 2004*

### 2.6.3.3 Clasificación climática de Thornthwaite

Es uno de los sistemas de clasificación climática más difundidos. Este sistema de clasificación climática considera a la evapotranspiración potencial (ETP) como un factor de gran importancia en la caracterización de los climas. Los valores de precipitación y salidas de agua, permiten la realización de un balance hídrico del suelo que nos lleva a conocer la presencia y monto de excedentes, déficits o superávit de humedad. Con la ETP Thornthwaite rechaza la idea de una clasificación basada solamente en la temperatura, la precipitación y su distribución estacional diciendo que la ETP es un factor climático de igual importancia que la precipitación. Dicha ETP es una función de la energía recibida desde el sol tanto como índice de eficiencia térmica así como de pérdida de agua. El modelo climático de Thornthwaite se basa en la evapotranspiración potencial, que mide la eficiencia térmica del medio analizado, y el índice hídrico, que mide la eficiencia pluvial de dicho medio. Esta clasificación está estructurada por cuatro dígitos o índices climáticos que en su conjunto expresan las características climáticas del lugar. En esta clasificación, el primer y segundo dígito expresan el régimen de humedad del lugar; y los dos dígitos restantes conforman el régimen térmico.

- Régimen de Humedad

El índice hídrico (Im): Es el primer dígito de la clasificación Thornthwaite y expresa el grado de humedad de un lugar el cual viene dado por la siguiente fórmula:

$$Im = \frac{100E - 60D}{EPT}$$

Donde, después de haber realizado el balance hídrico, E es el exceso de humedad, D es la deficiencia y ETP es la evaporación potencial anual. Los tipos climáticos propuestos por Thornthwaite se presentan en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Tipos climáticos de la clasificación Thornthwaite**

Símbolo	Tipo de Clima	Índice Hídrico
A	Superhúmedo	Mayor de 100
B4	Muy húmedo	80 a 100
B3	Húmedo	60 a 80
B2	Moderadamente húmedo	40 a 60
B1	Ligeramente húmedo	20 a 40
C2	Subhúmedo húmedo	0 a 20
C1	Subhúmedo seco	0 a -20
D	Semiárido o seco	-20 a -40
E	Árido	-40 a -60
A	Superhúmedo	Mayor de 100

*Fuente: E. Ereño, 2004*

- Variación estacional de la humedad (VEH)

Está representado por una letra minúscula que indica como es la variación estacional de la humedad. Si el área de estudio presenta un clima húmedo (A, B ó C2) se emplea la fórmula de índice de aridez ( $I_a$ ) para caracterizar la magnitud y distribución de los períodos secos. Por el contrario si el área de estudio tiene un clima seco (C1, D ó E), se emplea la fórmula de índice de humedad ( $I_h$ ), para caracterizar la importancia y distribución de la posible humedad. A continuación se presentan las formulas de  $I_a$  e  $I_h$  y en la Tablas 2.5 se presenta un resumen de los índices de VEH.

$$I_a = \frac{100D}{EPT}$$

$$I_h = \frac{100E}{EPT}$$

**Tabla 2.5 Variación estacional de la humedad (VEH) de la clasificación Thornthwaite**

Símbolo	Descripción - Climas Húmedos	Índice de aridez
r	nula o pequeña deficiencia de agua	0 a 16.7
s	moderada deficiencia en verano	16.7 a 33.3
w	moderada deficiencia en invierno	16.7 a 33.3
s2	gran deficiencia en verano	Más de 33.3
w2	gran deficiencia en invierno	Más de 33.3
Símbolo	Descripción - Climas Secos	Índice de humedad
d	nulo o pequeño exceso de agua	0 a 10
s	moderado exceso en verano	10 a 20
w	moderado exceso en invierno	10 a 20
s2	gran exceso en verano	Más de 20
w2	gran exceso en invierno	Más de 20

Fuente: E. Ereño, 2004

- Tipos de clima según el índice de eficiencia térmica (ETP en mm)

Es el tercer dígito constituido por una letra mayúscula con apóstrofe que indica la eficiencia térmica del lugar considerado. Este se determina entrando directamente con el valor de la ETP anual en mm (ver Tabla 2.6).

**Tabla 2.6 Índice de eficiencia térmica (ETP) de la clasificación Thornthwaite**

Símbolo	Región Térmica	ETP en mm
A´	Megatérmica o cálida	1140 y más
B´4	Mesotérmica semi- cálida	997 a 1140
B´3	Mesotérmica templada- cálida	855 a 997
B´2	Mesotérmica templada fría	712 a 855
B´1	Mesotérmica semi- fría	570 a 712
C´2	Microtérmica fría moderada	427 a 570
C´1	Microtérmica fría acentuada	285 a 427
D´	Tundra	142 a 285
E´	Helado o glacial	Menos de 142

Fuente: E. Ereño, 2004

- Tipos de clima según la concentración de la eficiencia térmica (Cet) en verano

Es el cuarto y último dígito de la clasificación de Thornthwaite, se expresa con una letra minúscula con apóstrofe e indica como es el régimen térmico durante el verano en relación al resto del año, en otras palabras cual es el nivel de

concentración de las temperaturas altas durante esa época del año. Este índice se determina sumando los valores de ETP de los tres meses de verano y relacionándolos luego con la sumatoria de la ETP anual (12 meses).

$$Cet = \frac{ETP \text{ meses de verano}}{EPT \text{ anual}} * 1000$$

Obteniendo el valor en porcentaje se busca entre qué límites se encuentra y que letra le corresponde:

**Tabla 2.7 Concentración de la Eficiencia Térmica (Cet) en verano de la clasificación Thornthwaite**

Tipo de Clima	% Verano/año
a´	Menos de 48 %
b´4	48 a 51.9 %
b´3	51.9 a 0.563 %
b´2	56.3 a 61.6 %
b´1	61.6 a 0.68 %
c´2	a 68 a 76.3 %
c´1	76.3 a 88 %
d´	Más de 88 %

Fuente: E. Ereño, 2004

## 2.7 Peligro Sísmico

El Perú está ubicado en una de las regiones de más alta sismicidad del mundo, debido al encuentro de las placas tectónicas Sudamericana y de Nazca, las cuales interactúan entre sí generando una zona de contacto a lo largo del litoral de la costa peruana, siendo esta zona de contacto la causa de la mayor parte de los sismos en la parte occidental del territorio peruano. Adicionalmente están los reajustes producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la interacción y la morfología alcanzada por la cordillera de los Andes.

### 2.7.1 Principales Rasgos Tectónicos

Los principales rasgos tectónicos del Perú son la Cordillera de los Andes y la Fosa Oceánica Perú-Chile, éstos están relacionados con la alta actividad sísmica de la región. Los rasgos tectónicos superficiales más importantes en Perú son (Castillo y Alva, 1993):

- La Fosa Oceánica Perú-Chile.

- La Dorsal de Nazca.
- La porción hundida de la costa norte de la Península de Paracas, asociada con un zócalo continental más ancho.
- La Cadena de los Andes.
- Las unidades de deformación y sus intrusiones magmáticas asociadas.
- Sistemas regionales de fallas normales e inversas y de sobreescurrecimientos.

### **2.7.2 Peligro Sísmico**

El peligro sísmico es definido por Castillo y Alva, (1993) como la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado. En general, el término intensidad se hace extensivo a cualquier otra característica de un sismo (magnitud, la aceleración máxima, etc). La ocurrencia de un evento sísmico es de carácter aleatorio y la Teoría de las Probabilidades es aplicable en el análisis del riesgo de su ocurrencia. Para mayor información acerca del Peligro Sísmico en el Perú es recomendable leer el artículo "*Peligro Sísmico en el Perú*" de Castillo y Alva (1993).



## **CAPÍTULO III INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SÍSMICOS EN LA RENTABILIDAD SOCIAL DE CARRETERAS**

### **3.1 Aspectos en la Rentabilidad**

Todos los países del mundo se ven afectados con cierta frecuencia y con diferentes grados de severidad por algún tipo de desastre de origen natural. El Perú, por su ubicación geográfica y principalmente por la presencia de la Cordilla de los Andes, tiene características geológicas, tectónicas, topográficas, meteorológicas, que hacen de su territorio, uno muy vulnerable a desastres de origen natural.

El territorio peruano, ubicado en la zona tropical y subtropical de la costa occidental de América del Sur, en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, bajo dinámica de la tectónica de las placas Sudamericana y Nazca, presenta una alta actividad sísmica y está expuesto a la ocurrencia de peligros naturales, comprometiendo la seguridad de las poblaciones y de la infraestructura de desarrollo. De acuerdo a Naciones Unidas, se conocen cuatro grupos de fenómenos naturales que pueden generar desastres:

- Desastres generados por procesos dinámicos en el interior de la tierra: terremotos, actividad volcánica y maremotos o tsunamis.
- Desastres generados por procesos dinámicos en la superficie terrestre: deslizamiento, derrumbes, aludes, aluviones y desglaciación.
- Desastres generados por fenómenos meteorológicos y oceanográficos: cambios climáticos (con y sin el Fenómeno El Niño), inundaciones, sequías, temporales y granizo.
- Desastres de origen biológicos: plagas y epidemias.

Los riesgos naturales representan un condicionamiento permanente del medio ambiente sobre la red de transporte y sobre su desarrollo. La destrucción de tramos de carreteras y puentes por falta de estudios previos a la construcción red vial y/o por falta de estudios de ubicación, por material inapropiado para soportar el exceso de recurso hídrico, ocurre frecuentemente y debe ser anticipada. El capítulo de evaluación ambiental de los proyectos propuestos del “*Plan Intermodal de Transportes*” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2005) evalúa los riesgos naturales que pudieran afectar a los proyectos viales (deslizamiento por sismo, deslizamientos y derrumbes;

fenómeno El Niño, actividad volcánica, huaycos, aludes y aluviones e inundaciones). Para ello el MTC (2005) indica que el nivel de riesgo se determina sobre la base de zonas de peligro natural potencial elaborados por la CMRRD y el INDECI. La CMRRD y el INDECI han realizado un diagnóstico de los riesgos naturales para la estrategia nacional del país efectuando una revisión de los eventos más significativos en Perú (terremotos, inundaciones, huaycos y deslizamientos, aluviones y aludes, sequías, heladas, etc.), analizando su ubicación, severidad, probabilidad de ocurrencia y grados de sensibilidad en el territorio.

Teniendo en cuenta el enfoque multicriterio, en la evaluación de los factores hidroclimáticos y sísmicos usando un proceso analítico jerárquico, el presente estudio consideró importante la evaluación de los siguientes indicadores en la evaluación de la rentabilidad social:

- Riesgo hidroclimático, el cual incluye el análisis de riesgo por FEN, sequías, heladas, precipitaciones, inundaciones y erosión de riveras.
- Peligrosidad de la pendiente de los terrenos.
- Riesgo sísmico.

Estos indicadores se componen de diversos factores, los mismos que son ponderados en función de su importancia relativa. Debido a que los atributos temáticos de los factores presentan distintas escalas de medida, es necesaria la adopción de un sistema de normalización de los valores de los criterios que permita aplicar reglas y criterios de decisión similares.

La escala de medida establecida para la asignación de los juicios de valor ( $a_{ij}$ ) es una escala de tipo continuo (ratios o razón) que va desde un valor mínimo de 1/9 hasta 9, definida por Saaty (1980), entendiendo como extremadamente menos importante (1/9) hasta extremadamente más importante (9), indicando el valor 1 de igualdad en la importancia entre pares de factores.

En la ponderación de los factores se consideró conveniente la utilización del método de comparación por pares de Saaty (1980). En este procedimiento se establece una matriz cuadrada en cuyas filas y columnas está definido el número de atributos de las variables a ponderar. El resultado es una matriz de comparación entre pares de variables, en la que se observa la importancia de cada una de ellas sobre cada una de los demás ( $a_{ij}$ ), posteriormente se

determina el eigenvector principal, que representa el orden de prioridad de los factores y establece los pesos ( $w_{ij}$ ), para así obtener el vector de prioridades.

### **3.2 Variables Climatológicas**

Las principales variables climatológicas que influyen en la rentabilidad social de las carreteras son la precipitación y la temperatura. La precipitación está definida como todo tipo de agua que cae o se deposita sobre la superficie terrestre, ya sea en forma líquida o sólida. La precipitación se forma del enfriamiento de la condensación existente en la atmósfera. Existen diversas formas de condensación:

- Por elevación frontal. El aire húmedo se ubica por encima del aire frío.
- Por elevación orográfica. El aire húmedo se eleva tratando de pasar una región montañosa. Es el tipo de condensación dominante en las cuencas de la costa.
- Por elevación convectiva. Producida por el calentamiento del aire, el cual crea una corriente de convección que arrastra a toda la masa de aire húmeda hacia arriba.

La pluviometría a nivel mundial es función principalmente de la latitud, de la orografía y de las mareas. A nivel mundial se pueden designar las siguientes zonas:

- Zona polar: Precipitaciones en forma de nieve durante el inicio del invierno, del orden de 100-200 mm/año.
- Zona templada: Precipitaciones producidas por ciclones o tormentas de verano, del orden de 800-900 mm/año.
- Zona desértica: Precipitaciones muy bajas e irregulares en el espacio y en el tiempo, del orden de 50-100 mm/año.
- Zona tropical: Zonas de alta precipitación, con valores alrededor de los 3,000 mm/año, con lluvias diarias convectivas que pueden alcanzar los 5,000 e incluso 10,000 mm/año.

La precipitación es una variable muy importante en la rentabilidad social de carreteras, debido a que el agua en todas sus formas es el principal enemigo de los pavimentos, y por ellos debe ser cuidadosamente manejado. El buen diseño y mantenimiento continuo de las obras de drenaje deben ser una prioridad si se desea que las carreteras tenga la vida útil deseada. Especialmente en climas húmedos, como son los de la sierra y selva del Perú.

La temperatura es un índice indicativo del calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra. La temperatura indica en valores numéricos el nivel de energía interna que se encuentra en un lugar en ese momento. Los rayos solares atraviesan la atmósfera sin que el aire absorba una cantidad apreciable del calor de aquellos. Sin embargo, la radiación solar es absorbida por la tierra, la cual a su vez calienta por contacto las capas inferiores de la atmósfera, y estas luego transmiten su calor a las capas más altas, en virtud de las corrientes de convección que se establecen. Así pues, en general, las capas bajas de la atmósfera se hallan a mayor temperatura que las situadas encima de ellas y, por tanto, la temperatura del aire, igual que la presión, disminuye con la altitud. Esta afirmación puede tomarse como cierta para los 11 ó 12 primeros kilómetros de la atmósfera, siendo la disminución (gradiente) de unos 0.55 °C por cada 100 metros de aumento en la altura.

En las noches claras, el calor acumulado en la tierra durante el día es irradiado con gran rapidez, de modo que la capa más baja de la atmósfera se enfría antes que las de encima; en consecuencia, la temperatura del aire en la proximidad de la tierra puede ser más baja que en otras capas más altas, invirtiéndose el gradiente de temperatura, es decir, que esta aumenta con la altitud (inversión del gradiente) en vez de disminuir.

### **3.3 Riesgo Climatológico**

Los fenómenos climáticos representan un gran peligro para los intereses nacionales. Es por ello la importancia de su evaluación, debido a que los impactos generados por estos fenómenos pueden empañar avances logrados por el país con mucho esfuerzo. El Perú es un país de múltiples peligros debido a su compleja geología y geodinámica muy activa, la topografía influye en la variabilidad climática que, bajo la influencia del cambio climático, da lugar al aumento de eventos potencialmente destructivos. Los fenómenos que ocasionan los mayores desastres en el Perú son las sequías, heladas, inundaciones, huaycos, aluviones y los terremotos. Entre los principales y previsibles impactos de los peligros naturales está el incremento de los eventos climáticos peligrosos y extremos, como es el caso de heladas, sequías y el Fenómeno el Niño, así como el retroceso de glaciares tropicales, que representan un importante recurso natural y paisajístico.

De acuerdo a información de la Organización de Estados Americanos (OEA), para el período 1913-2004 al menos 61% de los desastres naturales registrados en el país responden a condiciones climáticas. Sin embargo las pérdidas estimadas por la ocurrencia de tales desastres representan el 82% del total de pérdidas, sobrepasando incluso la de los sismos registrados.

### **3.3.1 Peligro asociado al Fenómeno El Niño (FEN)**

Es un complejo fenómeno climático global y recurrente que se manifiesta en variaciones oceanográficas y atmosféricas a gran escala. En el Perú una de sus manifestaciones principales es el calentamiento de la temperatura superficial del océano, que genera incremento de las precipitaciones en el norte del Perú, tropicalizando el clima de esa zona del país. El Perú es el país que recibe los mayores impactos del evento El Niño en razón de su situación geográfica, pues al producirse cambios en sus condiciones atmosféricas y oceanográficas, se generan amenazas para las poblaciones y actividades productivas, especialmente en la costa norte.

El Niño se ha presentado en el país con diferente intensidad, en todos los casos su influencia se manifiesta con lluvias excesivas y prolongadas en la costa norte. En la sierra sur esa influencia suele manifestarse en falta o escasez de precipitaciones, como lo fue en el FEN 1982-1983, afectando a los departamentos de Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Cusco, Puno y las provincias altas de Arequipa; sin embargo en ocasiones excepcionales como en el FEN 1997-1998, puede producir en estas zonas, lluvias por encima del promedio. Excepcionalmente también como en el FEN 1997-1998, puede provocar lluvias en otros lugares de la costa centro y sur del país.

El FEN es uno de los factores que ha causado las mayores alteraciones en la red nacional de transporte, cuya actividad directa en la costa norte e indirecta en el sur y oriente, representa un permanente riesgo. Como producto del exceso de precipitaciones y el incremento de los caudales de los ríos, el sector transporte ha recibido numerosos impactos negativos, agravándose estos por la fuerte intervención en las cuencas y el poco manejo preventivo de los drenajes naturales como:

- Daño parcial o total de tramos de carreteras, puentes, obras de arte, carpeta asfáltica, etc.

- Interrupción del tránsito vehicular.
- Incremento de costos en el transporte de carga.
- Aislamiento de zonas agrícolas y centros poblados.
- Huaycos en Tumbes, Piura y Lambayeque en quebradas normalmente secas, cortando carreteras por varias semanas.

### **3.3.2 Riesgo por inundaciones:**

Los riesgos debido a inundaciones a la red de transporte son variados y sobre todo directos, se producen fundamentalmente durante el incremento estacional de las precipitaciones. En lo que se refiere a las carreteras ubicadas a lo largo de la costa, el riesgo de inundación está generado principalmente por el incremento de las precipitaciones derivadas del FEN (departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La libertad, y en menor intensidad Ancash y Lima).

En lo que se refiere a las carreteras ubicadas a lo largo de la sierra, la construcción en terrenos de elevada pendiente, la pérdida de la cobertura vegetal, las actividades antrópicas y naturalmente el incremento de las precipitaciones establece todas las condiciones, para la ocurrencia de inundaciones y principalmente en aquellas zonas de mayor actividad. Las inundaciones son desbordes laterales de ríos, lagos y mares que cubren temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riveras, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de alta precipitación. El aumento considerable del caudal de un río, obstrucción del lecho y desviación del agua de su curso normal, la acumulación de materiales transportados por el río elevan el nivel del cauce.

### **3.3.3 Riesgo por sequía**

Es un periodo seco prolongado, o cualquier periodo de deficiencia de humedad que está por debajo de lo normal para un área específica, y que supone insuficiencia de agua para satisfacer las necesidades de las plantas, animales y humanos por un periodo prolongado. Las sequías se caracterizan por la falta de precipitaciones y de caudal en los ríos.

INDECI (2008) afirma que: "En el Perú, el sur andino (conformado por los departamentos de Puno, Cuzco, Apurímac, Arequipa, Moquegua y Tacna) es la zona más propensa a sequías recurrentes, si bien algunas veces las sequías también se han extendido hacia Ayacucho y Huancavelica. En ese territorio, la

población que habita por encima de los 3.500 msnm, aproximadamente 1 millón 300 mil personas, son las más afectadas. Allí el 80% de las tierras son de pastoreo y, si bien hay una evidente escasez de tierras de cultivo, cerca del 70% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura y la ganadería”.

### **3.4 Riesgo Sísmico**

El Perú está ubicado en una de las regiones de más alta sismicidad del mundo, al borde del encuentro de dos placas tectónicas, la placa sudamericana y la placa de Nazca, las cuales interactúan entre sí generando una zona de contacto a lo largo del litoral de la costa peruana, causante de la mayor parte de los sismos en la parte occidental del territorio. El Plan Intermodal de Transportes del Perú (2005) sostiene que, existe también sismicidad producida por deformaciones asociadas a los llamamientos tectónicos activos existentes en el Perú. Estos sismos locales y regionales son causados por fallas geológicas locales, tienen una menor frecuencia y magnitudes moderadas, pero por producirse muy cerca de la superficie, tienen un gran poder destructor.

El peligro sísmico en el Perú se evalúa mediante la probabilidad de que en un lugar determinado ocurra un sismo de una intensidad igual o mayor que un valor. Se considera que la ocurrencia de un evento sísmico es de carácter aleatorio y la teoría de probabilidades es aplicable en el análisis del riesgo de su ocurrencia. La intensidad generalizada de un sismo en un lugar puede considerarse dependiente del tamaño del sismo (la magnitud o intensidad epicentral) y de la distancia al lugar de interés. Para el caso de las estructuras de carreteras se considera periodos de retorno de 475 años para el sismo de diseño, que corresponde a estructuras con una vida útil de 50 años y un nivel de excedencia del valor propuesto de 10%. Donde el nivel de excedencia y probabilidad extrema se definen como la probabilidad que, en un tiempo determinado ocurra un sismo de intensidad igual o mayor a una intensidad dada.

El territorio del país está zonificado en tres zonas para efectos de aplicación de la norma técnica de diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de Construcciones, los cuales se detallan a continuación:

- En la zona 1, se establece un factor sísmico de 0.15g.

- En la zona 2, se establece un factor sísmico de 0.30g.
- En la zona 3, se establece un factor sísmico de 0.40g.

En la zona 3, el factor sísmico es mayor, debido a la mayor peligrosidad sísmica que presenta. Los límites de cada una de estas zonas siguen los límites políticos para efectos de aplicabilidad en el diseño de las edificaciones. Esta zonificación fue establecida en función de los periodos de recurrencia de los sismos destructores, la duración y severidad del sacudimiento sísmico del terreno, la extensión del área afectada, las aceleraciones máximas, las características espectrales de las ondas sísmicas e información geotectónica.



## **CAPÍTULO IV APLICACIÓN A LA CARRETERA CAÑETE- LUNAHUANÁ-CHUPACA**

### **4.1 Área de Influencia**

Para la evaluación de la influencia del medio físico en la rentabilidad social de la carretera de penetración Cañete – Lunahuaná - Chupaca, es necesario definir su área de influencia e identificar las características principales de la zona. La caracterización del área de estudio considera el medio ambiente y la sociedad a nivel local y regional. Consecuentemente, para identificar el área de influencia del proyecto, se debe identificar cada componente ambiental así como los aspectos sociales que puedan interactuar con las actividades que desarrollará el proyecto.

Tal como lo muestra el Mapa 4.1, se pueden definir 2 áreas de influencia: el área de influencia directa (AID) y el área de influencia indirecta (AII), las cuales se describen a continuación.

#### **4.1.1 Área de Influencia Directa**

Está conformada por las áreas con sinergias directas en su medio físico, biótico y social, durante la ejecución y operación del proyecto de carretera. El AID se basa en los distritos cuya jurisdicción cruza la vía, teniendo en cuenta además los siguientes aspectos:

- Las unidades administrativas que son cruzadas directamente por la vía (distritos).
- Las áreas naturales protegidas.
- Las áreas de patrimonio cultural colindante o atravesadas por la vía.
- Las microcuencas que son atravesadas por la vía.
- Los ecosistemas críticos atravesados o colindantes con la vía.

#### **4.1.2 Área de Influencia Indirecta**

De acuerdo con los lineamientos para la elaboración de los términos de referencia de los estudios de impacto ambiental para proyectos de infraestructura vial (MTC, 2007), el AII está compuesta por aquellas zonas donde se experimentarán impactos, negativos o positivos por efecto de determinadas dinámicas sociales, económicas, políticas y culturales que confluyen o son provocadas por el uso que se le dé a la obra luego de concluido el proyecto.

El establecimiento del AII se ha basado en los siguientes criterios:

- Los distritos que se encuentran conectados con la vía a través de una carretera, camino secundario o ramal.
- Las cuencas o microcuencas que son cruzadas por las vías de acceso secundarias.

#### **4.2 Caracterización Climática**

En este ítem, se resumen los parámetros climáticos más importantes del área de influencia ambiental de la carretera Cañete-Lunahuana-Chupaca. Los índices bioclimáticos se obtienen mediante fórmulas que combinan de forma variada algunos parámetros climáticos y, eventualmente, ciertos factores que influyen en el clima, como la altitud o la latitud.

La información básica para este estudio ha sido recopilada de información temática de interés, como es el caso de información hidrometeorológica y diagnósticos de las cuencas comprendidas en el área de influencia ambiental. La metodología ha consistido en la consulta y revisión de distintas referencias bibliográficas, las cuales se citan en el desarrollo del presente estudio y se resumen en la bibliografía. La información básica para la elaboración de la caracterización climática de este estudio, se resume a continuación:

- **Inventario Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Cuenca del Río Cañete (ONERN, 1970).** Este informe fue realizado con el objetivo de presentar la información relativa al potencial de los recursos naturales de los valles costeros y a los diversos problemas que afectaban su uso actual y futuro, además de proponer tentativamente programas de desarrollo integral con el propósito de que sirvan de adecuado marco referencial para la adaptación de una efectiva política de incremento de la productividad y de la producción agropecuaria. Dentro del contenido de este estudio se utilizaron entre otras cosas los mapas temáticos de la cuenca del río Cañete.
- **Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete (INRENA, 2001),** este informe fue realizado con el objetivo de generar las bases para la planificación y gestión integral de los recursos hídricos en la cuenca del río Cañete, haciendo énfasis en el uso eficiente de los recursos hídricos; promoviendo así su manejo eficiente, racional y equitativo. Dentro del contenido de este estudio se utilizaron entre otras cosas la información cartográfica, climática, geológica, fisiográfica, geomorfología, y los mapas temáticos de la cuenca del río Cañete.

- Atlas Climático de precipitación y temperatura del aire de la Cuenca del Río Mantaro (IGP, 2005), este estudio consistió en el acopio de datos de temperatura del aire y precipitación registrados en las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Mantaro y alrededores. Se recopilieron datos de lluvias de 87 estaciones y de temperatura del aire de 27 estaciones, pertenecientes al SENAMHI, Electro Perú, Electro Andes, entre otros. Se realizó el control de calidad de los datos, luego se calculó la climatología, como promedio multianual desde el año 1960 hasta el 2002 considerando que los registros tengan como mínimo 10 años de datos.

#### 4.2.1 Precipitación

Cuenca del río Cañete: El análisis de precipitación se hizo en base al estudio Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete (INRENA, 2001), en esta referencia se menciona que en el análisis de la precipitación en la cuenca del río Cañete se usaron trece estaciones meteorológicas pertenecientes a la cuenca: Tanta, Vilca, Yauricocha, Carania, Huantán, Huangascar, Yauyos, Colonia, Pacarán, Siria, Sunca, Catahuasi y Cañete. Además de registros de las estaciones Yauricocha, Huarochirí, Huañec, Ayaviri, Uanac y San Pedro de Huacarpana, situadas en las cuencas vecinas de Mantaro, Mala y Omas. La precipitación en la cuenca del río cañete fue estimada en INRENA (2001) usando una relación de tipo polinomial de segundo grado entre la precipitación total anual completada y extendida correspondiente al periodo 1964-2000 y la altitud. Previo a completar y extender las series mediante el programa HEC4, INRENA (2001), evaluó y corrigió la presencia de saltos y tendencias mediante los estadísticos "T" de Student, en la evaluación de variaciones en la media, y "F" de Fischer en la evaluación de varianzas. Posteriormente mediante el análisis de doble masa fue verificada la consistencia de la información pluviométrica completada y extendida, cuyo resumen se muestra en la Tabla A.1 del Anexo A.

Según los registros de precipitación total mensual, se cumple un gradiente pluviométrico precipitación – altitud. De la Tabla A.1 se observa que, las zonas con mayor precipitación son Tanta y Yauricocha (con altitudes que promedian los 4500 msnm) y con precipitación total anual de 993.3 mm y 989.6 mm, respectivamente. Un segundo grupo de estaciones pluviométricas comprendidas entre los 3680 y 3845 msnm, registran precipitaciones menores (Vilca, 774.8 mm, Carania, 671.1 mm, Siria, 689.3 mm, Sunca, 724.7 mm). Un tercer grupo de estaciones ubicadas a una altitud promedio de 3300 msnm, Huantán y colonia, muestran una precipitación total anual de 514.2 mm y 463.5 mm,

respectivamente. Se distingue un cuarto grupo de estaciones, ubicadas a una altitud promedio de 2400 msnm; Huangascar y Yauyos que tienen una precipitación total anual de 282.5 mm y 281.2 mm. Las estaciones que registran menor precipitación, concordantes con una menor altitud son las estaciones Cañete (7.8 mm), Pacarán (13 mm) y Catahuasi (24.8 mm), las cuales se encuentran entre los 150 y 1370 msnm.

Las estaciones de la cuenca del río Cañete, con excepción de la estación Cañete muestran una precipitación anual con una mayor concentración en el periodo de diciembre a marzo; en la estación Cañete se observa mayores valores de lluvia entre los meses de mayo a octubre. En las zonas altas, sobre los 4000 msnm, se tiene con igual recurrencia tanto precipitaciones líquidas como sólidas en forma de granizo y nieve.

Cuenca del río Mantaro: El análisis de precipitación se hizo en base al Atlas Climático de Precipitación y Temperatura del Aire de la Cuenca del Río Mantaro (IGP, 2005), en esta referencia se menciona que en el análisis de la precipitación en la cuenca del río Mantaro se usaron ochenta y siete estaciones. Se realizó el control de calidad de los datos, luego se calculó la climatología, como promedio multianual desde el año 1960 hasta el 2002 considerando las que cuentan con registro mayor a 9 años. El trazado de isoyetas de precipitación total anual, fue realizado de manera manual, tomando en cuenta los resultados de aplicar herramientas de interpolación de datos e interpretación de imágenes del satélite Landsat TM (Thematic Mapper). La Tabla A.1 del Anexo A muestra el resumen de precipitación mensual y anual de las estaciones cercanas al área de estudio, las cuales fueron usadas para el cálculo de isoyetas anuales. IGP (2005), sostiene que en la región centro-occidental de la cuenca del río Mantaro (subcuencas Cunas, Pachacayo, Vilca) las precipitaciones son del orden de 700-800 mm/año, durante el periodo setiembre- noviembre, incrementándose significativamente con respecto a los meses de junio- agosto. Además sostiene que se observa un núcleo de 200 mm/trimestre en la zona de Concepción, Chupaca y Huancayo.

La cuenca del Río Mantaro, cuenta con una gran variedad de clima debido a sus peculiares características morfológicas, la cual tiene su nacimiento a los 4,000 m.s.n.m. hasta su confluencia con el Río Apurímac a los 500 m.s.n.m.

La zona de altas montañas entre 5,000 y 6,000 m.s.n.m. está integrada en parte por nevados y glaciales; su temperatura media está en 0°C y con precipitación anual que superan los 900 mm en forma líquida y sólida.

Finalmente en el Mapa 4.2 se muestra el mapa de isoyetas anuales de las cuencas de los ríos Cañete y Cunas. Este mapa fue elaborado en base al mapa de isoyetas anuales de la cuenca del río Cañete para el periodo (1964-2000) confeccionada por INRENA (2001) y el mapa de isoyetas anuales de la cuenca del río Mantaro para el periodo (1960-2002) confeccionada por IGP (2005).

#### **4.2.2 Temperatura**

Cuenca del río Cañete: El estudio Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete (INRENA, 2001), menciona que este parámetro es registrado en la cuenca del río Cañete solamente por las estaciones meteorológicas de Cañete, Pacarán y Yauyos. Como se observa en la Tabla A.2 del Anexo A no existe gran variabilidad en los valores dados por las estaciones de Pacarán y Cañete, teniendo ambos un promedio mensual anual de 20.7 y 20.0 °C. La estación de Yauyos, ubicada a una altitud de 2,290 msnm, registra un menor promedio mensual anual de 17.6 °C.

La distribución anual de la temperatura media mensual de las estaciones Pacarán y Cañete son similares, con temperaturas máximas en los meses de enero a abril, mientras que en la estación de Yauyos, los mayores valores de temperatura se presentan en los meses de setiembre a noviembre. En el valle de Cañete la temperatura máxima promedio mensual se presenta en los meses de enero a abril, y es del orden de los 28°C. La temperatura mínima promedio mensual generalmente ocurre en los meses de julio a setiembre, con valores que promedian los 14°C. INRENA (2001) destaca que los valores extremos históricos que se han presentado tanto para la máxima como para la mínima temperatura son 33°C (febrero) y 11.6°C (setiembre) respectivamente. Debido a la escasez de estaciones de control de la temperatura, no es factible efectuar una descripción más precisa de la distribución y variabilidad de este parámetro en la cuenca del río Cañete.

Cuenca del río Mantaro: El análisis de temperaturas se hizo en base al Atlas Climático de Precipitación y Temperatura del Aire de la Cuenca del Río Mantaro

(IGP, 2005), en esta referencia se menciona que en el análisis de la temperaturas en la cuenca del río Mantaro se usaron veintisiete estaciones. Similar al caso de precipitaciones, se realizó el control de calidad de los datos, luego se calculó la climatología, como promedio multianual desde el año 1960 hasta el 2002 considerando las que cuentan con registro mayor a 9 años. IGP (2005) elaboró mapas de temperatura media del aire, con el fin de generar un mapa de clasificación climática (Thorntwaite). La Tabla A.1 del Anexo A muestra el resumen de temperaturas media, mínima y máxima mensual y anual de las estaciones cercanas al área de estudio.

Las temperaturas mínimas del aire tienen un ciclo anual bien definido en la cuenca del río Mantaro, principalmente en las zonas con mayor altitud. En toda la cuenca, los mínimos valores se registran en los meses de junio y julio, y los máximos en los meses de enero a marzo. La estación de Laive, ubicada en la provincia de Chupaca), presenta temperaturas por debajo de los 0°C durante 6 meses (entre mayo y octubre), observándose hasta (-5,2°C) en el mes de julio. La estación Laive presenta un rango térmico anual (diferencia entre el valor mensual más alto y más bajo) para la temperatura mínima alrededor de 8°C. En las estaciones ubicadas sobre los 3 000 msnm, por lo general el rango anual de la temperatura mínima es inferior a 4°C.

### **4.2.3 Riesgo Climatológico**

Los fenómenos que ocasionan los mayores desastres en el Perú son las sequías, heladas, inundaciones, huaycos, aluviones y los terremotos. Entre los principales y previsibles impactos de los peligros naturales está el incremento de los eventos climáticos peligrosos y extremos, como es el caso de heladas, sequías y el Fenómeno el Niño.

#### **4.2.3.1 Peligro asociado al Fenómeno El Niño (FEN)**

El Perú es el país que recibe los mayores impactos del Fenómeno El Niño en razón de su situación geográfica, pues al producirse cambios en sus condiciones atmosféricas y oceanográficas, se generan amenazas para las poblaciones y actividades productivas, especialmente en la costa norte. El FEN es uno de los factores que ha causado las mayores alteraciones en la red nacional de transporte, cuya actividad directa en la costa norte e indirecta en el sur y oriente, representa un permanente riesgo.

En la zona costera y en la vertiente occidental de la zona en estudio, los efectos de este fenómeno se sienten y/o incrementan durante los niños intensos y excepcionales, con ocurrencia de inundaciones en las márgenes del valle de Cañete, huaycos y flujos de lodo generados por el lavado de material, en las quebradas secas causando pérdida de vidas y afectando las infraestructuras. La CMRRD desarrollo un mapa de la influencia del FEN 97-98 en todo el Perú, notándose que en el área de influencia de este estudio, la influencia del FEN se limita a la provincia de Cañete (Ver Mapa 4.3),

#### 4.2.3.2 Peligro por sequias recurrentes

Se define como la insuficiencia de agua en una región por un periodo prolongado para satisfacer las necesidades de los elementos bióticos locales. Las sequias como riesgo natural, depende de la combinación de factores de escasez o ausencia de precipitaciones, de la capacidad de almacenamiento del suelo, evapotranspiración y de la ocurrencia del fenómeno en relación con el ciclo vegetativo anual. La agricultura de la sierra peruana depende del nivel de la precipitación y su distribución anual. Cuando en los meses de lluvia se reduce la precipitación, se origina la sequia que no solo afecta a la agricultura, sino también a la producción hidroenergéticas incluso el abastecimiento normal de agua potable en ciudades.

Durante las sequías, además se produce alta radiación solar, una pronunciada variación entre calentamiento y enfriamiento del suelo. Las sequías es un riesgo climático que afecta directamente la actividad agropecuaria de las zonas altoandinas por encima de los 3,000 msnm. La CMRRD desarrollo un mapa de calificación de provincias según niveles de peligro por sequias recurrentes en todo el Perú, notándose que en el área de influencia de este estudio, las provincias de Yauyos, Concepción, Jauja presentan un mediano peligro por sequias recurrentes (Ver Mapa 4.4). El IGP a través del estudio Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro bajo la visión del cambio climático (IGP 2005), sostiene que el río Cunas, es una importante fuente abastecedora de agua para consumo humano para las ciudades de Huancayo, Jauja y Concepción y como fuente de agua para la agricultura. La escasez del agua durante los meses de estiaje de abril a octubre produce fuertes conflictos entre usuarios y sectores consuntivos. En la subcuenca del Cunas la mayor demanda de agua proviene del sector agropecuario, presentando mayor necesidad principalmente durante junio a

octubre. Se registra un déficit de agua en los meses de octubre y noviembre, si a ello se agrega el atraso en la estacionalidad de las lluvias, se pone en peligro el inicio de la campaña agrícola.

#### 4.2.3.3 Peligro de heladas, nevadas y granizadas

Los fenómenos más adversos al que están expuestos los cultivos en la sierra son las heladas, donde la temperatura del medio ambiente disminuye por debajo de los 0°C. Las heladas se presentan en cualquier época del año, especialmente en otoño e invierno. En el área de influencia de este estudio las provincias de Chupaca, Jauja, Concepción, y las zonas de mayor altitud de la provincia de Yauyos tienen un peligro potencial de heladas (Ver Mapa 4.5).

INDECI (2008), sostiene que las regiones mayormente afectadas por nevadas y granizadas son la sierra centro y sur del país. En la zona de influencia del presente estudio, se puede identificar las zonas altas de los departamentos de Lima y Junín.

### 4.3 Clasificación Climática

El clima de la zona de estudio perteneciente a la cuenca de los ríos Cañete y Mantaro fue clasificada por INGEMMET (2003) según la clasificación climática de Thornthwaite mostrado en el Mapa 4.6, donde se observa que el clima varía desde árido en el valle del río Cañete hasta Catahuasi aproximadamente, pasando por climas semisecos entre Catahuasi y Tomas, hasta climas lluviosos desde Tomas hasta Chupaca. Similarmente desde el punto de vista térmico, se tiene desde un clima semifrío en la zona del valle del río Cañete, pasando por climas templados desde el valle hasta la altura del desvío a Yauyos, a climas fríos en dos zonas, desde el desvío Yauyos hasta Tomas (cuenca del río Cañete) y desde San José de Quero hasta Chupaca (cuenca del río Mantaro) y climas semifríos, en la parte alta de ambas cuencas entre Tomas y San José de Quero.

La clasificación climática de Thornthwaite se basa en el balance hídrico climático, mediante la aplicación de diversos índices climáticos obtenidos a partir del balance hídrico, calculando el índice de humedad, índice de aridez, índice de pluviosidad e índice de evapotranspiración corregida, y partir de los cuales se determina el régimen de precipitación y humedad, así como el régimen térmico.





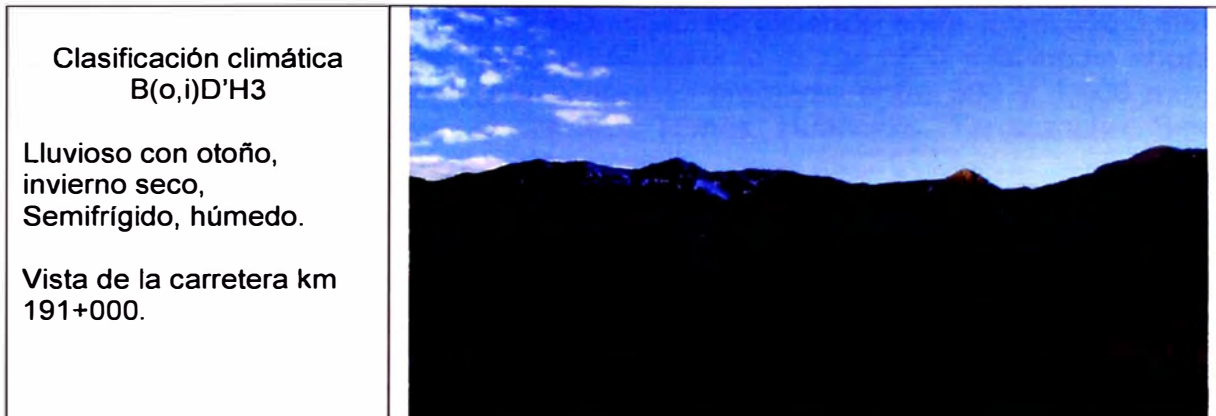
La Tabla 4.1 muestra los tipos climáticos en función a la precipitación, humedad y a la eficiencia térmica en la zona de estudio.

**Tabla 4.1 Clasificación Climática según Thornthwaite del área de influencia**

Simbología	Precipitación efectiva	Distribución de la precipitación en el año	Eficiencia de temperatura	Humedad atmosférica
E(d)B'3H3	Árido	Deficiencia de lluvias en todas las estaciones	Semifrío	Húmedo
C(o,i,p)B'2H3	Semiseco	Otoño, invierno, primavera seca	Templado	Húmedo
C(o,i,p)C'H3	Semiseco	Otoño, invierno, primavera seca	Frio	Húmedo
B(o,i)D'H3	Lluvioso	Otoño, invierno seco	Semifrígido	Húmedo
B(o,i)C'H3	Lluvioso	Otoño, invierno seco	Frio	Húmedo

*Fuente: Elaboración propia*

<p>Clasificación climática E(d)B'3H3</p> <p>Árido con deficiencia de lluvias en todas las estaciones, semifrío y húmedo</p> <p>Zona desértica semicálida; deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año; y con humedad relativa calificada como húmeda</p> <p>Vista del valle del río Cañete (km 25+000)</p>	
<p>Clasificación climática C(o,i,p)C'H3</p> <p>Zona de clima frío, semiseco; deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera; con humedad relativa calificada como húmeda.</p> <p>Vista de andenes de Laraos, a la altura del km 155+400.</p>	



(Foto: Guido Zamora, Marzo 2011)

**Foto 4.1 Clasificación Thornthwaite del área de influencia de la carretera Cañete – Lunahuana - Chupaca.**

#### 4.4 Clasificación Ecológica

El área de influencia de la Carretera Cañete – Lunahuana - Chupaca se extiende desde el nivel del mar hasta cumbres que sobrepasan los 5,000 msnm, para la denominación de las formaciones ecológicas, se emplea una nomenclatura ligada a pisos altitudinales. El Mapa ecológico de la zona de estudio se presenta en el Mapa 4.7, En ella se diferencian cuatro formaciones ecológicas básicas las cuales se presentan a continuación:

- **Desierto Sub-tropical**, se extiende desde el litoral hasta los 2,000 msnm, Presenta un clima dominante de tipo muy seco y semi-cálido, con temperaturas promedio de 19.7°C. La precipitación promedio anual, en la parte baja de la formación, es de 27.9 mm. En la parte más alta de la formación, las lluvias alcanzan un promedio de 100 mm anuales y su periodo de ocurrencia es enero-marzo. La formación comprende las localidades de Cañete, Lunahuana, Pacarán, Zúñiga, Catahuasi y Chicchicay.
- **Maleza Desértica Montano Bajo Sub-tropical**, está comprendida entre los 2,000 y 3,000 msnm. El clima dominante es seco y templado, con temperatura invernales (mayo-agosto) críticas que bajan de 0°C. La precipitación oscila entre los 250 y 450 mm de promedio anual. Esta formación comprende las localidades de Puente Auco, Huangascar y Yauyos.
- **Bosque Seco-Montano Sub-tropical**, se extiende entre los 2,000-3,200 msnm. La temperatura media anual máxima es de 17°C y la media anual mínima es de 12°C, con precipitaciones promedio entre 500 y 1,000 mm. Se extiende hasta las partes más bajas incluyendo al río Mantaro, Presenta un relieve suave o plano, propio de terrazas de valles interandinos. Incluye las localidades de Chupaca, Huachac, Sinco, entre otras.

- Bosque húmedo Montano Sub-tropical, se extiende entre los 2,800-3,800 msnm. La temperatura media anual máxima es de 12°C y la media anual mínima es de 6°C, con precipitaciones promedio entre 500 y 1,000 mm. Incluye las localidades de Carania, Tomas, Huancaya, Yanacancha, San José de quero, Canchaylo, entre otras.
- Estepa Montano Sub-tropical, está ubicada entre los 3,000 y 4,000 msnm. Presenta un clima sub-húmedo y frío, con temperatura promedio anual de 10°C y precipitaciones promedio que oscilan entre los 500 y 1,000 mm. Estas características, unidas a otros factores ecológicos, favorecen el desarrollo de la agricultura andina, siendo en esta la formación en donde se encuentra la mayor extensión del área agrícola. Incluye las localidades de Colonia (Pampas), Viñac, Huantán, Siria, Vilca y Sunca.
- Páramo muy Húmedo Sub-Alpino Sub-tropical, está ubicada entre los 4,000-4,800 msnm. Su clima corresponde al pluvial y frígido, con 1,000 mm.de precipitación promedio anual y temperatura frecuentemente bajo 0°C. En esta zona, se conforma un hábitat apropiado para la formación y desarrollo de praderas naturales. En este nivel altitudinal, la agricultura no puede llevarse a cabo debido a las frecuentes temperaturas de congelación; en cambio, existen condiciones muy propicias para el desarrollo de la ganadería. Incluye las localidades de Tanta, Paucarcocha y Yauricocha.
- Nival Sub-tropical, Es el territorio cubierto por glaciares.

#### 4.5 Geomorfología Regional

En esta sección, se presenta la zonificación de la región en estudio, la cual está basada en el sistema de zonificación propuesto por Tavera y Buforn (1998). La morfología de la región puede ser dividida en tres grandes y principales áreas:

- Área I: Zona de Costa.
- Área II: La Cordillera Occidental de los Andes, el Altiplano y la Cordillera Oriental de los Andes.
- Área III: Zona Sub Andina.

Esta caracterización simplifica la topografía, geología, geomorfología, clima y tipos de suelo que afectan el comportamiento dinámico de las cimentaciones de las estructuras. La descripción de las áreas que atraviesa la carretera Cafete – Lunahuaná – Chupaca se realiza a continuación:

- Zona de Costa

Esta unidad es una franja estrecha de terreno limitado al oeste por el litoral y al este por el batolito de la costa, que se extiende desde el norte hasta el sur con un ancho de 40 a 50 km. Está formado principalmente por un basamento rocoso fuertemente plegado sujeto a deformaciones desde el Precámbrico. En esta zona, las pendientes de las montañas son suaves y la mayoría de los subsuelos

y suelos son de origen sedimentario de la era cuaternaria, incluyendo limos, arenas y arcillas que cubren principalmente formaciones de roca volcánica, tanto como terrazas extendidas, formadas por gravas sueltas y gravas arenosas, algunas veces saturadas. Estos tipos de suelos están ubicados especialmente en las llanuras de los ríos, donde existe un potencial de licuación cuando eventos sísmicos moderados o severos ocurren, especialmente en arenas y gravas relativamente sueltas. También pueden ocurrir asentamientos importantes generados como consecuencia de deformaciones en el terreno en algunas zonas, por el movimiento de la arena y en estaciones lluviosas extraordinarias, como por ejemplo con la ocurrencia del FEN.

- **Cordillera Occidental de los Andes**

Esta zona tiene 320 km de ancho y comprende tres áreas propuestas por Tavera y Buforn (1998). La característica de condición local son las elevaciones. Áreas en completa evolución, levantamiento sobre el batolito y erosión en los valles. Las laderas de esta zona son muy empinadas, con más de 45°, lo que genera inestabilidades y peligros de derrumbes. La alteración de la roca debido a su variedad en resistencia a las precipitaciones y bajas temperaturas, los flujos de escombros en los valles y la formación de barrancos son fenómenos frecuentes en esta zona. Estas características probablemente requieren mitigación y medidas preventivas, las características de estas geoformas son:

**Cordillera Occidental:** El mayor volumen del batolito y de rocas volcánicas se desarrolla en esta zona, desde Venezuela hasta la Tierra del Fuego, en Chile. En el Perú, esta zona se extiende entre el batolito costero inclinado hacia el oeste, y el altiplano hacia el este, conforma una línea de crestas de rumbo norte sur con cotas de hasta 5,000 msnm en la región central del país, disminuyendo hacia el sur. Se distingue por un aumento del ancho y por la presencia de vulcanismo que se inicia en el paralelo 13° de latitud sur y se extiende por varias decenas de kilómetros. El Mapa 4.8 se presenta el mapa de pendientes del área de influencia de la carretera Cañete – Lunahuaná - Chupaca.

#### **4.6 Hidrología**

Para la evaluación de la influencia del medio físico en la rentabilidad social de la carretera de penetración Cañete – Lunahuaná - Chupaca, es necesario definir su área de influencia e identificar las características principales de la zona.

#### 4.6.1 Hidrografía

Cuenca del río Cañete: La cuenca del río Cañete tiene en general forma de "L", en la rama menor de esta cuenca orientada de Oeste a Este se ubican las áreas agrícolas del valle, limitando por el norte con la cuenca del río Omas, por el sur con la cuenca de la quebrada Topará y por el oeste con el Océano Pacífico. La rama mayor orientada de Norte a Sur, está conformada por las montañas que constituyen la cuenca alta y cuya línea de cumbres la separa, por el Norte y Este, de la cuenca del río Mantaro (divisoria continental); por el Sur, de la cuenca del río San Juan y por el Oeste, de las cuencas de los ríos Omas y Mala. La cuenca del río Cañete ocupa una extensión de 6 192 km<sup>2</sup>, de la cual 78.5 por ciento de su extensión corresponde a la cuenca húmeda, ubicándose por encima de los 2500 msnm.

El río Cañete nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie de las cordilleras de Ticlla y Pichahuarco, en la divisoria de cuencas con el río Mala. Su caudal es alimentado por las aguas de una serie de lagunas y nevados importantes y discurre cambiando constantemente de dirección. Luego de recorrer aproximadamente 220 km con una pendiente promedio de 2%, desembocadura en el Océano Pacífico. Sin embargo presenta sectores en donde la pendiente es mucho más pronunciada, especialmente en la parte alta, llegando hasta 8% en el tramo comprendido entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

El estudio, Inventario Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Cuenca del Río Cañete (ONERN, 1970), fue realizado con el objetivo de presentar la información relativa al potencial de los recursos naturales de los valles costeros y a los diversos problemas que afectaban su uso actual y futuro. Dentro del contenido de este estudio se realizó la descripción hidrográfica del río Cañete, la cual se presenta a continuación.

El río Cañete desde su nacimiento en la laguna Ticllacocha, aproximadamente a 4 600 msnm discurre en dirección Sur-Norte hasta la laguna Paucarcocha, recibiendo en este tramo los aportes de las lagunas Unca, Pomacocha, Llica, Pescacocha y Chupiscocha, principalmente. Luego, el río cambia de dirección bruscamente discurriendo de Oeste-Este hasta llegar a la localidad de Vilca, incrementando su caudal con las aguas de las lagunas Pariachata, Pilicocha,

Suerococha y Mullococha, alimentadas por los deshielos de los nevados Azulcocha y Escalera. Nuevamente, cambia de dirección siguiendo el rumbo NNE-SSO hasta su intersección con la quebrada Aucampi; a partir de este punto discurre siguiendo un alineamiento NO-SE, hasta su confluencia con el río Caca. Aguas abajo de este punto, el río Cañete discurre con un rumbo sensiblemente NNE-SSO, hasta su confluencia con el río Caca, afluente de su margen izquierda. Aguas debajo de este punto, el río Cañete discurre con un rumbo sensiblemente NE-SO hasta su desembocadura en el océano Pacífico.

A lo largo de su recorrido el río Cañete recibe el aporte de numerosos afluentes, entre los cuales cabe mencionar, por la margen derecha los ríos Miraflores (120 km<sup>2</sup>) y Yauyos (102 km<sup>2</sup>); las quebradas Huantuya (Carania, 54 km<sup>2</sup>) y Aucampi (343 km<sup>2</sup>) y por la margen izquierda, los ríos Tomas (450 km<sup>2</sup>), Laraos (182 km<sup>2</sup>) y Caca (635 km<sup>2</sup>) y las quebradas Tinco (Huantán, 424 km<sup>2</sup>), Pampas (133 km<sup>2</sup>) y tupe (224 km<sup>2</sup>), principalmente.

El río Cañete no presenta claramente diferenciados los trayectos o sectores clásicos correspondientes a la vida de un río, en parte por su relativamente pequeña cuenca y en parte por su fuerte pendiente. El curso superior o cuenca de recepción comprende desde la laguna Ticllacocha hasta la localidad de Catahuasi. Esta cuenca superior o alta se encuentra asociada a dos ciclos sucesivos de erosión: glacial y fluvial. En primer término ha sufrido la erosión glacial cuya acción ha quedado patentizada en los circos glaciares que circundan los lagos, en el material glacial depositado y en la prolongación de la antigua meseta recortada por cadenas de nevados y picos enhiestos que constituyen la divisoria continental. La erosión fluvial es el resultado de la gran velocidad de escurrimiento de las aguas provocada por la pronunciada pendiente que caracteriza a este curso superior y que motiva la típica forma en V de las quebradas.

Los cursos medio e inferior comprenden desde la localidad de Catahuasi hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Aguas debajo de Catahuasi, el río muestra una suave pero gradual ampliación del encajonamiento y de la abertura en V del valle, una paulatina disminución de la pendiente y la presencia de materiales gruesos y medios, que se van tornando semiangulosos y más redondeados y finos a medida que se acercan a la desembocadura. Aguas

debajo de Caltopilla, el valle se ensancha notablemente y la pendiente del río es mucho más suave, permitiendo la deposición de materiales medianos y finos que llevaba en suspensión y arrastre, originando la formación de un pequeño llano aluvial o cono de deyección, el cual se extiende hasta el mismo litoral. Este cono de deyección muestra un mayor desarrollo en su margen derecha.

El estudio Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete (INRENA, 2001), evaluó el caudal medio mensual histórico para el río Cañete en la estación Imperial/Socsi para el periodo correspondiente a 1926-2000. Esta referencia sostiene que el caudal medio mensual para el río Cañete en esta estación hidrométrica es de 52.11 m<sup>3</sup>/s, mientras que su aporte volumétrico total anual es de 1 632.07 MMC.

**Cuenca del río Mantaro:**

El río Mantaro nace en el Lago Junín o Chinchaycocha y drena de norte a sur desde Izcuchaca (Latitud 12°28'60 "S, Longitud 75°01'00" W) hasta Mayoc (Latitud 12 ° 46'60 "S, Longitud 74 ° 24'00" W). Desde Mayoc, el río drena hacia el este y luego hacia el norte. Según la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Perú, la cuenca del río Mantaro tiene asignado el código 4996, siendo una cuenca de cuarto orden.

El área total de la cuenca del río Manatro es de 34,363 km<sup>2</sup> y está dividida en 23 subcuencas. Los tributarios principales por la margen derecha son los ríos Huaron, Carhucayán, Corpacancha, Pucayacu, Yauli, Huari, Huay, Pacahacayo, Cunas, Moya y Huancavelica. El río Cunas es el de mayor importancia debido a que sus aguas son usadas para la agricultura y la generación de energía eléctrica. Los tributarios principales por la margen izquierda son los ríos Yacus, Seco, Achamayo, Shullcas y Chancha.

El río Cunas se forma por la confluencia de los ríos Llame, Cachi y Huachuan en la localidad de Santo Domingo de Cachi. Luego recibe el aporte de los ríos Sulca Jatunhuasi, Pucará, Chalhuan y la quebrada Aguachi por la margen izquierda. La cuenca del río Cunas tiene un area de 1,710 km<sup>2</sup> aproximadamente, con una altitud media de 4,200 msnm. El ramal principal tiene una longitud de 97.5 km con una pendiente promedio de 1.8%.

El río Cunas, nace en la cordillera occidental a una altitud de 5100 msnm, en su recorrido cruza la provincia de Chupaca, la provincia de Concepción y la provincia de Huancayo para reingresar en la provincia de Chupaca formando una "U". Desemboca en el río Mantaro a una altitud aproximada de 3,200 msnm a la altura del distrito de Huamancaca perteneciente a las provincias de Huancayo y Chupaca respectivamente.

En la cuenca del río Cunas se encuentra la estación hidrométrica Asgasmayo (latitud 12°01', longitud 75°21'), la cual está ubicada a 3,275 m.s.n.m., aguas abajo del río Cunas y de la construcción de embalse Yanacocha. El Estudio Hidrológico de Afianzamiento Hídrico del río Cuna, muestra el registro histórico de caudales en esta estación correspondiente al periodo 1964-2008. Dando como resultado un caudal medio mensual de 10.67 m<sup>3</sup>/s.

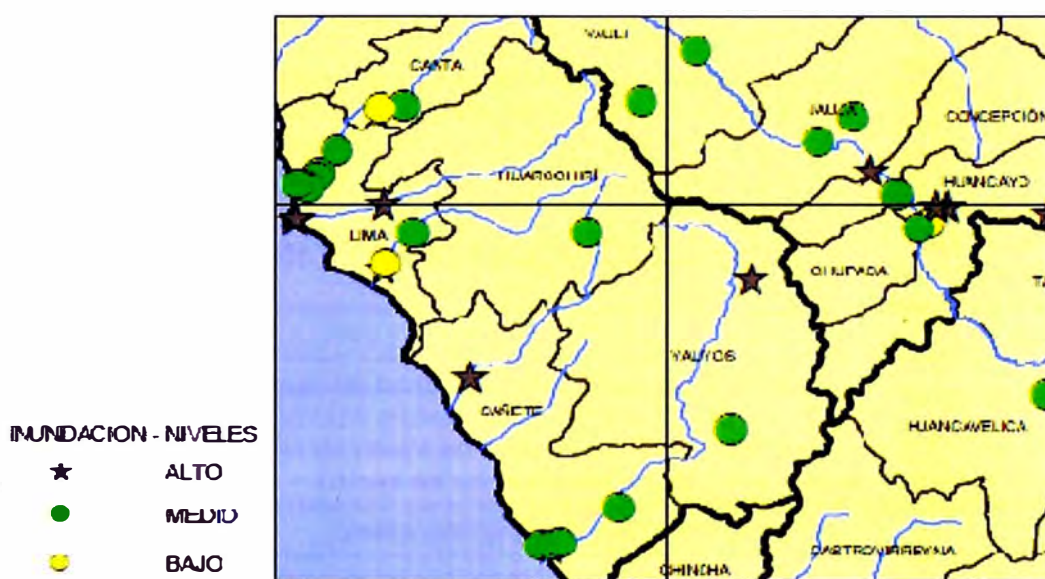
#### **4.6.2 Inundaciones**

Definición de Glosario Básico de Términos del INDECI: Desbordes laterales de las aguas de los ríos, lagos y mares, cubriendo temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones, marejadas y maremotos (tsunami). En el Perú las inundaciones ocurren entre los meses de Noviembre y Abril de cada año que corresponde a la temporada de lluvias. Los desbordes se producen generalmente en las llanuras, donde los ríos alcanzan pendientes bajas del orden de 0 a 5%, estas mayormente suelen coincidir con tramos cercanos a la desembocadura. Las inundaciones son eventos naturales recurrentes en la historia dinámica de un río. Están asociadas con la precipitación pluvial continua y abundante en las cuencas húmedas de los valles, los volúmenes de descarga que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga o conducción de los ríos. También se asocia las inundaciones a súbitos aumentos del nivel del agua en áreas cercanas a lagos, lagunas y mares. En el área de estudio, se pueden diferenciar dos tipos de inundaciones, el producido por avenidas extraordinarias estacionales asociadas al FEN y es producida por lluvias estacionales que ocurren en las cuencas altas de algunos ríos.

El río Cañete, presenta características de un valle juvenil, con pendientes moderadas a fuertes y periodos de avenidas estacionales. Las inundaciones afectan las áreas de cultivo y áreas rurales de la cuenca baja, con mayores



efectos durante la ocurrencia de eventos extremos como es el caso de la ocurrencia del FEN. Es bastante conocido que el incremento extraordinario de lluvias en la costa norte potencia el peligro de inundaciones, sin embargo en las cuencas de la costa central, en el caso particular de la cuenca del río Cañete, presenta alta vulnerabilidad a un peligro un poco mas relativo que la costa norte pero no improbable (INDECI, 2008). Según la CMRRD, las provincias de Cañete y Yauyos, presentan un alto peligro a inundaciones (Ver Figura 4.1 y Mapa 4-9). Además, INGEMMET (2003) señala que en el área de estudio se han inventariado tres zonas principales con peligro de inundaciones, las cuales se detallan en la Tabla 4.3.



**Figura 4.1 Mapa Geodinámico del Perú – Peligros Naturales Inundaciones (CMRRD, 2003)**

#### 4.6.3 Erosión Fluvial

La erosión fluvial se define como el desgaste que producen las fuerzas hidráulicas de un río al actuar sobre sus márgenes y en el fondo de su cauce con variados efectos colaterales. Los causantes de la erosión fluvial son las fuertes precipitaciones, el incremento del caudal de los ríos y como consecuencia el incremento de la fuerza erosiva de la corriente, junto con el grado de resistencia de las rocas y suelos que componen las márgenes de los ríos. La erosión fluvial ocurre casi a todo lo largo de todos los ríos del Perú, especialmente en los ríos de régimen torrentoso y en épocas de grandes descargas. INGEMMET (2003) señala que en el área de estudio se han inventariado tres zonas principales con peligro de erosión fluvial, las cuales se detallan en la Tabla 4.2. Se define como

la acción de desgaste que ocurre en el lecho del río, notándose mayor incidencia en época de avenidas, los que se presentan a lo largo del río Mantaro y el río Cunas. Los distritos y centros poblados que presentan estas características son: Huamancaca Chico (Aurora y Huamancaca Chico) y Tres de Diciembre (Churampi y San Isidro).

**Tabla 4.2 Principales Zonas con Peligro por Erosión Fluvial e Inundaciones**

Sector	Características	Efectos
<b>Zonas con peligro por erosión fluvial</b>		
Copca	Escarpas de hasta 20 m de altura en el borde de terraza aluvial como consecuencia de erosión de ribera en margen izquierda del río Cunas en un tramo de 1 km.	Puede dañar canal de regadío y terrenos de cultivo.
San Blas	Erosión de ribera de terraza en margen derecha del río Cunas, altura de 4 m. También se observa en la margen izquierda.	Puede ocasionar daños en la carretera, terrenos de cultivo y casas en margen izquierda del río.
Angasmayo	Erosión de ribera en margen derecha del río Cunas.	Puede afectar tramo de 100 m de carretera Huancayo-Yauyos, puente peatonal y terrenos de cultivo.
Copca	Escarpas de hasta 20 m de altura en el borde de terraza aluvial como consecuencia de erosión de ribera en margen izquierda del río Cunas en un tramo de 1 km.	Puede dañar canal de regadío y terrenos de cultivo
<b>Zonas con peligro por inundaciones</b>		
Río Cañete/puente Clarita y Santa Teresa	Bloques y material fluvial suelto en cauce del río y en terrazas aledañas. También se observa erosión de riberas. Se recomienda defensas ribereñas en ambos márgenes del río.	Afectaría puente, terrenos de cultivo y viviendas.
Río Cañete	Material suelto en el cauce del río Cañete. Bloques menores a 10 m y zonas inundables en ambos márgenes del río Cañete.	Puede afectar el puente peatonal, a la carretera (Colonia) y terrenos de cultivo. Trazo de carretera fue afectada por la inundación del río Cañete.
Lucmo y Cuibe	Zonas inundables. En 1994 al incrementarse el caudal del río Cañete (500 m <sup>3</sup> /s), desbordó su cauce en la zona de Lucmo y Cuiba	Afecto 300 ha de cultivo de pan llevar, 20 viviendas y 200m a la altura del km 151 de la carretera Panamericana Sur.

Fuente: INGEMMET, 2003

#### 4.7 Sismicidad y Riesgo Sísmico

Los sismos son vibraciones de la corteza terrestre causada por ondas de esfuerzos que se generan por súbita liberación de energía elástica acumulada

en la corteza y parte superior del manto terrestre. Hay dos maneras de medir los sismos: por su magnitud y por la intensidad del movimiento. La magnitud es la cantidad de energía que se libera durante el evento sísmico, el valor único obtenido del registro instrumental en función de la intensidad sísmica. Por otro lado, la intensidad es la fuerza que se siente en un punto dado y se mide por los efectos destructivos. Es un parámetro que se mide estimando cualitativamente los daños producidos por el movimiento sísmico.

El peligro sísmico es la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado. Este término intensidad se refiere a cualquier característica de un sismo (magnitud, aceleración máxima, valor espectral de la velocidad, valor espectral del desplazamiento del suelo, valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro). La ocurrencia de un evento sísmico es de carácter aleatorio y la Teoría de las Probabilidades es aplicable en el análisis del riesgo sísmico con un periodo de retorno característico. La intensidad generalizada de un sismo en un lugar fijado puede considerarse dependiente del tamaño del sismo (magnitud o intensidad epicentral) y de la distancia al lugar de interés. El Atlas de Peligros Naturales del Perú, realizado por el IGP, desarrolló el mapa Preliminar de Peligro Sísmico - Aceleraciones Sísmicas, En ella se muestra la aceleración horizontal del suelo en  $\text{cm/s}^2$  con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años. El Mapa 4.10 muestra un acercamiento al área en estudio del mapa antes mencionado. En este mapa se observa que los valores más altos de aceleraciones están localizados a lo largo de la costa y va disminuyendo a medida que se avanza hacia al Este. Según el IGP (1982), la zona del valle de Cañete tiene los valores más altos de aceleración ( $600 \text{ cm/s}^2$ ) debido a que en estas zonas se presenta una mayor tasa de ocurrencia de sismos.

La selección del movimiento sísmico de diseño depende del tipo de obra, para las estructuras de carreteras se considera un sismo de diseño para periodos de retorno de 475 años, el cual corresponde a estructuras con una vida útil de 50 años y un nivel de excedencia del valor propuesto de 10%. Lo anterior significa que en las localidades de estudio la aceleración horizontal del suelo (ver Mapa 4.10) varía entre  $600 \text{ cm/s}^2$  (ciudad de Cañete) y  $250 \text{ cm/s}^2$  (ciudad de Chupaca de Junín). Según los estudios realizados por la CMRRD, la provincia de Cañete presenta un muy alto peligro sísmico. Finalmente, es importante mencionar las

consecuencias que produjeron algunos sismos en el área de estudio. Los sismos históricos nos dan información de eventos que ocurrieron en el pasado, los cuales probablemente se producirán en el futuro. Esta información fue recopilada por Alva (1983) y se presenta a continuación:

- El 28 de Mayo de 1948, se produjo un fuerte sismo destructor en Cañete. En las inmediaciones del lugar denominado Calavera se produjeron varios deslizamientos en terrenos pantanosos. En las faldas del Cerro Candela se formaron grietas, observándose en el lugar pequeños derrumbes debido a la saturación del terreno (Silgado, 1978). La máxima intensidad de este sismo fue de VII MM.
- El 3 de Octubre de 1974 ocurrieron fenómenos locales de licuación en el valle de Cañete, donde el nivel freático es muy superficial. El fenómeno local más importante se encontró en la Cooperativa La Quebrada. Maggiolo (1975) indicó licuación generalizada en Tambo de Mora, asociada a una subsidencia o hundimiento, con densificación posterior a lo largo de 4 km. paralelos a la línea de playa. En la zona norte se desarrollaron eyecciones de agua con arena a través de volcanes de arena. La máxima intensidad del sismo fue de VIII MM y su magnitud fue de  $M_s = 7.5$ .

Según la CMRRD, el distrito de Cañete, presentan un probable peligro a deslizamientos (Ver Figura 4.2).



**Figura 4.2 Mapa de áreas de deslizamiento por sismo  
(CMRRD, 2003)**

#### 4.8 Sinergias entre Actores

La evaluación de la influencia de los factores hidroclimáticos y sísmicos en la rentabilidad social de la carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca ha sido efectuado a partir de los siguientes actores principales:

- **Riesgo hidroclimático:** Este actor principal ha sido evaluado como una función de los siguientes actores, riesgo por Fenómeno El Niño, riesgo por heladas, riesgo por sequías recurrentes, precipitación media anual, riesgo por inundaciones y erosión hídrica.
- **Pendiente del terreno:** Este actor principal ha sido evaluado a partir del valor de la pendiente del terreno y la morfología regional.
- **Riesgo sísmico:** Este actor principal ha sido evaluado en base al peligro sísmico, aceleraciones sísmicas, zonificación sísmica del reglamento nacional de construcciones, las áreas de deslizamiento por sismo y de licuación de suelos.

A continuación se muestra la matriz de sinergias y conflictos entre actores principales:

**Tabla 4.3 Matriz de sinergias y conflictos entre actores principales**

Comparación de actores	Riesgo hidroclimático	Pendiente del terreno	Riesgo sísmico	Carretera
Riesgo hidroclimático	Neutro	En contra	Neutro	En contra
Pendiente del terreno	En contra	Neutro	En contra	En contra
Riesgo sísmico	Neutro	En contra	Neutro	En contra
Carretera	Neutro	En contra	Neutro	Neutro

En la Tabla 4.3 se observa que los actores riesgo hidroclimático y riesgo sísmico son neutras entre sí y conflictivas con el actor pendiente del terreno debido a que el actor hidroclimático es influyente en la geodinámica externa la cual agrava o cambia la pendiente del terreno y de los causes. Similarmente el actor riesgo sísmico cambia la pendiente del terreno, debido a los posibles deslizamientos y caídas de rocas producto de los sismos.

Por otro lado el actor pendiente del terreno genera conflicto con el actor riesgo climatológico debido a que intensifica las áreas potenciales de inundación y erosión hídrica. Similarmente, genera conflicto con el actor riesgo sísmico debido

a que altas pendientes intensifican áreas potenciales a deslizamientos y caídas de roca producto de la actividad sísmica.

Finalmente es importante señalar que los tres actores principales producen rentabilidad social negativa, debido a que generan conflictos (actúan negativamente) hacia la carretera. Además se observa que la carretera sólo genera conflictos al actor pendiente del terreno, debido al empinamiento de la pendiente de los cerros causados por cortes y canteras hechos en la construcción de la vía.

Acorde con el Plan Intermodal de Transportes (MTC, 2005), el nivel de riesgo debe ponderarse debido al tipo de riesgo ya que los daños causados en las infraestructuras de transporte y/o al área de influencia de ésta infraestructura no son equivalentes para todos los tipos de riesgo. Por ello se ha visto necesario jerarquizar los actores dándoles mayor importancia a los actores que generan los mayores daños en el área de influencia de la carretera; incluyendo la vía, la sociedad, la ecología, el turístico, etc. Para evaluar los niveles de jerarquía entre los actores y poder cuantificar cualitativamente la rentabilidad social de la carretera, se empleará el Método de Jerarquías Analíticas (AHP) de Saaty como método de ponderación entre los actores principales. Los criterios de jerarquización de esta metodología se muestran continuación.

**Tabla 4.4 Criterios de jerarquización de la metodología de Saaty**

Índice	Definición
1	Igualmente Importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostablemente más importante
9	Absolutamente más importante
2, 4, 6, 8	Categorías intermedias

*Fuente: Elaboración Propia*

Los actores principales del área de influencia de este estudio fueron jerarquizados de la siguiente manera:

- El riesgo hidrológico y sísmico se consideraron notablemente más importante que la pendiente del terreno (ver Tabla 4.5).

- El riesgo sísmico se consideró igualmente importante al riesgo climatológico, si bien el riesgo sísmico produce mayores daños, su recurrencia es inferior a la recurrencia del riesgo hidroclimático (ver Tabla 4.5).

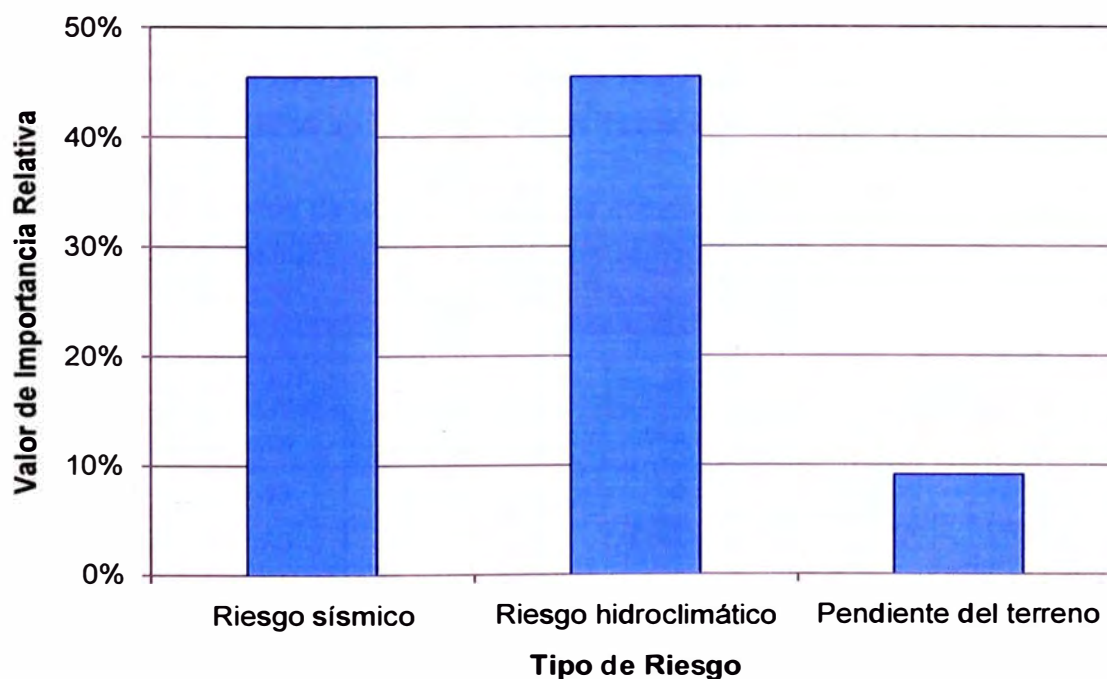
Los pesos relativos de cada actor son representados por el vector característico o eigenvector de la matriz de jerarquización de actores (ver Tabla 4.6 y Figura 4.3).

**Tabla 4.5 Jerarquización de actores principales**

Comparación de actores	Riesgo hidroclimático	Pendiente del terreno	Riesgo sísmico
Riesgo hidroclimático	1.00	5.00	1.00
Pendiente del terreno	0.20	1.00	0.20
Riesgo sísmico	1.00	5.00	1.00
Sumatoria	2.20	11.00	2.20

**Tabla 4.6 Jerarquización de actores principales normalizados y valor de importancia relativa**

Comparación de actores	Riesgo hidroclimático	Pendiente del terreno	Riesgo sísmico	Valor de importancia relativa
Riesgo hidroclimático	0.45	0.45	0.45	0.455
Pendiente del terreno	0.09	0.09	0.09	0.091
Riesgo sísmico	0.45	0.54	0.49	0.455



**Figura 4.3 Valor de importancia relativa de los actores principales**

En la Figura 4.3 se observa que los riesgos sísmicos e hidroclimáticos son los actores de mayor importancia (46%). El riesgo sísmico debido a las consecuencias desastrosas de los sismos como son la pérdida de vidas humanas y pérdidas económicas sustanciales y el riesgo climatológico debido a las pérdidas económicas y problemas de salud que pudiera generar el Fenómeno El Niño, combinado con las pérdidas económicas debido a sequías recurrentes, heladas, inundaciones y el daño ocasionado a los pavimentos debido a las precipitaciones.

#### 4.8.1 Jerarquización de actores del riesgo hidroclimático

El riesgo hidroclimático ha sido evaluado en base a los siguientes actores:

- Fenómeno El Niño.
- Sequías.
- Heladas.
- Precipitación media anual.
- Inundaciones / erosión hídrica.

La jerarquización de actores del riesgo hidroclimático se basó en la metodología Saaty (ver Tabla 4.4). Similar a la jerarquización de tipos de actores principales, se procedió a jerarquizar los actores del riesgo hidroclimático. Considerando de mayor importancia a los actores que generan los mayores daños. La matriz de jerarquización y los valores de importancia relativa de cada uno de los actores del riesgo hidroclimático se muestra en las Tabla 4.7 y Figura 4.4.

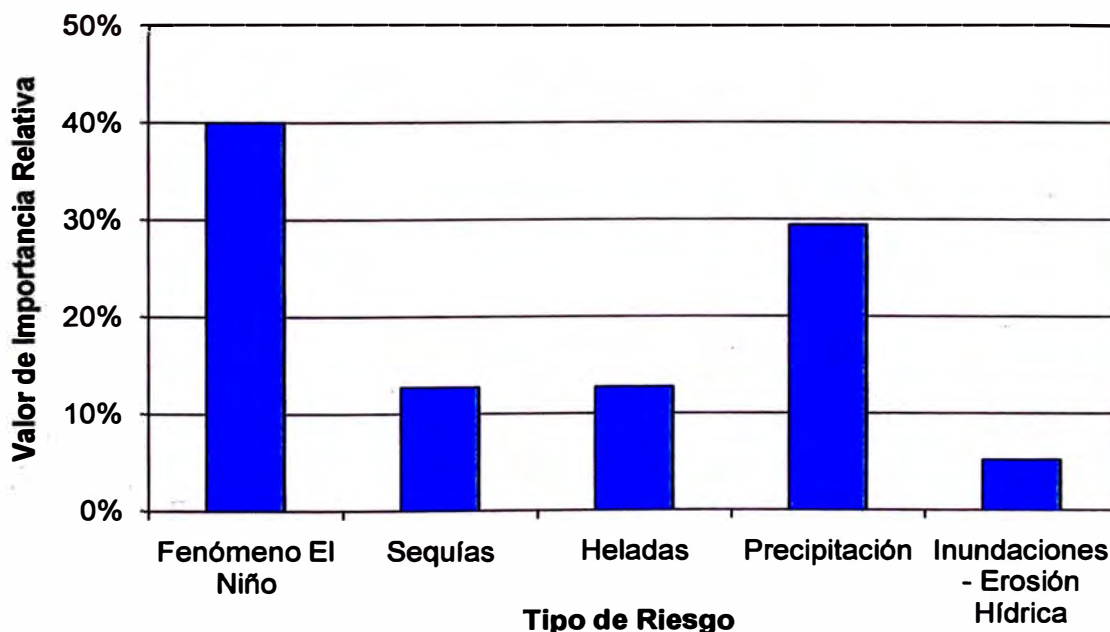
**Tabla 4.7 Criterios de jerarquización de actores del riesgo hidroclimático**

Comparación	Fenómeno El Niño	Sequías	Heladas	Precipitación	Inundaciones / erosión hídrica	Valor de importancia relativa
Fenómeno El Niño	1.00	3.00	3.00	2.00	6.00	0.400
Sequías	0.33	1.00	1.00	0.33	3.00	0.127
Heladas	0.33	1.00	1.00	0.33	3.00	0.127
Precipitación	0.50	3.00	3.00	1.00	5.00	0.294
Inundaciones - Erosión Hídrica	0.17	0.33	0.33	0.20	1.00	0.052

Los actores principales del riesgo hidroclimático fueron jerarquizados de la siguiente manera:



- El riesgo por FEN se consideró ligeramente más importante que el riesgo por sequías y heladas. Debido a que si bien el FEN es el actor que genera los mayores daños no ocurre todos los años, como es el caso de los actores sequías y heladas.
- El riesgo por FEN fue considerado entre igualmente importante a ligeramente importante que el riesgo por precipitaciones. Debido a que si bien el FEN es el actor que genera los mayores daños, el mayor enemigo de los pavimentos es el agua.
- El riesgo por FEN fue considerado entre demostrablemente más importante a notablemente más importante que el riesgo por inundaciones. Debido a que el FEN y las inundaciones están relacionadas directamente, es probable que el FEN cause inundaciones, sin embargo las inundaciones no causan FEN. Además, la recurrencia de inundaciones es baja, incluso menor a la recurrencia del FEN.
- El riesgo por heladas y sequías fueron consideradas igualmente importantes debido a que ambas se comportan de manera similar, ya que merman la productividad con mucha frecuencia en donde se presentan. Además estos dos tipos de riesgo fueron considerados ligeramente más importante que el riesgo a inundaciones, debido a la poca recurrencia de este último comparado a la recurrencia de heladas y sequías.
- El riesgo por precipitaciones fue considerado ligeramente más importante que el riesgo por heladas y el riesgo por sequías, debido a que el mayor enemigo de los pavimentos es el agua.
- Por último el riesgo por precipitaciones fue considerado notablemente más importante que el riesgo por inundaciones, debido a la alta recurrencia del primero, afectando la vía todo el tiempo y la baja recurrencia de las inundaciones.



**Figura 4.4 Valor de importancia relativa de los actores del riesgo hidroclimático**

Los actores del riesgo hidrológico son a su vez evaluados independientemente dependiendo del nivel de riesgo de cada peligro natural tomando como base los mapas elaborados por la CMRRD (2003). El análisis de jerarquización para los actores Fenómeno El Niño, sequías, heladas e inundaciones - erosión hídrica, considera una ponderación lineal con normalización con mayor nivel de riesgo para zonas de peligro natural y menor nivel de riesgo en zonas que no ofrecen peligro natural.

- Proyectos que se localizan en zonas de peligro natural, constituyen proyectos de riesgo muy alto y se le asigna el valor relativo de 1.00.
- Proyectos que se localizan en zonas de peligro natural potencial, constituyen proyectos de riesgo alto y se le asigna el valor relativo de 0.75.
- Proyectos que se localizan en una zona de no ocurrencia de peligros naturales, constituyen proyectos de riesgo moderado y se le asigna el valor relativo de 0.50.
- Proyectos que se localizan en zonas que no ofrecen peligro natural, son proyectos de riesgo mínimo y se le asigna el valor relativo de 0.25.

La Tabla 4.8 y Figura 4.5 muestra los niveles de jerarquización de los actores antes mencionados y los valores de importancia relativa dependiendo del nivel de riesgo.

**Tabla 4.8 Jerarquización de los actores fenómeno El Niño, sequías, heladas e inundaciones/erosión hídrica**

Descripción del riesgo	Valor relativo	Valor de importancia relativa
Muy Alto (zonas de peligro natural)	1.00	0.4
Alto (zonas de peligro natural potencial)	0.75	0.3
Moderado (Zonas de no ocurrencia de peligros naturales)	0.50	0.2
Bajo (Zonas que no ofrecen peligro natural)	0.25	0.1

Nota:

El análisis de jerarquización de Fenómeno El Niño fue estimada en base a:

-Mapa de áreas afectadas por lluvias excepcionales en el Fenómeno el Niño 97-98 (CMRRD, 2003).

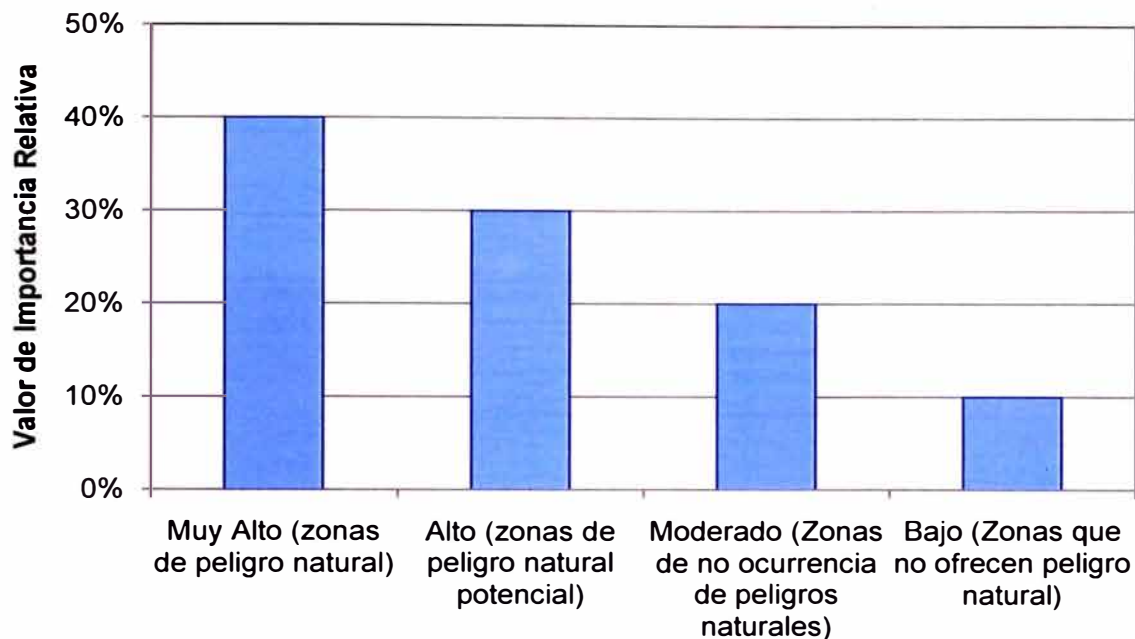
El análisis de jerarquización de sequías fue estimada en base a:

-Mapa de calificación de provincias según niveles de peligro por sequías recurrentes (CMRRD, 2003).

El análisis de jerarquización de heladas fue estimada en base a:

-Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros de heladas (CMRRD, 2003).

- Mapa del territorio con peligro potencial de heladas (CMRRD, 2003).
- El análisis de jerarquización de inundaciones fue estimada en base a:
- Mapa de Zonas con Peligro potencial de inundación (CMRRD, 2003).
- Mapa geodinámico del Perú - Peligro Natural - Inundación (CMRRD, 2003).



#### Riesgo sísmico

**Figura 4.5 Valor de importancia relativa de los actores fenómeno El Niño, sequías, heladas e inundaciones/erosión hídrica**

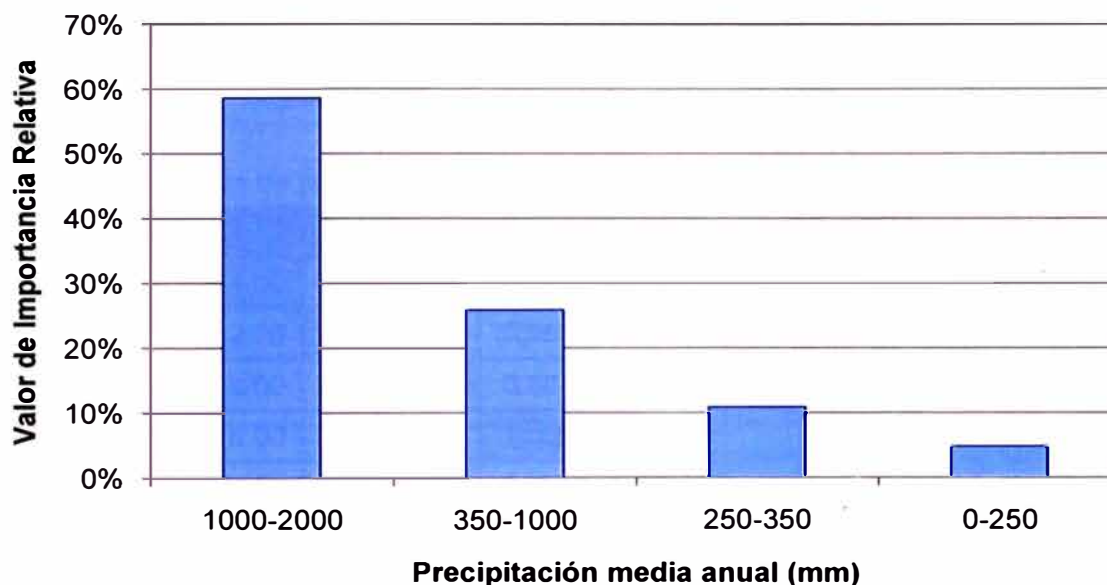
Por otro lado, el actor precipitación media anual del actor principal riesgo hidroclimático ha sido jerarquizado usando la metodología de Jerarquías Analíticas de Saaty considerando los rangos de precipitación según la clasificación climática basada en la precipitación de Blair, tal como se observa en la Tabla 4.9. La matriz de jerarquización y los valores de importancia relativa de la peligrosidad del factor precipitación media anual se muestra en las Tabla 4.10 y Figura 4.6.

**Tabla 4.9 Jerarquización del actor precipitación media anual**

Código	Precipitación media anual (mm)	Tipología
L1	0-250	árido
L2	250-350	semiárido
L3	350-1000	subhúmedo
L4	1000-2000	húmedo

**Tabla 4.10 Criterios de jerarquización del actor precipitación media anual**

Comparación	L1	L2	L3	L4	Valor de importancia relativa
L1	1.00	0.33	0.17	0.11	0.048
L2	3.00	1.00	0.33	0.17	0.108
L3	6.00	3.00	1.00	0.33	0.259
L4	9.00	6.00	3.00	1.00	0.585



**Figura 4.6 Valor de importancia relativa de la precipitación media anual**

Las Figuras B.1 a B.5 del Anexo B muestran los mapas de riesgo por precipitaciones, FEN, sequías, heladas e inundaciones, respectivamente. Estos mapas fueron elaborados en base a los criterios de jerarquización de actores anteriormente descrito, para cada uno de los actores independientemente (ver Tablas 4.8 y 4.10).

Asimismo, la Figura B.8 del Anexo B muestra el mapa de riesgo hidroclimático, el cual ha sido elaborado en base a los criterios de jerarquización de actores del riesgo hidroclimático (ver Tabla 4.7).

#### 4.8.2 Jerarquización de la peligrosidad de pendiente del terreno

El criterio de jerarquización de la pendiente del terreno toma como base el mapa de pendientes del terreno y el sistema de zonificación morfológica propuesto por Tavera y Buforn (1998). El AHP de Saaty fue empleado en la jerarquización de la peligrosidad de la pendiente del terreno, tal como se observa en la Tabla 4.11. La matriz de jerarquización y los valores de importancia relativa de la

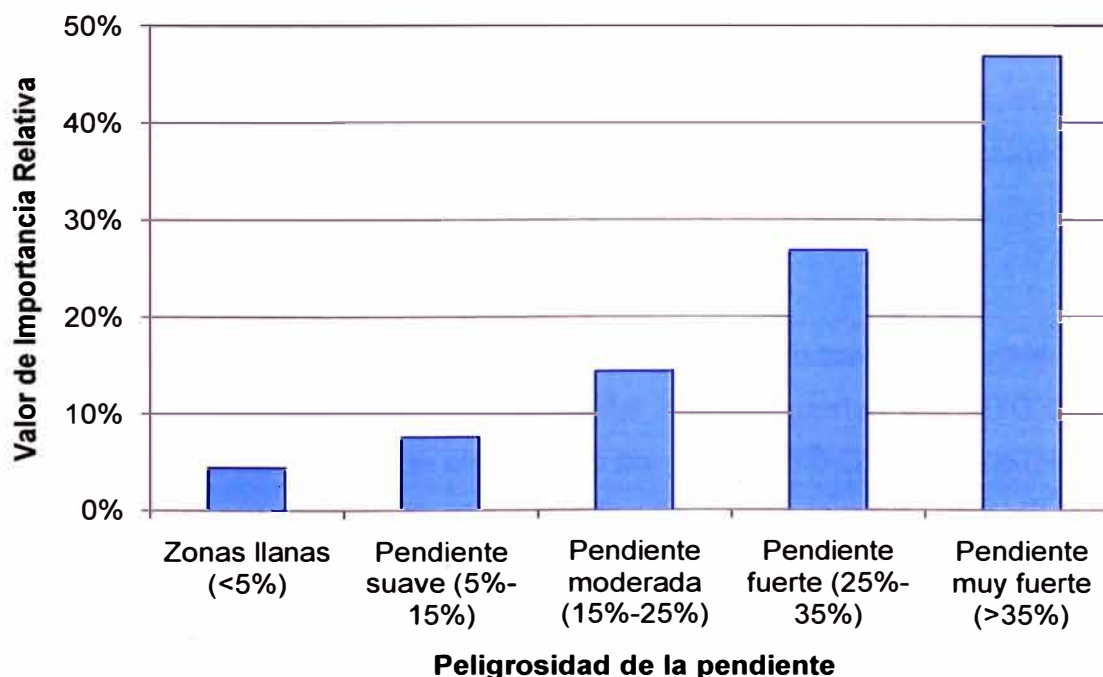
peligrosidad de la pendiente del terreno se muestra en las Tabla 4.12 y Figura 4.7.

**Tabla 4.11 Criterios de jerarquización de la peligrosidad de la pendiente del terreno**

Código	Pendiente (%)	Tipología	Morfología
P1	< 5	Zonas llanas	Costa
P2	5 - 15	Pendiente suave	Costa \ cordillera occidental
P3	15 - 25	Pendiente moderada	Cordillera occidental
P4	25 - 35	Pendiente fuerte	Cordillera occidental
P5	> 35	Pendiente muy fuerte	Cordillera occidental

**Tabla 4.12 Criterios de jerarquización de la peligrosidad de la pendiente del terreno**

Comparación	P1	P2	P3	P4	P5	Valor de importancia relativa
P1	1.00	0.50	0.25	0.17	0.13	0.044
P2	2.00	1.00	0.50	0.25	0.17	0.076
P3	4.00	2.00	1.00	0.50	0.25	0.144
P4	6.00	4.00	2.00	1.00	0.50	0.268
P5	8.00	6.00	4.00	2.00	1.00	0.468



**Figura 4.7 Valor de importancia relativa de la peligrosidad de la pendiente**

El riesgo por pendientes fue jerarquizado de la siguiente manera:

- La pendiente muy fuerte fue considerada:

Entre igualmente importante y ligeramente más importante que la pendiente fuerte.

Entre ligeramente más importante y notablemente más importante que la pendiente moderada.

Entre notablemente más importante y demostrablemente más importante que la pendiente suave.

Entre demostrablemente importante y absolutamente más importante que las zonas llanas.

- La pendiente fuerte fue considerada:
  - Entre igualmente importante y ligeramente más importante que la pendiente moderada.
  - Entre ligeramente más importante y notablemente más importante que la pendiente suave.
  - Entre notablemente más importante y demostrablemente más importante que las zonas llanas.
- La pendiente moderada fue considerada:
  - Entre igualmente importante y ligeramente más importante que la pendiente suave.
  - Entre ligeramente más importante y notablemente más importante que las zonas llanas.
- La pendiente suave fue considerada entre igualmente importante y ligeramente más importante que las zonas llanas.

La Figura B.6 del Anexo B muestra el mapa de riesgo por pendientes, el cual ha sido elaborado en base a los criterios de jerarquización de la peligrosidad de la pendiente del terreno (ver Tabla 4.12).

#### **4.8.3 Jerarquización de niveles del riesgo sísmico**

El criterio de jerarquización de niveles del riesgo sísmico toma en consideración los criterios descritos en el Plan Intermodal de Transportes del MTC (2005), tomando como base los mapas elaborados por la CMRRD (2003) los cuales son presentados en el Anexo D. El análisis de jerarquización considera una ponderación lineal con normalización con mayor nivel de riesgo para zonas de peligro natural y menor nivel de riesgo en zonas que no ofrecen peligro natural.

- Proyectos que se localizan en zonas de peligro natural, constituyen proyectos de riesgo muy alto y se le asigna el valor relativo de 1.00.
- Proyectos que se localizan en zonas de peligro natural potencial, constituyen proyectos de riesgo alto y se le asigna el valor relativo de 0.75.

- Proyectos que se localizan en una zona de no ocurrencia de peligros naturales, constituyen proyectos de riesgo moderado y se le asigna el valor relativo de 0.50.
- Proyectos que se localizan en zonas que no ofrecen peligro natural, son proyectos de riesgo mínimo y se le asigna el valor relativo de 0.25.

La Tabla 4.13 y Figura 4.8 muestra los niveles de jerarquización del riesgo sísmico y los valores de importancia relativa dependiente del nivel de riesgo.

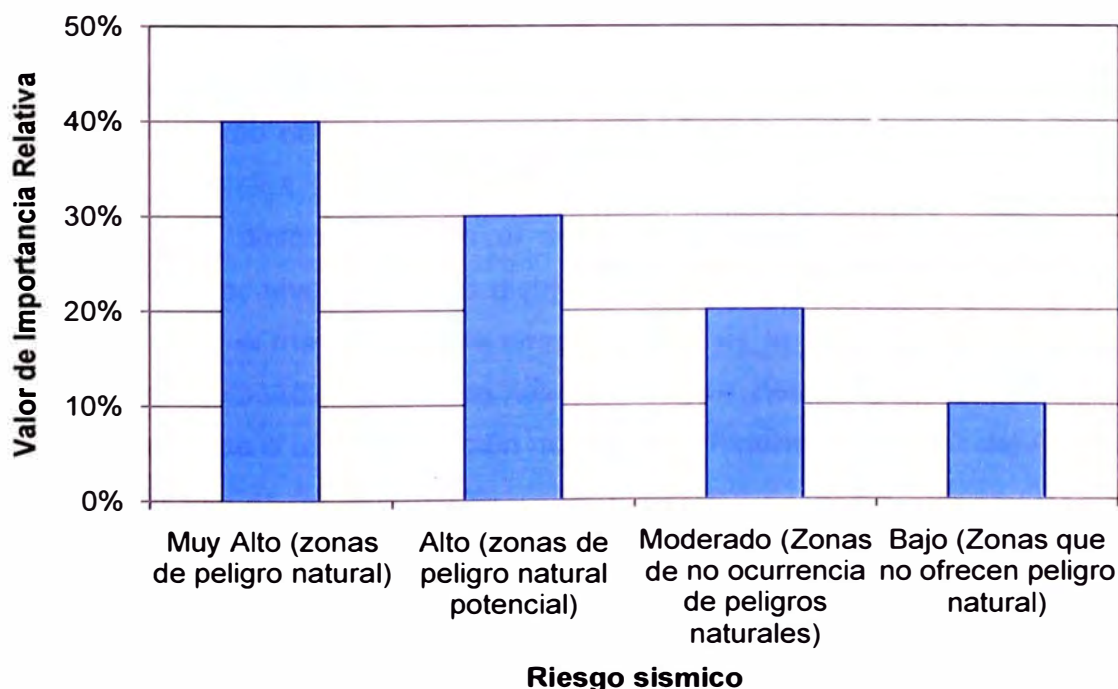
**Tabla 4.13 Jerarquización de niveles del riesgo sísmico**

Descripción	Valor relativo	Valor de importancia relativa
Muy Alto (zonas de peligro natural)	1.00	0.4
Alto (zonas de peligro natural potencial)	0.75	0.3
Moderado (Zonas de no ocurrencia de peligros naturales)	0.50	0.2
Bajo (Zonas que no ofrecen peligro natural)	0.25	0.1

Nota:

El análisis de jerarquización de sismos fue estimada en base a:

- Mapa preliminar de peligro sísmico - Aceleraciones sísmicas (IGP, 1982).
- Mapa de áreas de deslizamiento por sismo (CISMID, 1991).
- Mapa de áreas de licuación de suelos (CMRRD, 2003).
- Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (CISMID, 1981).
- Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos (CMRRD, 2003)
- Mapa de zonificación sísmica (CMRRD, 2003).



**Figura 4.8 Valor de importancia relativa del riesgo sísmico**

La Figura B.7 del Anexo B muestra el mapa de riesgo sísmico, el cual ha sido elaborado en base a los criterios de jerarquización de niveles del riesgo (ver Tabla 4.13).

El resumen de los niveles de jerarquización usado en este estudio y los valores de importancia relativa normalizados usados se muestran en la Figura 4.9. Adicionalmente, la Figura B.9 del Anexo B, muestra el mapa de riesgo natural, conformado por la combinación según los niveles de jerarquización (ver Tabla 4.6 y Figura A.1 del Anexo A) de los actores principales (riesgo hidrológico, riesgo por pendiente y riesgo sísmico).

Los criterios de jerarquización de actores y sus respectivos valores de importancia relativa sirvieron para la elaboración de mapas de riesgo tanto individualmente (precipitación, FEN, sequías, heladas, inundación/erosión, pendiente del terreno y riesgo sísmico), como para la elaboración de mapas de riesgo combinados, los cuales fueron elaborados en base a la combinación de varios actores, como es el caso del mapa de riesgo hidrológico y el mapa de riesgo natural.

#### **4.8.4 Valorización de actores por distrito**

Para mayor facilidad en la detección de puntos críticos, se decidió elaborar mapas de niveles de riesgo por distrito. En la elaboración de estos mapas fue hallado el promedio de cada actor a nivel distrital. Luego, estos valores fueron divididos en 5 niveles y normalizados con el fin de encontrar el nivel de riesgo relativo de cada distrito respecto al área de influencia del estudio. En otras palabras, al menor nivel de riesgo distrital se le asignó la calificación de “riesgo muy bajo” y para el mayor nivel de riesgo distrital se le asignó la calificación de “riesgo muy alto”. Adicionalmente los niveles de riesgo intermedios, fueron calculados en base a una distribución normal. Las Figuras C.1 a C.9 del Anexo C presentan los mapas de riesgo anteriormente descritos. De los mapas de riesgo a nivel de distrito se concluye que:

- La Figura C.1 del Anexo C muestra el mapa de riesgo por precipitaciones por distrito, de esta figura se concluye los distritos de Tanta, Miraflores y Laraos, pertenecientes a la provincia de Yauyos, tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.1 y Tabla C.1 del Anexo C.



- La Figura C.2 del Anexo C muestra el mapa de riesgo por FEN por distrito, de esta figura se concluye que los distritos de Imperial, Nuevo Imperial, San Vicente de Cañete, Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga, pertenecientes a la provincia de Cañete, y los distritos de Ayauca, Chocos, Huangascar y Azángaro, pertenecientes a la provincia de Yauyos, tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.2 y Tabla C.1 del Anexo C.
- La Figura C.3 del Anexo C muestra el mapa de riesgo por sequías por distrito, de esta figura se concluye que todos los distritos de las provincias de Yauyos, Concepción y Jauja tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.3 y Tabla C.1 del Anexo C.
- La Figura C.4 del Anexo C muestra el mapa de riesgo por heladas por distrito, de esta figura se concluye que todos los distritos de las provincias de Concepción, Jauja y Chupaca tienen un nivel de riesgo muy alto, adicionalmente, los distritos de Alis, Huancaya, Laraos, Tomas y Vitis, también tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.4 y Tabla C.1 del Anexo C.
- La Figura C.5 del Anexo C muestra el mapa de riesgo por inundaciones por distrito, de esta figura se concluye que los distritos de Huachac y Chupaca tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.5 y Tabla C.1 del Anexo C.
- La Figura C.6 del Anexo C muestra el mapa de riesgo por pendientes por distrito, de esta figura se concluye que los distritos de Carania, Catahuasi, San Lorenzo de Putinza y Zúñiga tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.6 y Tabla C.1 del Anexo C.
- La Figura C.7 del Anexo C muestra el mapa de riesgo sísmico por distrito, de esta figura se concluye que los distritos de Imperial, Nuevo Imperial, San Vicente de Cañete, Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, Ayauca y Chocos tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.7 y Tabla C.1 del Anexo C.
- La Figura C.8 del Anexo C muestra el mapa de riesgo hidroclimático por distrito, el cual fue elaborado en base a la figura de riesgo hidroclimático presentado en la Figura B.8 del Anexo B. Se concluye de la Figura C.8 del Anexo C que la provincia de Cañete y los distritos de Ayauca y Chocos tienen un nivel de riesgo muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.8 y Tabla C.1 del Anexo C.
- Finalmente, la Figura C.9 del Anexo C muestra el mapa de riesgo natural (combinación de los actores riesgo hidroclimático, riesgo por pendientes y riesgo sísmico) por distrito, el cual fue elaborado en base a la figura de riesgo hidroclimático presentado en la Figura B.9 del Anexo B. Se concluye de la Figura C.9 del Anexo C que los distritos de Lunahuaná, Nuevo Imperial, Pacarán y Zúñiga pertenecientes a la provincia de Cañete y el distrito de Chochos perteneciente a la provincia de Yauyos tienen un nivel de riesgo natural muy alto, para mayor detalle de los niveles de riesgo por distrito ver Figura C.9 y Tabla C.1 del Anexo C.

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

- Las precipitaciones en el área de influencia varían de 8 mm/año en Cañete a 150 msnm, alcanzando los 1000 mm/año en la zona de nevados de los distritos de Tanta, Laraos y Huantán, sobre los 5000 msnm, para descender a 752 mm/año en la estación Huayao.
- Luego del análisis de jerarquización, se observó que los actores riesgo hidroclimático y sísmico son los más influyente en la rentabilidad social, a su vez, el actor pendiente del terreno es poco influyente en el riesgo natural.
- El actor riesgo hidroclimático tiene mayor incidencia en los distritos de Azángaro, Huangascar, Laraos y Tanta. Sólo el distrito de Laraos se encuentra ubicado al lado de la vía, siendo los riesgos por sequía, helada y precipitación los de mayor influencia en el riesgo hidroclimático para este distrito, debido a que fueron considerados de riesgo muy alto. En consecuencia, el distrito de Laraos merma la rentabilidad social de la vía, debido a los constantes riesgos hidroclimáticos a los que está expuesto.
- El actor riesgo por pendiente tiene mayor incidencia en los distritos de Carania, Catahuasi, Putinza y Zúñiga, todos ellos ubicados dentro del área de influencia directa del estudio. Sin embargo debido a las altas pendientes del terreno en estos distritos, es difícil acceder a estos poblados. Es importante tener especial cuidado con estos distritos, debido a que los posibles beneficios de la vía podrían no llegar a estas zonas debido a su accidentada morfología.
- El actor riesgo sísmico tiene mayor incidencia en los distritos de la provincia de Cañete, y en los distritos Ayauca y Chocos, perteneciente a la provincia de Yauyos. Como se esperaba, los distritos con mayor vulnerabilidad a los sismos, son los ubicados en las inmediaciones del encuentro de la placa sudamericana y la placa de Nazca. Es importante tener especial cuidado con estos distritos, teniendo políticas de prevención, y así evitar en lo posible pérdidas económicas y humanas. Los sismos merman la rentabilidad social de la vía ya que podrían destruir lo que con mucho esfuerzo el país construye.
- Finalmente, el actor riesgo natural (combinación de los actores riesgo hidroclimático, riesgo por pendientes y riesgo sísmico) tiene mayor incidencia en los distritos de Nuevo Imperial, Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga, pertenecientes a la provincia de Cañete y el distrito de Chocos, perteneciente a la provincia de Yauyos. De estos distritos se puede notar que:
  - El distrito de Chocos tiene alto riesgo hidroclimático y por pendientes, y un muy alto riesgo sísmico.
  - El distrito de Nuevo Imperial tiene un moderado riesgo hidroclimático, un bajo riesgo por pendientes, y un muy alto riesgo sísmico.
  - Los distritos de Pacarán y Lunahuaná tienen un moderado riesgo hidroclimático, un alto riesgo por pendientes, y un muy alto riesgo sísmico.

- El distrito de Zúñiga tiene un moderado riesgo hidroclimático y un muy alto riesgo por pendientes y un muy alto sísmico.
- Los factores hidroclimáticos y sísmicos inciden sobre la vía generando rentabilidad social negativa, es necesario evaluar el medio natural junto con los aspectos socioeconómicos, paisajísticos y bióticos, para poder tener un mejor entendimiento y análisis de la rentabilidad de la vía.

## **5.2 Recomendaciones**

- El análisis de los actores, y los niveles de jerarquización deberían ser realizados por especialistas en estos temas.
- La evaluación del factor pendiente del terreno y su relación con la rentabilidad social, necesita mayores estudios, debido a que la distancia de la vía a los poblados, es considerada en la mayoría de los estudios como la distancia en un plano horizontal entre estos. Esto es incorrecto y usarlo en la evaluación de la rentabilidad social es un error. La carretera en estudio pasa por los puntos más bajos de los distritos y los poblados más cercanos en el plano se encuentran al lado de la vía. Sin embargo en la realidad estos pueblos se encuentran muy por encima del nivel de la vía, lo cual hace difícil la conectividad de estos pueblos (en teoría, muy beneficiados) con la vía.
- Se recomienda calibrar el modelo cualitativo realizado en este estudio, con información de campo recopilada por el Proyecto Perú e información histórica de sismos, para poder afinar los lugares críticos y los pesos otorgados a cada actor.
- Es necesario tomar en cuenta las variables hidroclimáticas y sísmicas en la evaluación de la rentabilidad social de carreteras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz Ariza (2011), Francisco José. "*Bioclimatología*". Universidad de Murcia. Murcia-España.
- Alva Hurtado, Jorge E (1983). "*Breve Historia del Fenómeno de Licuación de Suelos en el Perú*". Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. Lima-Perú.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2005). "*Gestión de Riesgo de Amenazas Naturales en Proyectos de Desarrollo*". BID.
- Carrillo B. Lucio (2004). "*Aplicación de Metodología Socioeconómica en el Análisis Costo – Beneficio para Proyectos de Inversión en Hidrocarburos – Perú*". Tesis para optar el Grado Académico de Maestro con Mención en Proyectos de Inversión. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Económica y Ciencias Sociales. Lima.
- Castillo Aedo, Jorge L. y Alva Hurtado, Jorge E (1993). "*Peligro Sísmico en el Perú*". Ponencia presentada en el VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. Lima-Perú.
- Clair E., Soave G., Días G., Ferretti V., Mange G., Aguerre Gi. y Musa J. (2007). "*Evaluación ambiental de alternativas de rutas propuestas para las líneas de conducción de gas con métodos de evaluación multicriterio (EMC) y SIG*". XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Luján.
- Consortio BCEOM-GMI-WSA (2005). "*Plan Intermodal de Transportes del Perú - Ministerio de Transportes y Comunicaciones/OGPP*". Consortio BCEOM-GMI-WSA. Lima-Perú.
- Ereño Carlos. E. y Núñez Silvia (2004). "*Climatología*". Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires-Argentina.
- Francisco Alonso Sarria (2004). "*SIG Aplicados al Análisis y Cartografía de Riesgos Climáticos*". Universidad de Murcia. Murcia-España.
- Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (2010). "*Incorporar la Gestión del Riesgo en la Planificación Territorial Orientaciones para el Nivel Municipal*". GTZ.
- Gobierno Regional de Junín (2005). "*Estudio de Diagnóstico y Zonificación para el Tratamiento de la Demarcación Territorial de la Provincia de Chupaca*". Gobierno Regional de Junín. Junin-Perú.
- Gómez Monserrat, Barredo José (2005). "*Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*". Ra-Ma. Madrid.
- Hernández S. Alain, León S. María, Casas V. Mayra (2008). "*Valoración Económico - Ambiental de los Recursos Forestales basada en Técnicas de decisión Multicriterio. Estudio de caso: Parque Nacional Viñales, Pinar del Río*". Foro Virtual de Contabilidad Ambiental y Social – 2008. Buenos Aires.

- Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (2009). *"Metodología de Evaluación Ambiental y Social con Enfoque Estratégico – EASE IIRSA"*. BID, CAF, Fonplata. Caracas.
- Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (2010). *"Apuntes sobre Infraestructura e Integración en América del Sur"*. BID, CAF, Fonplata. Buenos Aires.
- Instituto Geofísico del Perú – IGP (2005). *"Atlas Climático de precipitación y temperatura del aire de la Cuenca del Río Mantaro"*. Consejo Nacional del Ambiente - CONAM. Lima, Perú.
- Instituto Geofísico del Perú – IGP (2005b). *"Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro bajo la visión del cambio climático"*. Consejo Nacional del Ambiente - CONAM. Lima, Perú.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003). *"Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja No 3"*. Lima.
- Instituto Geográfico Nacional (1993). *"Mapa Físico Político del Perú - escala 1:1000000"*
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2006). *"Estudio de Riesgos Geológicos del Perú, Franja No 4"*. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). *"Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda"*. Lima.
- Intendencia de Áreas Naturales Protegidas – IANPMTTC (2005). *"Estudio de Pre Inversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Rural 22, Tramo: Lunahuana – Dv. Yauyos – Chupaca"*. MTC. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Defensa Civil – European Commission (2008). *"Vulnerabilidades, Capacidades y Gestión de Riesgo - Documento País"*. INDECI. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (2001). *"Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete"*. Lima.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (2008). *"Estudio Hidrológico Afianzamiento Hídrico del Valle de Cunas"*. Lima.
- Jiménez Federico y Arrebola Juan (2008). *"Aplicación del Modelo de Evaluación de la Capacidad de Acogida para la Valoración de la Aptitud Física del Territorio Respecto a Sectores de Planeamiento Urbanístico"*. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 43-55.
- Macharé, J., Fenton, C., Machette, M., Lavenue, A., Costa, C. y Dart, R. (2003). *"Database and Map of Quaternary Faults and Folds of Peru and its Offshore Regions"*, Open-File Report 03-451, US Geological Survey, U.S.A.

- Moazami Daniel, Muniandy Ratnasamy, Hamid Hussain and Yusoff Zainuddin Md (2011). *"The use of Analytical Hierarchy Process in Priority Rating of Pavement Maintenance"*. Scientific Research and Essays Vol. 6(12), pp. 2447-2456.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2010). *"Evaluación de la Rentabilidad Social de las Medidas de Reducción del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública"*. Lima.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2010). *"Presupuesto 2010 – Departamento de Lima"*. MTC. Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007). Resolución Vice Ministerial N° 1079-2007-MTC/02. *"Lineamientos para la elaboración de los Términos de Referencia de los Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Infraestructura Vial"*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). *"Estudio de Pre Inversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Rural 22, Tramo: Lunahuana – Dv. Yauyos – Chupaca"*. MTC. Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Rural (2006). *"Plan Vial Provincial Participativo de Chupaca"*. MTC. Chupaca-Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1970). *"Inventario Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Cuenca del Rio Cañete"*. ONERN. Lima-Perú.
- Reglamento Nacional de Construcciones (1997). *"Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismo Resistente"*. 1997. Lima-Perú.
- Revista Internacional de Desastres Naturales (2005). *"Accidentes e Infraestructura Civil. Sobre la Evaluación de Riesgo de Desastres Naturales y Vulnerabilidad de la Comunidad Utilizando Sistemas de Información Geográficos"*. Revista Internacional de Desastres Naturales.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1993). *"Atlas de Evaporación del Perú"*. SENAMHI. Lima-Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (1983). *"La Hidrología del Perú"*. IILA-SENAMHI-UNI. Lima-Perú.
- Universitat Oberta de Catalunya (2008). *"Análisis ráster de rutas de mínimo coste con Geomedia Pro"* España.
- Tavera, H., y E. Buforn (1998). *"Sismicidad y Sismotectónica de Perú"*, Física de la Tierra, N° 10, pp. 187 – 219. España.
- Vásquez C. Arturo, Bendezú M. Luis (2008). *"Ensayos sobre el Rol de la Infraestructura Vial en el Crecimiento Económico del Perú"*. Consorcio de Investigación Económica y Social - CIES, Banco Central de Reserva del Perú. Lima-Perú.

Valpreda Edda (2004). *“Sistemas De Información Geográfica (SIG)- Teledetección y Evaluación Multicriterio (EMC) en un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)”*. Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

## **ANEXOS**

**Anexo A: Tablas de caracterización climática y esquema de jerarquización de actores**

**Anexo B: Figuras de jerarquización de riesgos**

**Anexo C: Identificación de lugares críticos en el área de influencia**

**Anexo D: Base de datos**



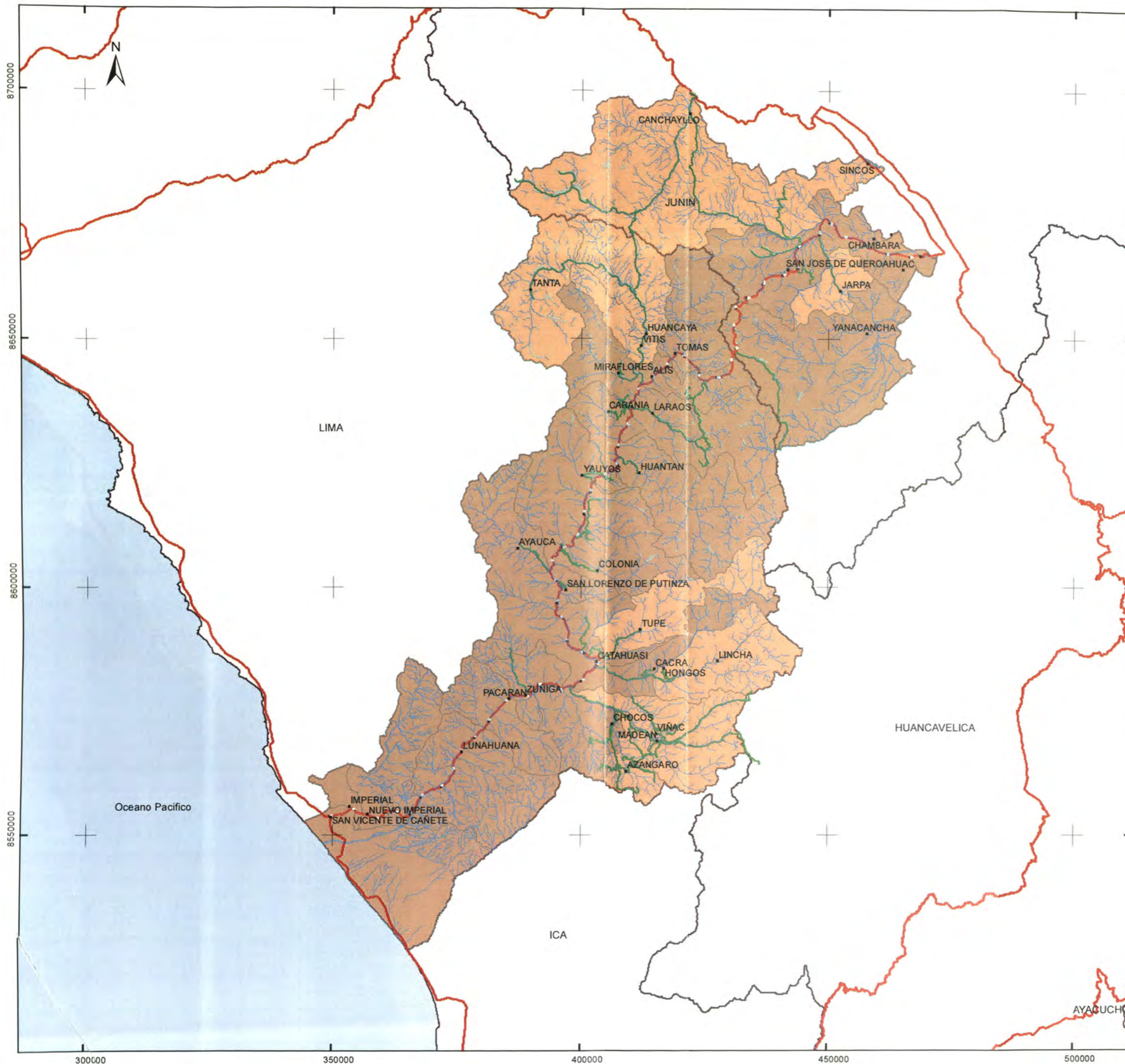
**MAPAS**



**LEYENDA**

- Área de Influencia
- Límite Departamental
- Océano
- Lagos

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SÍSMICOS		
TÍTULO: <b>MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>		
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:10 000 000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: large;">MAPA 1.1</td> </tr> </table>	MAPA 1.1
MAPA 1.1		
FECHA: 09/09/2011		



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Rios
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vías Alimentadoras
- Vías Nacionales
- Lagos
- Oceano
- Departamentos
- Area de Influencia
- Area de Influencia Directa (AID)
- Area de Influencia Indirecta (AI)

**REFERENCIA**  
 BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ

ESCALA GRÁFICA  
 0 5 10 20 30 40 km

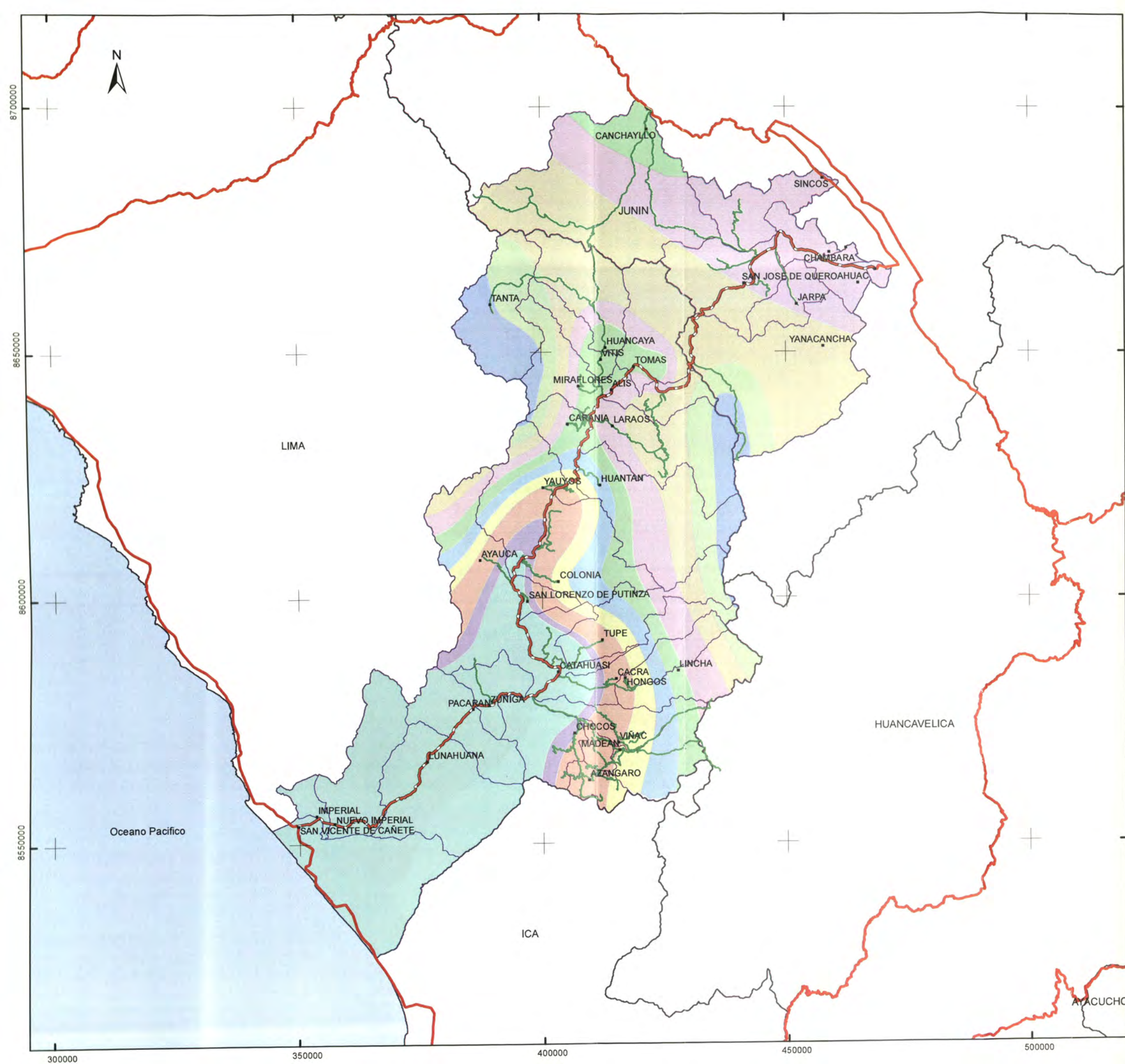
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO:  
**MAPA DE AREAS DE INFLUENCIA**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
 PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
 DATUM: WGS 1984  
 ESCALA: 1:750,000

MAPA  
**4.1**  
 FECHA: 8/11/2011



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vias Alimentadoras
- Vias Nacionales

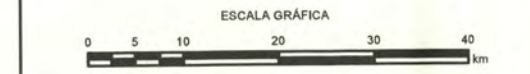
**LEYENDA TEMÁTICA**

Precipitación promedio anual (mm)

- 0 - 150
- 150 - 250
- 250 - 350
- 350 - 450
- 450 - 550
- 550 - 650
- 650 - 750
- 750 - 850
- 850 - 950
- 950 - 1050
- Oceano
- Departamentos
- Area de Influencia

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
 ISOYETAS: INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERU E INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES



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

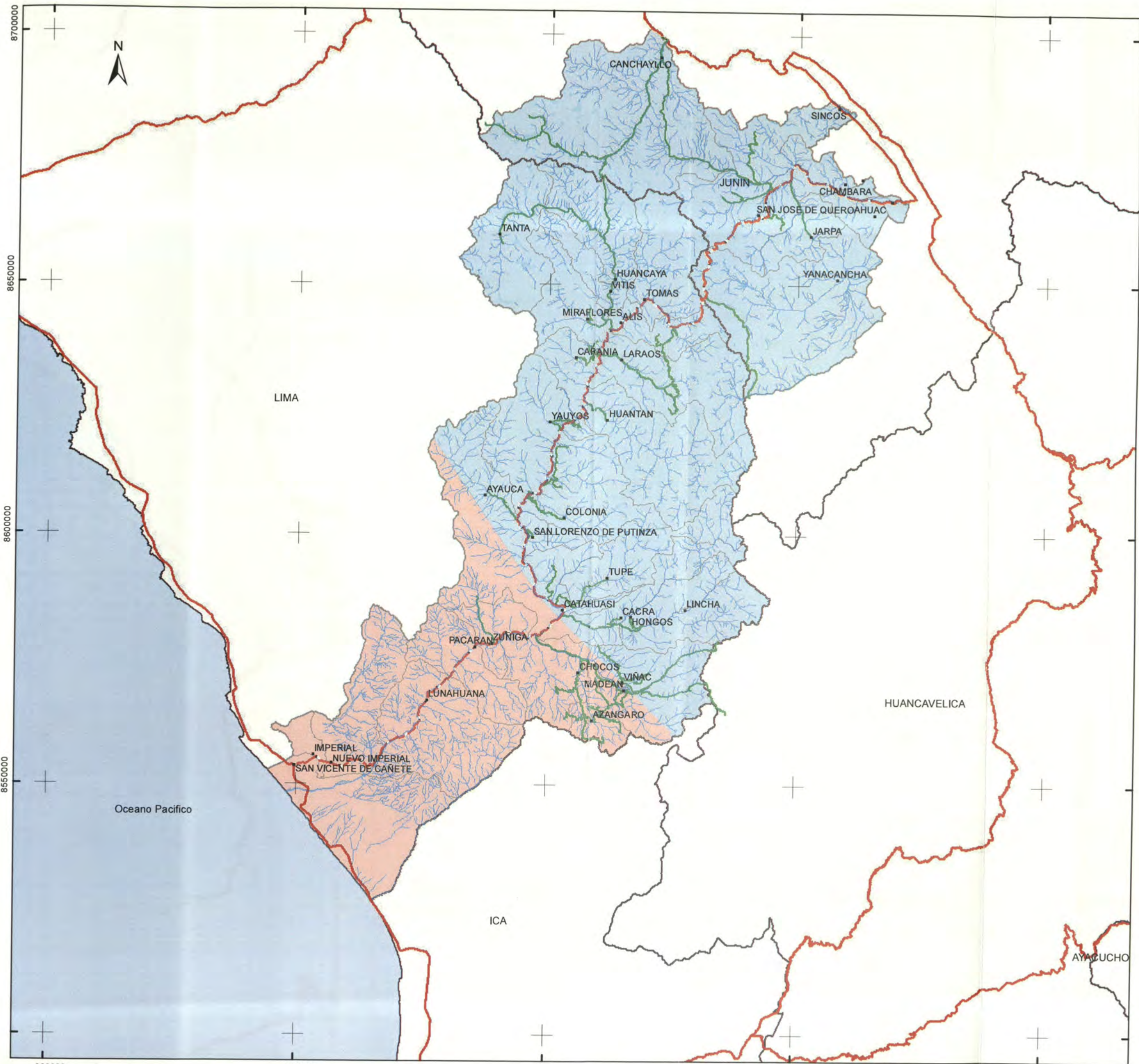
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SÍSMICOS

TÍTULO:  
**MAPA DE ISOYETAS DE PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
 PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
 DATUM: WGS 1984  
 ESCALA: 1:750,000

MAPA  
**4.2**

FECHA: 9/10/2011



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Rios
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vias Alimentadoras
- Vias Nacionales
- Lagos
- Oceano
- Departamentos
- Area de Influencia

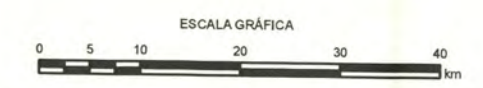
**LEYENDA TEMÁTICA**

**Riesgo por FEN**

- Riesgo bajo: 0.1
- Riesgo moderado: 0.2
- Riesgo alto: 0.3

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
 PELIGRO POTENCIAL DEL FENOMENO EL NIÑO



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

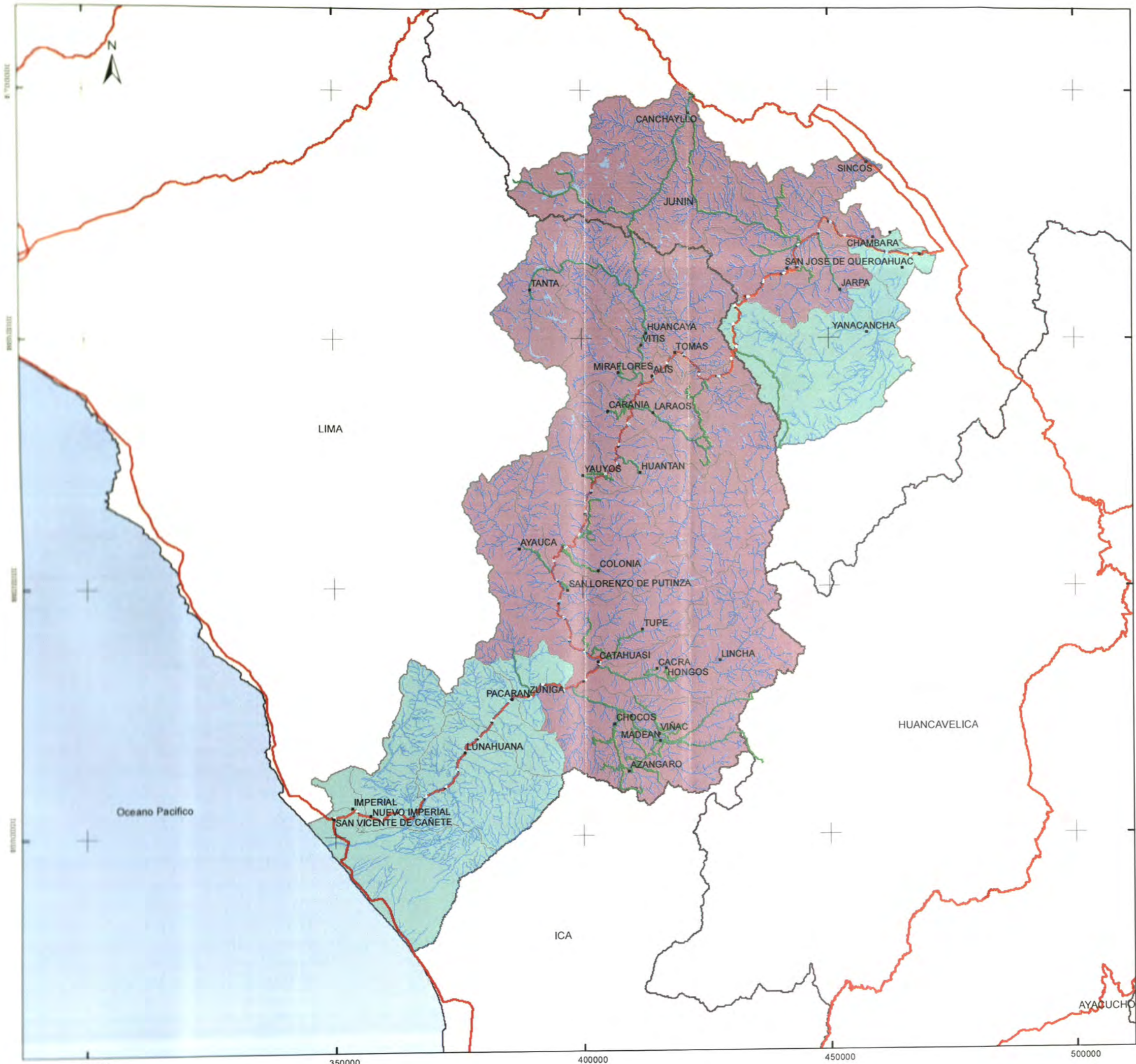
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO: **MAPA DE ZONAS CON PELIGRO POTENCIAL DEL FENOMENO EL NIÑO**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
 PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
 DATUM: WGS 1984  
 ESCALA: 1:750,000

MAPA **4.3**

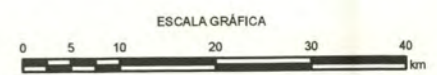
FECHA: 8/11/2011



- LEYENDA TOPOGRÁFICA**
- Capital de distrito
  - Ríos
  - Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
  - Vías Alimentadoras
  - Vías Nacionales
  - Lagos
  - Oceano
  - Departamentos
  - Area de Influencia
- LEYENDA TEMÁTICA**
- Riesgo por sequias
- Riesgo bajo: 0.1
  - Riesgo moderado: 0.2

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
 PELIGRO POR SEQUIAS RECURRENTE: COMISION MULTISECTORIAL DE REDUCCION DE RIESGOS EN EL DESARROLLO (2003)

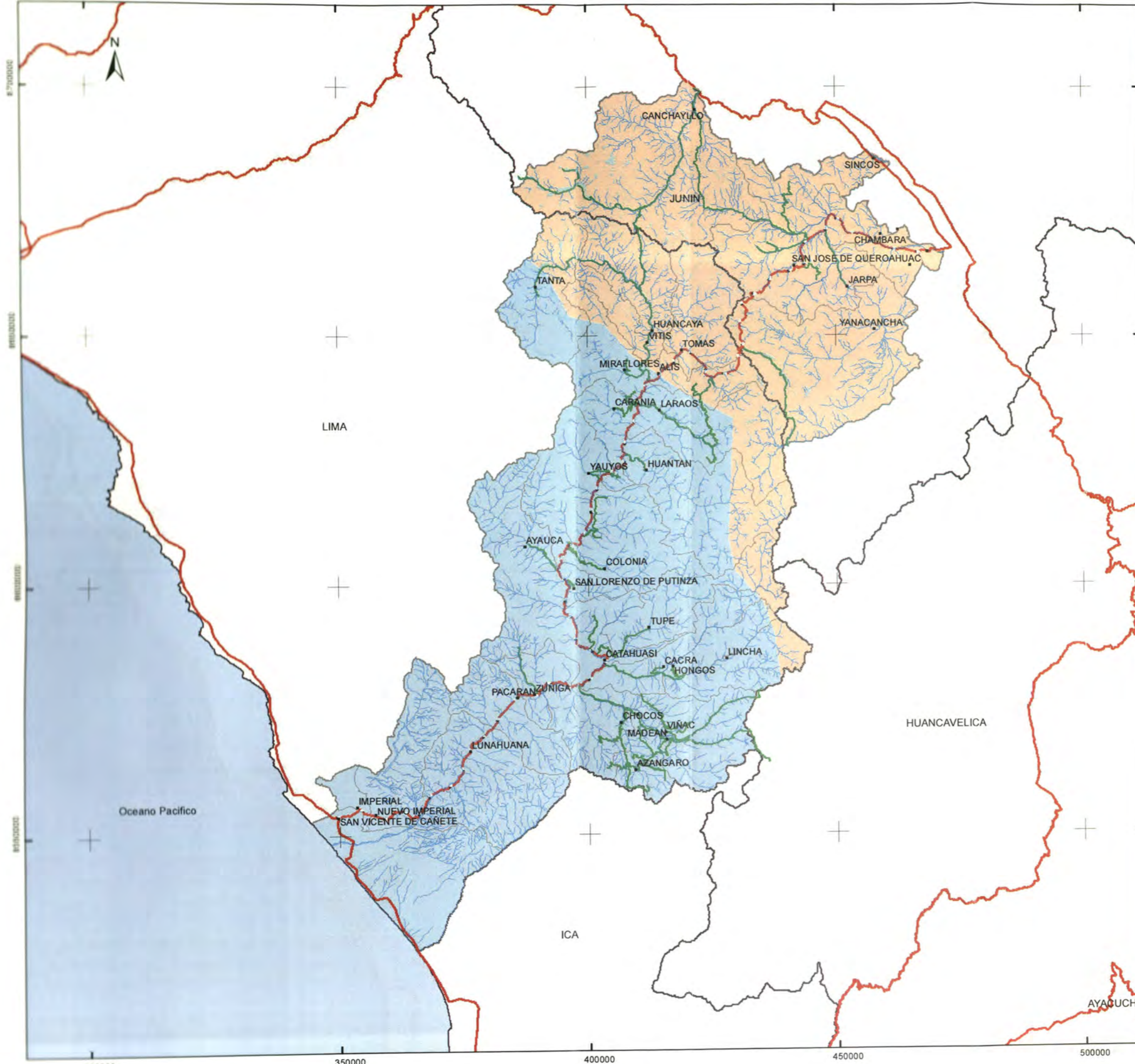


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO:  
**MAPA DE PELIGRO POR SEQUIAS RECURRENTE**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750,000	FECHA: 8/11/2011	MAPA <b>4.4</b>
--	------------------	--------------------



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Ríos
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vías Alimentadoras
- Vías Nacionales
- Lagos
- Oceano
- Departamentos
- Área de Influencia

**LEYENDA TEMÁTICA**

**Riesgo por heladas**

- Riesgo bajo: 0.1
- Riesgo moderado: 0.2

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
 PELIGRO POR SEQUIAS RECURRENTES: COMISION MULTISECTORIAL DE REDUCCION DE RIESGOS EN EL DESARROLLO (2003)

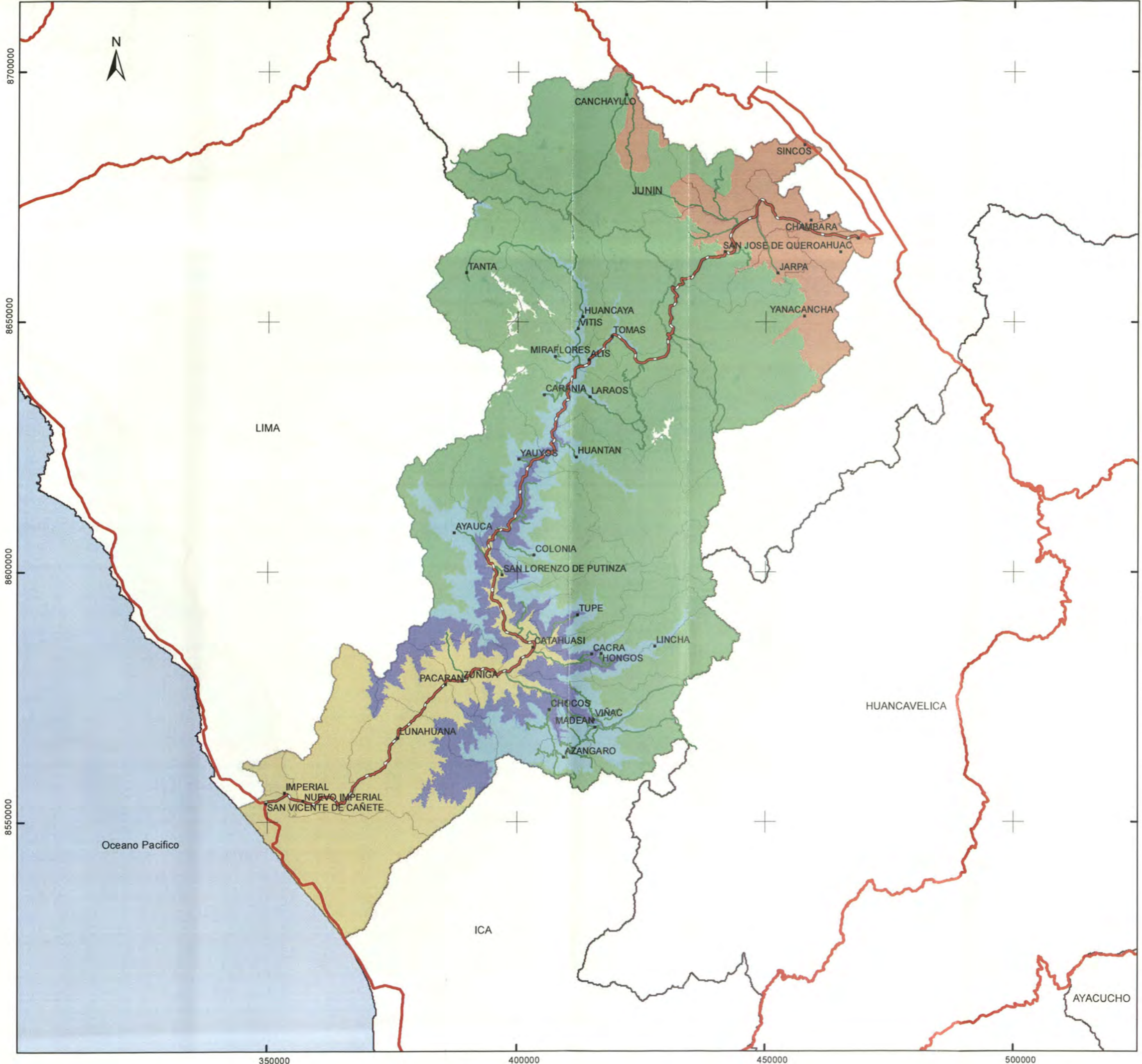


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO:  
**MAPA DE PELIGRO POTENCIAL DE HELADAS**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750,000	MAPA <b>4.5</b> FECHA: 8/11/2011
--	--



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vías Alimentadoras
- Vías Nacionales
- Lagos
- Oceano
- Departamentos
- Area de Influencia

**LEYENDA TEMÁTICA**

**Clasificación Climática (Thornwaite)**

- B(o,i)C'H3
- B(o,i)D'H3
- C(o,i,p)B'2H3
- C(o,i,p)C'H3
- E(d)B'3H3

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
 ZONAS DE VIDA: OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES (1976)

ESCALA GRÁFICA

0 5 10 20 30 40 km

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

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SISMICOS

TITULO:  
**MAPA DE CLASIFICACION CLIMATICA DE THORNTHWAITE**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
 PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
 DATUM: WGS 1984  
 ESCALA: 1:750,000

MAPA  
**4.6**

FECHA: 8/10/2011





**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vias Alimentadoras
- Vias Nacionales

**Zonas de vida\_clip**

**DESCRIPCIO**

- Nival Tropical
- bosque humedo Montano Subtropical
- bosque humedo Montano Tropical
- bosque seco Montano Bajo Tropical
- desierto desecado Subtropical
- desierto perarido Montano Bajo Subtropical
- desierto perarido Montano Bajo Tropical
- desierto perarido Premontano Tropical
- desierto perarido Subtropical
- desierto superarido Subtropical
- estepa Montano Subtropical
- estepa espinosa Montano Bajo Subtropical
- estepa espinosa Montano Bajo Tropical
- estepa montano Tropical
- matorral desertico Montano Tropical
- matorral desertico Montano Bajo Subtropical
- matorral desertico Montano Bajo Tropical
- matorral desertico Premontano Tropical
- matorral desertico Subtropical
- paramo humedo Subalpino Tropical
- paramo muy humedo Subalpino Subtropical
- paramo muy humedo Subalpino Tropical
- tundra muy humeda Alpino Tropical
- tundra pluvial Alpino Subtropical
- tundra pluvial Alpino Tropical

Oceano  
Departamentos  
Area de Influencia

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
ZONAS DE VIDA: OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES (1976)

ESCALA GRÁFICA

0 5 10 20 30 40 km

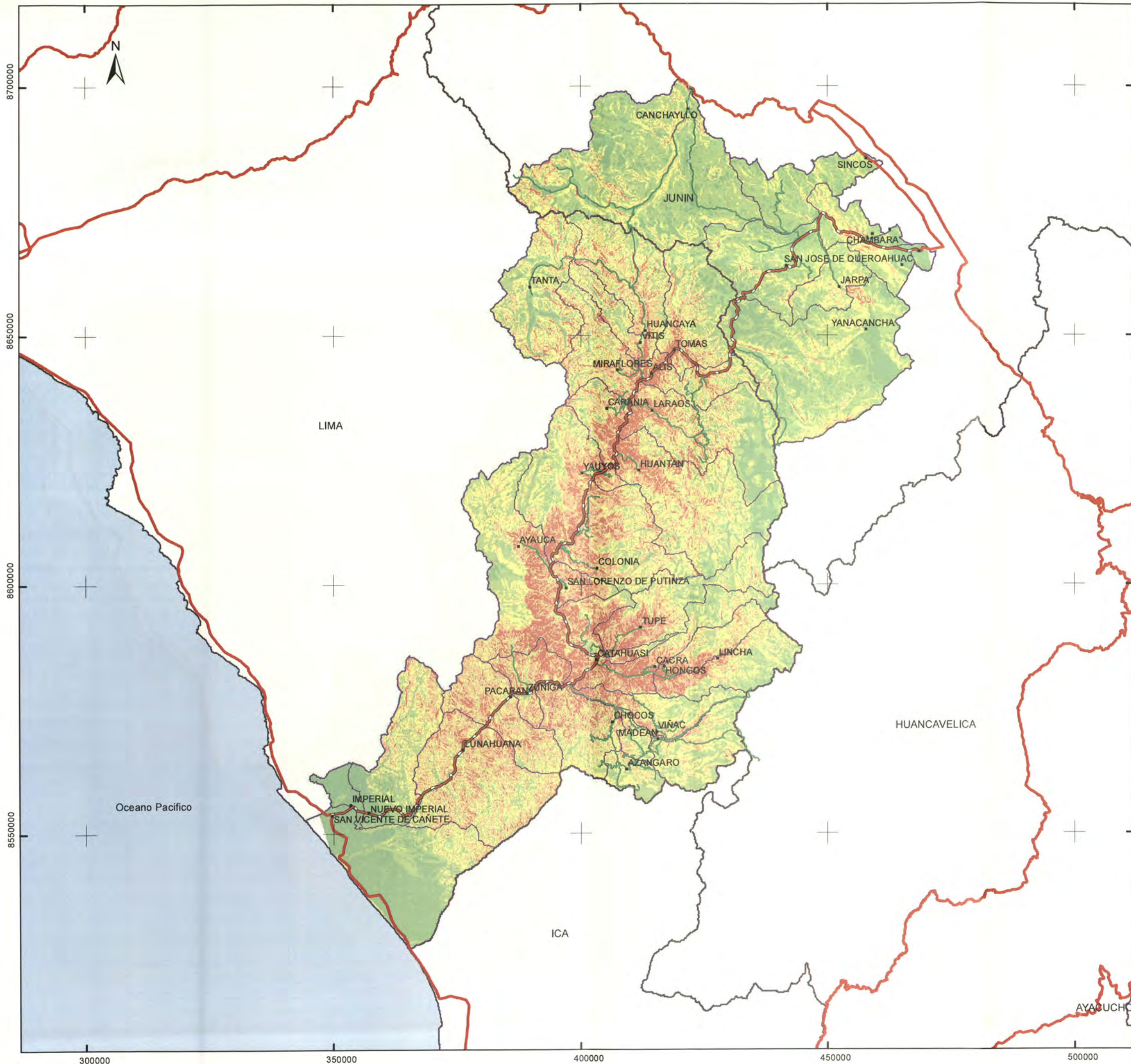
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO:  
**MAPA DE ZONAS DE VIDA**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
DATUM: WGS 1984  
ESCALA: 1:750,000

MAPA  
**4.7**  
FECHA: 8/8/2011



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vias Alimentadoras
- Vias Nacionales
- Oceano
- Departamentos
- Area de Influencia

**LEYENDA TEMÁTICA**

**Pendiente (grados)**

- < 5° (Zona llana)
- 5° - 15° (Pendiente suave)
- 15° - 25° (Pendiente moderada)
- 25° - 35° (Pendiente fuerte)
- > 35° (Pendiente muy fuerte)

**REFERENCIA**  
 BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ



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

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA  
 DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TÍTULO:  
**MAPA DE PENDIENTES**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
 PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
 DATUM: WGS 1984  
 ESCALA: 1:750,000

MAPA  
**4.8**  
 FECHA: 8/11/2011



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vías Alimentadoras
- Vías Nacionales
- Lagos
- Oceano
- Departamentos
- Area de Influencia

**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo por inundaciones

- Riesgo bajo: 0.1
- Riesgo moderado: 0.2
- Riesgo alto: 0.3

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
 ZONAS DE VIDA: OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES (1976)



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

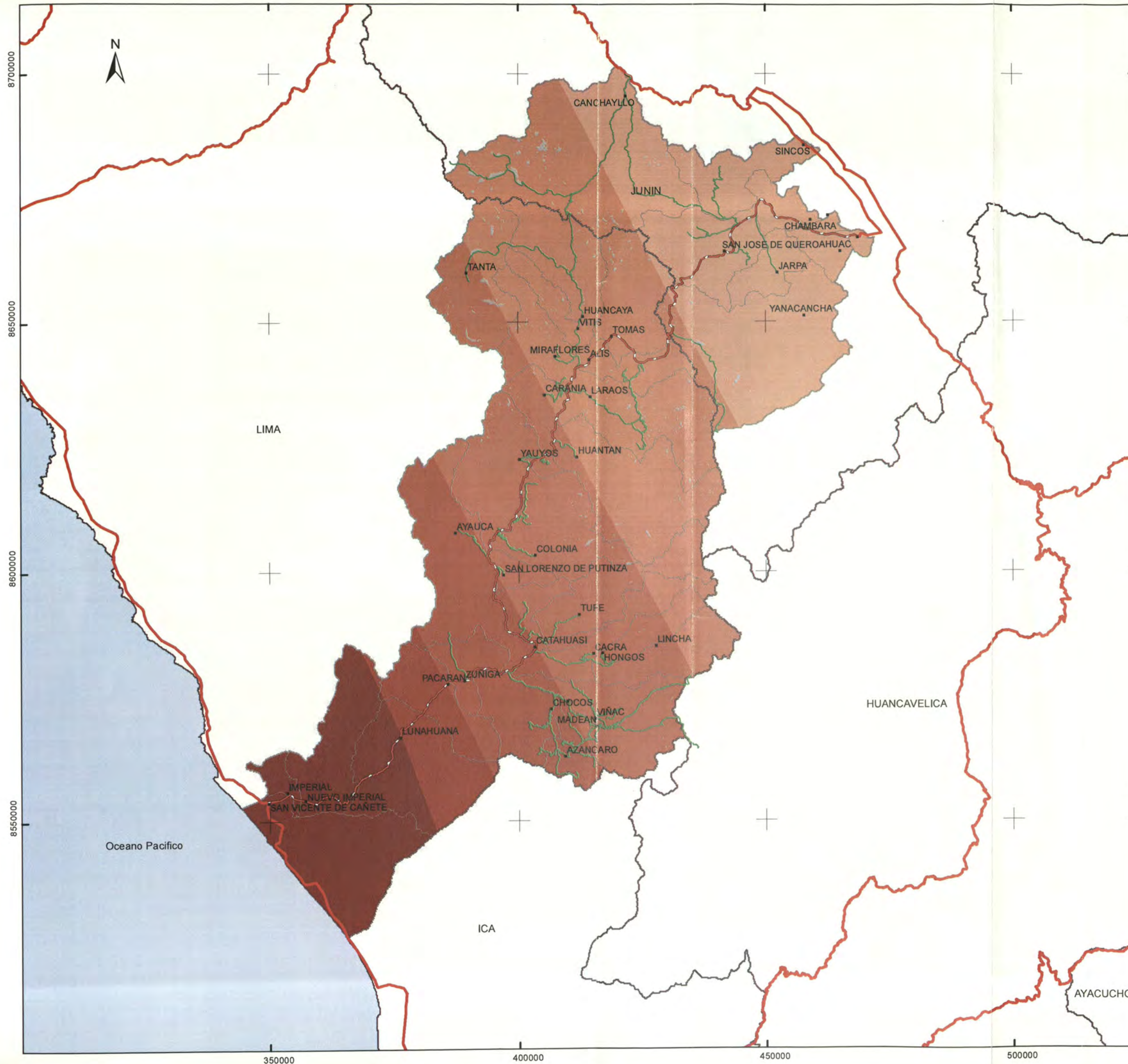
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO:  
**MAPA DE PELIGRO DE INUNDACIONES**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
 PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
 DATUM: WGS 1984  
 ESCALA: 1:750,000

FECHA: 8/10/2011

MAPA  
**4.9**



**LEYENDA TOPOGRÁFICA**

- Capital de distrito
- Carretera Cañete - Lunahuana - Chupaca
- Vías Alimentadoras
- Vías Nacionales
- Lagos
- Oceano
- Departamentos
- Area de Influencia

**LEYENDA TEMÁTICA**

Aceleracion Horizontal del Suelo

- 200 - 250 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)
- 250 - 300 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)
- 300 - 350 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)
- 350 - 400 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)
- 400 - 450 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)
- 450 - 500 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)
- 500 - 550 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)
- 550 - 600 cm/s<sup>2</sup> (TR=50 años, 10% excedencia)

**REFERENCIA**

BASE TOPOGRÁFICA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, PERÚ  
 ZONAS DE VIDA: OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE  
 RECURSOS NATURALES (1976)

ESCALA GRÁFICA

0 5 10 20 30 40 km

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

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA  
 DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA  
 INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO: **MAPA DE ACCELERACION HORIZONTAL  
 PROBABLE DEL SUELO**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
 PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
 DATUM: WGS 1984  
 ESCALA: 1:750,000 | FECHA: 8/11/2011

MAPA **4.10**

**ANEXOS**

**ANEXO A: TABLAS DE  
CARACTERIZACION  
CLIMÁTICA Y ESQUEMA DE  
JERARQUIZACIÓN DE  
ACTORES**

# **TABLAS**

**Tabla A.1 Precipitación Total Mensual y Anual (mm) periodo 1964-2000**

Estación	Long	Lat	Altitud msnm	Año Promedio												Total Anual	Fuente
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Cañete	76.35	13.07	150	0	0	0	-	1	1	1	2	1	1	0	0	8	INRENA
Carania	75.87	12.35	3,825	132	129	139	53	20	9	7	8	16	34	38	87	671	INRENA
Catahuasi	75.88	12.80	1,369	6	8	2	2	0	0	0	0	2	1	2	1	25	INRENA
Colonia	75.88	12.63	3,379	86	105	128	26	2	0	1	1	3	15	17	80	464	INRENA
Colpa	75.47	11.99	3,450	118	134	125	59	14	5	7	13	32	60	63	88	717	IGP
Consav Hda.	75.63	11.98	3,882	114	141	141	61	12	5	6	12	35	70	74	104	775	IGP
Huangascar	75.83	12.90	2,556	64	77	89	18	1	0	-	0	1	3	5	25	283	INRENA
Huantan	75.82	12.45	3,272	120	122	123	28	11	-	1	0	4	17	17	70	514	INRENA
Huayao	75.32	12.04	3,308	119	129	114	59	18	8	7	19	46	71	68	94	752	IGP
Huichicocha	75.52	12.55	4,660	119	126	122	50	16	6	6	12	23	54	56	93	683	IGP
Laive	75.36	12.25	3,990	156	169	141	64	24	9	13	24	63	79	76	117	937	IGP
Pacarán	76.05	12.87	700	4	3	4	0	-	-	-	0	0	1	-	2	13	INRENA
Palaco	75.30	12.35	3,650	111	111	95	45	18	8	10	18	40	58	61	84	659	IGP
San Juan de Jarpa	75.43	12.12	3,726	173	168	174	79	28	19	11	35	69	91	96	111	1,054	IGP
Sinca	75.73	12.23	3,680	107	93	164	35	10	7	7	23	42	60	43	98	689	INRENA
Sunca	75.70	12.27	3,845	120	105	167	53	15	3	9	9	34	62	59	89	725	INRENA
Tanta	76.02	12.12	4,505	172	168	174	105	27	10	12	11	32	68	93	121	993	INRENA
Vilca	75.83	12.12	3,816	152	157	134	62	19	9	8	14	27	49	57	88	775	INRENA
Viques	75.23	12.16	3,186	129	140	92	32	14	11	11	12	34	75	77	76	703	IGP
Yauricocha	75.91	11.96	4,375	134	141	145	78	21	8	9	15	39	57	69	100	814	IGP
Yauyos	75.90	12.40	2,290	60	68	69	14	3	0	0	1	2	13	18	35	281	INRENA



**Tabla A.2 Temperatura Media, Mínima y Máxima Mensual y Anual (°C) periodo 1964-2000**

Estación	Long	Lat	Altitud msnm	Año Promedio												Media	Fuente
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
<b>Temperatura Promedio</b>																	
Cañete	76.35	13.07	150	23.4	24.1	24.1	22.4	18.0	17.0	16.7	16.7	17.3	18.3	19.8	21.8	20.0	INRENA
Huayao	75.32	12.04	3,308	12.6	12.3	12.3	11.9	11.0	10.0	9.9	11.2	12.4	13.1	13.3	13.0	11.9	IGP
Laive	75.36	12.25	3,990	8.0	8.1	7.9	7.5	6.4	5.4	5.1	5.8	6.9	7.6	8.0	8.1	7.1	IGP
Pacarán	76.05	12.87	700	22.8	23.7	23.9	22.9	20.3	17.9	17.3	17.6	19.1	20.0	20.5	22.0	20.7	INRENA
Viques	75.23	12.16	3,186	13.4	13.3	13.1	13.1	12.7	12.3	10.9	12.3	12.8	13.4	13.7	13.9	12.9	IGP
Yauyos	75.90	12.40	2,290	17.1	17.4	17.5	17.5	17.7	17.1	17.5	17.8	17.7	18.1	17.9	17.8	17.6	INRENA
<b>Temperatura Máxima</b>																	
Cañete	76.35	13.07	150	23.4	24.1	24.0	22.8	21.9	22.1	21.4	21.0	21.0	20.7	22.0	24.7	22.3	INRENA
Huayao	75.32	12.04	3,308	18.7	18.3	18.2	19.1	19.6	19.2	19.1	19.8	19.9	20.3	20.4	19.7	19.9	IGP
Laive	75.36	12.25	3,990	13.7	13.7	13.6	14.2	14.5	14.9	14.3	14.5	14.4	14.8	15.2	14.4	14.4	IGP
Pacarán	76.05	12.87	700	24.2	25.0	25.0	23.8	20.9	19.5	19.2	19.0	20.0	20.5	20.9	22.8	21.2	INRENA
Viques	75.23	12.16	3,186	18.5	18.8	19.0	19.9	20.8	20.9	19.5	20.6	20.5	20.1	20.3	20.0	19.9	IGP
Yauyos	75.90	12.40	2,290	18.6	18.9	18.3	18.7	18.6	17.9	18.7	18.3	17.9	18.6	18.8	18.8	18.2	INRENA
<b>Temperatura Mínima</b>																	
Cañete	76.35	13.07	150	22.6	23.6	23.4	21.2	18.4	15.8	15.6	16.2	16.6	17.6	18.3	21.1	19.2	INRENA
Huayao	75.32	12.04	3,308	6.8	6.8	6.4	4.8	2.2	0.5	0.4	2.1	4.5	5.6	5.8	6.1	4.3	IGP
Laive	75.36	12.25	3,990	2.6	2.9	2.7	0.9	-2.5	-5.0	-5.2	-3.7	-1.2	0.0	0.3	1.6	-0.5	IGP
Pacarán	76.05	12.87	700	21.8	22.9	23.2	22.2	19.9	16.5	16.0	17.0	18.6	19.5	19.7	21.5	20.2	INRENA
Viques	75.23	12.16	3,186	7.7	7.8	7.8	5.6	3.5	2.9	2.9	3.4	5.3	6.7	6.4	6.8	5.6	IGP
Yauyos	75.90	12.40	2,290	15.6	16.5	16.6	16.9	17.1	16.6	16.9	17.5	17.3	17.1	17.1	17.3	17.1	INRENA

**Tabla A.3 Evaporación Total Mensual (mm) periodo 1964-2000**

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Estación Yauyos							Altitud: 2,871 msnm						
Máxima	150.2	137.0	124.8	148.7	162.2	168.1	193.4	202.1	175.5	167.4	163.2	157.0	1755.6
Mínima	36.1	21.3	23.7	34.1	76.8	74.6	74.2	121.1	118.9	106.7	102.5	54.9	912.9
Promedio mes	79.9	61.6	65.9	90.3	122.0	139.5	154.6	158.2	147.7	140.7	133.1	114.4	1407.9
Promedio día	2.6	2.2	2.1	3.0	3.9	4.7	5.0	5.1	4.9	4.5	4.4	3.7	46.1
Estación Pacarán							Altitud: 700 msnm						
Máxima	177.3	159.9	183.4	159.7	153.4	118.9	112.2	135.9	145.8	189.5	188.4	184.4	1745.7
Mínima	70.9	80.2	87.6	85.2	79.5	60.3	61.2	58.7	82.4	80.7	84.0	74.5	1082.2
Promedio mes	121.5	120.0	137.4	120.4	103.0	79.0	81.0	92.1	106.6	120.1	121.3	130.5	1332.9
Promedio día	3.9	4.2	4.4	4.0	3.3	2.6	2.6	3.0	3.6	3.9	4.0	4.2	43.7
Estación Cañete							Altitud: 150 msnm						
Máxima	248.0	212.5	205.1	183.1	149.6	153.0	155.0	124.0	120.0	161.2	147.0	220.1	1651.4
Mínima	115.0	90.0	75.0	70.0	39.0	0.3	26.0	11.0	38.0	57.0	72.0	105.0	853.0
Promedio mes	154.7	143.9	151.1	129.3	87.5	54.8	54.2	59.4	72.2	97.7	109.0	135.8	1249.6
Promedio día	5.0	5.1	4.9	4.3	2.8	1.8	1.7	1.9	2.4	3.2	3.6	4.4	41.1

Fuente:

Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete (INRENA, 2001)

**Tabla A.4 Humedad Relativa Media Mensual - Año Promedio (%) periodo 1964-2000**

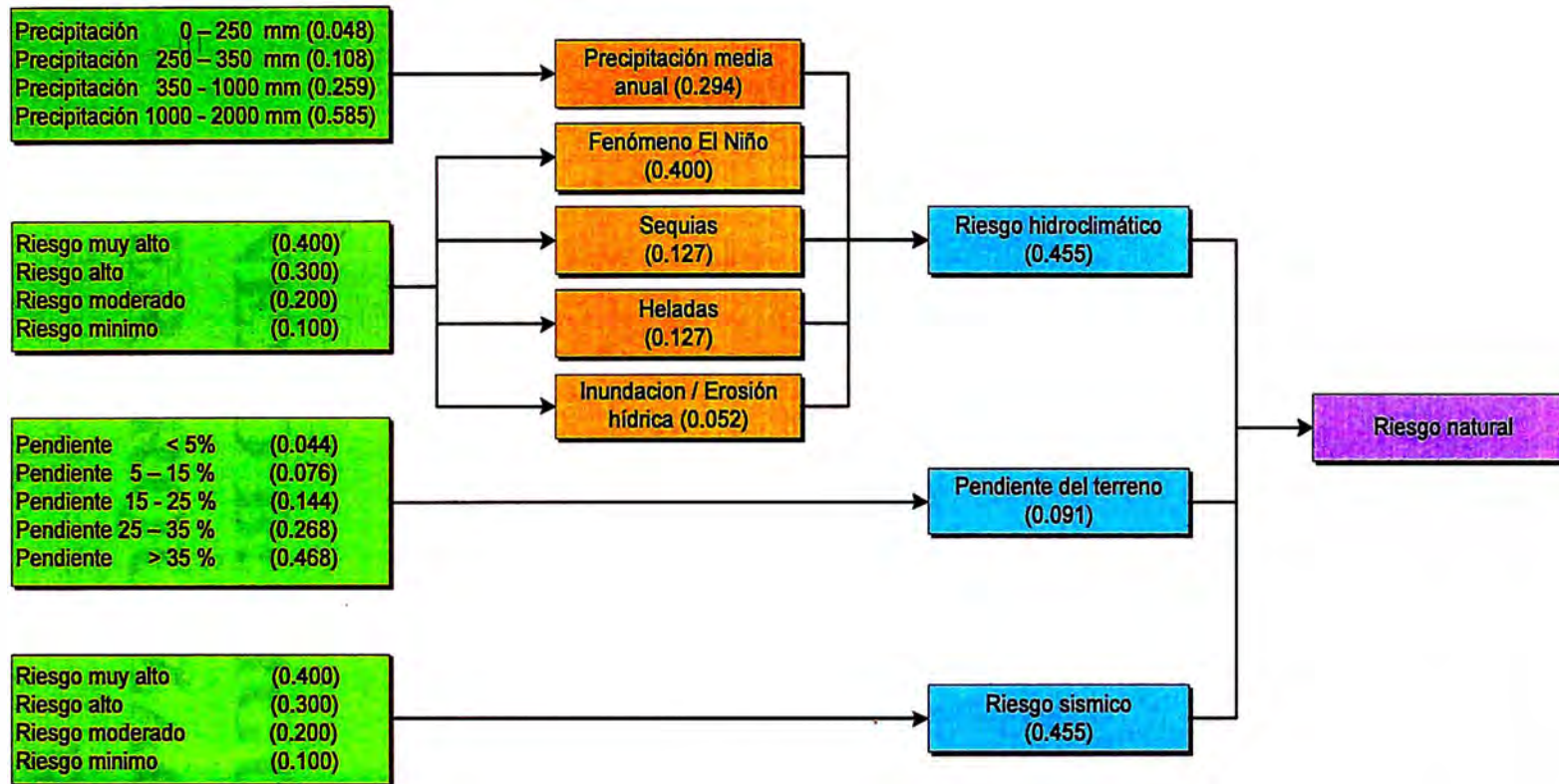
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Estación Yauyos							Altitud: 2,290 msnm						
Máxima	92.0	90.0	91.0	89.0	89.0	89.0	86.0	92.0	95.0	87.0	87.0	89.0	87.0
Minima	86.0	87.0	86.0	87.0	85.0	82.0	81.0	83.0	84.0	83.0	84.0	84.0	85.5
Promedio mes	88.6	88.8	89.0	87.4	87.0	85.4	84.4	85.4	84.4	85.0	85.4	87.0	86.5
Estación Pacarán							Altitud: 700 msnm						
Máxima	84.0	81.0	78.0	79.0	81.0	85.0	83.0	83.0	80.0	78.0	81.0	81.0	78.5
Minima	73.0	70.0	71.0	72.0	78.0	80.0	80.0	78.0	76.0	72.0	70.0	72.0	75.9
Promedio mes	77.6	75.8	73.8	76.0	79.0	81.6	80.8	80.2	77.6	75.2	76.8	76.4	77.6
Estación Cañete							Altitud: 150 msnm						
Máxima	83.0	84.0	84.0	88.0	89.0	92.0	90.0	90.0	89.0	87.0	86.0	85.0	87.0
Minima	82.0	80.0	79.0	81.0	83.0	82.0	83.0	85.0	85.0	82.0	83.0	79.0	83.6
Promedio mes	79.3	78.3	78.3	79.4	82.3	84.3	84.2	84.3	84.2	83.2	81.2	80.2	81.6

Fuente:

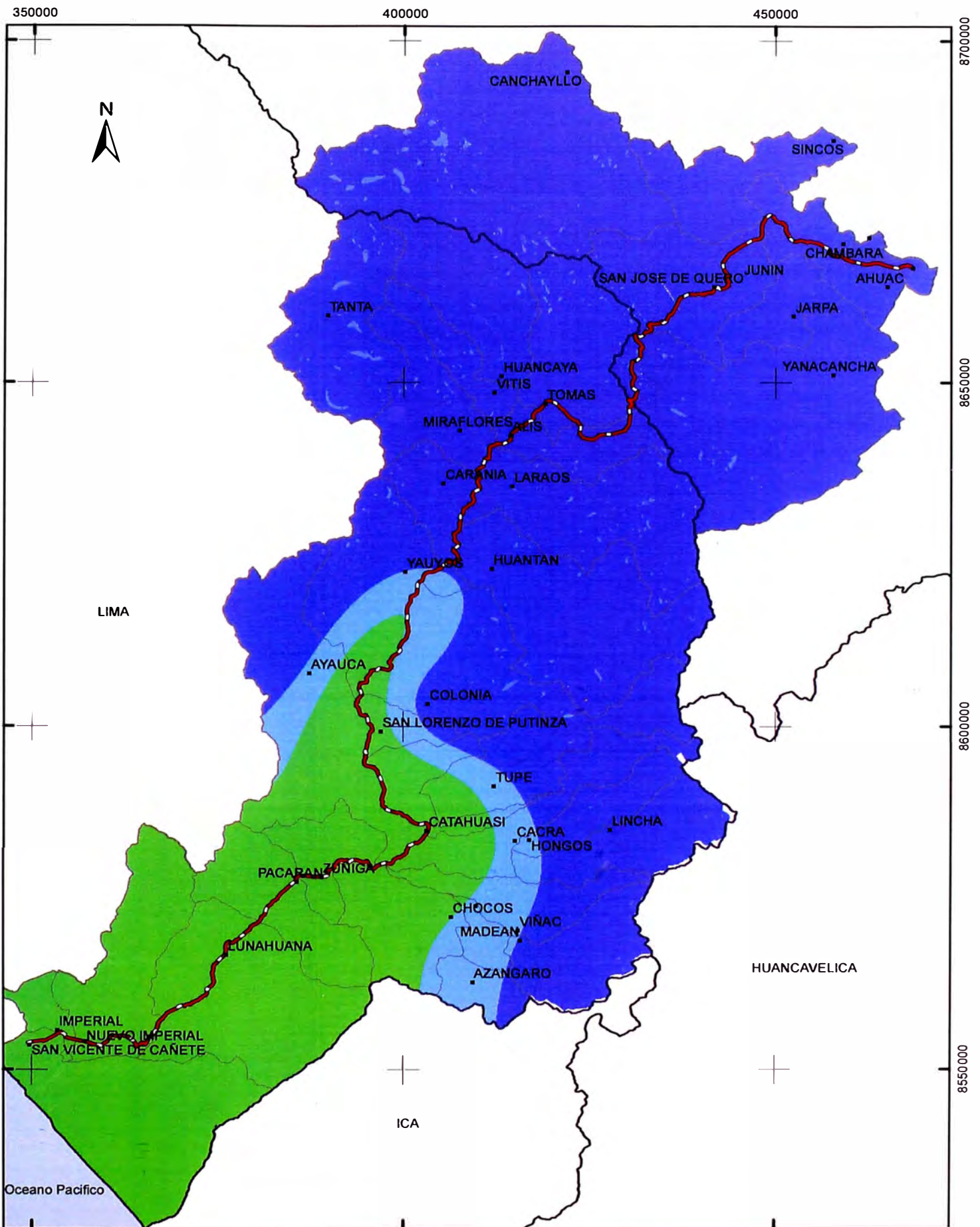
Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete (INRENA, 2001)

**FIGURAS**

Figura A.1 Esquema de jerarquización de actores y valores de importancia relativa por niveles



**ANEXO B: FIGURAS DE  
JERARQUIZACIÓN DE  
RIESGOS**



**LEYENDA TEMÁTICA**

**Riesgo por precipitaciones**

- Riesgo bajo: 0.048 (Arido: 50 - 250 mm)
- Riesgo moderado: 0.108 (Semiarido: 250 - 350 mm)
- Riesgo alto: 0.259 (Subhúmedo: 350 - 1000 mm)
- Riesgo muy alto: 0.585 (Húmedo: 1000 - 2000 mm)



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

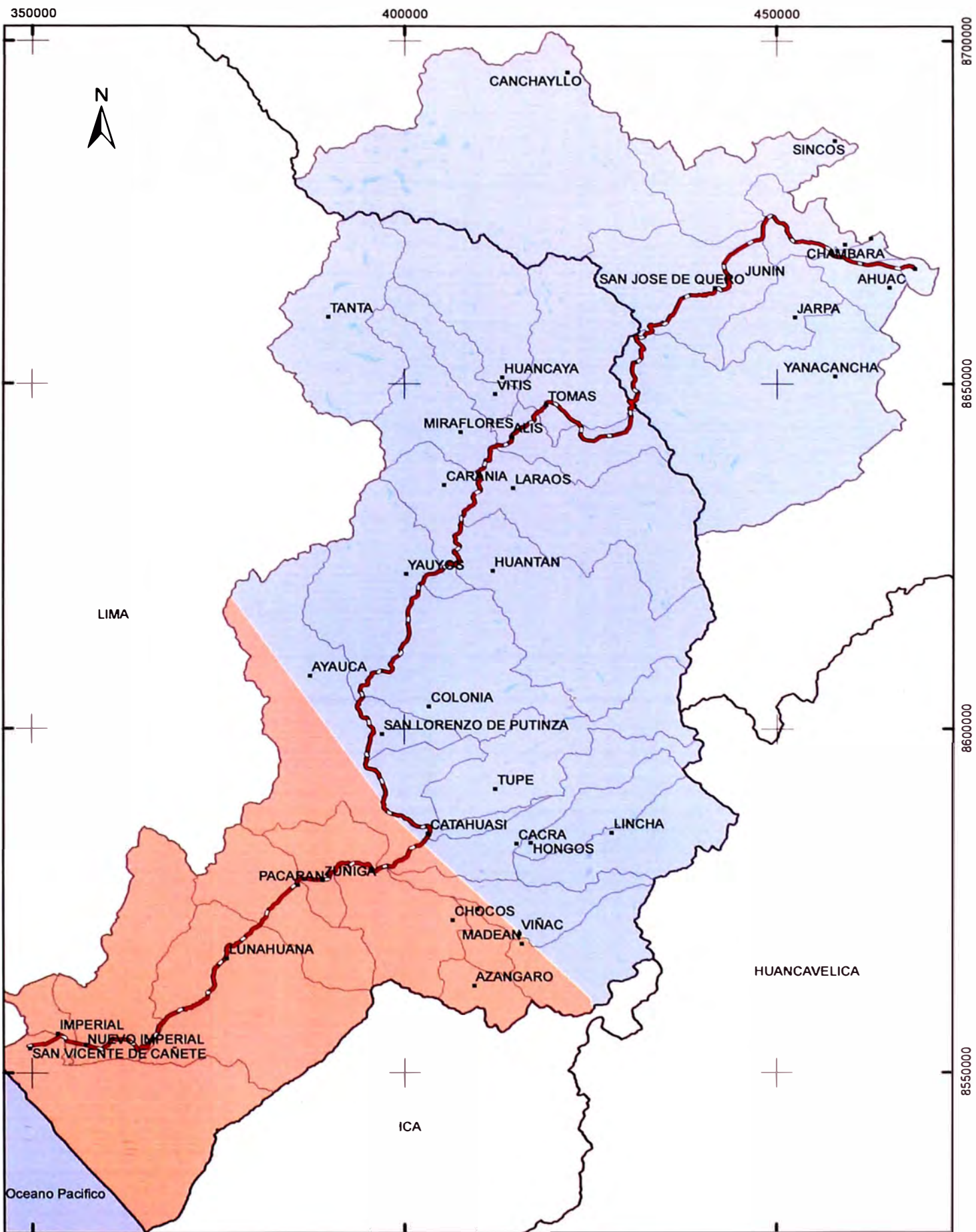
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE  
PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TÍTULO: **MAPA DE RIESGO POR PRECIPITACIONES**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
DATUM: WGS 1984  
ESCALA: 1:750000

FECHA: 8/17/2011

FIGURA  
**B.1**



**LEYENDA TEMÁTICA**

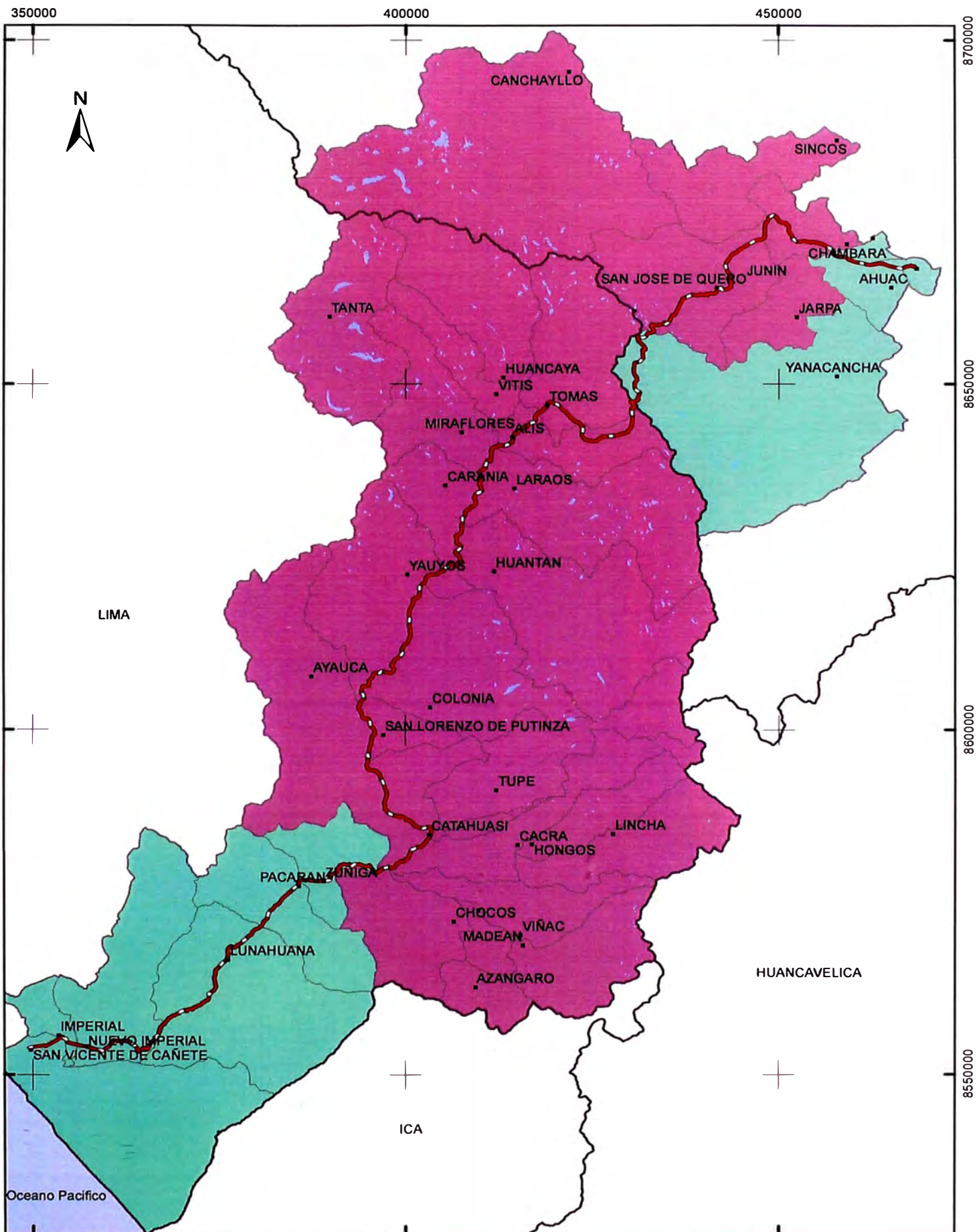
Riesgo por FEN

- Riesgo bajo: 0.1
- Riesgo moderado: 0.2
- Riesgo alto: 0.3



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO POR FENOMENO EL NIÑO</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FECHA: 8/17/2011
FIGURA <b>B.2</b>	



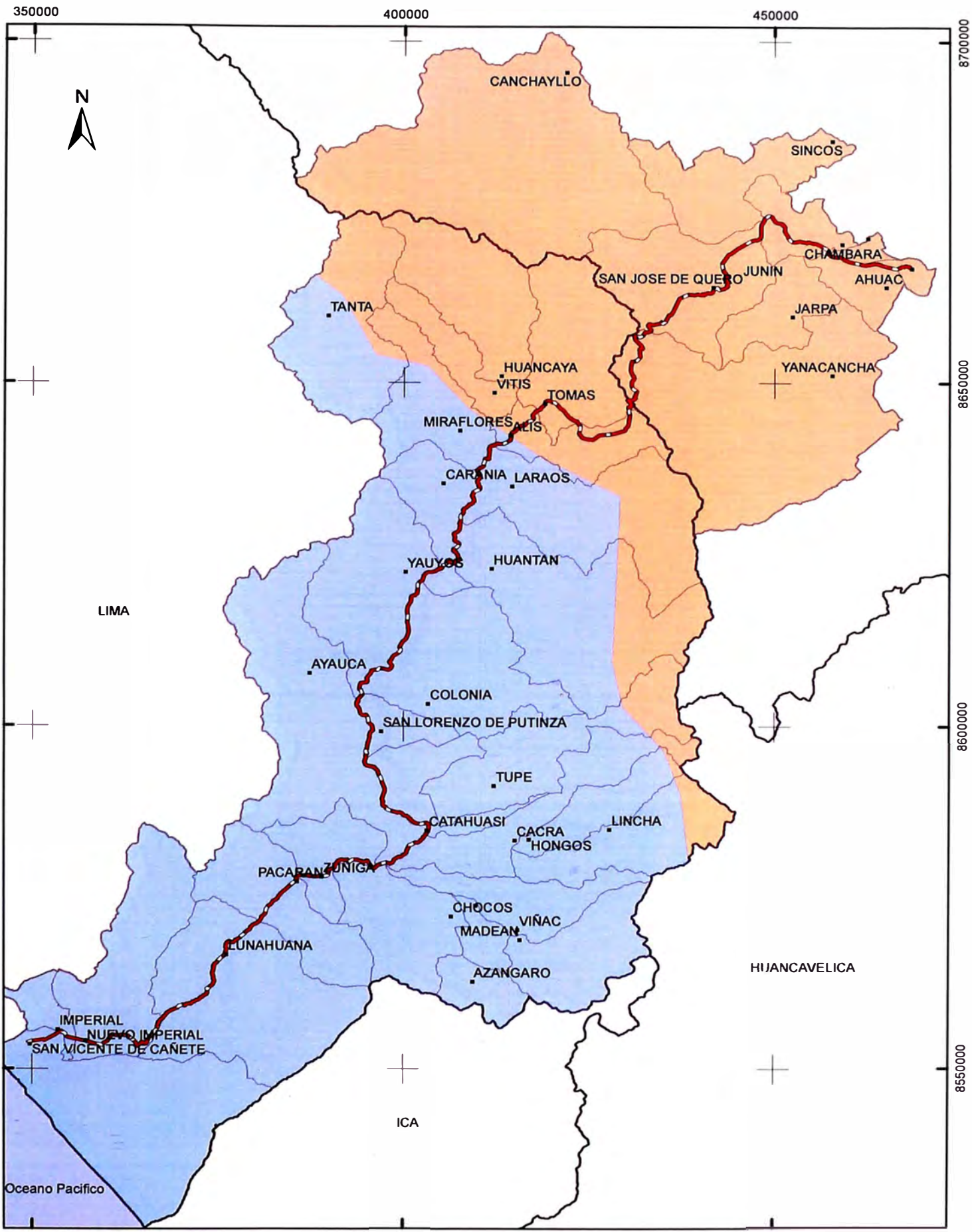


**LEYENDA TEMÁTICA**

- Riesgo por sequías**
- Riesgo bajo: 0.1
  - Riesgo moderado: 0.2



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TÍTULO: <b>MAPA DE RIESGO POR SEQUIAS RECURRENTES</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FIGURA <b>B.3</b>
FECHA: 8/17/2011	

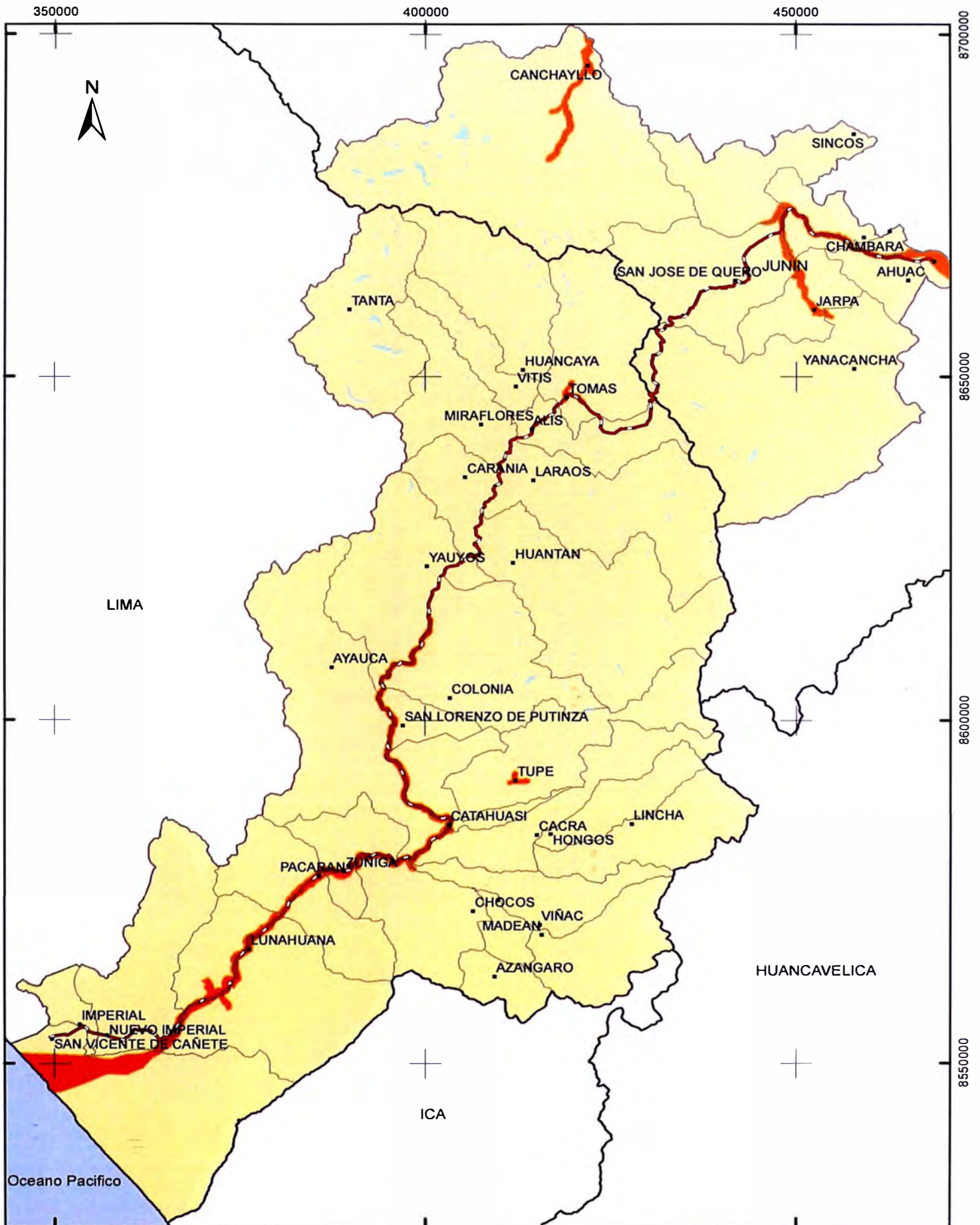


**LEYENDA TEMATICA**

- Riesgo por heladas
- Riesgo bajo: 0.1
  - Riesgo moderado: 0.2



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO POR HELADAS</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FIGURA <b>B.4</b> FECHA: 8/17/2011



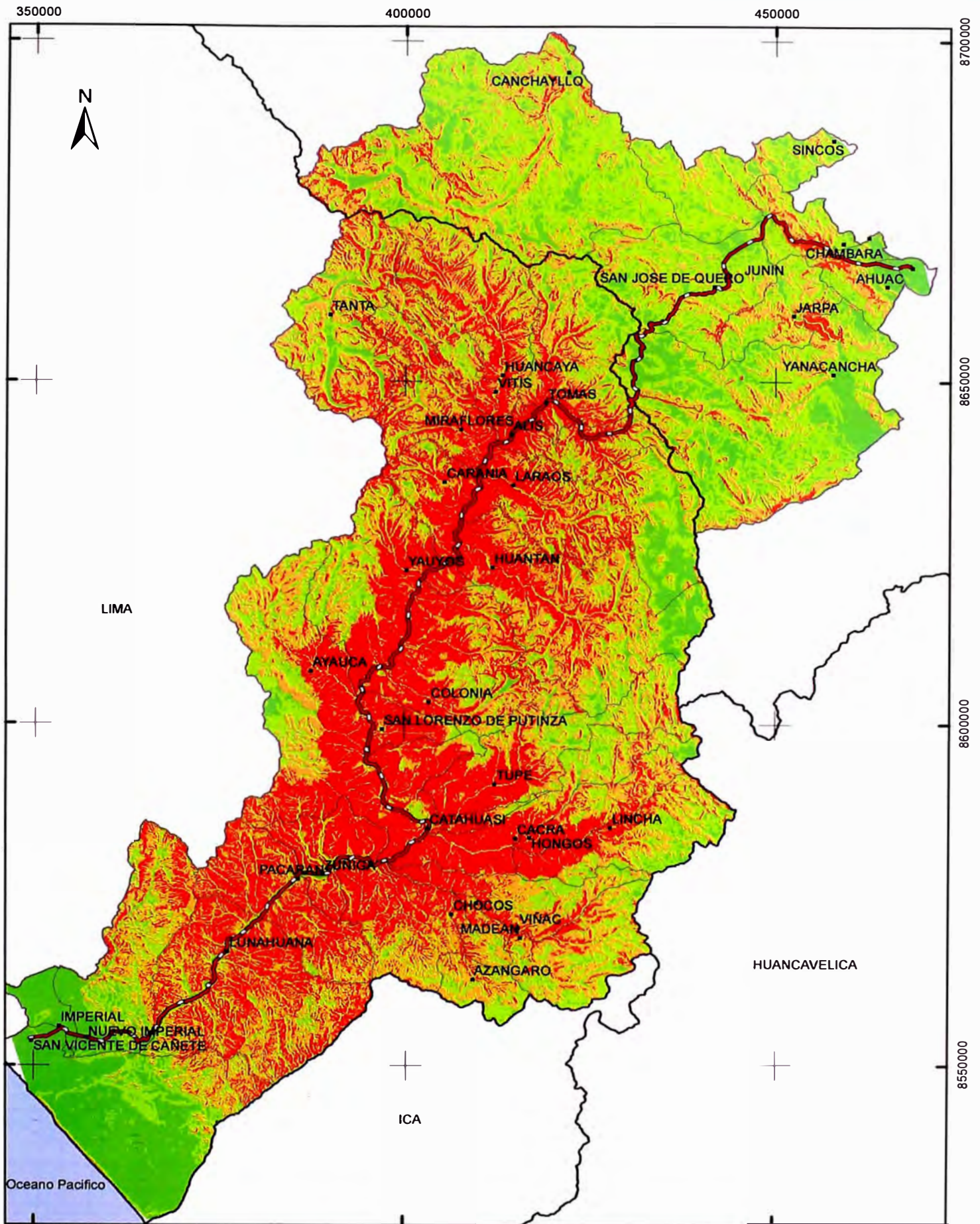
**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo por Inundaciones

- Riesgo bajo: 0.1
- Riesgo moderado: 0.2
- Riesgo alto: 0.3



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO POR INUNDACIONES</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:0	FIGURA <b>B.5</b> FECHA:



**LEYENDA TEMÁTICA**

**Riesgo por pendientes**

- Riesgo muy bajo: 0.044 ( Zona llana: < 5°)
- Riesgo bajo: 0.076 (Pendiente suave: 5° - 15°)
- Riesgo moderado: 0.144 (Pendiente moderada: 15° - 25°)
- Riesgo alto: 0.268 (Pendiente fuerte: 25° - 35°)
- Riesgo muy alto: 0.468 (Pendiente muy fuerte: > 35°)



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

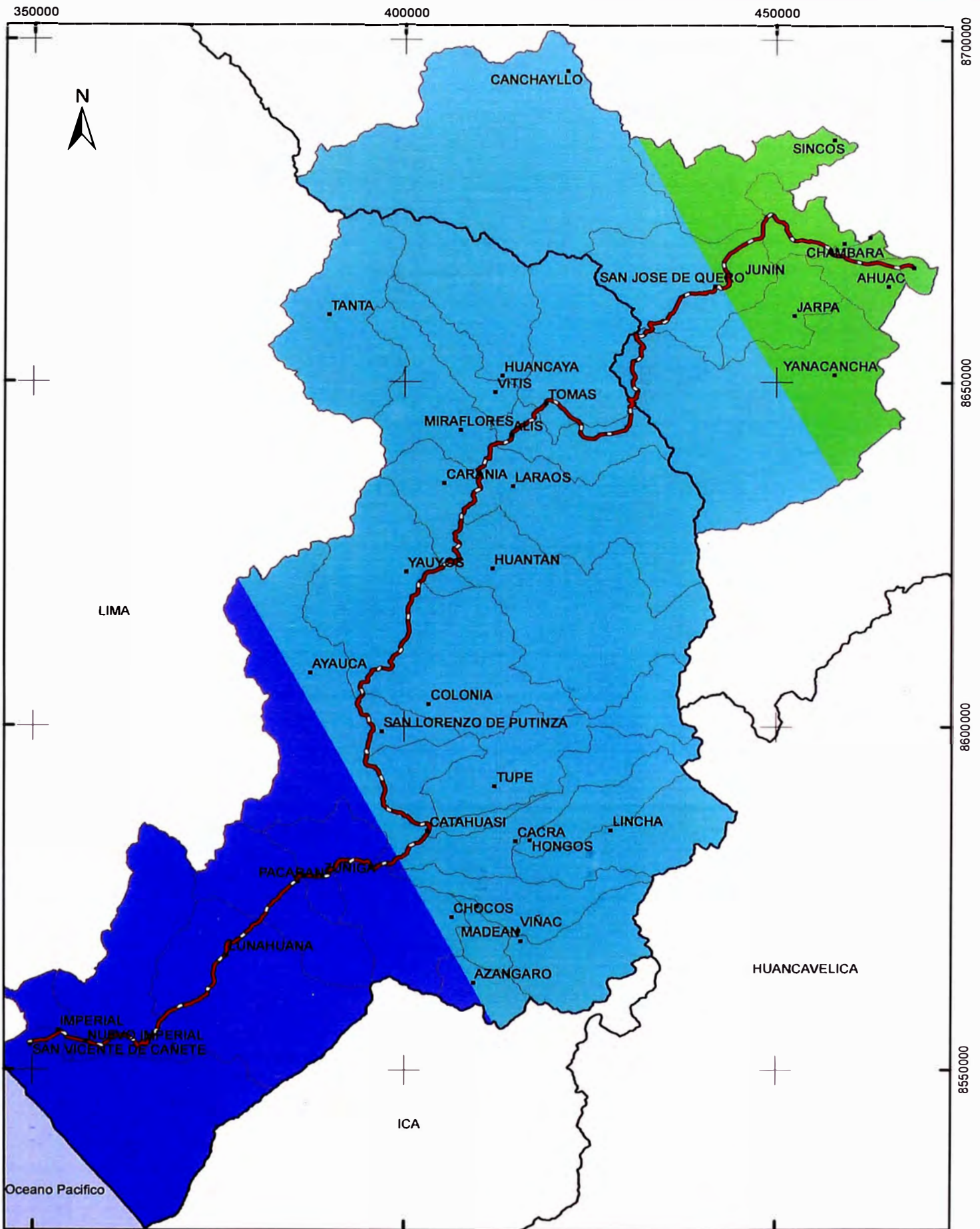
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO: **MAPA DE RIESGO POR PENDIENTES**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
DATUM: WGS 1984  
ESCALA: 1:750000

FECHA: 8/17/2011

FIGURA  
**B.6**

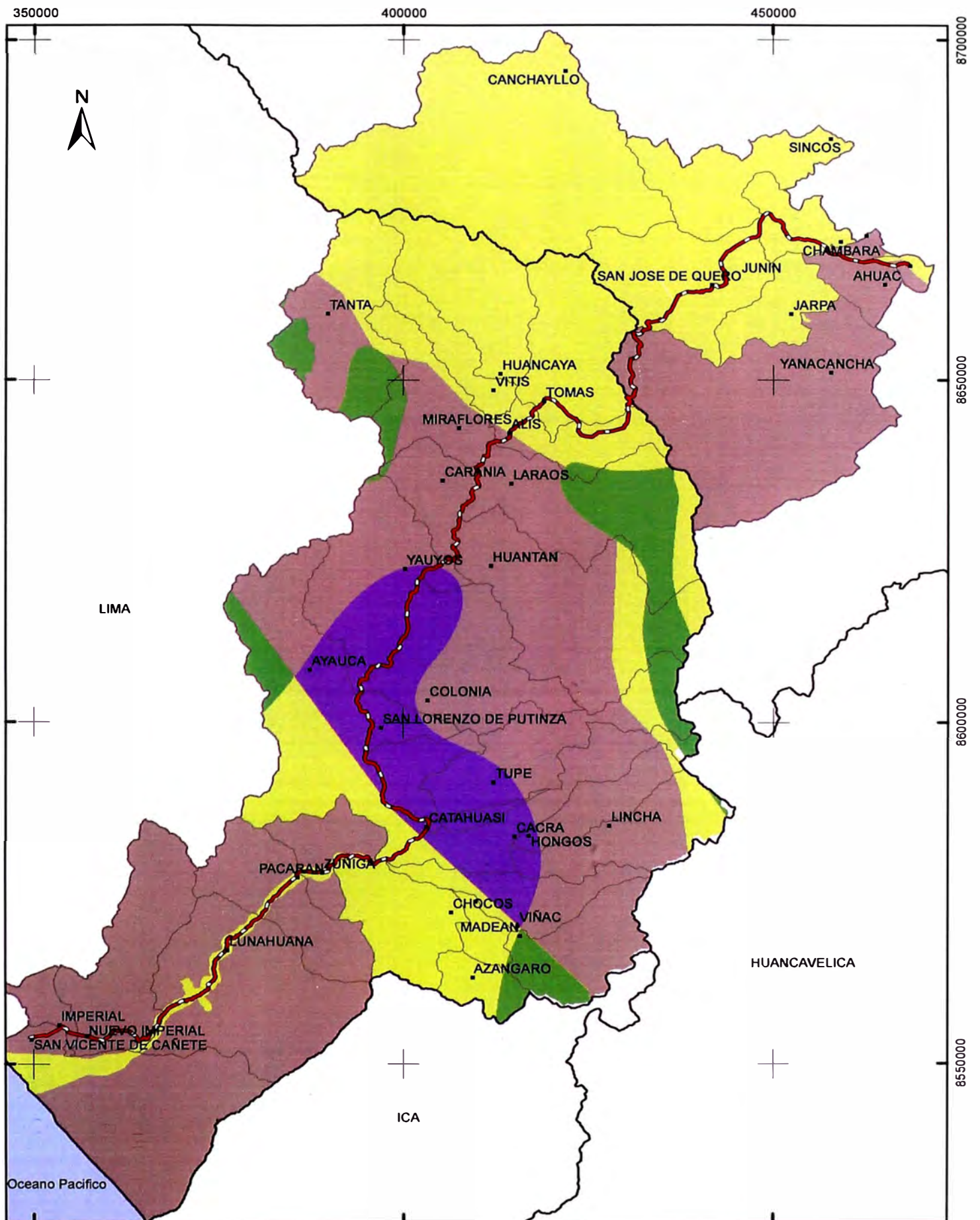


**LEYENDA TEMÁTICA**

- Riesgo sísmico
- Riesgo moderado: 0.2
  - Riesgo moderado alto: 0.3
  - Riesgo alto: 0.4



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SÍSMICOS	
TÍTULO:	<b>MAPA DE RIESGO SÍSMICO</b>
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	
FIGURA	<b>B.7</b>
FECHA: 8/17/2011	



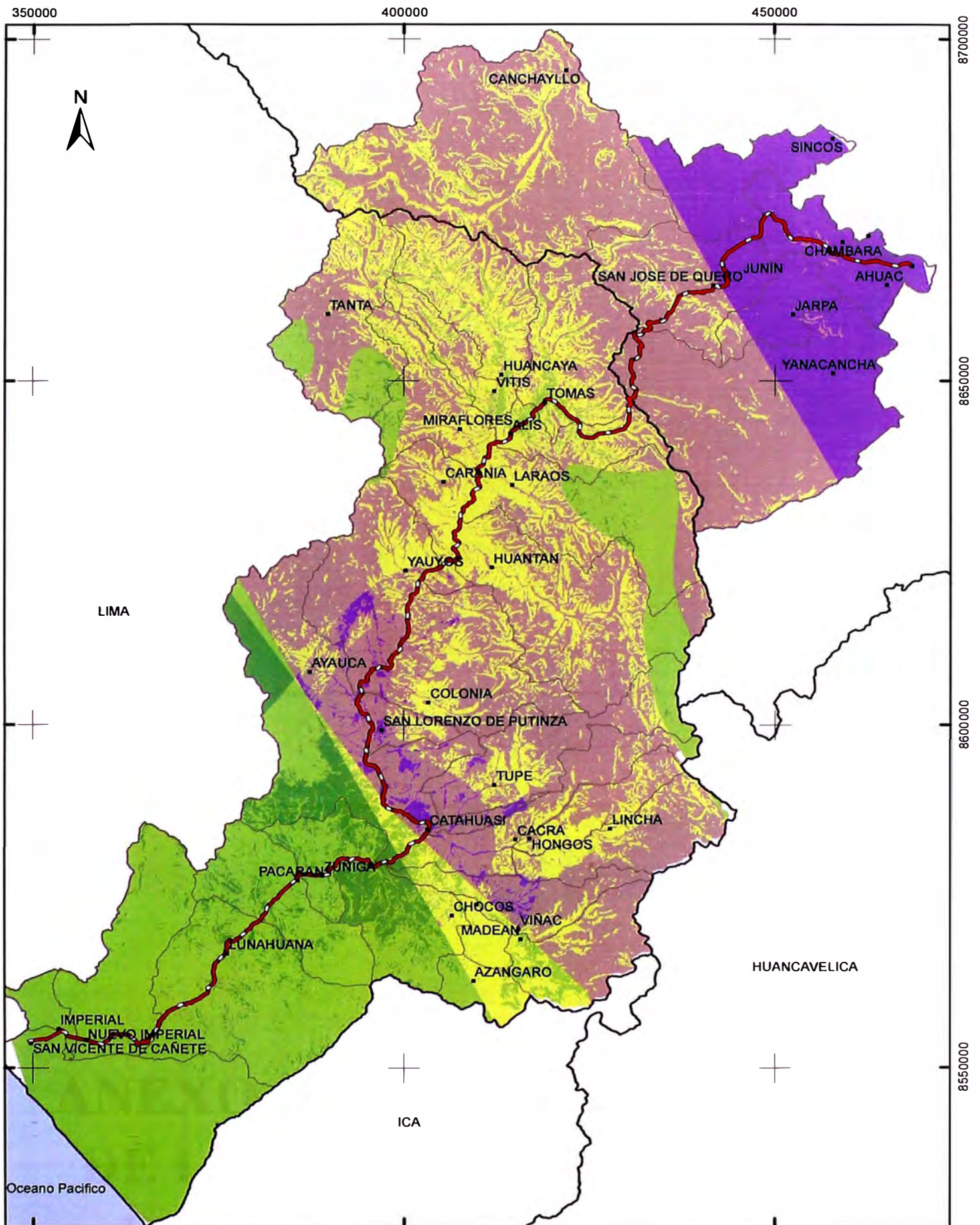
**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo Hidroclimático

- Riesgo bajo
- Riesgo moderado bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo moderado alto
- Riesgo alto



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO HIDROCLIMATICO</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FECHA: 8/17/2011
FIGURA <b>B.8</b>	



**LEYENDA TEMATICA**

Riesgo hidroclimatico y sismico

- Riesgo bajo
- Riesgo moderado bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo moderado alto
- Riesgo alto



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO HIDROCLIMATICO Y SISMICO</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FIGURA <b>B.9</b> FECHA: 8/17/2011

**ANEXO C: IDENTIFICACION  
DE LUGARES CRÍTICOS EN  
EL ÁREA DE INFLUENCIA**

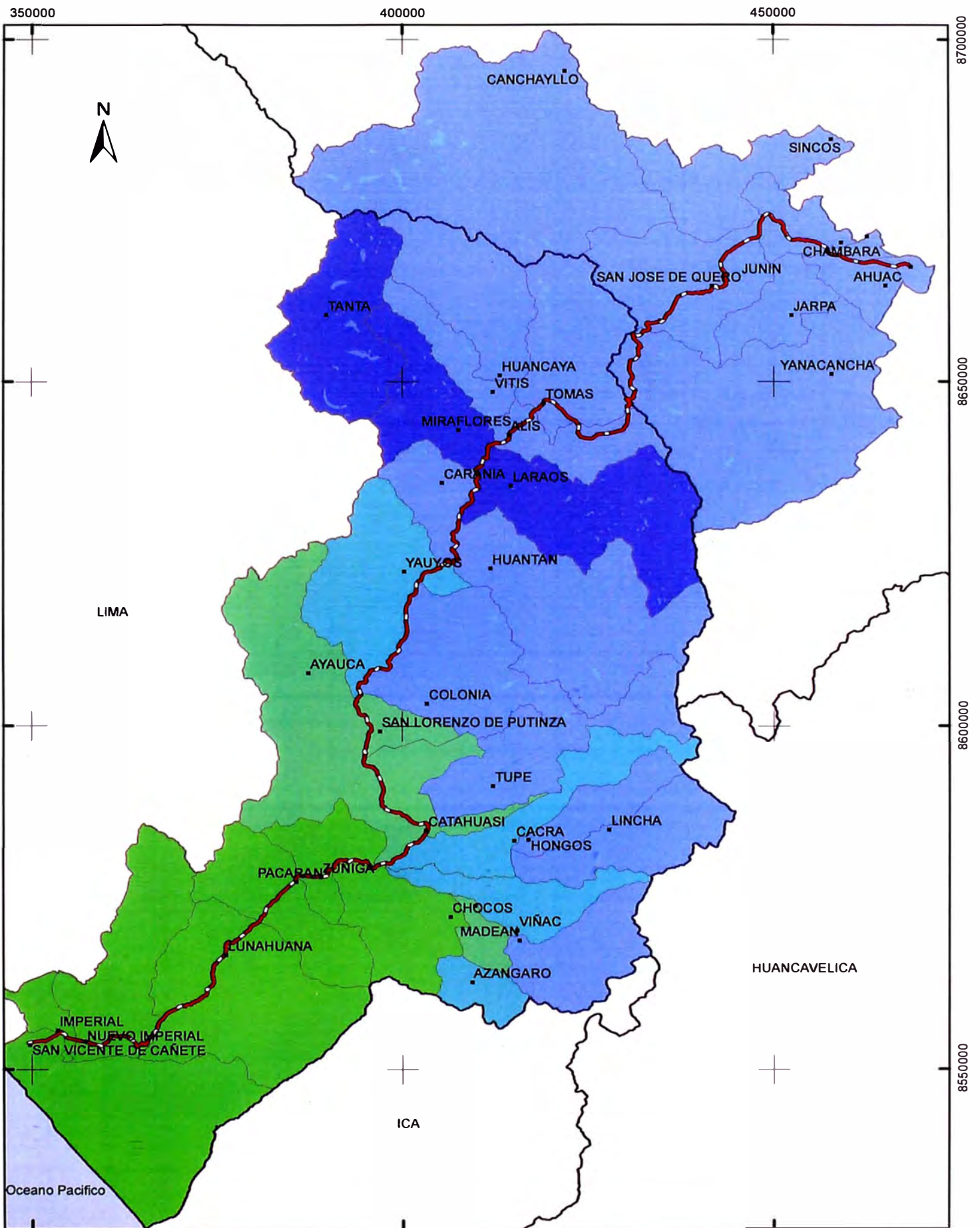


# **TABLAS**

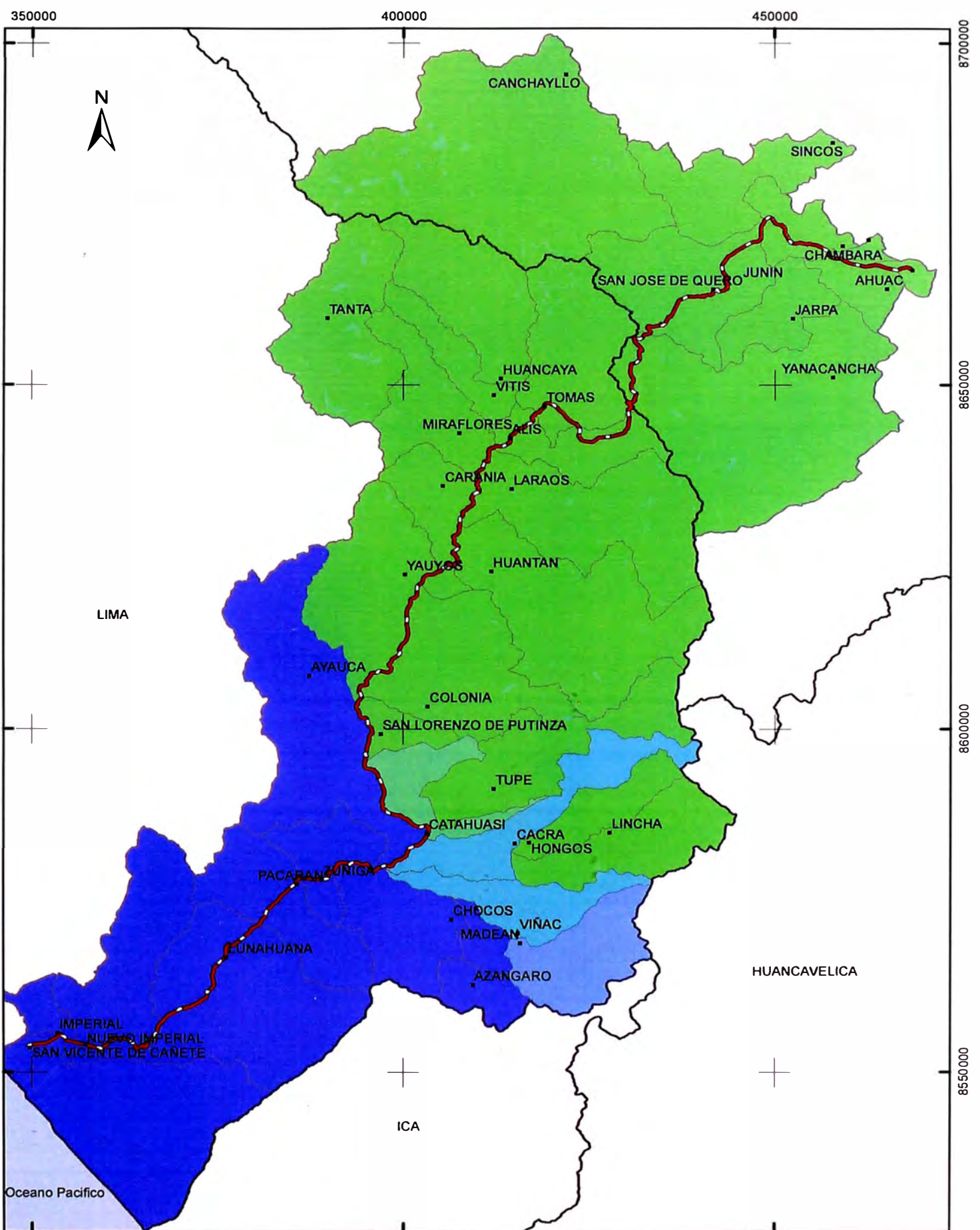
**Tabla C.1 Resumen de niveles de riesgo relativa por distrito**

Actores	Fenómeno El Niño	Sequías	Heladas	Inundaciones y erosión hídrica	Precipitación media anual	Riesgo hidroclimático	Pendiente del terreno	Riesgo sísmico	Riesgo Natural
Distrito	Nivel de riesgo relativo del actor								
	Actores secundarios					Actores principales			R. Natural
Provincia Cañete									
San Vicente de Cañete	muy alto	muy bajo	muy bajo	alto	muy bajo	moderado	muy bajo	muy alto	alto
Imperial	muy alto	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo	moderado	muy bajo	muy alto	alto
Lunahuaná	muy alto	muy bajo	muy bajo	moderado	muy bajo	moderado	alto	muy alto	muy alto
Nuevo Imperial	muy alto	muy bajo	muy bajo	bajo	muy bajo	moderado	bajo	muy alto	muy alto
Pacarán	muy alto	muy bajo	muy bajo	moderado	muy bajo	moderado	alto	muy alto	muy alto
Zúñiga	muy alto	muy bajo	muy bajo	alto	muy bajo	moderado	muy alto	muy alto	muy alto
Provincia Yauyos									
Yauyos	muy bajo	muy alto	muy bajo	bajo	moderado	muy bajo	alto	moderado	moderado
Alis	muy bajo	muy alto	muy alto	muy bajo	alto	alto	alto	moderado	moderado
Ayauca	muy alto	muy alto	muy bajo	bajo	bajo	moderado	alto	muy alto	alto
Azángaro	muy alto	muy alto	muy bajo	muy bajo	moderado	muy alto	bajo	alto	alto
Cacra	moderado	muy alto	bajo	bajo	moderado	bajo	alto	moderado	moderado
Carania	muy bajo	muy alto	muy bajo	muy bajo	alto	moderado	muy alto	moderado	moderado
Catahuasi	bajo	muy alto	muy bajo	moderado	bajo	muy bajo	muy alto	moderado	bajo
Chocos	muy alto	muy alto	muy bajo	bajo	muy bajo	alto	alto	muy alto	muy alto
Colonia	muy bajo	muy alto	muy bajo	bajo	alto	muy bajo	alto	moderado	moderado
Hongos	muy bajo	muy alto	bajo	muy bajo	alto	bajo	alto	moderado	moderado
Huancaya	muy bajo	muy alto	muy alto	muy bajo	alto	moderado	moderado	moderado	moderado
Huangascar	muy alto	muy alto	muy bajo	muy bajo	bajo	muy alto	moderado	moderado	moderado
Huantán	muy bajo	muy alto	alto	muy bajo	alto	moderado	moderado	moderado	moderado
Laraos	muy bajo	muy alto	muy alto	muy bajo	muy alto	muy alto	moderado	moderado	alto
Lincha	muy bajo	muy alto	moderado	muy bajo	alto	bajo	moderado	moderado	moderado
Madean	alto	muy alto	muy bajo	muy bajo	alto	alto	bajo	moderado	moderado
Miraflores	muy bajo	muy alto	moderado	muy bajo	muy alto	alto	alto	moderado	moderado
San Lorenzo de Putinza	muy bajo	muy alto	muy bajo	moderado	bajo	muy bajo	muy alto	moderado	bajo
Tanta	muy bajo	muy alto	alto	muy bajo	muy alto	muy alto	moderado	moderado	moderado
Tomas	muy bajo	muy alto	muy alto	bajo	alto	moderado	moderado	moderado	moderado
Tupe	muy bajo	muy alto	moderado	bajo	alto	moderado	alto	moderado	moderado
Viñac	moderado	muy alto	muy bajo	muy bajo	moderado	bajo	moderado	alto	moderado
Vitis	muy bajo	muy alto	muy alto	muy bajo	alto	moderado	alto	moderado	moderado
Provincia Concepción									
Chambara	muy bajo	muy alto	muy alto	alto	alto	alto	bajo	muy bajo	muy bajo
San Jose de Quero	muy bajo	muy alto	muy alto	bajo	alto	moderado	muy bajo	moderado	bajo
Provincia Jauja									
Canchayllo	muy bajo	muy alto	muy alto	bajo	alto	moderado	bajo	moderado	moderado
Sincos	muy bajo	muy alto	muy alto	bajo	alto	moderado	muy bajo	muy bajo	muy bajo
Provincia Chupaca									
Chupaca	muy bajo	muy bajo	muy alto	muy alto	alto	moderado	muy bajo	muy bajo	muy bajo
Ahuac	muy bajo	muy bajo	muy alto	bajo	alto	bajo	bajo	muy bajo	muy bajo
Huachac	muy bajo	muy bajo	muy alto	muy alto	alto	moderado	muy bajo	muy bajo	muy bajo
San Juan de Jarpa	muy bajo	muy bajo	muy alto	moderado	alto	moderado	bajo	bajo	muy bajo
Yanacancha	muy bajo	muy bajo	muy alto	muy bajo	alto	bajo	muy bajo	bajo	bajo

# **FIGURAS**



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO POR PRECIPITACIONES POR DISTRITO</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FIGURA <b>C.1</b> FECHA: 8/18/2011



**LEYENDA TEMATICA**

Riesgo por FEN

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto



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

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA  
INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

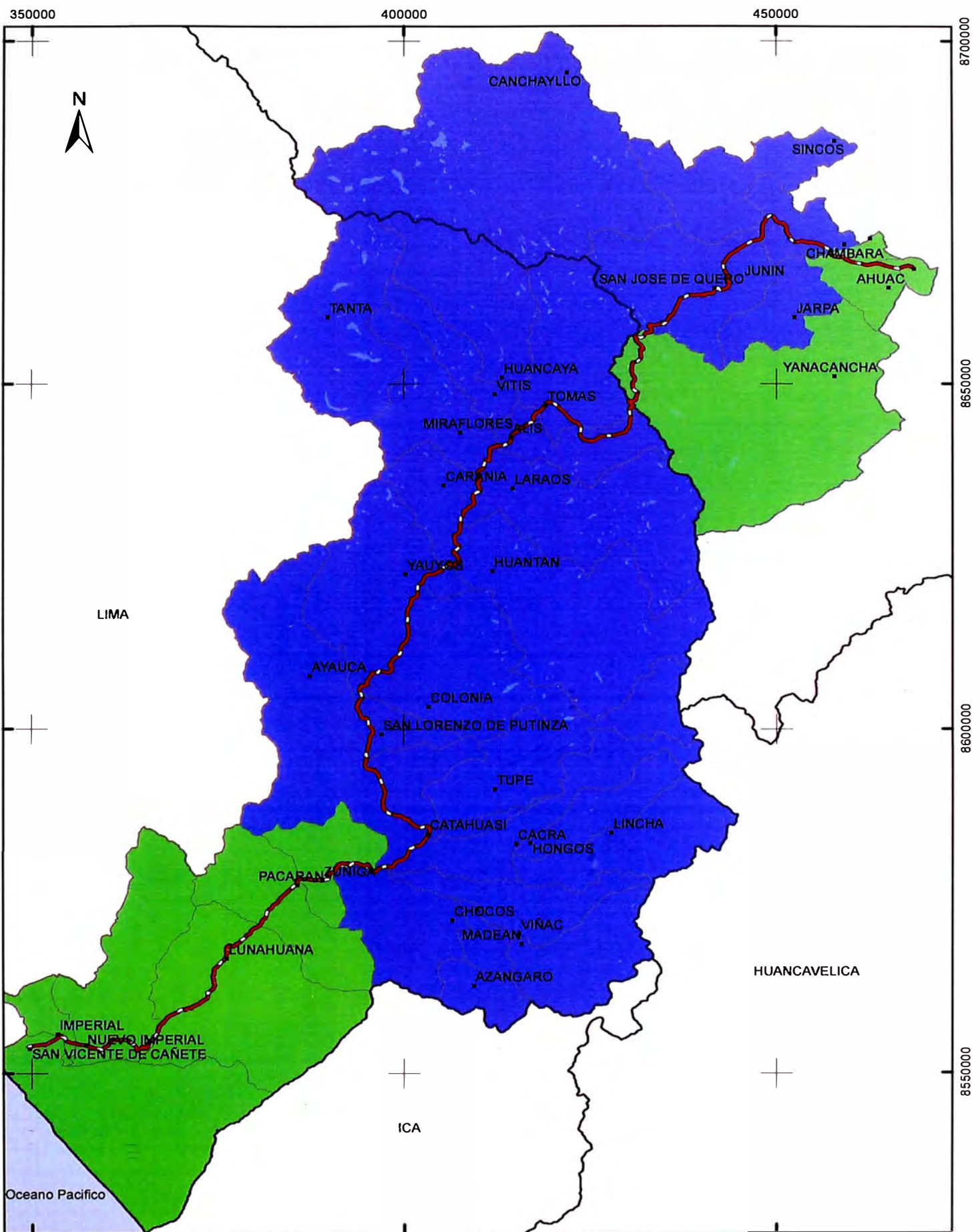
TITULO: **MAPA DE RIESGO POR FENOMENO EL NIÑO  
POR DISTRITO**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
DATUM: WGS 1984  
ESCALA: 1:750000

FIGURA

**C.2**

FECHA: 8/18/2011



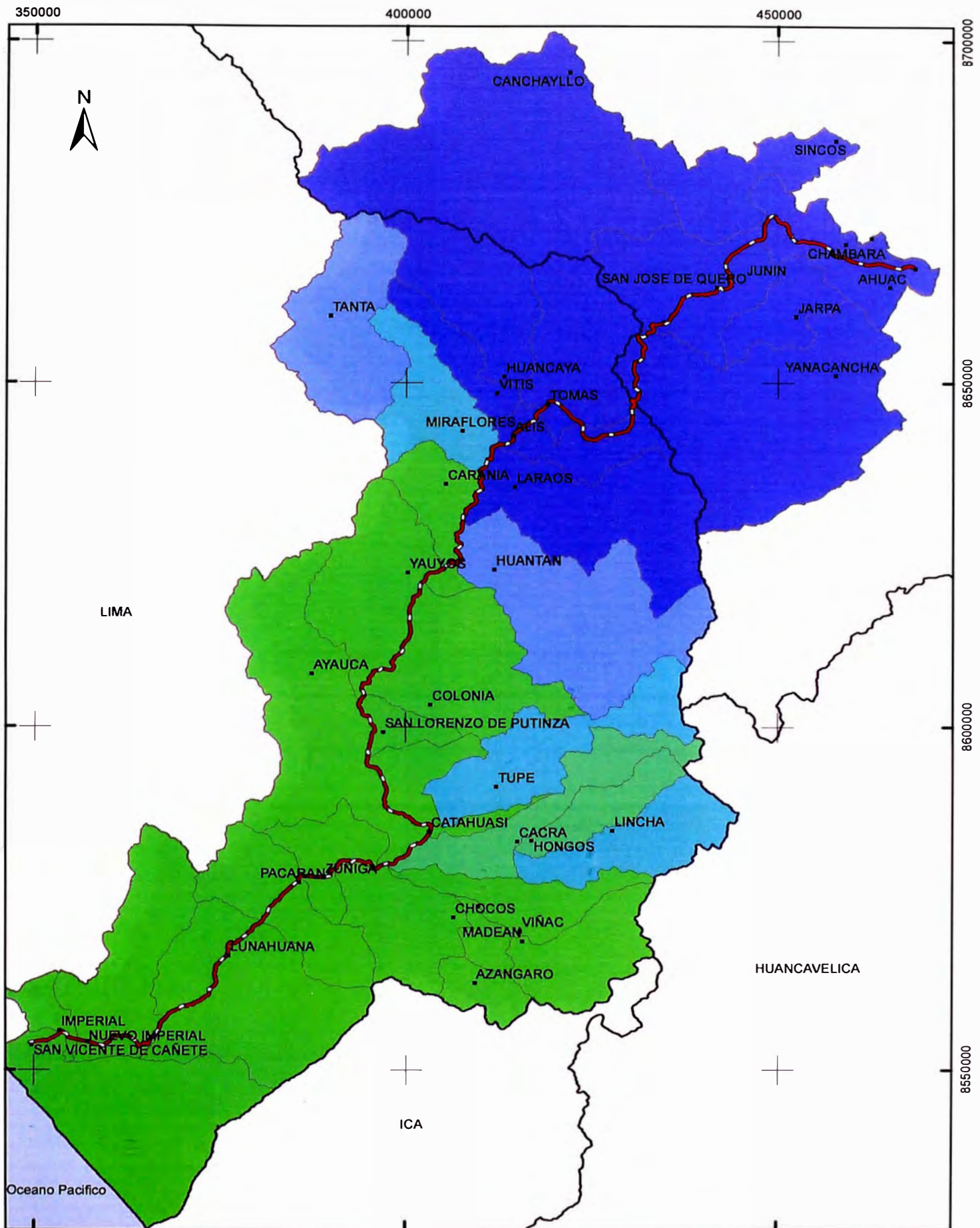
**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo por sequías

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TÍTULO: <b>MAPA DE RIESGO POR SEQUIAS RECURRENTES POR DISTRITO</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FIGURA <b>C.3</b>
FECHA: 8/18/2011	



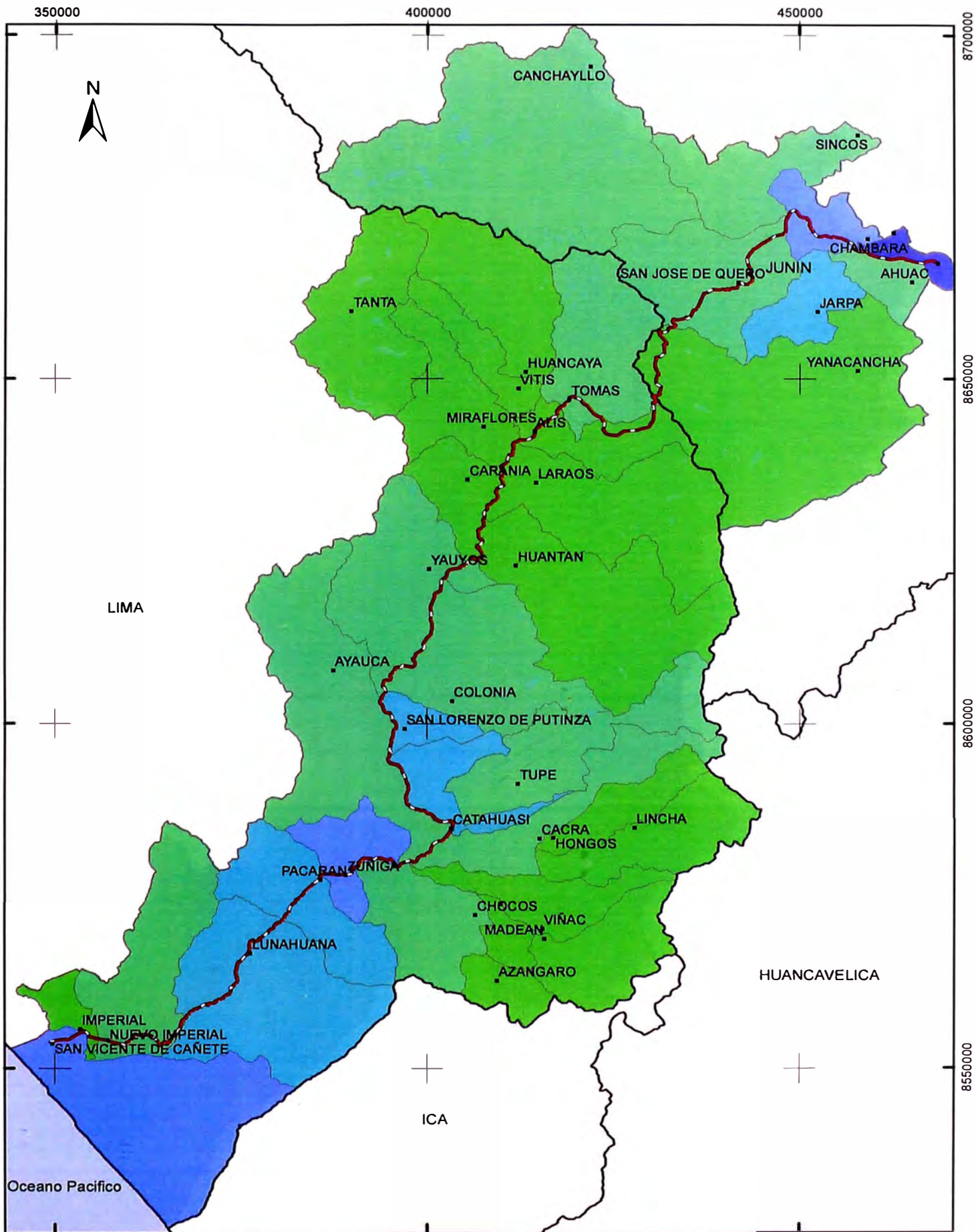
**LEYENDA TEMATICA**

Riesgo por heladas

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto



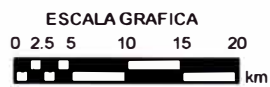
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO:	<b>MAPA DE RIESGO POR HELADAS POR DISTRITO</b>
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FIGURA <b>C.4</b> FECHA: 8/18/2011



**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo por inundaciones

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto



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

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE  
PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANÁ - CHUPACA  
INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

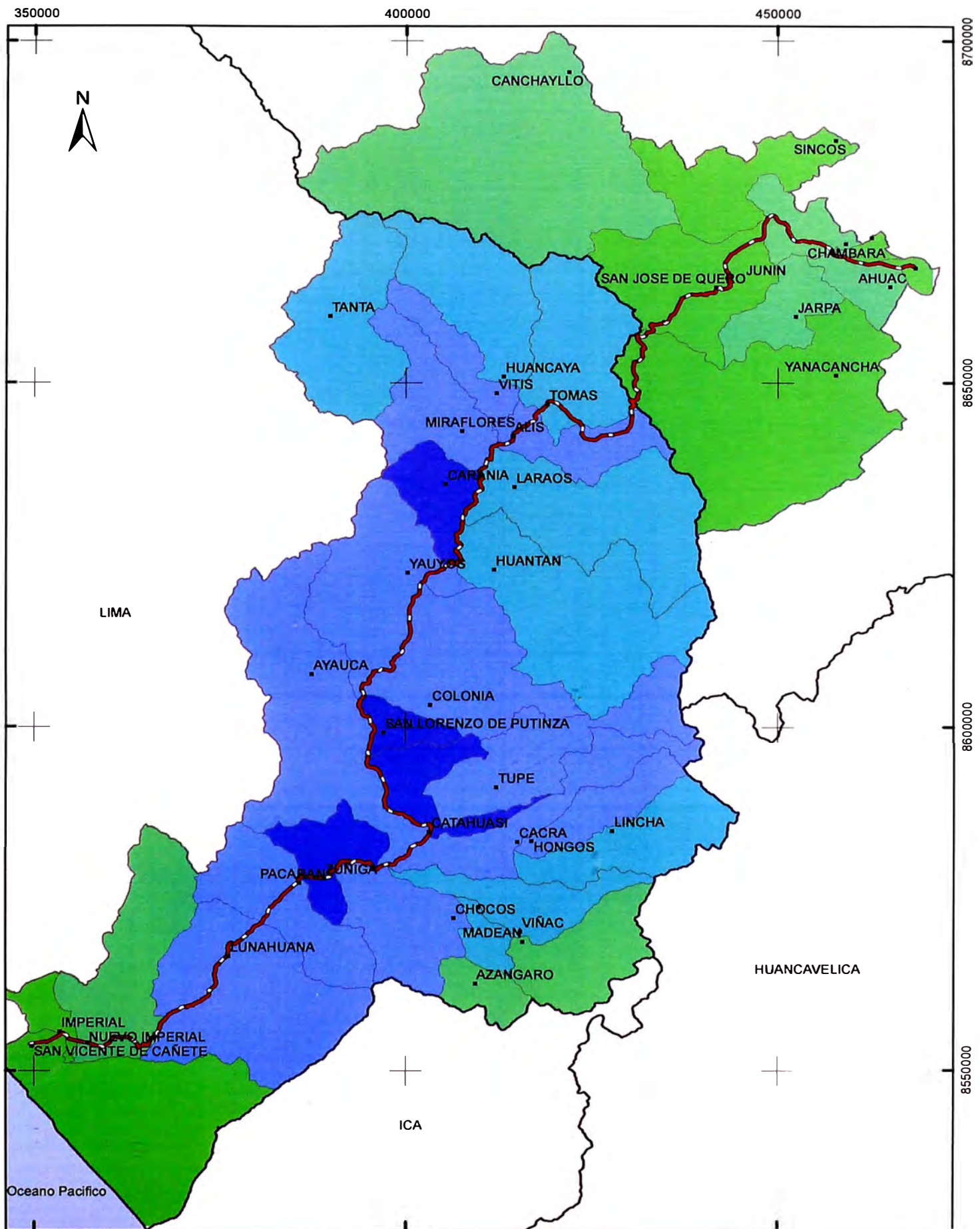
TITULO: **MAPA DE RIESGO POR INUNDACIONES  
POR DISTRITO**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
PROYECCIÓN: Transverse Mercator  
DATUM: WGS 1984  
ESCALA: 1:0

FECHA:

FIGURA  
**C.5**





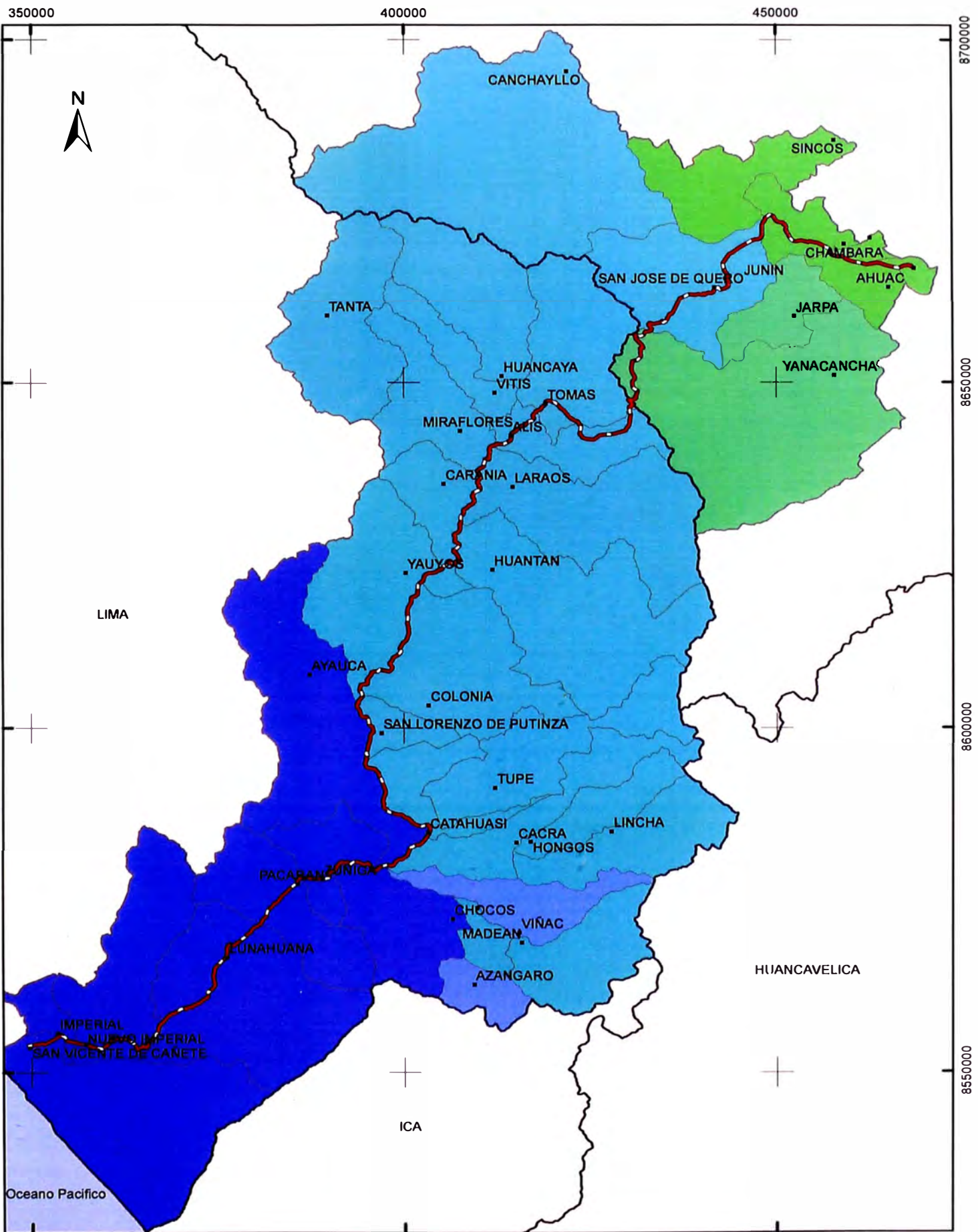
**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo por pendientes

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS	
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO POR PENDIENTES POR DISTRITO</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S	FIGURA
PROYECCIÓN: Transverse Mercator	<b>C.6</b>
DATUM: WGS 1984	FECHA: 8/18/2011
ESCALA: 1:750000	



**LEYENDA TEMATICA**

Riesgo sismico

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto

ESCALA GRAFICA



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

EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMATICOS Y SISMICOS

TITULO:

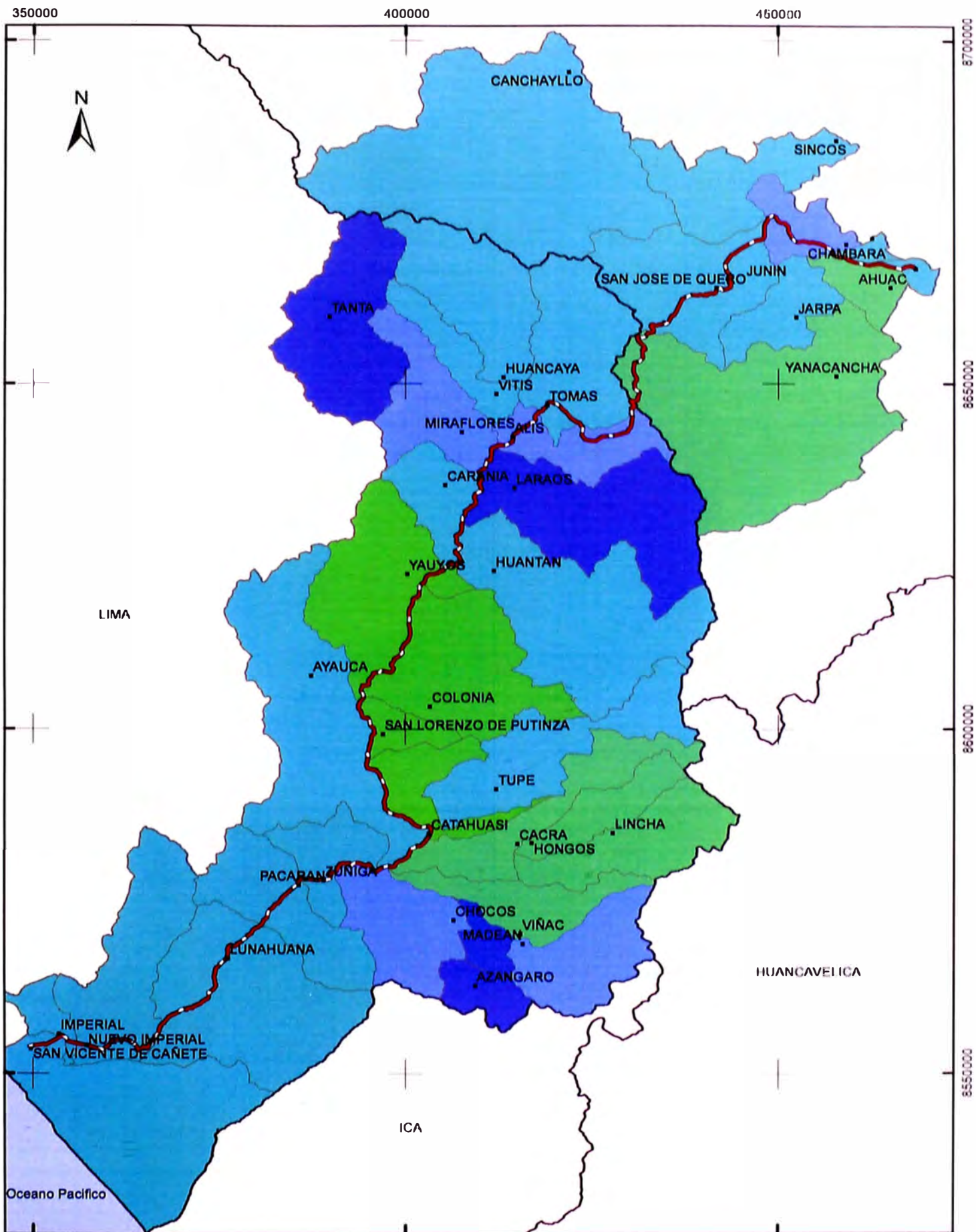
**MAPA DE RIESGO SISMICO  
POR DISTRITO**

SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S  
PROYECCIÓN: Transverso Mercator  
DATUM: WGS 1984  
ESCALA: 1:750000

FIGURA

**C.7**

FECHA: 8/18/2011



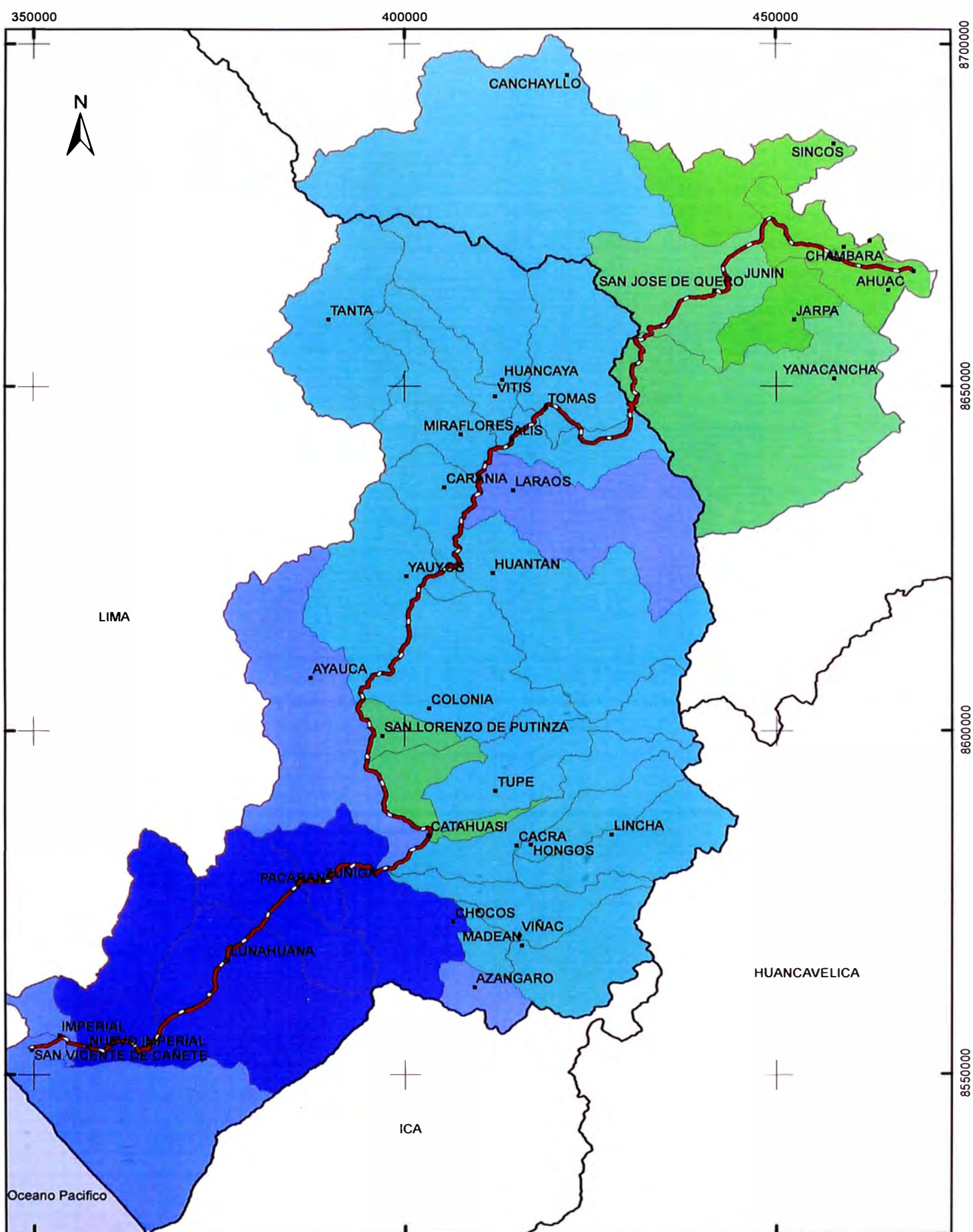
**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo Hidroclimático

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CIUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SÍSMICOS	
<b>TÍTULO</b> MAPA DE RIESGO HIDROCLIMÁTICO POR DISTRITO	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zona 18S PROYECCIÓN: Transversa Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FECHA: 05/02/2011
<b>FIGURA</b> <b>C.8</b>	



**LEYENDA TEMÁTICA**

Riesgo hidroclimático y sísmico

- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo moderado
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA CARRETERA DE PENETRACIÓN CAÑETE - LUNAHUANA - CHUPACA INFLUENCIA DE LOS FACTORES HIDROCLIMÁTICOS Y SÍSMICOS	
TÍTULO: <b>MAPA DE RIESGO HIDROCLIMÁTICO Y SÍSMICO POR DISTRITO</b>	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 1984 UTM Zone 18S PROYECCIÓN: Transverse Mercator DATUM: WGS 1984 ESCALA: 1:750000	FECHA: 8/18/2011
FIGURA <b>C.9</b>	

# **ANEXO D: BASE DE DATOS**

**Figura D.1 Áreas Afectadas por Lluvias Excepcionales en el FEN**



**Figura D.2 Zonificación de Peligro de Sequias a Nivel Provincial**

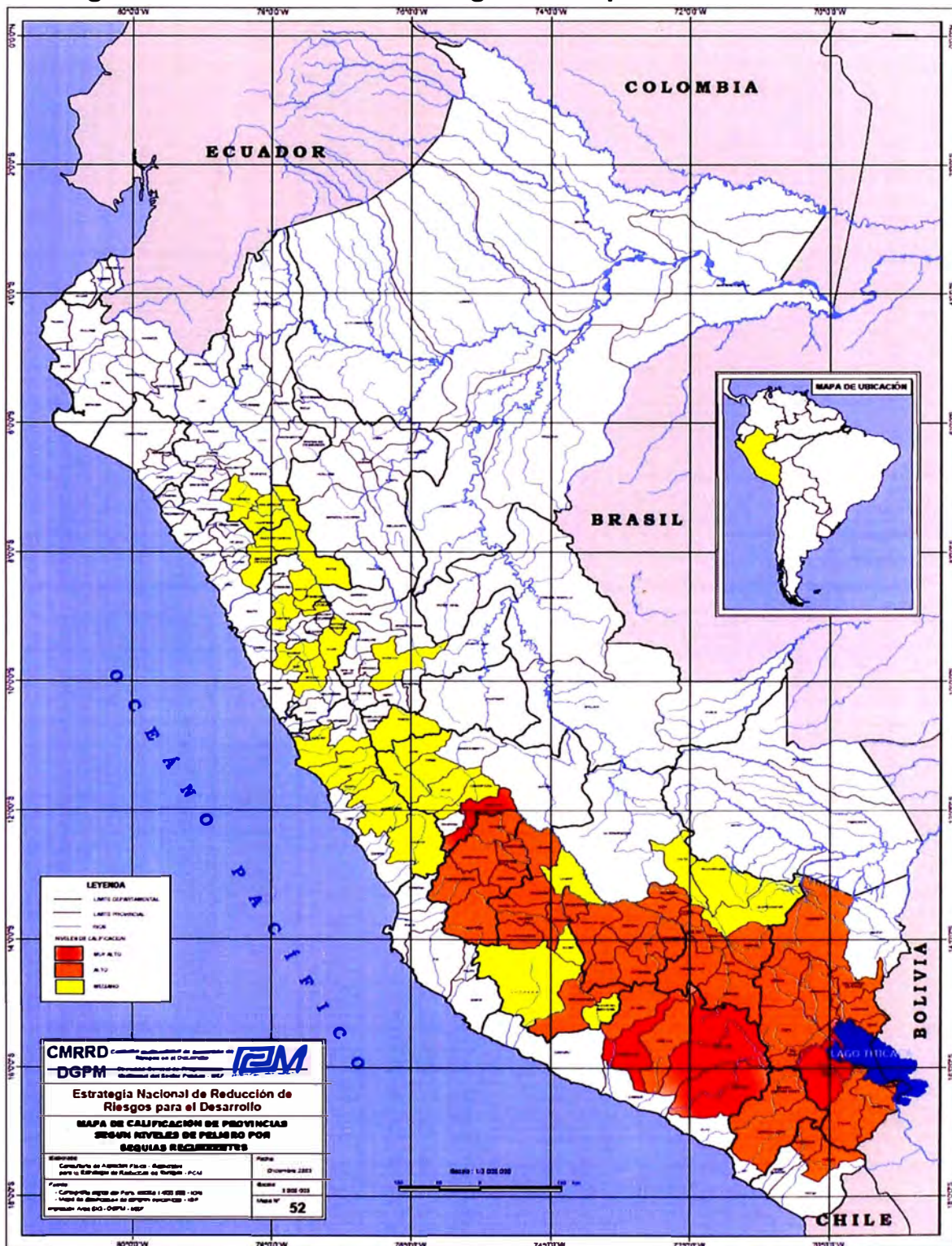






Figura D.4 Peligro Potencial de Heladas

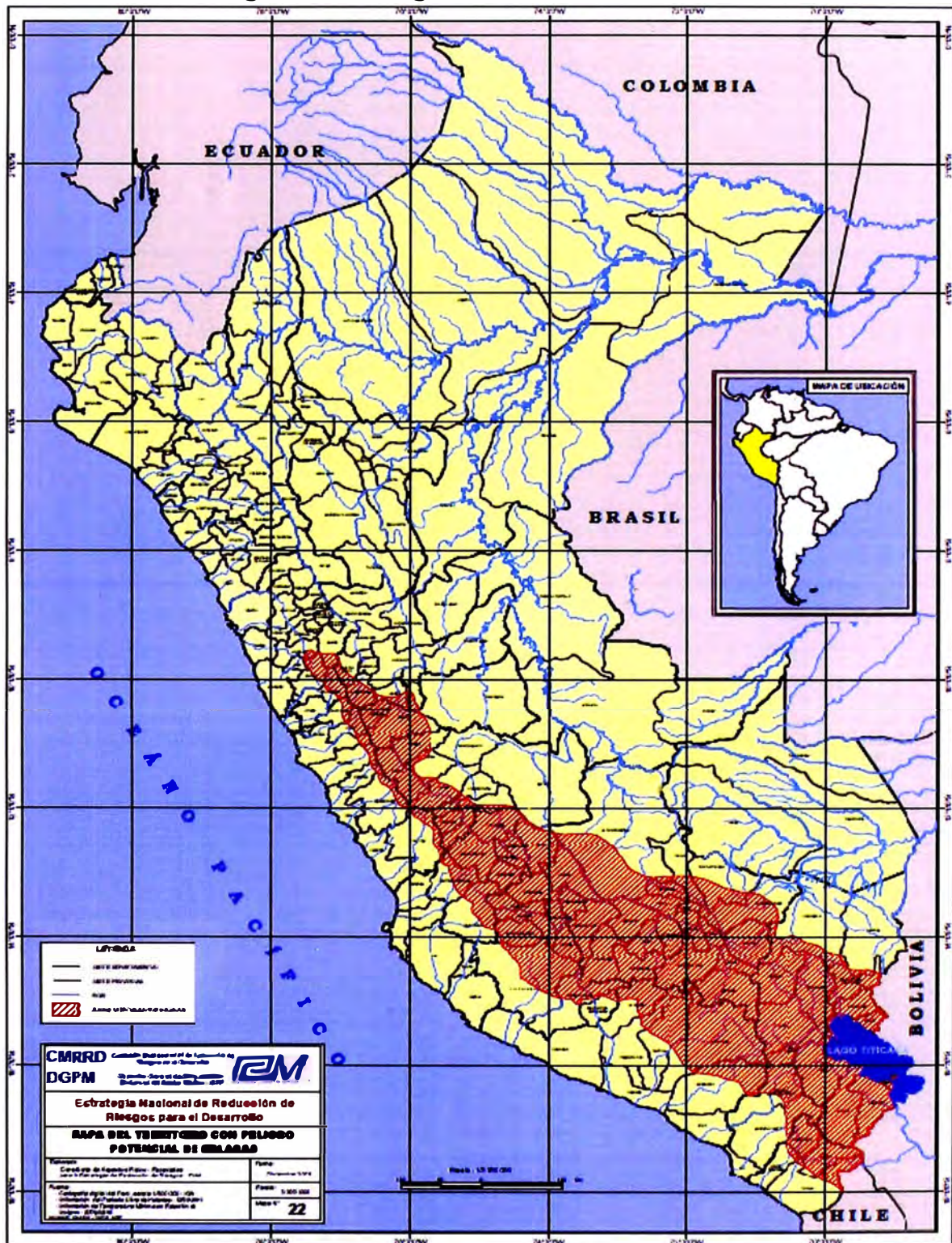


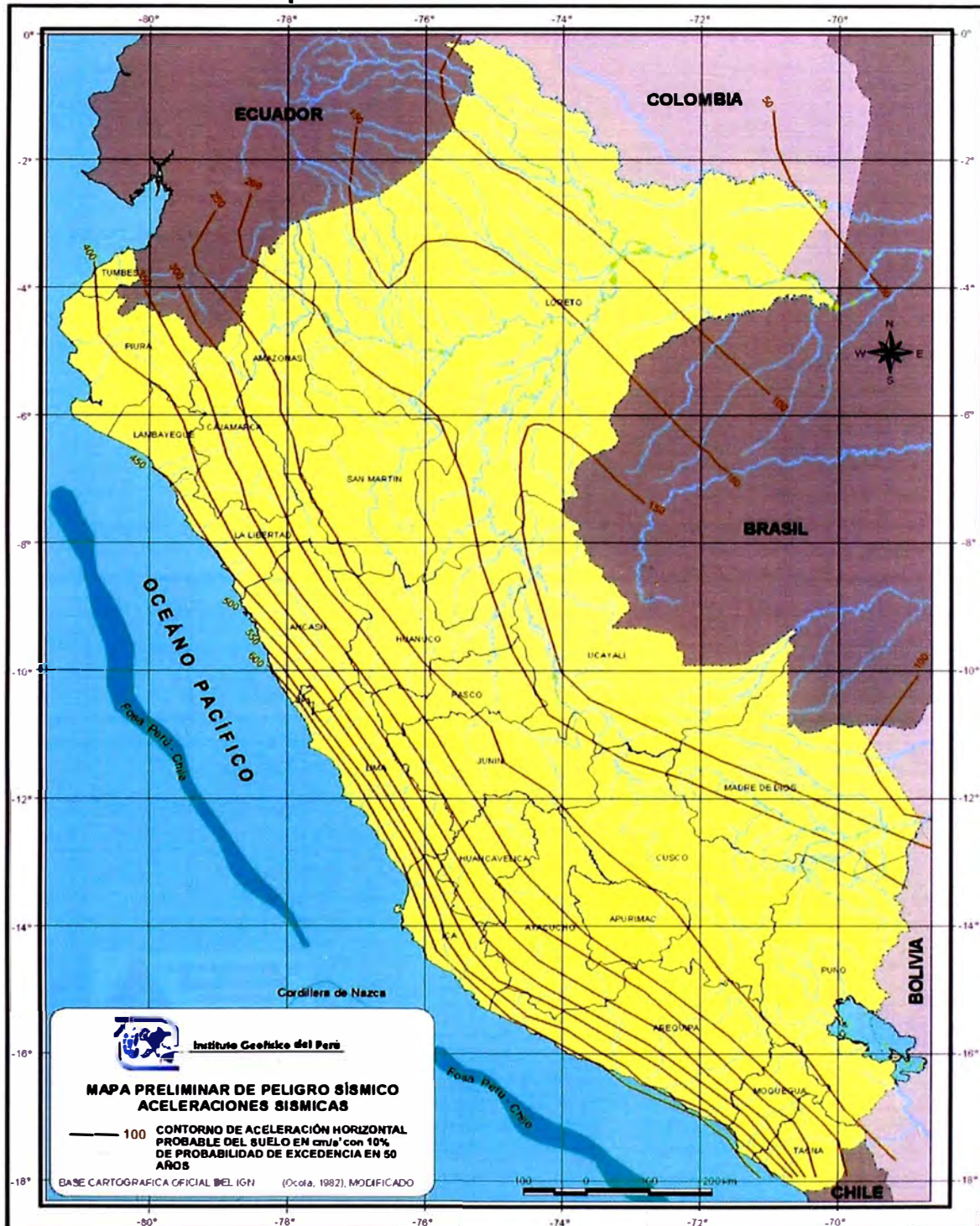
Figura D.5 Peligro Potencial de Inundación



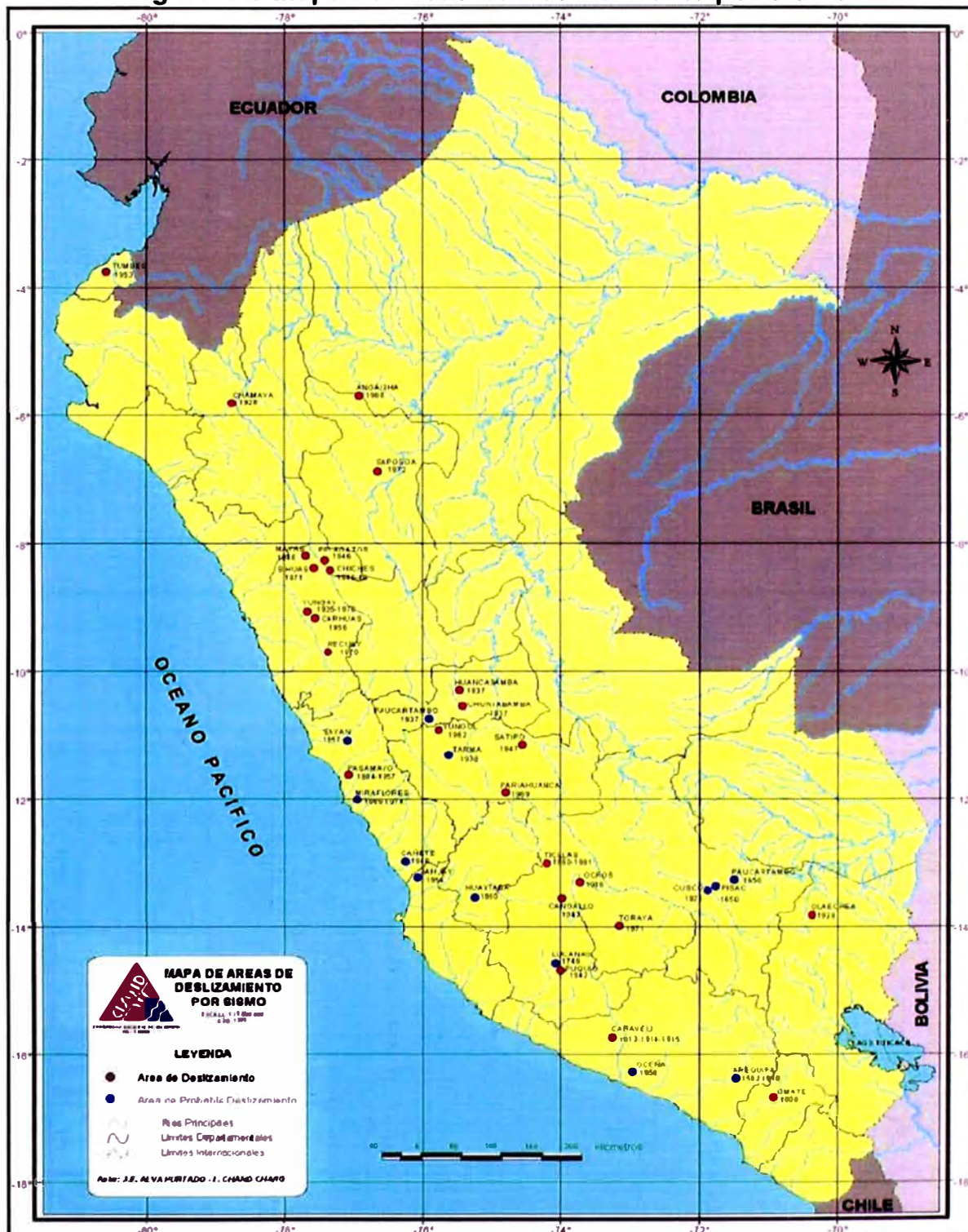
Figura D.6 Mapa Geodinámica del Perú Inundación



**Figura D.7 Mapa Preliminar de Peligro sísmico Aceleraciones sísmicas 10% de probabilidad de excedencia en 50 años**



**Figura D.8 Mapa de Áreas de Deslizamiento por sismo**



**Figura D.9 Áreas de Licuación de Suelos**

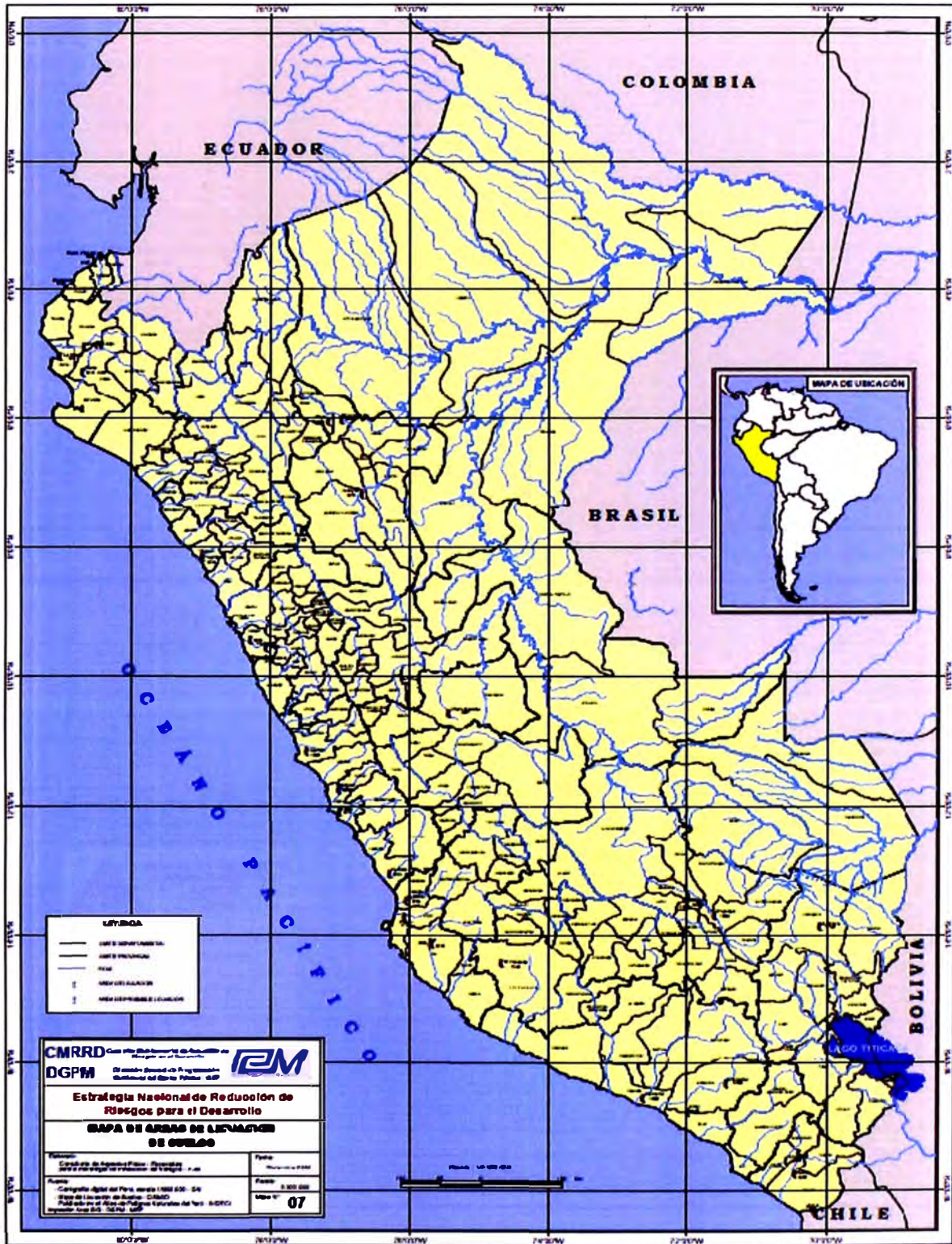


Figura D.10 Distribución de máximas intensidades sísmicas

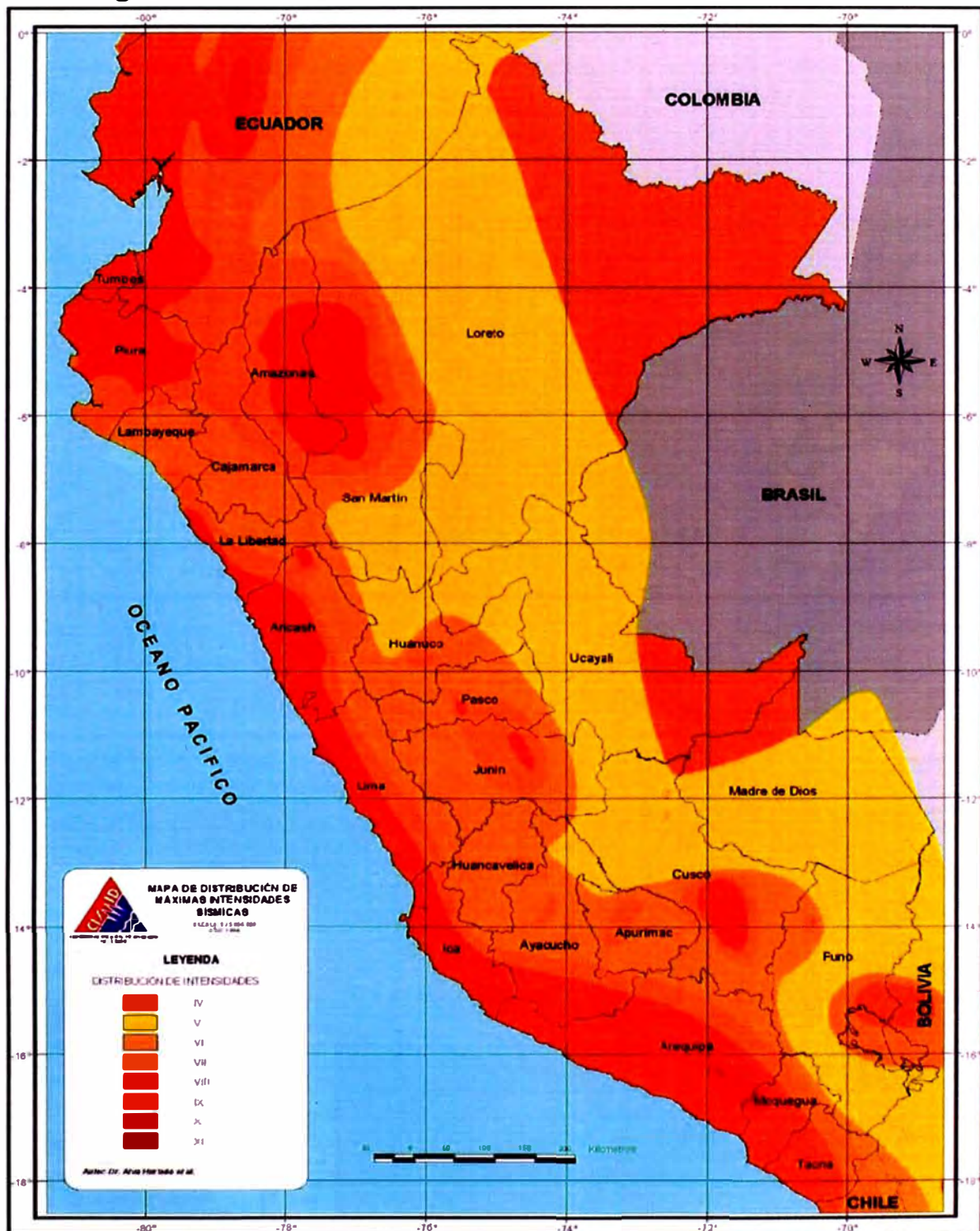


Figura D.11 Zonificación de Peligro Sísmico a Nivel Provincial

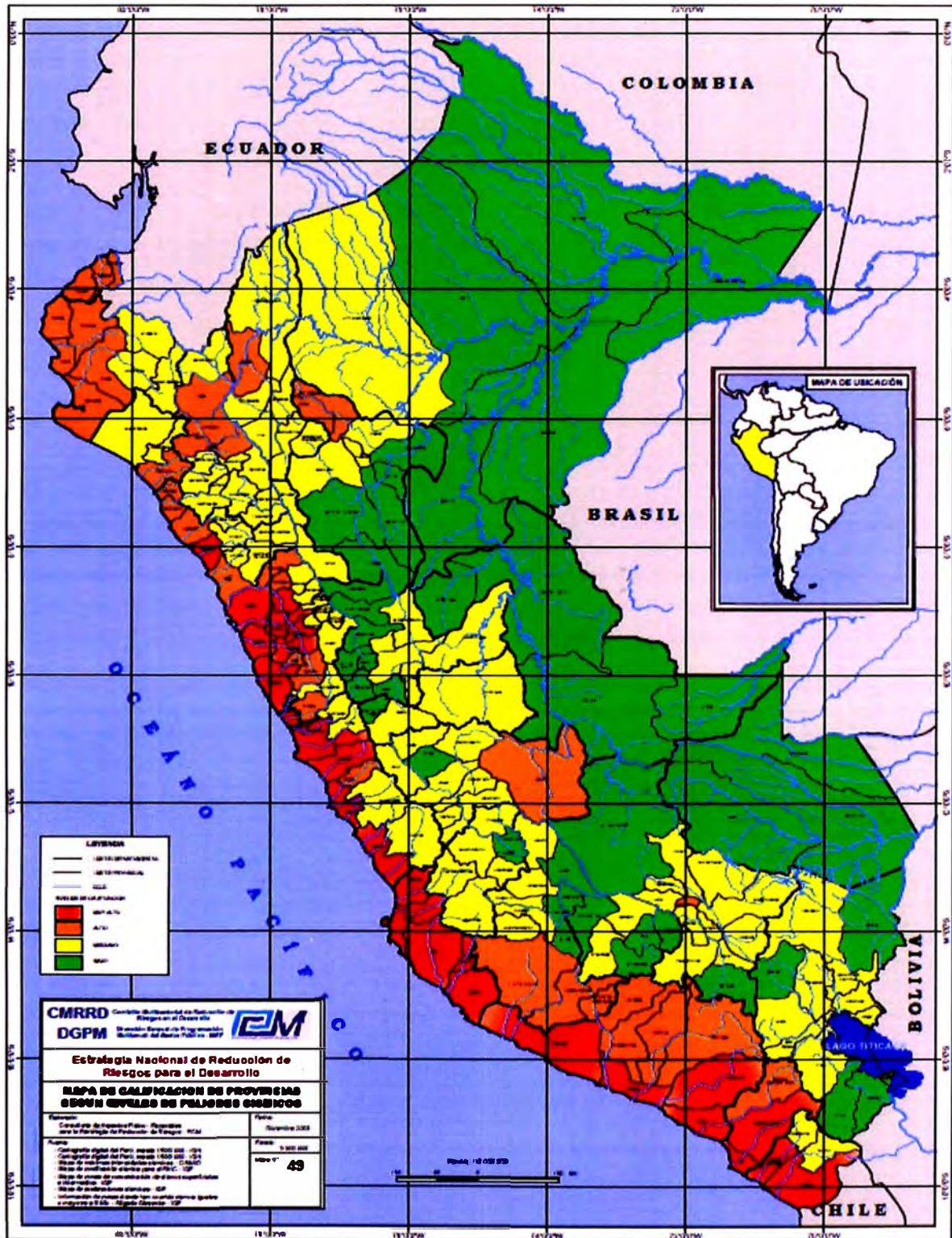




Figura D.12 Zonificación Sísmica

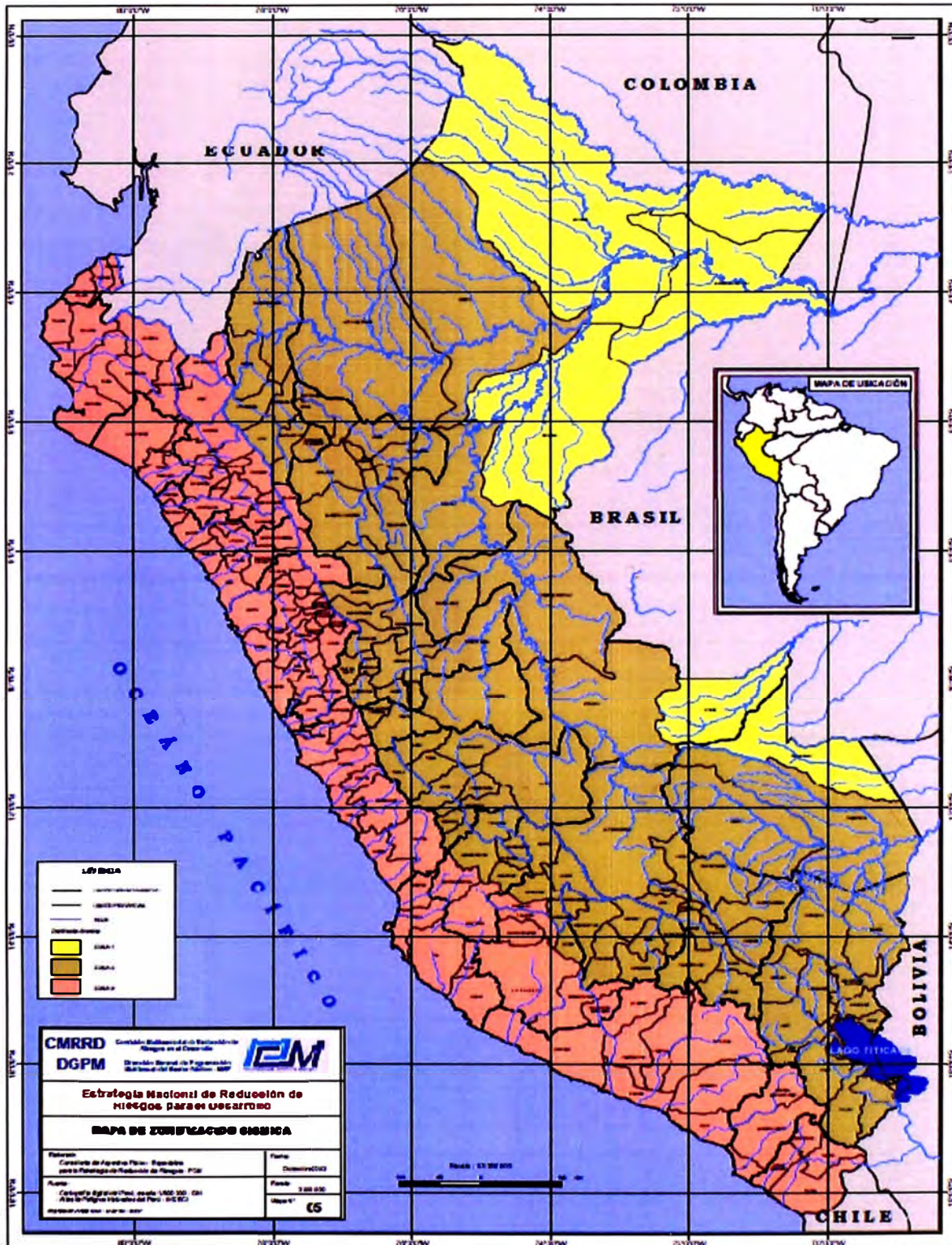
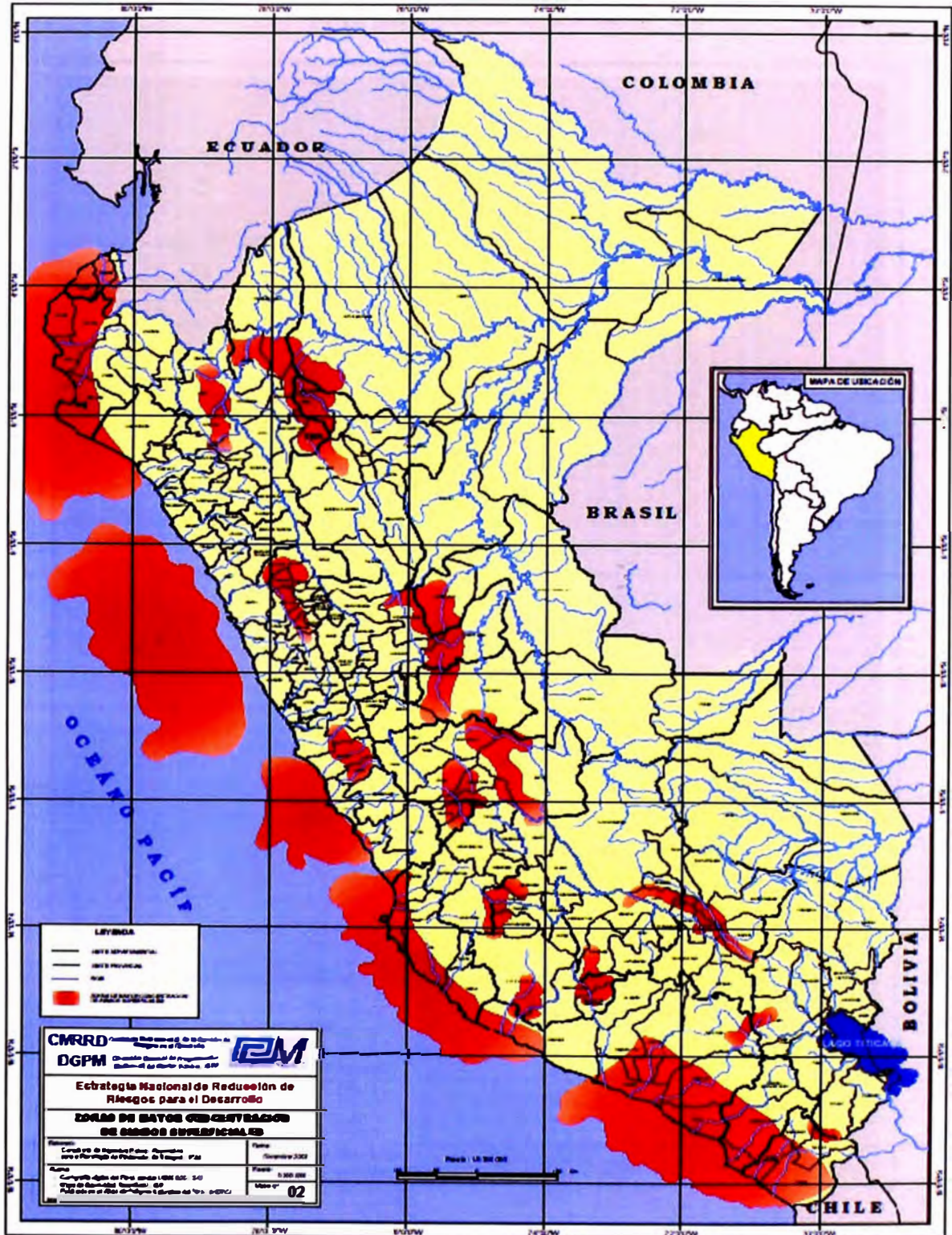


Figura D.13 Zonas de Concentración de Sismos Superficiales



**Figura D.14 Mapa Preliminar de Peligro sísmico Intensidades Macrosísmicas TR50 10%**

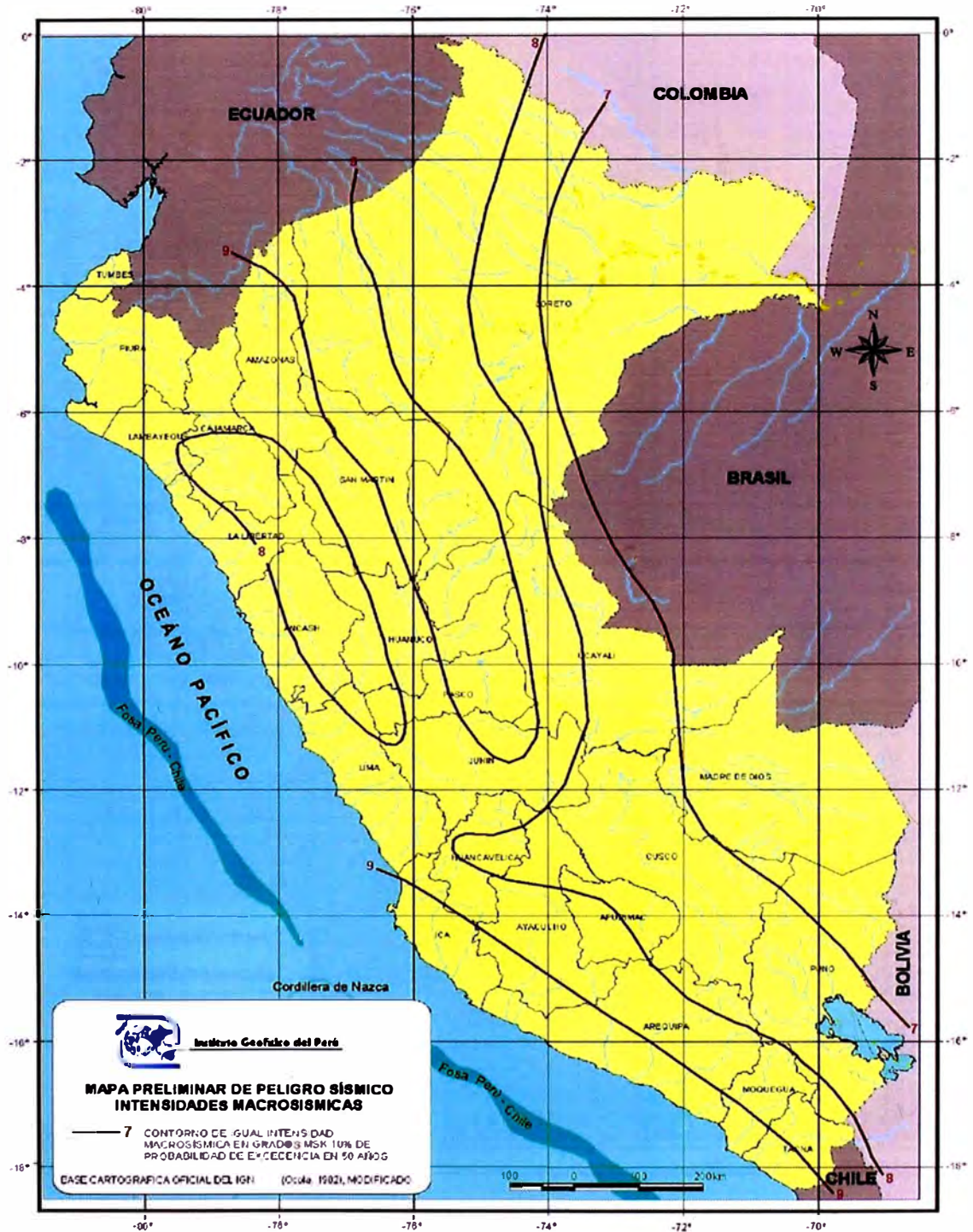
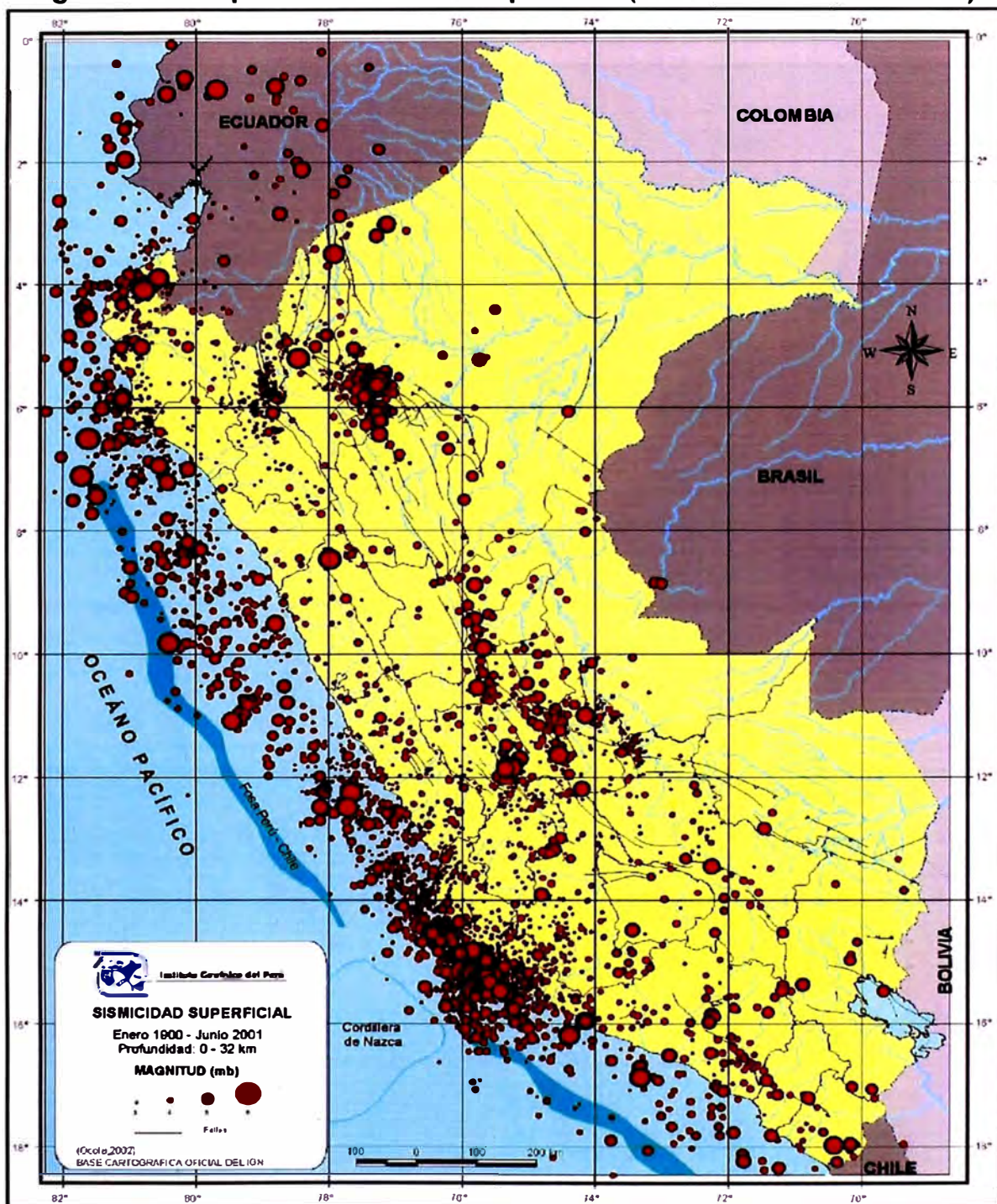
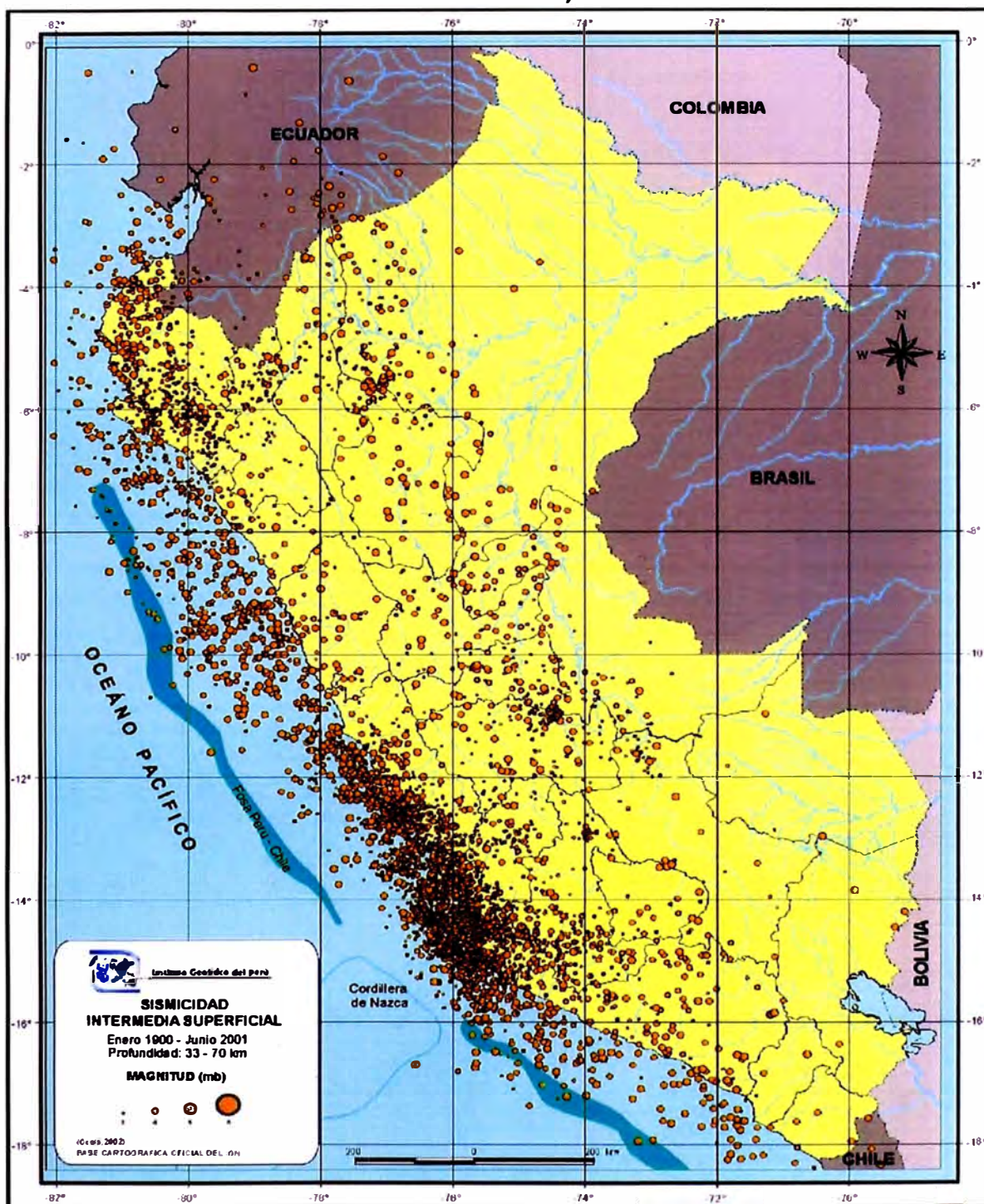


Figura D.15 Mapa de Sismicidad superficial (Enero 1900 - Junio 2001)



**Figura D.16 Mapa de Sismicidad intermedia superficial (Enero 1900 - Junio 2001)**





**Figura D.18 Mapa de Sismicidad intermedia Profunda (Enero 1900 - Junio 2001)**

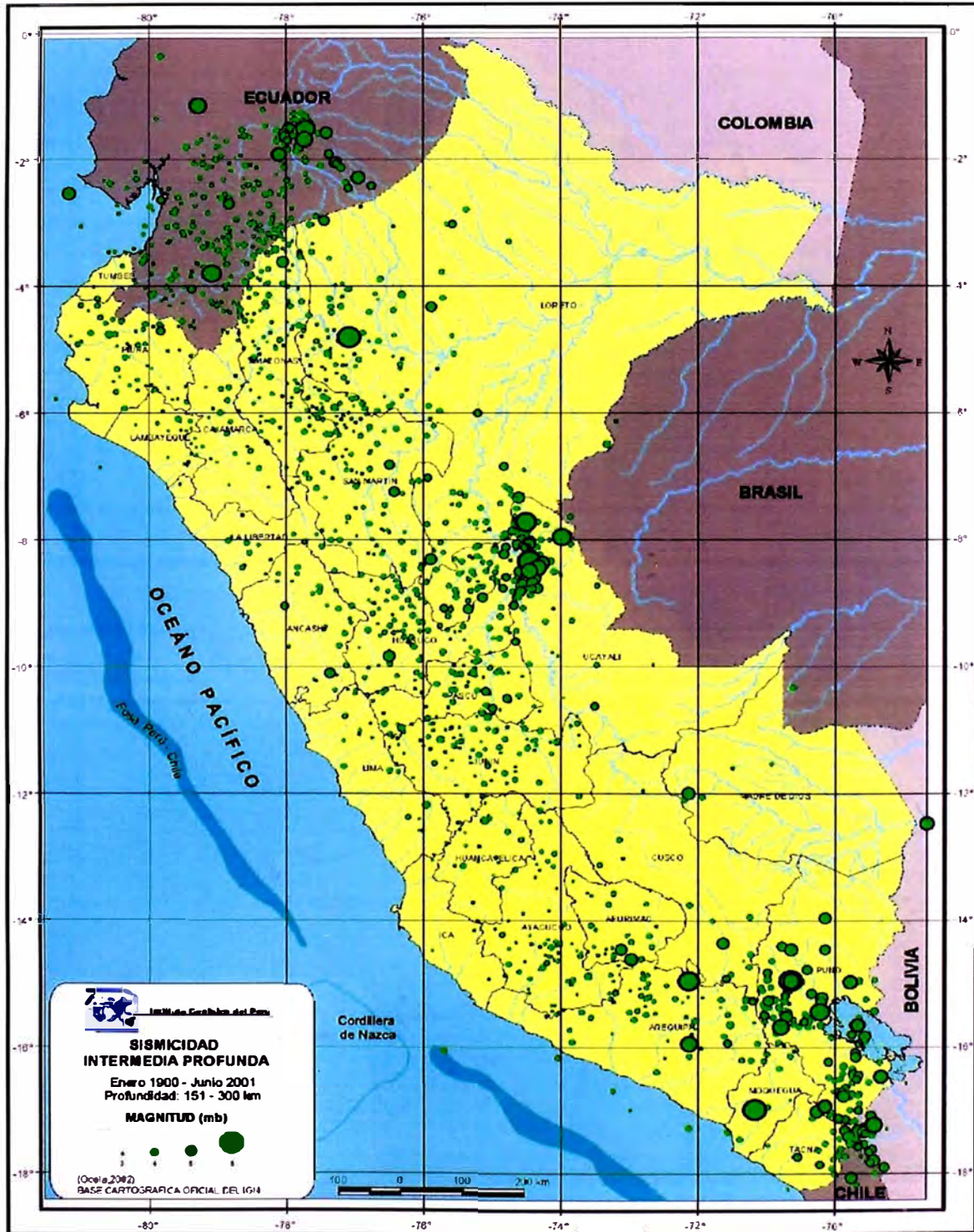


Figura D.19 Mapa de Intensidades Macrosísmicas Máximas

