

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



**EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL DE LA  
CARRETERA DE PENETRACIÓN PAITA – PIURA –  
SULLANA – PUENTE MACARÁ  
INFLUENCIA DEL CLIMA Y MATERIAL**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JACKELINE SUSAN CÓRDOVA SÁNCHEZ**

**Lima- Perú**

**2011**

**A mis padres**

**Sin cuyo apoyo esto no hubiera sido posible.**

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	03
<b>LISTA DE CUADROS</b>	05
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	06
<b>LISTA DE TABLAS</b>	08
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	09
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	
1.1. ANTECEDENTES	11
1.2. UBICACIÓN DE LA CARRETERA	12
1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA	13
1.3.1. Clasificación	13
1.3.2. Características geométricas generales	13
<b>CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE</b>	
2.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL EN OTROS PAÍSES	16
2.1.1. El control de la Inversión Pública en Latinoamérica durante el Siglo XX Contexto Histórico para el SNIP en Latinoamérica	
2.1.2. Medidas de Salvataje de Instancias Internacionales	16
2.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL EN EL PERÚ	19
2.2.1. El Sistema Nacional de Inversión Pública – SNIP	19
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEORICO</b>	
3.1. ACTORES DEL FACTOR CLIMÁTICO	20
3.1.1. Índices bioclimáticos	20
3.1.2. Aptitud climática	24
3.1.3. Microclimas	37
3.2. ACTORES DEL FACTOR MATERIAL	38
3.2.1. Morfología del terreno (pendientes)	38
3.2.2. Litología (recursos minerales)	38
3.2.3. Procesos de geodinámica interna (vulcanismo, sismicidad, diapirismo)	42

---

<b>CAPÍTULO IV: INFLUENCIA DEL MEDIO EN LA EVALUACION DE LA RENTABILIDAD SOCIAL</b>	
4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	48
4.2. INFLUENCIA DE LOS ACTORES DEL FACTOR CLIMÁTICO	49
4.2.1. El Fenómeno del Niño entre los años 1982 – 1983	49
4.2.2. Valoración económica del FEN de 1982 – 1983	50
4.2.3. El Fenómeno del Niño entre los años 1997 – 1998	51
4.2.4. Valoración económica del FEN de 1997 – 1998	53
4.3. INFLUENCIA DE LOS ACTORES DEL FACTOR MATERIAL	53
<b>CAPÍTULO V: APLICACIÓN A LA CARRETERA PAITA – PIURA – SULLANA PUENTE MACARÁ</b>	
5.1. MATRIZ GEOESPACIAL	55
5.1.1. Elaboración de la Matriz de Mapa de actores	55
5.1.2. Matriz de Actores	56
5.1.3. Sinergias entre actores	56
5.1.4. De los conflictos entre actores	56
5.1.5. Herramientas de Análisis Geoespacial de actores - Matriz FODA Geoespacial	56
5.2. MAPAS TEMÁTICOS	65
5.2.1. Definición de sistema de información geográfica (SIG)	65
5.2.2. Objetivo fundamental de un SIG	65
5.2.3. Formatos de almacenamiento de datos espaciales	65
5.2.4. Simbología de datos cualitativos	66
5.2.5. Simbología de datos cuantitativos	67
5.2.6. Elaboracion de mapas tematicas mediante la herramienta TIN del GIS	67
5.2.7. Mapas Temáticos del área de influencia	69
5.2.8. Valoración de actores	73
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1. CONCLUSIONES	74
6.2. RECOMENDACIONES	75
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	77
<b>ANEXOS</b>	78

---

## RESUMEN

Las carreteras de penetración atraviesan diferentes regiones geográficas en el país. Cada región presenta características climatológicas, geográficas, litológicas, propias e intrínsecas; por lo que el análisis de una carretera debería estar sectorizado y dividido en tramos con características homogéneas.

Tomando como premisa la necesidad de una metodología acorde a la realidad geográfica del país, el presente Informe de Suficiencia pretende incluir factores climáticos y materiales, que evaluados permitan establecer una mejora en el análisis de la rentabilidad social.

El primer capítulo comprende las generalidades, este capítulo narra los antecedentes, ubicación y características de la carretera en estudio.

El segundo capítulo comprende el estado del arte, este capítulo describe las metodologías de evaluación de la rentabilidad social tanto en otros países como el Perú.

El tercer capítulo comprende el marco teórico, este capítulo describe los actores climáticos y materiales; tales como índices bioclimáticos, aptitud climática, microclimas, morfología del terreno, litología y geodinámica interna.

El cuarto capítulo comprende la influencia del medio en la evaluación de la rentabilidad social, este capítulo contiene un análisis de los actores que intervienen y como afectan la evaluación de la rentabilidad social.

El quinto capítulo comprende la aplicación a la Carretera Paita – Piura – Sullana – Puente Macará, este capítulo contiene una matriz geoespacial en la que se establece la relación de sinergias y conflictos entre los actores y la valoración cualitativa de cada actor que se plasma en la elaboración de mapas temáticos.

Finalmente el sexto capítulo abarca las conclusiones y recomendaciones. Se deduce que el impacto del clima en la evaluación de la rentabilidad social de la carretera es negativo; mientras que el impacto del material, es positivo.

Asimismo se muestra como resultado de la valoración de los actores, que los distritos de Piura, Sullana y Tambo Grande son los que presentan mayor vulnerabilidad a ser afectados, por presentar mayor riesgo. Este análisis es importante para estimar el costo real de diseño, operación y mantenimiento de la carretera en estudio, el mismo que impacta en la evaluación de la rentabilidad social.

## LISTAS DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1.1 Rutas Viales	11
Cuadro N° 1.2 Clasificación funcional de la carretera	13
Cuadro N° 1.3 Características geométricas de la carretera	13
Cuadro N° 3.1 Índices Bioclimáticos	20
Cuadro N° 3.2 Tipos de índices de Continentalidad	22
Cuadro N° 3.3 Tipos, subtipos y niveles de Continentalidad simple (Ic) que se reconocen en la Tierra	23
Cuadro N° 3.4 Efectos de un FEN de alta intensidad	31
Cuadro N° 3.5 Intensidad de los FEN (1877 – 1998)	31
Cuadro N° 3.6 Zonas de vida	37
Cuadro N° 3.7 Periodo medio de retorno de sismos	43
Cuadro N° 4.1 Impacto del FEN 1982-1983 en millones de dólares	51
Cuadro N° 4.2 Impacto del FEN 1997-1998 en infraestructura	53
Cuadro N° 5.1 Clasificación de los actores	56
Cuadro N° 5.2 Valoración de actores	73

**LISTAS DE FIGURAS**

	Pág.
Figura N°1.1 Ubicación de la Carretera	12
Figura N°1.2 Carretera IIRSA NORTE – Piura. Visita de campo Jun11	14
Figura N°1.3 Tramo Paita – Piura. Visita de campo – Jun. 2011	14
Figura N°1.4 Tramo Piura – Sullana. Visita de campo – Jun. 2011	15
Figura N°1.5 Tramo Sullana – Pte. Macará. Visita de campo – Jun. 2011	15
Figura N° 3.1 Condiciones Normales	25
Figura N° 3.2 Manifestación del Fenómeno del Niño	25
Figura N° 3.3 Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar -TSM durante “El Niño” 97/98	26
Figura N° 3.4 Impactos climáticos globales del Niño 97/98	26
Figura N° 3.5 Anomalías en la temperatura de la superficie del mar	29
Figura N° 3.6 Pre-cambriano: vista de afloramiento de esquistos gris verdoso, gneiss y anfibolitas; intenso metamorfismo. Sector occidental del Macizo de Paita	40
Figura N° 3.7 Filitas finamente laminadas, fisibles del Paleozoico inferior Se alteran a finas escamas de aspecto terroso; Punta Aguja, Sechura.	41
Figura N° 3.8 Fm. Tortuga en Isla Foca: Areniscas limosas color gris blanquecino; estratos gruesos y delgados.	41
Figura N° 3.9 Tronco fosilizado en la Fm. Pariñas.	41
Figura N° 4.1 Delimitación del área de influencia	48
Figura N° 4.2 Área de influencia directa	48
Figura N° 5.1 Gráfica de actores – Nivel de Poder VS Interés en el Objetivo	55
Figura N° 5.2 Matriz de Análisis Geoespacial de Paita	57
Figura N° 5.3 Matriz de Análisis Geoespacial de La Huaca	58
Figura N° 5.4 Matriz de Análisis Geoespacial de Miguel Checa	59
Figura N° 5.5 Matriz de Análisis Geoespacial de Piura	60
Figura N° 5.6 Matriz de Análisis Geoespacial de Sullana	61
Figura N° 5.7 Matriz de Análisis Geoespacial de Las Lomas	62
Figura N° 5.8 Matriz de Análisis Geoespacial de Tambo Grande	63
Figura N° 5.9 Matriz de Análisis Geoespacial de Suyo	64



---

Figura N° 5.10 Ejemplos de gráficos empleando la herramienta TIN	68
Figura N° 5.11 Precipitación pluvial en condiciones normales	69
Figura N° 5.11 Precipitación pluvial durante el FEN 97-98	70
Figura N° 5.13 Zonas con peligro potencial de sismos superficiales	71
Figura N° 5.14 Zonas con peligro de inundaciones	72

## LISTAS DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 3.1 Recomendaciones de la EG-2000 del cemento asfáltico	32
Tabla N° 3.2 Estaciones Meteorológicas en la zona de estudio	32
Tabla N° 3.3 Series Históricas de Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm.) – Estación Miraflores	33
Tabla N° 3.4 Series Históricas de Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm.) – Estación Mallaes	34
Tabla N° 3.5 Series Históricas de Temperaturas Máximas Medias Mensual (°C) – Estación Miraflores.	35
Tabla N° 3.6 Series Históricas de Temperaturas Mínimas Medias Mensual (°C) – Estación Miraflores	35
Tabla N° 3.7 Series Históricas de Temperaturas Medias Mensual (°C) Estación Miraflores (Generada a partir de las temperaturas medias máx. y medias mín.	36
Tabla N° 3.8 Series Históricas de Temperaturas Medias Mensual (°C) Estación Mallaes	36

## LISTAS DE SIMBOLOS Y SIGLAS

	Pág.
SINAC : Sistema Nacional de Carreteras	11
MTC : Ministerio de Transporte y Comunicaciones	11
OSITRAN : Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público.	11
DG 2001 : Manual de Diseño Geométrico de Carreteras	13
IMD : Intensidad Media Diaria	13
IIRSA : Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana	14
SNIP : Sistema Nacional de Inversión Pública	16
FMI : Fondo Monetario Internacional	17
UE : Unidades Ejecutoras	19
UF : Unidades Formuladoras	19
OPI : Oficina de Programación e Inversiones	19
FONAFE : El Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado	19
FEN : Fenómeno del Niño	24
SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología	25
CPTEC : Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos	31
CEPESER : Central Peruana de Servicios	31
ENAPU : Empresa Nacional de Puertos	46
CONAM : Consejo Nacional del Ambiente	53
GUINOT : Guía Nacional de Ordenamiento Territorial	55
FODA : Fortaleza, Oportunidades, Debilidades y Amenazas	56
SIG : Sistemas de Información Geográfica	62
TIN : Red Irregular Triangular	68
ENFEN : Estudio Nacional del Fenómeno El Niño	76
CAF : Comisión de Aspectos Físicos	78
INRENA : Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA	79

## INTRODUCCION

La carretera en estudio Paita – Piura – Sullana – Puente Macará es una vía de penetración, compuesta por diversos factores climáticos y materiales, los mismos que no están siendo considerados en la actual evaluación de la rentabilidad social a través del SNIP.

En ese sentido el presente Informe de Suficiencia tiene como objetivo principal, dar a conocer la influencia del clima y materiales en la evaluación de la rentabilidad social de la carretera y como objetivo específico, identificar y valorar cualitativamente el impacto de estos factores en la evaluación de la rentabilidad social de la carretera mediante una matriz geoespacial y la elaboración de mapas temáticos del área de influencia.

Para ello se identificarán los factores que intervienen, así como su área de influencia directa y la relación entre sinergias y conflictos que se presentan, toda esta información se ingresará a una matriz geoespacial en la que se podrá visualizar en cada distrito la relación entre los actores de los diferentes factores estudiados.

Además se identificarán los riesgos que se presentan en el área de influencia, pues brindarán las pautas para elaborar un plan de prevención y de acción, de forma tal que se logren mitigar los efectos negativos y maximizar los positivos, todo ello se plasma en la elaboración de mapas temáticos a través de la herramienta Arc Gis.

## CAPÍTULO I: GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

La carretera Paita-Piura-Sullana-Puente Macará, según el Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), aprobado con D.S N° 044-2008-MTC, pertenece a la Red Vial Nacional y de acuerdo al Reglamento Nacional de Jerarquización Vial aprobado con D.S N° 017-2007-MTC es de competencia del Gobierno Nacional.

La Función Ejecutiva de estas carreteras corresponde a Provias Nacional y la Función Normativa a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Esta ruta vial comprende 212 km de longitud y está integrada por tres rutas viales como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N°1.1 Rutas Viales

1	Paita - Piura	Ruta PE 02 (IIRSA Norte)	55.5 Km
2	Piura - Sullana	Ruta PE 1N (Panamericana Norte)	28.5 Km
3	Sullana – Pte. Macará	Ruta PE 1NL (Panamericana Norte)	128 Km

Fuente: Elaboración propia

En la actualidad, la carretera en todo su recorrido se encuentra pavimentada, estando la gestión de su mantenimiento a cargo de la empresa privada por la modalidad de Concesión y la Supervisión a cargo de OSITRAN y el MTC.

Esta ruta vial al tener continuidad en el lado Ecuatoriano a partir del Puente Macará, tiene una connotación internacional y está comprendido dentro el Tratado de Paz y Amistad Perú - Ecuador. Su conexión con el Puerto de Paita permite identificarla como ruta logística de carga y pasajeros de gran importancia.

Carreteras con estas características en todo el mundo son consideradas privilegiadas para un sistema de transporte eficiente y es motivo de intervenciones para dotarla con estándares técnicos que permitan un nivel de servicio superior a los que actualmente cuenta.

La idea de mantenimiento vial, data de los años 60 y 70, cuando los países europeos luego de reconstruir su infraestructura vial destruida por la guerra, se encuentran en la necesidad de conservar y mantener su infraestructura vial, generándose modelos que permiten mejorar su rentabilidad y eficiencia.

## 1.2. UBICACIÓN DE LA CARRETERA

La carretera Paita-Piura-Sullana-Puente Macará está ubicada en la zona norte del Perú (Ver Figura N° 1.1), en la región natural de la Costa:

Región: Piura  
Departamento: Piura  
Provincia: Paita, Sullana, Piura, Suyo  
Distritos que atraviesa: Paita, La Huaca, Miguel Checa, Piura, Catacaos, Sullana, Tambo Grande, Las Lomas y Suyo.

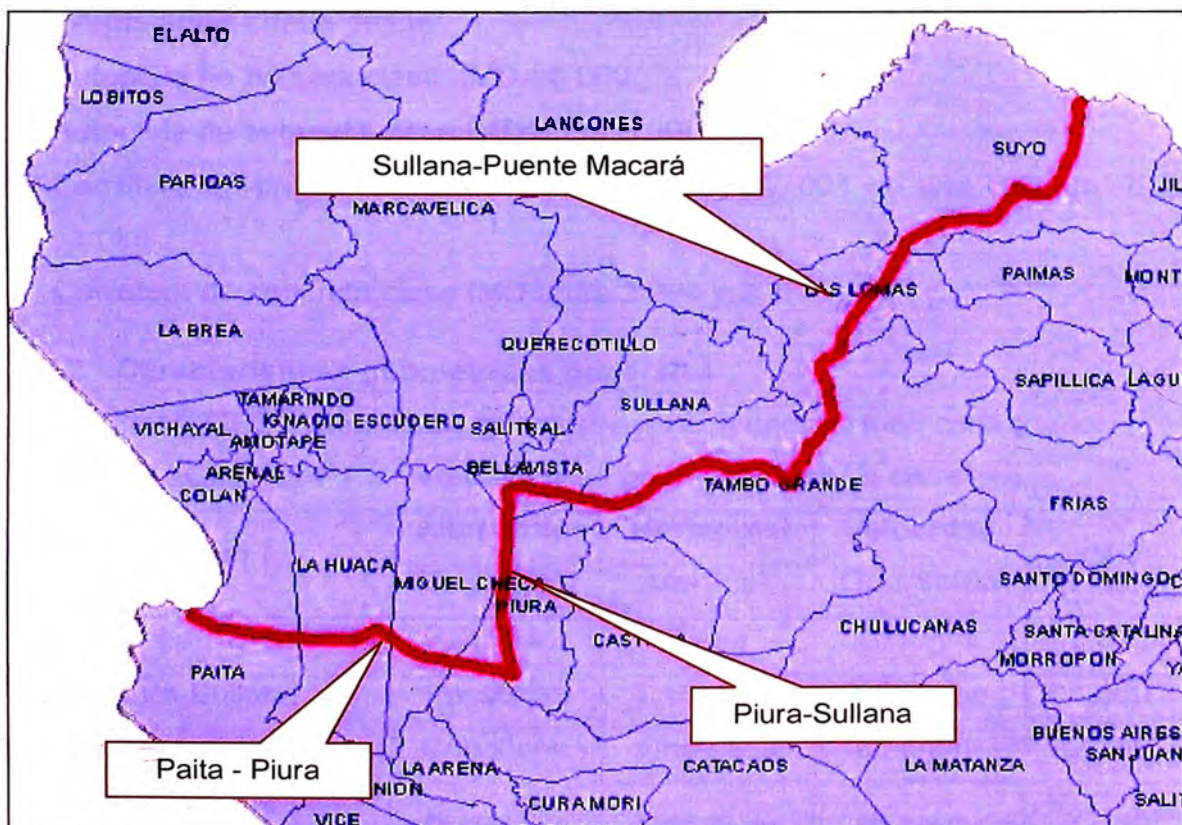


Figura N°1.1 Ubicación de la Carretera

Fuente: Elaboración Propia



### 1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

La carretera es una vía consolidada de pavimento flexible de calidad superior con características funcionales y estructurales puntualmente distintas.

#### 1.3.1. Clasificación

Tomando como referencia el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) del MTC la clasificación de las carreteras es según la función, demanda y orografía. En el cuadro N° 1.2 se muestra la clasificación

Cuadro N°1.2 Clasificación funcional de la carretera

Tramo	Función	Demanda	Orografía
Paita-Piura	Sistema Nacional	Primera Clase	Tipo 1
Piura-Sullana	Sistema Nacional	Autopista segunda Clase	Tipo 1
Sullana-Pte. Macará	Sistema Nacional	Primera Clase	Tipo 2

Fuente: Elaboración propia

La norma antes citada define:

- Autopista de primera clase. IMD >6 000
- Autopista de segunda clase IMD entre 6 000 y 4 001
- Carretera de primera clase IMD entre 4 000 y 2 001 de una calzada de 2 carriles.
- Carretera de segunda clase IMD entre 2 000 y 200

#### 1.3.2. Características geométricas generales

El cuadro N°1.3 Características geométricas de la carretera en cada tramo:

Cuadro N°1.3 Características geométricas de la carretera

Tramo	Alineamiento Horizontal		Velocidad Operación	IMD
	Horizontal	Vertical		
Paita-Piura	Rectilínea	Plana	90 km/hr	2 055
Piura-Sullana	Rectilínea	Plana	90 km/hr	4 469
Sullana-Tambo Grande	Curvilínea	Ondulada	60 km/hr	2 160
Tambo Grande-Las Lomas	Curvilínea	Ondulada	50 km/hr	1 730
Las Lomas-Pte. Macará	Sinuosa	Muy Ondulada	40 km/hr	995

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes fotografías han sido obtenidas de la visita de campo realizada en Junio del 2011 a la zona de estudio.



Figura N°1.2 Carretera IIRSA NORTE – Piura. Visita de campo – Jun. 2011  
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°1.3 Tramo Paita – Piura. Visita de campo – Jun. 2011  
Fuente: Elaboración Propia





Figura N°1.4 Tramo Piura – Sullana. Visita de campo – Jun. 2011

Fuente: Elaboración Propia



Figura N°1.5 Tramo Sullana – Pte. Macará. Visita de campo Jun. 2011

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL EN OTROS PAÍSES**

#### **2.1.1 El control de la Inversión Pública en Latinoamérica durante el Siglo XX. Contexto Histórico para el SNIP en Latinoamérica**

En los años de 1960 y 1970, muchos países Latinoamericanos, realizaron préstamos de grandes sumas de dinero de acreedores internacionales para la industrialización; en particular para programas de infraestructura. Estos países tenían economías en crecimiento, así que los acreedores colaboraron animadamente con préstamos. Este endeudamiento acelerado llevó a Latinoamérica a cuadruplicar su deuda externa.

Cuando la economía mundial entró en recesión a finales de los años 70 y los precios del petróleo subieron aceleradamente, se creó un punto de quiebre para los países de la Región, es en este momento que los mercados de capital internacionales notaron que Latinoamérica no sería capaz de pagar sus préstamos. Ocurrió en Agosto de 1982, cuando el Ministro de Finanzas Mexicano, Jesús Silva-Herzog, declaró que México no pagaría más su deuda. Inmediatamente después, muchos bancos comerciales redujeron significativamente o detuvieron los préstamos a Latinoamérica. Como estos préstamos eran de corto-plazo, se desató la crisis cuando el refinanciamiento fue negado.

#### **2.1.2 Medidas de Salvataje de Instancias Internacionales**

##### **❖ La Contribución Financiera**

Los países de América Latina y el Caribe han recibido más préstamos del Banco Mundial que cualquier otra área geográfica. Este incremento de la participación relativa del Banco en el financiamiento externo de la región se explica tanto por la contracción de los préstamos de origen privado como por la política adoptada por el banco de acelerar los desembolsos mediante el Programa de Acción Especial iniciado en 1983. Sin embargo, ni el volumen total de préstamos ni la mayor importancia relativa del Banco en el financiamiento externo regional pudo ocultar el hecho de que América Latina en su conjunto vio reducir

progresivamente su importancia en las actividades crediticias del Banco. En el período más reciente [1981-1984] que corresponde al de la crisis más aguda por la que ha atravesado América Latina en su historia económica, los préstamos del Banco a la región crecieron sólo al 3.5% anual, mientras que los préstamos totales se elevaron a una tasa anual de 19.8%. En ese mismo período los préstamos del Banco a América Latina representaron el 23% de los préstamos totales, mientras que en el período 1958-1968 esta proporción alcanzó un 27%. Los cambios en las políticas crediticias del Banco también se reflejan en las categorías de préstamos otorgados a los países de América Latina. En una primera etapa el financiamiento del Banco se concentró, sobre todo, en proyectos de infraestructura en los sectores de energía, telecomunicaciones y transporte. Paulatinamente, los sectores agrícola, industrial y social aumentaron su participación y disminuyeron los préstamos para proyectos de infraestructura.

#### ❖ **Actitud del Banco frente a la crisis latinoamericana de los años ochenta**

El Banco fue incapaz de evitar la contracción del flujo de recursos hacia la región durante la crisis y a excepción del Programa de Acción Especial, destinado a acelerar los desembolsos, su participación en el diseño de medidas de emergencia para hacer frente a la crisis fue insignificante. No era un conflicto bélico lo que debilitó las economías latinoamericanas –excepto en algunas regiones de América Central – sino las consecuencias de las enormes dificultades financieras y de las políticas de ajuste que se pusieron en práctica para hacerles frente.

En la Europa de los años cuarenta y cincuenta, el Banco financió grandes proyectos de infraestructura y, tal vez más importante, extendió préstamos para programas sin los criterios de condicionalidad que ahora caracterizan sus actividades.

#### ❖ **El Papel Tradicional del FMI**

La ruptura de los mercados financieros internacionales en 1982 hizo que el Fondo asumiera un nuevo papel en la región: Orquestó los procesos de renegociación de la deuda externa de los países de la región con los bancos comerciales acreedores. En lugar de tratar de solucionar los problemas de balanza de pagos

de un país en particular, el fondo debió lidiar con el proceso de ajuste de la región en su conjunto.

La mayor parte de los países latinoamericanos suscribió acuerdos con el FMI durante los años ochenta. (Entre febrero de 1983 y marzo de 1985, 17 países suscribieron acuerdos en los que recibían los ya discutidos DEG, a condición de seguir los programas del FMI. Argentina, Barbados, Brasil, Chile, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Panamá, Perú y Uruguay).

La experiencia de América Latina con dichos programas demuestra que puede haber muy poca relación entre el comportamiento de la balanza de pagos y los criterios de ejecución interna fijados por el Fondo. El acuerdo de tres años suscrito por Brasil fue suspendido dos veces debido a que el país no pudo cumplir las metas fiscales ni monetarias del programa, a pesar de que los objetivos relativos a la balanza de pagos fueron más que alcanzados. México, por otra parte, cumplió con exactitud las metas para la política fiscal del acuerdo suscrito con el FMI en 1983; sin embargo, mostró un superávit de la cuenta corriente de la balanza de pagos de 5 mil millones de dólares, en lugar del déficit previsto de 4 mil millones de dólares. Estos dos casos confirmaron, contra lo afirmado por los funcionarios del Fondo, que los programas de éste fallaban a menudo en un solo aspecto: fijar criterios de ejecución interna más estrictos de lo que se requiere para satisfacer los objetivos de balanza de pagos de los programas. Dicho en palabras más simples, las medidas aplicadas iban en detrimento de la prosperidad del país, al suprimir la demanda interna, imponer sacrificios internos innecesarios, conduciendo a la revisión e interrupción de los programas de préstamo.

Es como consecuencia de esta situación, que el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial enfocan de una manera distinta el contexto latinoamericano. Saliendo de lo que luego conoceríamos en Latinoamérica como “La década perdida”, el Fondo Monetario Internacional recomienda una estrategia de industrialización orientada a la exportación, y las medidas para la creación de un sistema efectivo de gasto público: Un Sistema de Inversión Pública.



## **2.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD SOCIAL EN EL PERÚ**

### **2.2.1 EL SISTEMA DE INVERSIÓN PÚBLICA - SNIP**

En el Perú, la inversión pública se ha caracterizado históricamente por no considerar como una prioridad el análisis de su eficiencia. Los proyectos de inversión se realizaban en función del momento, sin tomar en cuenta su sostenibilidad a largo plazo ni su impacto en el beneficio de la población; es por eso que se crea el SNIP.

El SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública) es un sistema administrativo del Estado que busca mantener calidad en los Proyectos de Inversión Pública, empleando procedimientos y normas técnicas establecidas en su reglamentación. Sus principales objetivos son:

Eficiencia en el uso de recursos.

Sostenibilidad en los servicios intervenidos por los Proyectos de Inversión.

Mayor bienestar para la población.

El SNIP está conformado por:

El Órgano Resolutivo o más alta autoridad ejecutiva de la entidad, (Alcaldes, Presidentes de Gobiernos Regionales, Ministros, etc.)

Las Unidades Formuladoras u órganos responsables de la formulación de los estudios de pre inversión.

Las Oficinas de Programación e Inversiones (OPI) encargadas de la evaluación y declaración de viabilidad de los PIP.

Las Unidades Ejecutoras (UE) responsables de la ejecución, operación y mantenimiento y evaluación ex post de los PIP en las diferentes entidades públicas de todos los niveles de Gobierno.

Las disposiciones del SNIP se aplican a más de 1980 Unidades Formuladoras (UF) y más de 920 Oficinas de Programación e Inversiones (OPI) de alrededor de 850 entidades sujetas al sistema entre Ministerios, Institutos, Escuelas Nacionales, Universidades Nacionales, Empresas de FONAFE, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales, Empresas de Tratamiento Empresarial, etc.

**CAPÍTULO III: MARCO TEORICO****3.1. ACTORES DEL FACTOR CLIMÁTICO****3.1.1. Índices bioclimáticos**

Los índices bioclimáticos son un conjunto de parámetros obtenidos con fórmulas aritméticas sencillas y sirven para establecer una tipología de clasificación bioclimática. Para ello se utiliza los datos del clima fácilmente asequibles tratados estadísticamente (Temperatura y precipitación) y cercanos al lugar de estudio. En todos los casos la temperatura se expresa en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la precipitación, en milímetros (mm). Según Salvador Rivas Martínez la clasificación se muestra en el cuadro N° 3.1:

Cuadro N° 3.1 Índices Bioclimáticos

<b>Iar</b>	Índice de aridez
<b>Ic</b>	Índice de continentalidad o intervalo térmico anual ( $T_{\text{max}}-T_{\text{min}}$ en grados centígrados)
<b>Id</b>	Índice de diurnidad o intervalo térmico diario ( $T_{\text{cmax}}-T_{\text{cmin}}$ en grados centígrados)
<b>Im</b>	Índice de mediterraneidad
<b>Im<sub>1</sub></b>	Índice de mediterraneidad del mes de julio en latitud N y del mes de enero en latitud S
<b>Im<sub>2</sub></b>	Índice de mediterraneidad de los meses de julio + agosto en latitud N y de los meses de enero + febrero en latitud S
<b>Im<sub>3</sub></b>	Índice de mediterraneidad de los meses de junio + julio + agosto en latitud N y de diciembre + enero + febrero en latitud S
<b>I<sub>o</sub></b>	Índice ombrotérmico anual ( $P_p: T_p$ ) 10
<b>Iosm<sub>i</sub></b>	Índice ombrotérmico semestral, siendo i: 1 = invernal (octubre-marzo), ... , 2 = estival
<b>Iot<sub>i</sub></b>	Índice ombrotérmico trimestral, siendo i: 1 = invernal (diciembre-febrero), ... , 4 = otoñal (septiembre-noviembre)
<b>Iom</b>	Índice ombrotérmico mensual ( $P_{pi}: T_{pi}$ ) 10
<b>Iod<sub>1</sub></b>	Índice ombrotérmico del mes más seco del trimestre más seco del año
<b>Iod<sub>2</sub></b>	Índice ombrotérmico del bimestre más seco del trimestre más seco del año
<b>Iod<sub>3</sub></b>	Índice ombrotérmico del trimestre más seco del año

<b>IodS<sub>s1</sub></b>	Índice ombrotérmico del mes más seco del segundo trimestre del semestre más cálido del año
<b>IodS<sub>s2</sub></b>	Índice ombrotérmico de los dos meses consecutivos más secos del segundo trimestre del semestre más cálido del año
<b>IodS<sub>s3</sub></b>	Índice ombrotérmico del segundo trimestre del semestre más cálido del año
<b>Ios</b>	Índice ombrotérmico estival de cualquiera de los meses del estío
<b>Ios<sub>i</sub></b>	Índice ombrotérmico de cualquier mes del trimestre estival (Tr3)
<b>Ios<sub>1</sub></b>	Índice ombrotérmico del mes más cálido del trimestre estival (Tr3)
<b>Ios<sub>2</sub></b>	Índice ombrotérmico del bimestre más cálido del trimestre estival (Tr3)
<b>Ios<sub>3</sub></b>	Índice ombrotérmico del trimestre estival (Tr3)
<b>Ios<sub>4</sub></b>	Índice ombrotérmico del cuatrimestre resultante de la suma del trimestre estival (Tr3) y del mes inmediatamente anterior
<b>Iosc</b>	Índice ombrotérmico estival resultado de la compensación (Iosc <sub>3</sub> , Iosc <sub>4</sub> )
<b>Iosc<sub>3</sub></b>	Índice ombrotérmico compensado del trimestre del solsticio de verano
<b>Iosc<sub>4</sub></b>	Índice ombrotérmico compensado del cuatrimestre resultante de la suma del trimestre estival (Tr3) y del mes inmediatamente anterior
<b>Ioe</b>	Índice de ombro- evaporación anual
<b>It</b>	Índice de termicidad $(T + M + m) 10 \Leftrightarrow (T + T_{min} \times 2) 10$
<b>Itc</b>	Índice de termicidad compensado
<b>C<sub>i</sub></b>	Valor de compensación para el cálculo del Itc
<b>C<sub>0</sub></b>	Valor de compensación para el Itc cuando $Ic < 11$
<b>C<sub>1</sub></b>	Valor de compensación para el Itc entre $Ic$ 18 y 21
<b>C<sub>2</sub></b>	Valor de compensación para el Itc entre $Ic$ 21 y 28
<b>C<sub>3</sub></b>	Valor de compensación para el Itc entre $Ic$ 28 y 45
<b>C<sub>4</sub></b>	Valor de compensación para el Itc cuando $Ic > 45$
<b>f<sub>i</sub></b>	Factor corrector progresivo de la continentalidad
<b>PE</b>	Índice de evapotranspiración potencial anual de Thornthwaite
<b>PE<sub>i</sub></b>	Índice de evapotranspiración potencial mensual, siendo $i$ : 1 = enero, ..., 12 = diciembre
<b>PEs</b>	Índice de evapotranspiración potencial del trimestre estival

Fuente: Clasificación Bioclimática de la Tierra, Salvador Rivas-Martínez. Versión 27.08.2004

Los siguientes índices climáticos y bioclimáticos son los que más se han utilizado en la nueva clasificación bioclimática de la Tierra:

### A. Índice de aridez anual (Iar)

Es el cociente entre la evapotranspiración potencial anual (PE, Thornthwaite) y la precipitación media anual (P).

$$Iar = PE / P$$

### B. Índices de continentalidad

Los índices de continentalidad tratan de expresar la amplitud de la oscilación anual de la temperatura. Así, el grado de continentalidad es directamente proporcional a la citada amplitud. En sentido contrario se utiliza el término oceanidad; mares, lagos y océanos no helados tienden a amortiguar el contraste de la temperatura, mientras que con el alejamiento de las costas, tierra adentro, sucede lo contrario.

Los índices más empleados para expresar la continentalidad/oceanidad se pueden agrupar en sencillos y compensados (Según lo muestra el cuadro N° 3.2). Son sencillos aquellos que expresan únicamente la diferencia entre las temperaturas extremas, y compensados los que, a la amplitud u oscilación de la temperatura anual, se adiciona una cantidad en función de la altitud o la latitud.

Cuadro N° 3.2 Tipos de índices de Continentalidad

Sencillo simple	Diferencia entre la temperatura media de los meses más cálido y más frío del año (Tmax-Tmin)
Sencillo ampliado	Diferencia entre las temperaturas medias absolutas de los meses más cálido y más frío del año (Tamax-Tamin)
Sencillo magnificado	Diferencia entre la temperatura máxima absoluta y mínima absoluta del año (T'-m')
Compensado por latitud	Gorezynski = (1.7 Ic/sen lat.) 20.4, Conrad = (1.7 Ic/sen lat. + 10) -14, Currey = índice simple (1 + 1/3 lat)
Compensado por altitud	Rivas-Martínez = índice simple + [altitud x 0.6/100]

Fuente: Clasificación Bioclimática de la Tierra, Salvador Rivas-Martínez. Versión 27.08.2004



**C. Índice de continentalidad simple (intervalo térmico anual) (Ic)**

Por su sencillez, disponibilidad de datos y excelente correlación global, hemos utilizado en nuestra clasificación bioclimática de la Tierra el índice de continentalidad simple (Ic), cuyo origen se halla en el primer mapa de oceanidad de la Tierra (Supan 1884). Este índice de continentalidad expresa en grados centígrados la diferencia u oscilación entre la temperatura media del mes más cálido (Tmax) y la del mes más frío del año (Tmin).  $Ic = Tmax - Tmin$ .

Promediando el valor de los subtipos disponemos de los niveles: acusado y atenuado, tal como lo muestra el cuadro N° 3.3.

Cuadro N° 3.3 Tipos, subtipos y niveles de continentalidad simple (Ic)

<b>Tipos</b>	<b>Subtipos</b>	<b>Valores</b>
1. Hiperocéánico (0-11)	1.1a. Ultrahiperocéánico acusado	0-2.0
	1.1b. Ultrahiperocéánico atenuado	2.0-4.0
	1.2a. Euhiperocéánico acusado	4.0-6.0
	1.2b. Euhiperocéánico atenuado	6.0-8.0
	1.3a. Subhiperocéánico acusado	8.0-10.0
	1.3b. Subhiperocéánico atenuado	10.0-11.0
2. Oceánico (11-21)	2.1a. Semihiperocéánico acusado	11.0-13.0
	2.1b. Semihiperocéánico atenuado	13.0-14.0
	2.2a. Euoceánico acusado	14.0-16.0
	2.2b. Euoceánico atenuado	16.0-17.0
	2.3a. Semicontinental atenuado	17.0-19.0
	2.3b. Semicontinental acusado	19.0-21.0

Tipos	Subtipos	Valores
3. Continental  (21-66)	3.1a. Subcontinental atenuado	21.0-24.0
	3.1b. Subcontinental acusado	24.0-28.0
	3.2a. Eucontinental atenuado	28.0-37.0
	3.2b. Eucontinental acusado	37.0-46.0
	3.3a. Hipercontinental atenuado	46.0-56.0
	3.2b. Hipercontinental acusado	56.0-66.0

Fuente: Clasificación Bioclimática de la Tierra, Salvador Rivas-Martínez. Versión 27.08.2004

### 3.1.2. Aptitud climática

Describe la disposición natural de elementos y factores climáticos en un lugar y tiempo determinado. Los factores que se consideran son la disponibilidad de agua en los meses lluviosos y secos, las temperaturas mensuales, anuales y los riesgos climáticos. De acuerdo con la concurrencia de estos factores la aptitud climática se clasifica en buena, regular y nula.

Uno de los factores climáticos que se caracteriza por un calentamiento anómalo de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial y que está asociado a una amplia fluctuación de la presión atmosférica es el fenómeno del Niño, el cual se describe a continuación:

#### ❖ Fenómeno del Niño - FEN

El Fenómeno El Niño, generalmente cuando es muy acentuado, tiene una indudable influencia sobre la Vertiente del Pacífico del Perú. Pero esta influencia es compleja, varía de Norte a Sur, según la altura y según los años. Para comprender esta influencia, se necesita comprender cómo el Fenómeno El Niño influye sobre los mecanismos climáticos regionales y locales que provocarían finalmente las precipitaciones y éstos aún no han sido explicados satisfactoriamente por la comunidad científica.

En el Norte del Perú y el Sur de Ecuador, la influencia de "El Niño" se manifiesta por un aumento de las temperaturas del aire y del océano, lo que provoca variaciones de los recursos biológicos (en particular de la pesca), del nivel del

mar, modificación de los vientos y de las corrientes marinas y generalmente por un crecimiento considerable de las precipitaciones en las zonas bajas y medias de sus cuencas. Las figuras N° 3.1 y N° 3.2 muestran la interacción entre la atmosfera y el océano en condiciones normales y durante el Fenómeno del Niño respectivamente.

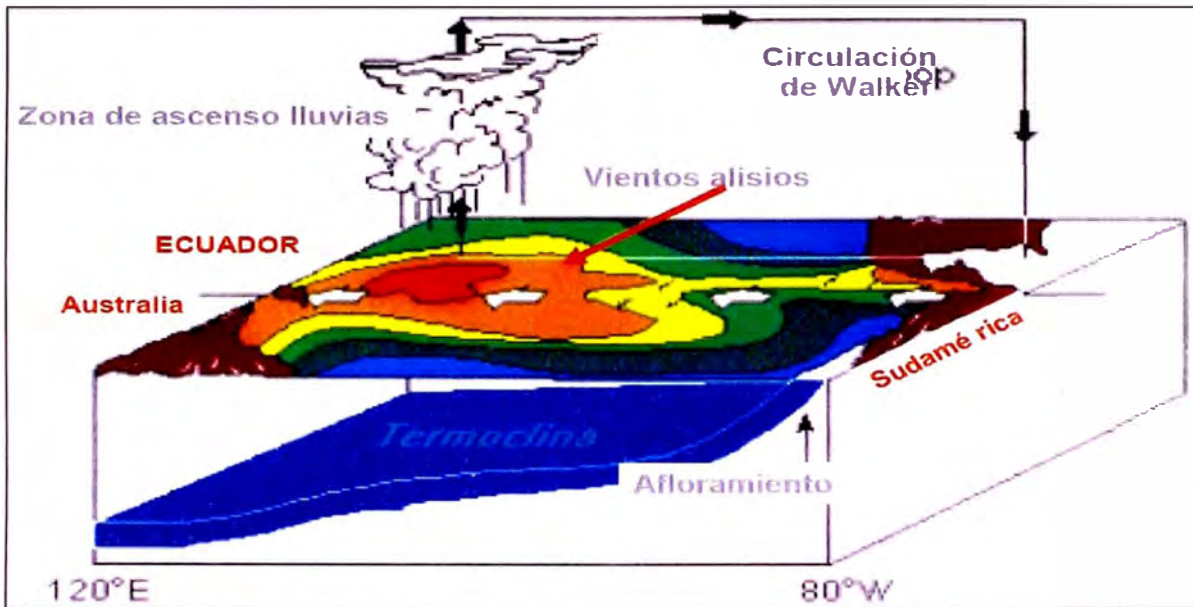


Figura N° 3.1 Condiciones Normales

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI

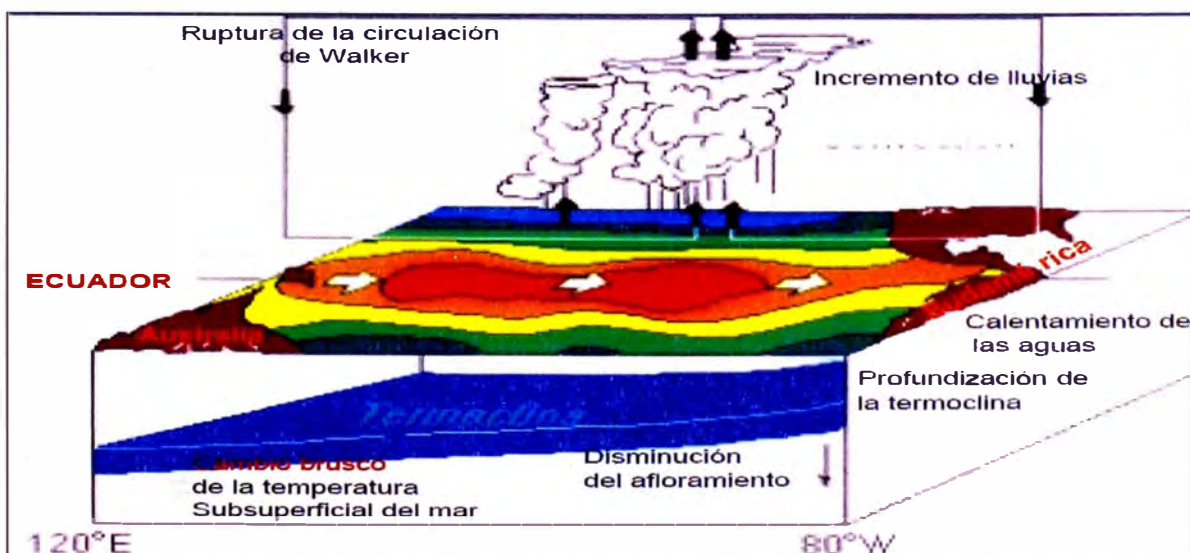


Figura N° 3.2 Manifestación del Fenómeno del Niño

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI

Mientras que la figura N° 3.3 muestra la temperatura superficial del Mar durante el FEN y la figura N° 3.4 muestra impactos climáticos en el mundo durante el FEN.

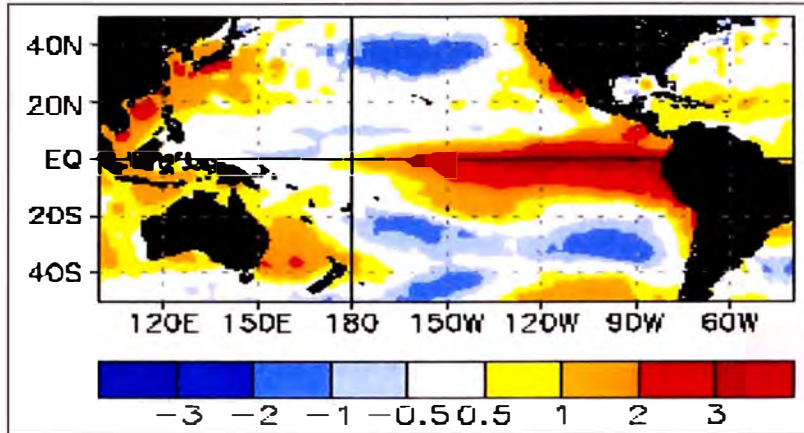


Figura N° 3.3 Anomalia de la Temperatura Superficial del Mar -TSM durante “El Niño” 97/98

Fuente: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensocycle/ensocycle](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle)

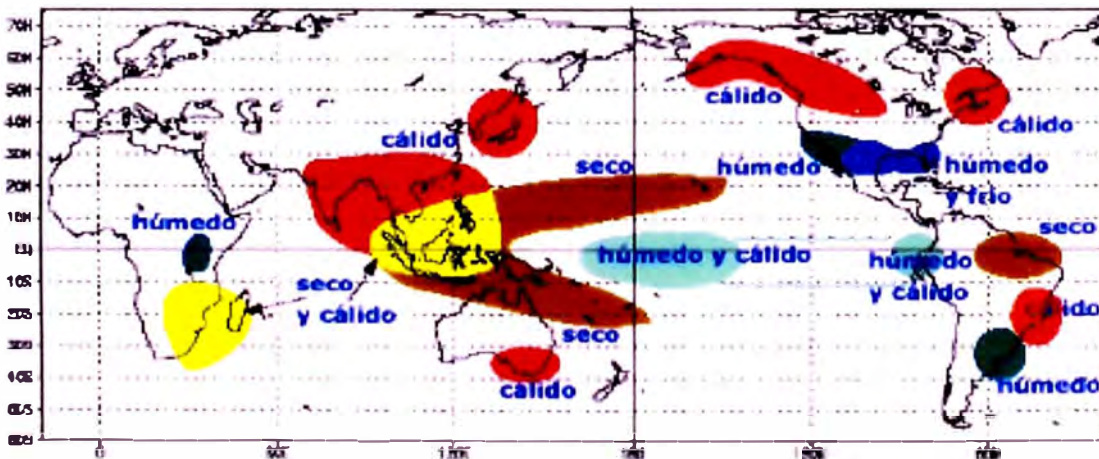


Figura N° 3.4 Impactos climáticos globales del Niño 97/98

Fuente: <http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/nino8.htm>

En base a los trabajos de Quinn<sup>1</sup>, otros autores han logrado establecer una cronología de los Eventos “El Niño” desde 1535, mediante el análisis de una serie de elementos históricos (fuentes paleontológicas, arqueológicas, escritas) descubiertas en Sudamérica y particularmente en Perú. Según esta cronología durante este periodo a la fecha se han registrado 67 eventos de intensidad moderada, 45 de intensidad fuerte y 10 de intensidad muy fuerte.

<sup>1</sup> William H. Quinn parece haber sido el primer científico en establecer que habría relación entre las descargas del Nilo y el fenómeno océano-atmosférico del Pacífico Sur.



Se ha logrado identificar que los diez eventos “El Niño” que tuvieron impactos severos en Perú se produjeron durante 1578 - 1879, 1720, 1728, 1791, 1828, 1877 - 1878, 1891, 1925 - 1926, 1982 - 1983, y 1997 - 1998. De éstos sólo en los siglos XVIII y XX se han presentado eventos muy fuertes con 15 o menos años de diferencia.

Para analizar el clima que predomina en el sub tramo Piura-Sullana, resulta necesario a fin de establecer las distintas condiciones en las cuales la estructura del pavimento se puede encontrar en un determinado periodo, contar con información del registro de precipitaciones para determinar periodos secos y húmedos, situación en donde alguna capa del pavimento se pueda ver comprometida su permanencia por la presencia del nivel freático.

En el Anexo 01 se encuentra el Mapa de áreas afectadas por lluvias excepcionales por el Fenómeno del Niño 1997 – 1998 en el Perú.

## ❖ Cambio Climático

### A. Calentamiento Global

Aumento de la temperatura del planeta como resultado de la elevada concentración de los Gases de Efecto Invernadero, que retienen el calor.

### B. Cambio climático

Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima, observada durante períodos de tiempo comparables.

En otras palabras, cualquier cambio en el clima que ocurra en el tiempo como consecuencia de la actividad humana a través de la emisión excesiva de gases de efecto invernadero.

### C. Variabilidad climática

El concepto de variabilidad climática hace referencia a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo antropógeno o natural (variabilidad externa).

La variabilidad climática se refiere a las oscilaciones o variaciones del estado promedio del clima y que generalmente asociamos a la ocurrencia de eventos extremos, ya sea en la escala global, regional o local y en diferentes escalas del tiempo. Por ejemplo, las heladas que ocurren en lapsos de días pueden ser características de un valle en la sierra central del país, ya que se dan todos los años, por lo que forman parte de la variabilidad climática de esa región. En una escala espacial mayor, las lluvias e incrementos de temperatura asociados a un evento como El Niño, son parte de la variabilidad climática de la región norte de nuestro país porque ocurre cada cierto tiempo, de 4 a 10 años. Tanto el clima como su variabilidad son los aspectos que mejor describen el comportamiento climático de una determinada región.

#### **D. Efecto Invernadero**

Es un proceso natural que sostiene el equilibrio entre frío y calor para hacer posible la vida en la Tierra. Mediante este proceso la atmósfera que rodea la Tierra permite que una parte de la energía solar se acumule en la superficie del planeta para calentarlo y mantener una temperatura aproximada de 15°C.

#### **E. Gases de efecto invernadero (GEI)**

Los GEI son componentes gaseosos de la atmósfera, naturales antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinada longitud de onda del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. En otras palabras, son gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen a la retención de la energía emitida por el suelo que recibió el calor de la radiación solar. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la actividad industrial. Los principales GEI son: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidroclorofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

#### **F. Vulnerabilidad frente al Cambio Climático**

Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y

rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación. En otras palabras, se entiende a la vulnerabilidad como el grado en que nos puede afectar los efectos del cambio climático.

### G. Mitigación frente al Cambio Climático

Cambios y reemplazos tecnológicos que reducen el insumo de recursos y las emisiones por unidad de producción. Aunque hay varias políticas sociales, económicas y tecnológicas que reducirían las emisiones, la mitigación, referida al cambio climático, es la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a potenciar los sumideros.

La mitigación frente al Cambio Climático es toda intervención humana orientada a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o mejorar las fuentes de captura de carbono.

#### ❖ El FEN y su relación con el cambio climático

La relación del cambio climático con el FEN es de un incremento en la frecuencia de estos eventos. Sin embargo, las características de estos nuevos FEN, como el de 2006-2007, no son necesariamente similares a las de 1982-1983 y 1997-1998, a pesar de su intensidad (ver figura N°3.5).

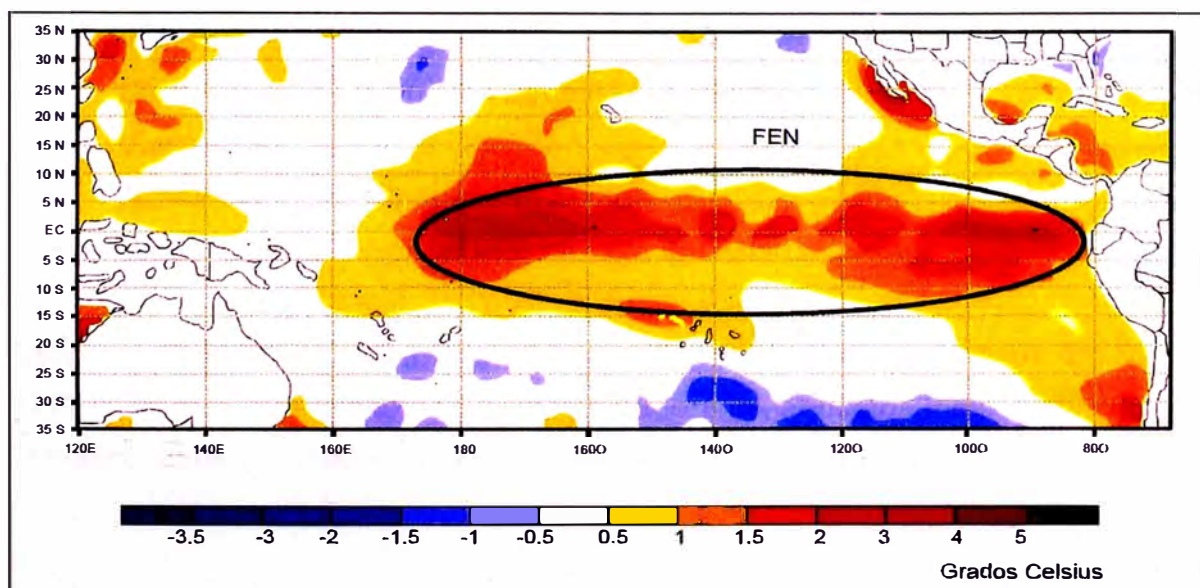


Figura N° 3.5 Anomalías en la temperatura de la superficie del mar

Fuente: CPTEC, 2008

Sin embargo, considerando los mega eventos de 1982-1983 y 1997-1998, cercanos en su periodicidad de retorno, es necesario mencionar que el cambio climático presenta resultados favorables para Piura, si lo observamos desde el punto de vista de una mayor disponibilidad de agua y regeneración natural en la costa norte. Los próximos eventos de características similares también serán más recurrentes a consecuencia del cambio climático (Alegre, 2007).

Actualmente, la frecuencia de fenómenos de intensidad fuerte a intensa, es cada 3 o 4 años, cuando anteriormente era de 10 a 15. La intensidad y frecuencia del Fenómeno El Niño se han incrementado por el cambio climático. Esto significa que el FEN, sumado al calentamiento global, está ocasionando una mayor periodicidad de impactos en la agricultura, pesca, salud y otros sectores.

Para determinar la magnitud del FEN, se utiliza el índice de oscilación del sur, que es la diferencia de presión atmosférica entre el Pacífico oriental (Tahití) y el Pacífico occidental (Darwin). Si el índice es negativo (fase cálida) genera, aunque no necesariamente, la presencia de un Fenómeno El Niño.

Entre los principales indicadores de la presencia del FEN en la costa norperuana, se pueden señalar los siguientes:

- Incremento de la temperatura superficial del mar peruano.
- Incremento de la temperatura del aire en zonas costeras.
- Disminución de la presión atmosférica en zonas costeras.
- Vientos débiles.
- Disminución del afloramiento marino.
- Incremento del nivel del mar frente a la costa peruana.

Estas características permanecen por lo menos 3 meses consecutivos. En Piura, el FEN de gran intensidad en lluvias, sumado a los impactos locales del cambio climático, tiene resultados positivos y negativos (ver Cuadro N° 3.4).



Cuadro N° 3.4 Efectos de un FEN de alta intensidad

Positivos	Negativos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regeneración natural de bosques</li> <li>• Incremento de la napa freática (parte baja)</li> <li>• Formación de la laguna La Niña (parte baja)</li> <li>• Regeneración de frutales nativos</li> <li>• Incremento de biodiversidad</li> <li>• Incremento de la fauna silvestre</li> <li>• Abundancia de pastos</li> <li>• Mayor producción de leche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de las plagas y enfermedades</li> <li>• Aislamiento por colapso de carreteras</li> <li>• Desempleo durante las lluvias</li> <li>• Pérdida de cultivos sensibles a las lluvias</li> <li>• Deterioro de cultivos transitorios</li> <li>• Desborde de ríos y quebradas</li> <li>• Destrucción de parcelas</li> <li>• Pérdida de viviendas</li> <li>• Erosión de suelos</li> <li>• Mortandad de ganado por enfermedades</li> <li>• Pérdida de la producción agrícola</li> <li>• Aumento de migración</li> <li>• Aumento de mortalidad infantil</li> <li>• Desorganización de la población</li> </ul>

Fuente: CEPESER, 2006

En la región Piura los FEN que tuvieron mayores repercusiones (especialmente producto de sus lluvias) fueron los de 1925-1926, 1982-1983 y 1997-1998 (ver Cuadro N°3.5).

Cuadro N° 3.5 Intensidad de los FEN entre los años 1877 – 1998

1877 - 1878			
1888 - 1889			
1896 - 1897			
1899			
1902 - 1903			
1905 - 1906			
1911 - 1912			
1913 - 1914			
1918 - 1919			
1923			
1925 - 1926			
1932			
1939 - 1941			
1946 - 1947			
1951			
1953			
1957 - 1959			
1963			
1965 - 1966			
1968 - 1970			
1972 - 1973			
1976 - 1977			
1977 - 1978			
1979 - 1980			
1982 - 1983			
1986 - 1988			
1990 - 1993			
1994 - 1995			
1997 - 1998			
Leyenda:	Fuerte	Moderada	Débil

Fuente: CPTEC, 2008

### ❖ Caracterización climática del área de influencia

Para analizar el clima que predomina en el sub tramo Piura-Sullana, resulta necesario a fin de establecer las distintas condiciones en las cuales la estructura del pavimento se puede encontrar en un determinado periodo, contar con

información del registro de precipitaciones para determinar periodos secos y húmedos, situación en donde alguna capa del pavimento se pueda ver comprometida su permanencia por la presencia del nivel freático.

Además, debido a la naturaleza viscoelástica del asfalto, es necesario conocer el registro de temperaturas del área del proyecto; ya que el asfalto a temperaturas altas pierde rigidez pudiendo comportarse como un líquido viscoso, dejando que el agregado soporte las cargas cíclicas producidas por el tráfico. Para evitar esta condición las normas EG-2000 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones recomienda cementos asfálticos clasificados por penetración según la temperatura media anual, lo que se muestra en la tabla N° 3.1.

Tabla N° 3.1 Recomendaciones de la EG-2000 del cemento asfáltico, según temperaturas

24°C o más	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
PEN 40-50, PEN 60-70, Asfalto Modificado	PEN 60-70	PEN 85-100, PEN 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: GMI Ingenieros Consultores

### A. Estaciones meteorológicas

Para el área en estudio es necesario conocer las características meteorológicas para determinar el tipo de cemento asfáltico a utilizar, mediante los registros de temperaturas máximas, y sobre los periodos secos y húmedos, mediante los registros de precipitaciones de la zona. Es así que mediante información recolectada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y adquirida específicamente para el presente estudio se analizaron las temperaturas y precipitaciones, de las estaciones Mallares y Miraflores que se muestra en la tabla N°3.2.

Tabla N° 3.2 Estaciones Meteorológicas en la zona de estudio

Nombre de Estación	Entidad Operativa	Ubicación		Altitud (msnm)	Distrito	Provincia	Departamento	Período de Registro
		Latitud	Longitud					
Miraflores	SENAMHI	5°10' S	80°37' W	30	Castilla	Piura	Piura	1981 – 1992 1995 – 2008
Mallares	SENAMHI	4°51' S	80°44' W	45	Marcavelica	Sullana	Piura	1981 – 1992 1994 – 2008

Fuente: GMI Ingenieros Consultores

## B. Precipitaciones

La información pluviométrica que ha servido de base para determinar la escorrentía superficial definiendo así, periodos secos y húmedos, corresponden a las precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas de las estaciones más próximas a la zona de estudio, Miraflores y Mallares.

- Precipitación máxima en 24 horas, Estación Pluviométrica “Miraflores”, periodo de registro es: 1981 -1992 y 1995 – 2008.
- Precipitación máxima en 24 horas, Estación Pluviométrica “Mallares”, periodo de registro es: 1981 - 1992 y 1994 – 2008.

En las tablas N° 3.3 y 3.4, se muestran las series históricas de precipitaciones máximas en 24 horas, proporcionadas por SENAMHI de la estación de Miraflores y Mallares respectivamente.

Tabla N° 3.3 Series Históricas de Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm.) – Estación Miraflores

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag.	Se.	Oct	Nov	Dic.
1981	0.3	0.6	18.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	2.2	0.0	1.4
1982	0.0	0.0	0.0	2.2	1.2	0.0	0.2	0.0	0.1	1.2	6.7	3.6
1983	67.3	104.5	98.0	151.4	91.8	130.4	0.5	0.5	0.0	0.0	0.1	4.3
1984	0.4	13.0	2.6	0.2	1.6	0.0	0.9	0.0	0.0	0.5	0.0	0.1
1985	2.8	2.4	15.9	0.0	1.3	0.0	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	0.4
1986	0.7	6.1	S/D	4.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0
1987	11.1	28.9	34.9	5.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	5.1	0.3	0.0
1988	3.0	0.2	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9
1989	2.2	10.1	3.5	S/D	0.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
1990	0.0	0.5	2.4	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	S/D	1.5
1991	0.2	0.5	1.1	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	3.5
1992	2.9	4.2	80.2	107.1	11.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1995	4.7	1.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.2	0.0	0.7	0.3	0.7	6.8
1996	1.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1997	0.0	17.3	0.6	11.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	2.1	49.5
1998	173.6	90.0	112.0	53.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.2	2.0	0.1	0.2
1999	3.0	16.0	0.7	6.8	0.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	2.4
2000	2.0	7.3	1.8	6.3	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8
2001	6.2	3.9	61.5	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	4.3
2002	0.0	3.4	83.5	91.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.4
2003	4.1	16.0	3.2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.5	0.0	6.2	1.3
2004	2.8	0.7	0.0	4.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.8	3.4
2005	1.3	0.5	9.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
2006	0.0	12.7	13.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.6
2007	6.2	0.0	2.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
2008	3.5	29.5	16.5	33.0	1.0	0.2	0.9	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0

Fuente: SENAMHI



Tabla N° 3.4 Series Históricas de Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm.) –  
Estación Mallares

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	0.0	2.3	9.6	0.4	0.8	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.6	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.6	2.1	11.5
1983	49.7	47.5	148.1	93.0	81.6	S/D	4.0	0.0	0.0	5.4	0.2	1.4
1984	1.5	47.3	4.2	12.7	0.0	0.2	0.4	2.0	0.9	0.3	0.6	0.0
1985	0.2	0.0	5.1	0.2	2.7	0.0	0.0	1.2	0.0	0.7	0.0	0.8
1986	1.2	4.0	0.8	4.7	2.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	0.1
1987	4.3	64.0	37.0	8.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.6	0.5	0.0
1988	4.2	1.9	1.4	15.7	0.1	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	1.0	0.0
1989	5.0	31.2	S/D	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.3	0.0	0.0
1990	0.1	0.7	0.9	0.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	2.6
1991	3.3	4.5	15.4	S/D	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.3
1992	8.6	28.8	100.4	98.7	2.6	1.3	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	0.1
1994	0.5	3.4	11.7	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	5.2
1995	0.0	1.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0
1996	S/D	0.2	0.7	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
1997	0.0	7.6	21.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.5	85.8
1998	112.3	64.6	201.0	12.4	19.1	2.7	0.1	0.0	0.0	1.4	0.8	0.2
1999	7.5	64.8	S/D	5.1	3.0	1.8	0.0	0.0	0.2	2.2	0.0	5.1
2000	1.8	7.0	5.9	16.5	19.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5
2001	4.7	1.8	62.5	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	3.8	3.1
2002	0.1	2.6	35.0	47.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.0	0.5
2003	3.1	12.9	1.9	0.0	0.0	1.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.6	7.1
2004	3.0	0.7	1.1	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	7.3
2005	0.0	0.0	6.1	0.3	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	0.0	25.8	10.9	1.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.2	4.1	3.3
2007	4.0	0.0	8.4	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1
2008	28.0	79.0	15.5	5.9	6.0	0.2	0.1	0.3	0.0	0.1	0.6	0.0

Fuente: SENAMHI

De las dos tablas anteriores, se aprecia que en general la zona es seca, con excepciones de lluvias atípicas registradas en los años 1983, 1992 y 1998, que corresponden a Fenómenos del Niño. Debido a esta situación, se considera para el cálculo del Módulo Resciliante Estacional periodos húmedos que se definieron observando los meses en los cuales con mayor frecuencia ocurrieron estos Fenómenos del Niño, determinándose que corresponden a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

### C. Temperaturas

La información de registros de temperatura que ha servido de base para determinar temperaturas medias del tramo en estudio, corresponden a las temperaturas máximas medias, mínimas medias próximas a la zona de estudio, información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI):

- Temperaturas máximas medias mensuales (°C), Estación “Miraflores”, periodo de registro es: 1999 - 2008.
- Temperaturas mínimas medias mensuales (°C), Estación “Mallares”, periodo de registro es: 1999 - 2008.

En las tablas N° 3.5 y 3.6, se muestran las series históricas de temperaturas máximas medias y mínimas medias (°C), proporcionadas por SENAMHI de la Estación Miraflores.

Tabla N° 3.5 Series Históricas de Temperaturas Máximas Medias Mensual (°C) – Estación Miraflores

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1999	32.4	32.9	34.1	31.8	28.8	27.2	26.0	26.7	27.7	29.4	30.3	31.3
2000	33.2	34.5	34.2	32.9	29.9	26.7	25.8	27.7	28.7	29.7	29.5	31.3
2001	33.2	34.6	33.0	32.0	28.4	25.5	26.4	26.9	27.8	28.0	29.4	31.3
2002	33.2	34.1	34.5	32.2	31.5	28.2	26.9	27.2	28.7	29.4	30.4	31.9
2003	33.1	34.0	34.5	32.5	30.3	28.6	28.0	28.0	28.0	29.7	30.2	32.2
2004	33.6	34.8	35.4	32.9	29.9	27.9	27.5	28.1	29.4	30.1	30.8	32.5
2005	33.9	34.3	33.3	33.2	29.3	28.2	27.7	27.8	27.9	28.9	29.4	31.7
2006	34.0	34.3	34.2	32.4	29.7	27.5	27.2	28.3	29.1	29.7	31.2	32.4
2007	33.8	34.8	34.4	32.8	29.7	27.8	27.7	27.2	27.9	27.7	29.4	30.5
2008	32.6	33.4	33.6	31.9	29.0	26.7	27.1	27.0	28.7	28.9	29.9	31.6

Fuente: SENAMHI

Tabla N° 3.6 Series Históricas de Temperaturas Mínimas Medias Mensual (°C) – Estación Miraflores

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1999	20.4	23.1	22.2	20.7	18.1	17.5	16.6	16.8	16.7	17.3	17.8	19.4
2000	20.8	22.5	22.3	21.5	19.4	18.4	17.2	17.7	17.5	17.5	16.3	20.0
2001	21.6	23.3	23.1	21.7	18.7	17.5	17.8	17.0	16.6	16.9	17.6	19.6
2002	20.4	23.6	24.4	22.7	20.0	17.2	17.3	17.7	16.8	18.9	19.3	21.2
2003	22.6	23.5	22.6	20.5	19.0	17.6	16.7	16.8	17.2	17.6	18.7	20.4
2004	21.5	23.7	23.1	21.2	18.3	17.0	17.5	16.2	17.4	18.4	18.8	20.1
2005	21.8	23.3	22.4	21.1	18.9	17.9	17.0	17.2	16.7	17.1	17.0	19.4
2006	22.0	23.9	23.1	20.5	18.4	18.4	18.3	18.2	17.7	18.4	19.5	20.5
2007	23.6	23.6	23.2	21.1	18.2	16.4	16.7	16.3	16.1	16.3	17.6	19.0
2008	22.4	23.0	23.3	21.3	19.3	19.1	18.4	18.7	18.4	18.0	18.1	19.2

Fuente: SENAMHI

En las tablas N° 3.7 y 3.8, se muestran las series históricas de temperaturas medias mensual (°C), de la Estación Miraflores y Mallares respectivamente.

Tabla N° 3.7 Series Históricas de Temperaturas Medias Mensual (°C) – Estación Miraflores (Generada a partir de las temperaturas medias máx. y medias mín.)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1999	26.4	28.0	28.2	26.3	23.5	22.4	21.3	21.8	22.2	23.4	24.1	25.4
2000	27.0	28.5	28.3	27.2	24.7	22.6	21.5	22.7	23.1	23.6	22.9	25.7
2001	27.4	29.0	28.1	26.9	23.6	21.5	22.1	22.0	22.2	22.5	23.5	25.5
2002	26.8	28.9	29.5	27.5	25.8	22.7	22.1	22.5	22.8	24.2	24.9	26.6
2003	27.9	28.8	28.6	26.5	24.7	23.1	22.4	22.4	22.6	23.7	24.5	26.3
2004	27.6	29.3	29.3	27.1	24.1	22.5	22.5	22.2	23.4	24.3	24.8	26.3
2005	27.9	28.8	27.9	27.2	24.1	23.1	22.4	22.5	22.3	23.0	23.2	25.6
2006	28.0	29.1	28.7	26.5	24.1	23.0	22.8	23.3	23.4	24.1	25.4	26.5
2007	28.7	29.2	28.8	27.0	24.0	22.1	22.2	21.8	22.0	22.0	23.5	24.8
2008	27.5	28.2	28.5	26.6	24.2	22.9	22.8	22.9	23.6	23.5	24.0	25.4

Fuente: SENAMHI

Tabla N° 3.8: Series Históricas de Temperaturas Medias Mensual (°C) – Estación Mallares

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1999	26.3	27.1	S/D	26.2	23.7	22.1	21.6	21.9	22.2	22.9	23.2	24.3
2000	25.7	27.3	26.9	26.4	24.2	22.1	21.4	22.0	22.4	22.7	22.4	24.6
2001	26.6	27.6	27.1	26.3	23.6	21.3	21.8	21.5	21.9	21.9	23.0	24.5
2002	26.8	28.0	28.1	26.7	25.5	23.1	22.1	22.1	22.3	23.3	23.9	25.7
2003	27.4	27.8	27.4	26.1	24.4	22.9	22.5	22.1	22.0	22.9	23.7	25.6
2004	26.8	28.3	28.4	26.9	24.5	22.6	22.1	22.1	23.1	23.6	24.1	25.6
2005	27.5	28.3	27.3	27.0	24.0	22.8	22.5	22.3	21.8	22.1	22.4	24.4
2006	27.1	28.1	27.7	26.7	24.7	23.0	22.8	23.1	23.4	23.5	24.6	26.0
2007	28.0	28.9	28.0	26.9	24.4	22.3	22.2	21.4	21.9	21.6	23.2	24.2
2008	26.6	27.3	27.6	26.6	24.3	23.3	23.3	23.3	23.8	23.6	24.0	25.5

Fuente: SENAMHI

De acuerdo a las tablas anteriores se determina que el sub tramo Piura-Sullana registra temperaturas elevadas, registrándose máximas de 34.5°C durante los meses de verano, y mínimas de 16.1°C en los meses de invierno. El promedio es 30.0°C; por lo cual es necesario para la fabricación de la mezcla asfáltica el empleo de un cemento asfáltico de PEN 40/50.

### 3.1.3. Microclimas

Las condiciones variadas de clima, suelos y geomorfología han dado lugar a diferentes tipos de ambientes caracterizados por la presencia de vegetación indicadora en cada una de ellas. En este sentido, el trabajo de campo han permitido la identificación de trece (13) zonas de vida (ver cuadro N° 3.6), distribuidas en cuatro pisos altitudinales.

De las trece zonas de vida, el desierto superárido – Tropical es la más seca de la cuenca en el área de estudio, las lluvias no llegan a constituir volúmenes significativos para el desarrollo agropecuario, salvo ciertos años excepcionales, en la cual se encuentra instalada la mayor población y la concentración de diversas actividades productivas que están modificando dicha unidad bioclimática, especialmente de aquellas áreas que son accesibles y ello ocurre en la cuenca baja del río Piura.

El clima de la cuenca del río Piura, según Koppen corresponde a sub – tropical y según Pettersen, a semi – tropical costero, caracterizado por pluviosidad moderada y altas temperaturas, con pequeñas oscilaciones estacionales.

Cuadro N° 3.6 Zonas de vida

ZONAS DE VIDA	Nº	REGIÓN LATITUDINAL	PISO ALTITUDINAL	DENOMINACIÓN	SIMBOLOGÍA
	1	Tropical (T)	Basal	desierto superárido	ds-T
2	matorral desértico			md-T	
3	monte espinoso			mte-T	
4	Premontano		desierto desecado	dd-PT	
5			desierto superárido	ds-PT	
6			desierto perárido	dp-PT	
7			matorral desértico	md-PT	
8			monte espinoso	mte-PT	
9			bosque seco	bs-PT	
10	Montano Bajo		bosque seco	bs-MBT	
11			bosque húmedo	bh-MBT	
12	Montano		bosque húmedo	bh-MT	
13			bosque muy húmedo	bmh-MT	

Fuente: Gobierno Regional del Piura



El régimen de las precipitaciones es irregular durante el año y varía directamente con la altitud, concentrándose entre enero y abril. En años normales la precipitación en el bajo y medio Piura es cercana a cero; sin embargo, en años muy húmedos influenciados por el fenómeno El Niño las precipitaciones son de elevada magnitud y larga duración. En Alto Piura las precipitaciones se concentran entre enero y abril disminuyendo el resto del año, tanto en años muy húmedos como en años normales.

## **3.2. ACTORES DEL FACTOR MATERIAL**

### **3.2.1. Morfología del terreno (pendientes)**

Los principales accidentes morfológicos en el departamento de Piura son las “sillas o tablazos” en la zona del litoral, formadas por la acción tectónica sobre los acantilados rocosos encallados en antiguas terrazas marinas en la zona del litoral marítimo; la depresión de Bayóvar (34 metros bajo el nivel del mar); las quebradas secas que cruzan al norte del río Piura (Sapotal); la formación “Cerros de Amotape” ubicada al norte del río Chira y que se extiende hasta el departamento de Tumbes en la costa; los valles en garganta formados por efecto de la erosión fluvial en la vertiente occidental de la cordillera de los andes y las jalcas o pequeñas mesetas ubicadas en altitudes superiores a los 3,000 m.s.n.m. en la zona andina. En el Anexo 02 se muestra el mapa de los principales relieves naturales del departamento de Piura.

### **3.2.2. Litología (recursos minerales)**

La historia geológica del Perú, y por ende comprendiendo la región Piura, se inicia en el Pre-cámbrico (600-2000 millones de años atrás) y cubre hasta el tiempo Reciente, lapso en el cual, los sucesivos acontecimientos geológicos que se han producido a lo largo de los diferentes Eras y Períodos Geológicos son los responsables de la distribución espacial y en el tiempo de los diferentes tipos de rocas que conforman el territorio de la Región caracterizados por sucesivos ciclos tectónicos, erosivos, sedimentológicos, estratigráficos y estructurales; los cuales fueron modelando su morfología y relieve desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, determinando así, la configuración geológica actual del territorio



piurano. En la Región Piura afloran rocas sedimentarias en 2'291,418.50 Has (62.95%); rocas ígneas (volcánicas e intrusivas) en 888,056.90 Has (27.72%); rocas metamórficas en 317,926.90 Has (9.33%). Las edades de estas rocas varían desde el Pre-cambriano hasta el Cuaternario reciente; por tanto, las hemos ordenado en series de acuerdo a la edad de formación, (más antiguas en la base, cubiertas por las litologías más jóvenes; naturaleza litológica, ambiente de sedimentación, contenido de fósiles, estilos y/o grados de deformación y rasgos estructurales.

#### ❖ **Descripción Geológica del Bloque Costero de Piura**

Este bloque lo conforman las diversas unidades de rocas que afloran desde el litoral costero, la llanura costera hasta los contrafuertes andinos occidentales; se caracteriza por el predominio de rocas sedimentarias que cubren el 62.95% (2291418.50 Has) del territorio de Piura quedando las ígneas y metamórficas subordinadas a las primeras. Del porcentaje sedimentario, el 79.65% está constituido por materiales rocosos Plio-cuaternarios (mixturas de arenas, arcillas, margas, restos de conchas y otros organismos marinos, gravas y depósitos evaporíticos) que cubren la zona desértica de las provincias de Sechura, Paita, y extensos campos de la provincia de Sullana, Piura Talara y Chulucanas como son, los tablazos marinos, depósitos eólicos, fluvio-aluviales, abanicos aluviales, valles de los ríos Chira, Piura y suelos agrícolas como San Lorenzo. Un 20.35% lo conforman unidades sedimentarias del terciario con afloramientos en las cuencas de Talara, Sechura y parte de Lancones. Asociados a las rocas sedimentarias costeras encontramos un gran potencial de recursos mineros industriales como son, fosfatos, calcáreos, sulfatos, salmueras, arcillas, materiales de construcción, tierras agrícolas y aguas subterráneas que generan alternativas en la economía de la región; además de reservorios de petróleo en las Formaciones sedimentarias del Terciario. A continuación describimos las características litológicas, aspectos sedimentarios y estructurales, así como la distribución espacial y tiempo geológico de las rocas del bloque costero.

Geológicamente la micro cuenca del río San Francisco caracteriza por la predominancia de secuencias volcánicas del mesozoico en la parte alta con diferentes niveles de resistencia, una faja longitudinal de sur a norte en la parte central compuesto por rocas intrusivas de naturaleza granítica y granodiorítica y

un amplio abanico aluvial reciente compuestos por sedimentos inconsolidados de diferente naturales que cubren la parte baja.

Los rasgos estructurales siguen un alineamiento general de la cordillera de los andes, mientras que los procesos geodinámicos se orientan hacia el colector principal que finalmente desembocan sobre la margen derecha del río Piura, con gran acumulación de sedimentos.

### ❖ Estratigrafía

La composición litológica en la microcuenca se encuentra bien diferenciada: En las nacientes sobresalen grandes afloramientos de rocas volcánicas con rasgos fisiográficos bien accidentados con vertientes montañosas empinadas y valles encañonados, donde los procesos geodinámicos se traducen en considerables aportes de sedimentos hacia el colector principal. En la parte central los afloramientos intrusivos muestran rasgos fisiográficos menos accidentados, mientras que en la planicie aluvial, sobresalen depósitos cuaternarios de origen fluvio-aluvial, con características de buena estabilidad, donde se desarrolla la mayor actividad agrícola. Las unidades identificadas se encuentran en el anexo 03, donde se aprecia el Mapa Geológico del departamento de Piura.

En las figuras N° 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 se muestran las formaciones más importantes en la zona de estudio.

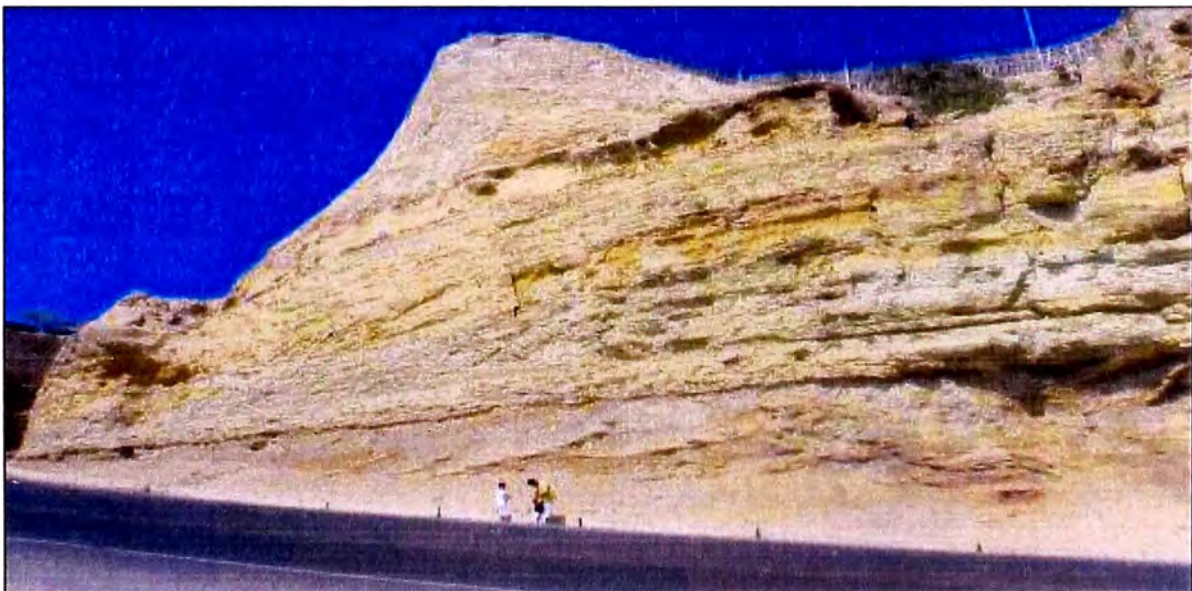


Figura N° 3.6 Pre-cambriano: vista de afloramiento de esquistos gris verdoso, gneiss y anfibolitas; intenso metamorfismo. Sector occidental del Macizo de Paita  
Fuente: Elaboración Propia



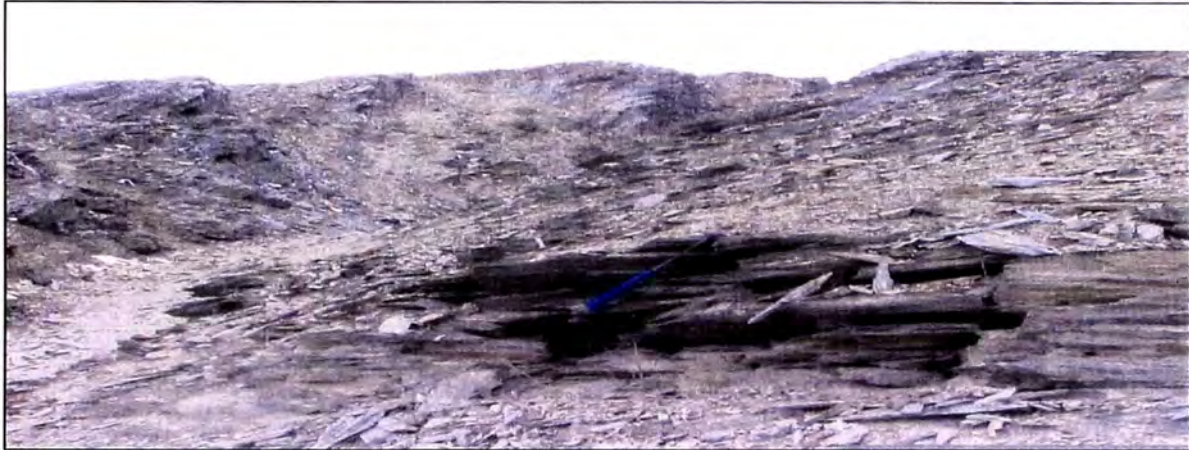


Figura N° 3.7 Filitas finamente laminadas, fisibles del Paleozoico inferior. Se alteran a finas escamas de aspecto terroso; Punta Aguja, Sechura  
Fuente: Trabajo de Campo, ET-ZEE, 2009



Figura N° 3.8 Fm. Tortuga en Isla Foca: Areniscas limosas color gris blanquecino; estratos gruesos y delgados.  
Fuente: Trabajo de Campo, 2009.



Figura N° 3.9 Tronco fosilizado en la Fm. Pariñas .El tronco se aloja en una secuencia de areniscas de grano medio, bien clasificadas.  
Fuente: Trabajo de Campo, ET-ZEE, 2009

### **3.2.3. Procesos de geodinámica interna (vulcanismo, sismicidad, diapirismo)**

La Geodinámica Interna estudia las fuerzas del interior de la tierra a causa del movimiento de la corteza terrestre, las mismas que se manifiestan a través de fenómenos como movimientos sísmicos, actividad volcánica y formación de las cordilleras.

#### **❖ Sismicidad**

La Región del Noreste de los Andes Peruanos y la Costa en particular, se caracteriza por la existencia de la Fosa Peruano – Chilena que constituye una zona de mayor actividad sísmica y tectónica del Planeta separando el continente sudamericano de una profunda cuenca oceánica (Placa Pacífica). En cuanto a sismicidad, el borde continental del Perú, libera el 14% de la energía sísmica del planeta y la ciudad de Sechura, se encuentra en la región de mayor sismicidad, según las normas peruanas de diseño sísmico.

Estudios realizados por Grange Et Al (1978), revelaron que el buzamiento de la zona de Benioff para el Norte del Perú es por debajo de los 15°, lo que da lugar a que la actividad tectónica, como consecuencia directa del fenómeno de subducción de la Placa Oceánica debajo de la Placa Continental, sea menor con relación a la parte Central y Sur del Perú y por lo tanto la actividad sísmica y el riesgo sísmico también disminuyen considerablemente. Desde el punto de vista Neotectónico, la zona donde se encuentra emplazada la ciudad de Sechura no presenta diaclasas, ni fracturas y fallas de distensión por lo que no hay evidencias de deformación neotectónica tal como se pudo apreciar en las observaciones de campo que se realizaron en el Estudio de Suelos elaborado por la Universidad de Piura.

De acuerdo al Mapa de Zonificación sísmica para el territorio Peruano (D. Huaco y J. Chávez, 1977), el área de estudio se encuentra ubicada en la Zona III, cuyas características son:

Sismos de Magnitud 7 (escala de Richter)

Hipocentros de profundidad intermedia y de intensidad entre VIII y IX.

Según el Mapa de Intensidades Sísmicas para el territorio Peruano, elaborado con información obtenida del Centro Regional de Intensidades Sísmicas para América Latina (CERESIS), y tomando en consideración la Escala Modificada de

Mercalli, el área de estudio se encuentra afectada por sismos de grado VIII, cuyas características son:

- Daño leve en estructuras especialmente diseñadas.
- Daños considerables en edificios corrientes y sólidos con colapso parcial.
- Daños grandes en estructuras de construcción pobre.
- Paredes separadas de su estructura.
- Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes.
- Muebles pesados volcados.
- Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades.
- Cambios de nivel en pozos de agua.

Las limitaciones impuestas por la escasez de datos sísmicos en un periodo estadísticamente representativo, restringe el uso del método probabilístico, así mismo la escasez de datos tectónicos restringe el uso del método determinístico, no obstante un cálculo basado en la aplicación de tales métodos, pero sin perder de vista las limitaciones de tales métodos, aporta criterios suficientes para llegar a una evaluación previa del riesgo sísmico de la Región Grau y del Noroeste Peruano en general. Según el Estudio realizado por la Universidad Nacional de Piura, (Moreano S. 1994), establece mediante la aplicación del método de los mínimos cuadrados y la ley de recurrencia:

$$\text{Log } n = 2.08472 - 0.31704 + 0.15432M$$

Una aproximación de la probabilidad de ocurrencia y el período medio de retorno para sismos de magnitudes de 7.0 y 7.5 se puede observar en el Cuadro N° 3.7, lo que nos indica que cada 40.8 años, probablemente, se produzca un sismo de Mb=7.0 y cada 73.9 años se produzca un sismo de Mb= 7.5. El último sismo de Mb = 7.0 fue el año 1970.

Cuadro N° 3.7 Periodo medio de retorno de sismos

Magnitud Mb	Probabilidad de Ocurrencia (años)			Periodo Medio de Retorno (años)
	20	30	40	
7.0	38.7	52.1	62.5	40.8
7.5	23.9	33.3	41.8	73.9

Fuente: Estudio de Suelos, Universidad Nacional de Piura. Marzo 2001.



## ❖ Sismos y/o Terremotos

Estos eventos de carácter súbito, impredecible e inalterable por el hombre presentan efectos directos (relacionados a la energía liberada) e indirectos (asociados a los deslizamientos, avalanchas, maremotos y tsunamis).

En los sistemas rurales, los componentes mayormente afectados son las estructuras de captación y la conducción; y en menor medida las unidades de almacenamiento y la distribución.

## ❖ Peligros Causados por Geodinámica Interna

Los principales efectos geodinámicos, manifestaciones o impactos de la actividad sísmica sobre el asentamiento urbano son: tsunamis, deslizamientos, asentamiento y amplificación de ondas, licuación y densificación de suelos:

### A. Tsunami

El tsunami o maremoto es una secuencia de ondas que se desplazan en todas direcciones y a gran velocidad, desarrollándose en las rutas que le son favorables y mitigándose en otras, hasta llegar a las costas en un tiempo determinado, dependiendo de la distancia y el relieve donde ataca.

En la costa de Paita no se tiene conocimiento de eventos de tsunami, sin embargo los diversos movimientos sísmicos de importancia han ocasionado eventuales variaciones en el nivel del mar. Los tsunamis más destructivos serían los de origen cercano, por altura de ola y por el tiempo de llegada a la costa.

La batimetría frente a la bahía de Paita presenta una plataforma continental de 200m. profundidad con un ancho de 7 a 11 Kms., el talud continental tiene una profundidad de 200 a 4500 m. con un ancho de 55 Kms., lo que es favorable a la generación de Tsunamis, a pesar de que se desarrolla entre dos puntas rocosas: Punta Chuy y Punta Cuñus.

La hipotética generación del tsunami de origen cercano a la costa de Paita tendría como probable epicentro el sector del Océano comprendido entre los 5° 05' de latitud Sur y los 81° 59' de longitud Oeste. En esta consideración y

estimando una magnitud probable de 7.5 o en la escala de Richter; el tiempo aproximado de viaje de la ola sería entre 7 y 20 minutos con orientación NNO.

Las máximas alturas de ola se darían al nor-oeste de la ciudad, desde la Base Naval hasta Puerto Nuevo con olas de hasta 7m., disminuyendo progresivamente la altura de ola desde el Muelle Fiscal hasta Punta Cuñus (6.9 m y 5.1 m. respectivamente).

De acuerdo a las estimaciones de altura de ola y a las condiciones del relieve del terreno, se ha llegado a determinar que las áreas inundables por tsunami en la zona costera de Paita, serían las siguientes:

- En la Zona Sur de Paita el área inundable sería toda la franja costera (40m. aprox.), hasta los acantilados que están sobre la vía que va al Complejo Pesquero, afectando esta infraestructura, así como La Base Naval, La Punta y el A.H. Puerto Nuevo, en este último los daños serían mayores debido al estado de las viviendas.
- En la Zona Central de la Bahía, el área inundable llegaría aproximadamente hasta los 550 m. de franja costera afectando el Zanjón, el Malecón Jorge Chávez y algunas calles paralelas.
- En la Zona del Terminal Marítimo la ola llegaría hasta los acantilados que están detrás de este, afectando considerablemente esta zona. La ribera de playa de la ciudad de Paita en la actualidad no cuenta con defensas contra maretaos y tsunamis en ningún sector.

El probable daño causado por la masa de agua del tsunami, impactaría con fuerza y arrastraría materiales contra las edificaciones portuarias y civiles, etc., dejando gran cantidad de material fino en suspensión (barro y arena) que dañaría maquinarias, y edificaciones- Así mismo las estructuras portuarias serían afectadas por el impacto del Tsunami sobre el fondo marino lo que podrá causar el socavamiento de tabla estacas, daños en la cimentación y otras estructuras.

## **B. Deslizamiento**

Son los movimientos de las masas de suelo, producidos por la intensidad sísmica. Las áreas más propensas a este fenómeno se localizan en los taludes que rodean la parte baja de la ciudad cuyo suelo presentan material inestable,

afectando a los AA.HH. que se ubican continuos a los taludes, frente a ENAPU y al Complejo Pesquero. La acción pluvial erosiona el talud y las escorrentías producen cárcavas que tallan el talud, dejando pilares y cangrejeras que por acción dinámica se desploman, debilitando el talud y exponiendo la cimentación de las edificaciones que se ubican en el borde del talud, a la probable falla de la estructura.

### **C. Asentamiento y Amplificación de Ondas Sísmicas**

Los suelos de estado suelto a muy suelto, parcial o totalmente saturados por la napa freática muy elevada, suelos arenosos y fangosos pueden generar durante un evento sísmico la pérdida de resistencia del suelo de cimentación o producir un nivel importante de densificación del suelo, manifestándose asentamientos totales y amplificación de las ondas sísmicas, produciendo fisuras, afloramiento de agua, etc. Para el caso de cimentación, estas condiciones del suelo se podrán considerar inestables. Esta manifestación de asentamiento de suelo y amplificación de ondas se presenta en mayor grado en Paita Baja y en la franja contigua a los taludes del tablazo y en menor grado en Paita Alta:

- Paita Alta está compuesta por arenas que subyacen a un estrato de arenisca, presenta una mínima amplificación debido a su rigidez.
- Paita Baja presenta una napa freática superficial, lo que le hace susceptible a sufrir amplificación de ondas.
- La zona de los taludes de los cerros está compuesta por arcillas, lo que genera un suelo flexible y blando, generando amplificación de ondas en gran medida.

### **D. Licuación de Suelos**

El fenómeno de licuación se da en suelos de granulometría uniforme (SP), sueltos y total o parcialmente saturados. Durante un movimiento sísmico el suelo pierde su capacidad de resistencia y fluye hasta encontrar una configuración compatible con los esfuerzos sísmicos.

La existencia de napa freática elevada constituye un elemento condicionante para la probabilidad de ocurrencia de licuación; a menor distancia de la superficie incide el mayor grado de licuación de suelo durante un evento sísmico.

Las áreas de mayor posibilidad de ocurrencia de licuación de suelos serían la franja inmediata a la ribera del mar, que se ubica en un relieve entre 0 a 6 m.s.n.m. comprometiendo a las calles paralelas al malecón Jorge Chavez, parte del casco antiguo, La Punta, A.H. Puerto Nuevo, la Base Naval, el Complejo Pesquero y el terminal marítimo de ENAPU. En el anexo 04 se muestra el Mapa de áreas de licuación de suelos del Perú.

### **E. Densificación de Suelos**

El fenómeno de densificación del suelo se da principalmente en arenas sueltas sobre todo cuando están muy secas, este consiste en un reacomodo de las partículas del suelo debido a la acción dinámica; en suelos de cohesión este fenómeno se da en presencia de agua que sirve como lubricante entre las partículas.

## CAPÍTULO IV: INFLUENCIA DEL MEDIO EN LA EVALUACION DE LA RENTABILIDAD SOCIAL

### 4.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

En las figuras N° 4.1 y 4.2 se aprecian la delimitación del área de influencia indirecta y directa respectivamente.

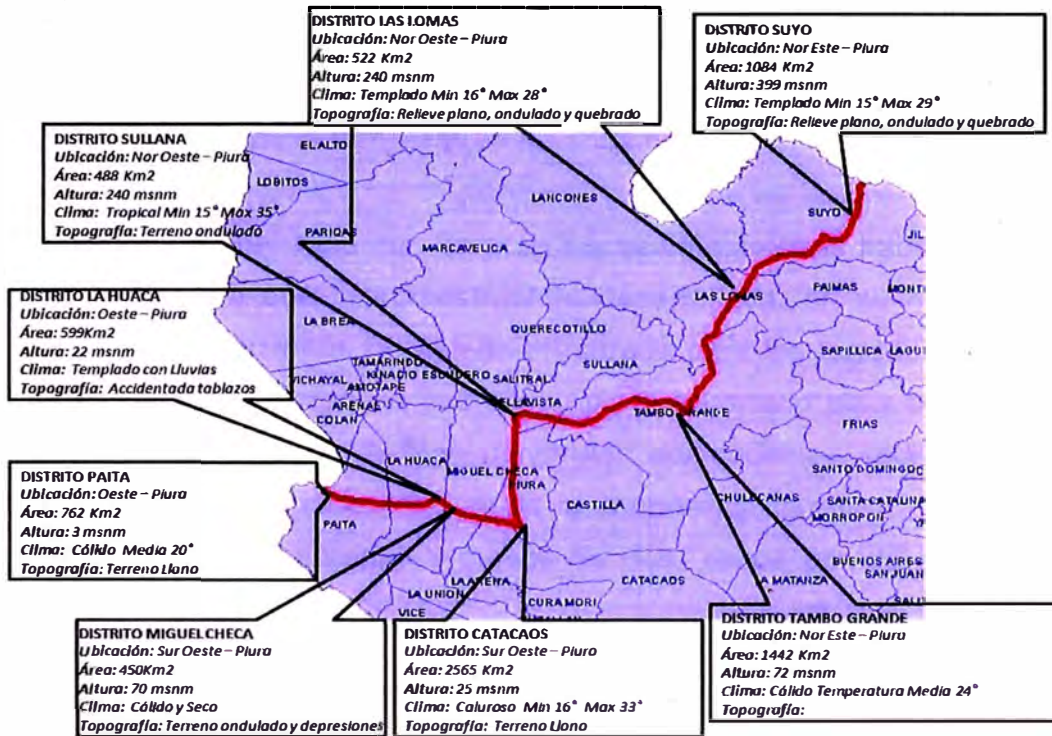


Figura N° 4.1 Delimitación del área de influencia

Fuente: Elaboración Propia

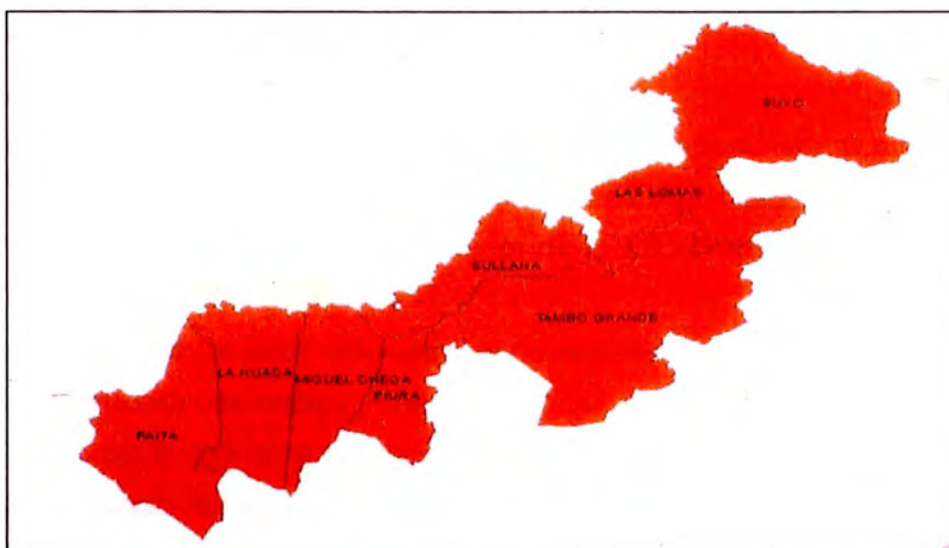


Figura N° 4.2 Área de influencia directa

Fuente: Elaboración Propia



## 4.2. INFLUENCIA DE LOS ACTORES DEL FACTOR CLIMÁTICO

### 4.2.1. El Fenómeno del Niño entre los años 1982 – 1983

A inicio de año entre los meses Marzo – Abril de 1983, torrenciales lluvias cayeron sobre las desérticas costas del N –O peruano. Las pocas usuales lluvias, acompañadas con un incremento importante de temperatura de la superficie del mar (TSM) y también del aire tierra adentro, entre 4 y 8 C°, por encima del promedio de la temperatura de años normales.

El último fenómeno del Niño con características catastróficas había ocurrido en 1925, de tal manera que la infraestructura desarrollada, en su mayor parte a partir de los años cincuenta, no estaba preparada para las torrenciales lluvias e inundaciones que ocurrieron en ese año. Así, el escenario para el desastre de 1983 estaba preparado. Se habían construido edificaciones, redes de agua y desagüe, vías de transporte, incluyendo la importante carretera Panamericana ocupando fondos de quebradas y cursos de ríos, secos por décadas, que se activaron súbitamente en 1983.

Por ejemplo, la ciudad de Sullana, había cubierto completamente en su expansión urbana la franja denominada “La Quebrada”, el fondo de un valle en forma de una “V” abierta. La parte alta de esta quebrada que tiene 2 tributarios, estaba represadas por la Carretera Panamericana y la carretera a Tambogrande, respectivamente.

El agua comenzó a formar sendos espejos de agua hasta alcanzar una profundidad considerable detrás de las plataformas de dichas carreteras. Más de 4m. en la Panamericana y una altura menor de la vía a Tambogrande.

Las súbitas rupturas de esos rellenos y el consiguiente desembalse, causaron la completa destrucción de edificaciones y sistemas de servicios públicos vitales en un ancho de 200 a 300 m. a lo largo de la Quebrada, que tiene varios Kms. De longitud, causando la muerte de docenas de personas y cuantiosos daños materiales.

Ciudades importantes con topografía ondulada, como Tumbes, Paita y Talara, cruzadas por quebradas sufrieron primero inundación y luego erosión de las mismas, destruyendo edificaciones y servicios públicos vitales. Ciudades planas como Piura y parte de Tumbes con drenaje deficiente por falta de pendiente quedaron sumergidas bajo agua por largo periodo de tiempo y los desagües se colmataron quedando inservibles.

El N-O peruano quedó aislado por tierra dentro de la región y con el este del país. Las vías de transporte se cortaron por flujos súbitos de lodo que bajaron por las quebradas y en otros casos quedaron sumergidas debajo de los caudalosos ríos, como ocurrió con la carretera Panamericana en su cruce con el río Pariñas.

En general los daños en la carretera se produjeron por falta de drenaje que humedecieron, y entre otros, saturaron la base y sub- base de las plataformas, lo que provocó daños estructurales. Esto se agravó en lugares donde había grietas en la carpeta asfáltica por donde se infiltró agua.

Los daños por erosión en los cruces con las carreteras con quebradas secas que se activaron con las torrenciales lluvias, causaron interrupción en el tránsito en numerosos lugares. En los casos que el agua corrió paralelo a las pistas, también hubo erosión lateral.

Las obras de arte como puentes y alcantarillas sufrieron daños graves o pérdida total, por insuficiencia en su capacidad. En algunos casos quedaron "puentes cortos" dentro de un nuevo ancho cauce indicando su insuficiencia para el nuevo ancho.

#### **4.2.2. Valoración económica del FEN de 1982 – 1983**

Las pérdidas económicas estimadas por inundaciones y sequías durante el FEN de 1982 – 1983 en el Perú se muestran en el cuadro N° 4.1

Cuadro N° 4.1 Impacto del FEN 1982-1983 en millones de dólares

<b>Sector</b>	<b>Monto de daños (en miles de dólares)</b>
Sector agropecuario	650
Industria (Productos industriales y petróleo)	480
Minería (reducción en la producción)	311
Transporte y comunicaciones (daños a la infraestructura)	304
Pesca (reducción en el volumen de pesca)	106
Sector vivienda (causado por inundaciones)	70
Sector salud (sistema de agua por desagües, hospitales y centros de salud)	57
Energía eléctrica	16
Sector educación	6
<b>Total estimado</b>	<b>\$2,000.00</b>

Fuente: El Fenómeno del Niño – Julio Kuroiwa

[http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc558/doc558\\_1.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc558/doc558_1.pdf)

En el cuadro N° 4.1, no se incluyen las pérdidas personales, pérdidas de empleos, enfermedades, etc. dado que son factores difíciles de cuantificar.

#### 4.2.3. El Fenómeno del Niño entre los años 1997 – 1998

En términos de variabilidad climática, este fue un fenómeno totalmente atípico, pues se comportó fuera de los patrones atmosféricos y oceanográficos establecidos hasta entonces. Las variables atmosféricas a escala regional evolucionaron con mayor rapidez que las variables oceanográficas. En la mayor parte del año 1997, la zona de convergencia intertropical se mantuvo desplazada hacia el sur, produciéndose en pleno invierno, un clima cálido de hasta 6°C por encima del promedio. Recién a fines de 1997 se presentaron con claridad, alteraciones en la temperatura superficial de mar, ante el colapso de los vientos alisios al declinar el anticiclón del pacífico sur, para mostrar al FEN en su máximo desarrollo.

En los primeros meses de 1998, las alteraciones positivas de la temperatura superficial del mar desencadenan las mayores precipitaciones en la costa norte, en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y Ancash, superando los

máximos registros del evento del 1982-1983. A diferencia de éste, el FEN del 1997-1998 no estuvo asociado a sequías en el sur peruano, salvo ligeras deficiencias en algunas zonas del Altiplano, lo que podría deberse a la presencia del Sistema de Alta Presión de Bolivia, ubicada al este de su posición normal.

En términos de comportamiento hidrológico, durante el Fenómeno El Niño 1997-1998, los ríos de la costa tuvieron caudales extraordinarios (mayores en el norte y disminuyendo progresivamente hacia el sur), incluyendo la activación de los cauces de quebradas normalmente secos, así como la acumulación de grandes masas de agua en depresiones formándose lagunas donde antes habían sido desiertos (Piura). Durante los primeros meses de 1998, las principales cuencas afectadas por los excesos de agua correspondieron principalmente a los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque, aunque en menor medida los departamentos de la costa central incluyendo Ica.

Las vías de comunicación, desde las carreteras asfaltadas como la Panamericana hasta las trochas carrozables de las provincias más alejadas, sufrieron y en muchos casos se interrumpieron con las “nuevas” quebradas, la destrucción de puentes y alcantarillas que no soportaron la intensidad del FEN. Las lluvias golpearon a toda la población; urbanizaciones residenciales en las ciudades, recordaron que estas áreas han sido construidas en zonas bajas o cuencas ciegas sin un sistema de evacuación pluvial eficiente (el diseñado en el programa de prevención no se abastecía). Adicionalmente, se considera que la mayoría de las vías terrestres en el país no se han diseñado ni construido teniendo en cuenta los eventos de máxima severidad que posiblemente ocurran durante la vida útil de esta infraestructura.

El impacto del evento El Niño de 1982-83 y el de 1997-98, ilustra el caso. Las lluvias de 1982-83 destruyeron la infraestructura vial, particularmente en la zona costera se repararon los daños y ocurrió el evento de 1997-98, la misma infraestructura se volvió a destruir. Si ocurriese un evento mayor al de 1997-98, la misma infraestructura se volverá a destruir.

**4.2.4. Valoración económica del FEN de 1997 – 1998**

Las pérdidas económicas estimadas en infraestructura durante el FEN de 1997 – 1998 en el Perú se muestran en el cuadro N° 4.2

Cuadro N° 4.2 Impacto del FEN 1997-1998 en infraestructura

Sector	Cantidad	Monto de daños (en miles de soles)
<i>Urbano</i>		
Viviendas destruidas	9 488 viviendas	95 000
Población damnificada	179 170 habitantes	
Población afectada (Piura-Sullana)	19 %	
Pérdidas en saneamiento (Piura)		37 456
<i>Defensas ribereñas</i>		
Pérdidas en infraestructuras de defensas	65 km	2 306
<i>Transportes</i>		
Red nacional (a nivel regional)	219.20 km	158 520
Red departamental (a nivel regional)	198 km	76 859
Red departamental (a nivel regional)	2 945.20 km	56 346
<i>Puentes</i>		
Puentes colapsados	4	88 218
Puentes afectados en su estructura	4	
<i>Infraestructura eléctrica</i>		
Pérdidas de cables, postes, etc. (en toda la cuenca)		2 375
Infraestructura de salud	74 puestos	
Infraestructura educativa	187 centros educativos	
<b>Total estimado</b>		<b>S/. 517 056</b>

Fuente: CONAM, 2005b

**4.3. INFLUENCIA DE LOS ACTORES DEL FACTOR MATERIAL**

La influencia de los actores del factor material tales como, morfología del terreno y litología nos proporcionan información respecto a las pendientes del terreno y las formaciones geológicas, las cuales contribuyen de forma positiva a la rentabilidad social de la carretera, pues nos permitiría identificar diferentes tipos de cantera, que de acuerdo al requerimiento de cada proyecto, podrían ser empleados como material de construcción.

Los materiales de construcción están conformados por grandes acumulaciones de gravas, arenas, conglomerados y rocas que forman parte de los conos



aluviales y depósitos de pie de monte. Estos materiales los encontramos ampliamente distribuidos en la Región Piura; muchos de ellos constituyen importantes canteras que vienen siendo explotados, algunos de manera formal y otro tanto en la informalidad. Una de las principales canteras de materiales de construcción la encontramos en La Huaca y Viviate (carretera Sullana - Paita).

Por otro lado, la geodinámica interna presenta diversos eventos que afectan negativamente a la rentabilidad social, debido a los daños típicos asociados a fenómenos sísmicos. Asimismo debido a la acción sísmica se presenta en algunas zonas fenómenos de licuación de suelos. En el anexo 04 se muestra un mapa de áreas de licuación de suelos del Perú.

A continuación se muestran los principales eventos sísmicos registrados en el área de estudio:

#### **20 de Agosto de 1857**

Silgado (1978) indica un fuerte sismo en Piura que destruyó muchos edificios. Se abrió la tierra, de la cual emanaron aguas negras. Daños menores en el puerto de Paita. La máxima intensidad de este sismo fue de VIII MM.

#### **24 de Julio de 1912**

Terremoto en Piura y Huancabamba. En el cauce seco del río Piura se formaron grietas con surgencia de agua, otros daños afectaron el terraplén del ferrocarril. En el puerto de Paita se produjeron agrietamientos del suelo (Silgado, 1978). La máxima intensidad de este sismo fue de VIII MM.

#### **9 de Diciembre de 1970**

Terremoto en el noroeste del Perú. En el área de Querecotillo en terraza fluvial y aluvial se formó un sistema de grietas en echelón, de longitud de 500 m. con aberturas de 0.30 m. y saltos de 0.25 m. Se notó efusión de arena formando sumideros de 0.60-1.00 m. de diámetro. Cerca al caserío La Huaca se agrietó el suelo, brotando arena y lodo. La máxima intensidad de este sismo fue de IX MM y su magnitud fue de  $M_s = 7.1$ .

## CAPÍTULO V: APLICACIÓN A LA CARRETERA PAITA – PIURA – SULLANA PUENTE MACARÁ

### 5.1. MATRIZ GEOESPACIAL

#### 5.1.1. Elaboración de la Matriz de Mapa de actores

Como primer paso se procede con la identificación de los actores que conformarán la matriz geoespacial.

Como segundo paso, mediante un cuadro de doble entrada se ubica cada fila (eje vertical) los tres grados de poder que puede poseer cada actor (alto, medio, bajo) y en cada columna (eje horizontal) se posiciona cada actor respecto a la propuesta de intervención (a favor, indiferente y opuesto).

De esta manera se procede a la ubicación de cada actor en el cuadro de acuerdo con su nivel de posición y grado de poder de tal manera de ir tejiendo el mapa de actores, tal como se muestra en la figura N° 5.1.

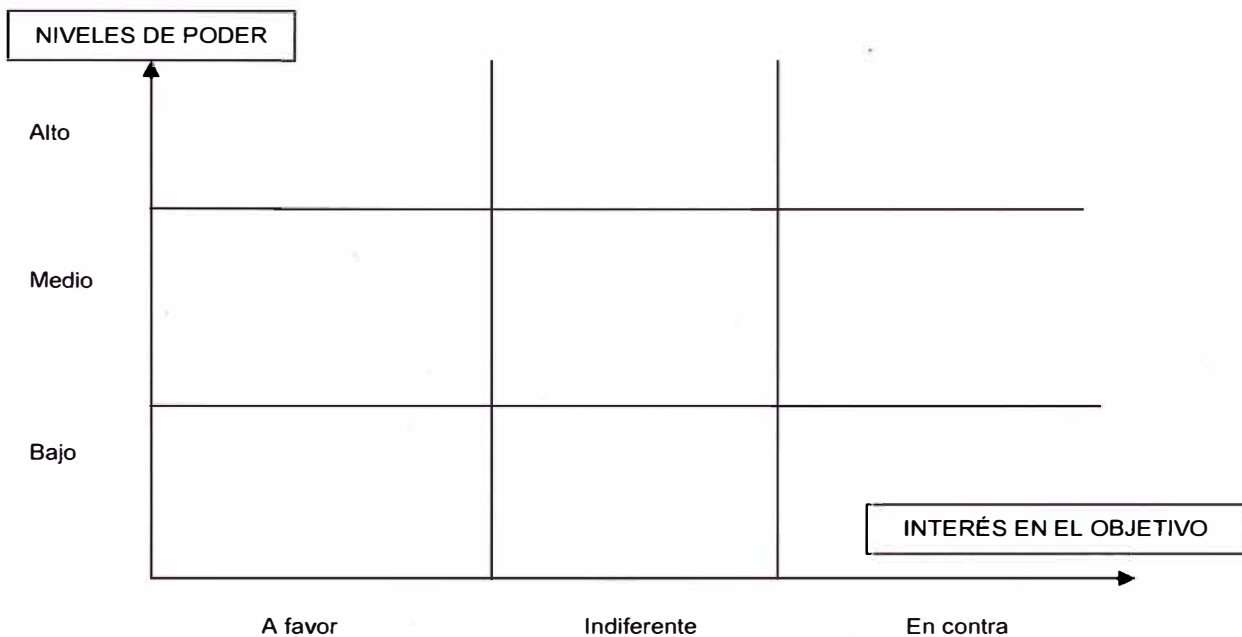


Figura N° 5.1 Gráfica de actores – Nivel de Poder VS Interés en el Objetivo

Fuente: Guía Nacional de Ordenamiento Territorial (GUINOT)

### 5.1.2. Matriz de actores

El cuadro N° 5.1 muestra la clasificación de los actores:

Cuadro N° 5.1 Clasificación de los actores

GRUPO DE ACTORES	ACTOR	ROL EN EL PROYECTO	RELACION PREDOMINANTE	JERARQUIZACIÓN DE SU PODER
Clasificación de los diferentes actores en un espacio preciso.	Conjunto de personas con intereses homogéneos que participan en un proyecto o propuesta.	Funciones que desempeña cada actor y el objetivo que persigue con su accionar.	Se define como las relaciones de afinidad (confianza) frente a los opuestos (conflicto)  1. A FAVOR  2. INDIFERENTE  3. EN CONTRA	Capacidad del actor de limitar o facilitar las acciones  1. ALTO  2. MEDIO  3. BAJO

Fuente: Guía Nacional de Ordenamiento Territorial (GUINOT)

### 5.1.3. Sinergias entre actores

La sinergia es un concepto que proviene del griego "synergo", lo que quiere decir literalmente "trabajando en conjunto". Su significado actual se refiere al fenómeno en que el efecto de la influencia o trabajo de dos o más agentes actuando en conjunto es mayor al esperado considerando a la sumatoria de la acción de los agentes por separado. En este caso, la sinergia se analizará en relación al Actor "Infraestructura Vial" vs todos los demás actores.

### 5.1.4. De los conflictos entre actores

Conflictos entre los intereses que ellos persiguen:

- A.- Conflictos entre actores físico – biótico.
- B.- Conflictos entre actores sociales y económicos – culturales y políticos.
- C.- Conflictos entre A y B

### 5.1.5. Herramientas de Análisis Geoespacial de actores - Matriz FODA Geoespacial

Matriz que relaciona posición relativa en el espacio por parte de los actores y la sinergia o conflicto que estos generan.



		MATRIZ DE ANALISIS FISICA PARA EL DISTRITO DE LA HUACA																
<b>1 Actores del Medio Físico</b>																		
<b>1.1 Geodinámica</b>																		
1.1.1	Riesgo de Inundación																	
1.1.2	Sismo y/o Terremoto																	
1.1.3	Licuefacción de Suelos																	
1.1.4	Escasa precipitación																	
<b>1.2 Condiciones Constructivas Terreno</b>																		
1.2.1	Relieve accidentado																	
1.2.2	Terreno Arenoso																	
<b>1.3 Climáticos y Materiales</b>																		
1.3.1	Fenómeno del Niño																	
1.3.2	Cambio Climático																	
1.3.3	Recursos Minerales																	
<b>1.4 Carretera</b>																		
1.4.1	Carretera de Penetración Paita-Piura-Sullana-Pte. Macará																	

Figura N° 5.3 Matriz de Análisis Geoespacial de La Huaca

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

Sa: Sinergia alta

Sb: Sinergia baja

Ca: Conflicto alto

Cb: Conflicto bajo

A: Adyacente

S: Superposición

D: Distante

I: Intersección

















## 5.2. MAPAS TEMÁTICOS

### 5.2.1. Definición de sistema de información geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG) son herramientas de análisis que ofrecen la posibilidad de identificar las relaciones espaciales de los fenómenos que se estudian.

La diferencia que existe entre un SIG y otros paquetes de software gráficos (por ejemplo el Google Earth), reside en que el SIG es esencialmente una base de datos espacial, lo que le otorga una cualidad incomparable en el desarrollo de análisis enfocados a resolver problemas reales que afectan el espacio geográfico.

### 5.2.2. Objetivo fundamental de un SIG

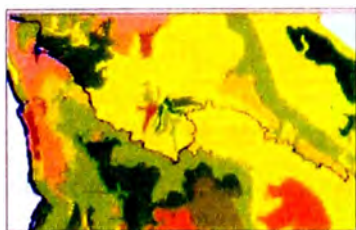
Los objetivos básicos de un SIG son los siguientes:

- Consultar y analizar información a través de su representación espacial y sus atributos asociados.
- Conocer el comportamiento espacial de los datos para resolver situaciones y problemas del mundo real.
- El SIG almacena información cartográfica digital, a la cual se anexa una información atributiva.
- Organizada mediante tablas. Los datos descriptivos recogidos en las tablas permiten realizar las consultas, análisis, gráficos e informes relativos a los datos espaciales.

### 5.2.3. Formatos de almacenamiento de datos espaciales

Formato Vectorial:

Representación discreta de la realidad



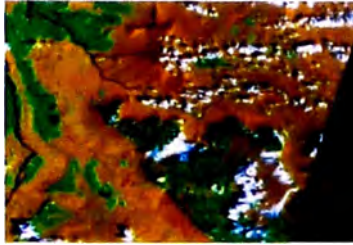
Información que posee una expresión espacial claramente definida:

- Cursos de agua
- Vías de comunicación
- Redes de servicios: tuberías

- Infraestructuras: aeropuertos

### Formato “Raster”:

Representación continua de la realidad



Información que NO posee una expresión espacial claramente definida

- Topografía del terreno
- Variables climáticas
- Masas de vegetación
- Áreas inundables

El formato vectorial utiliza coordenadas discretas para representar las características geográficas en forma de puntos, líneas y polígonos.

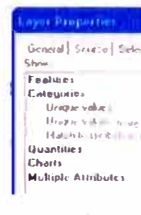
El formato “raster” trabaja con celdas de igual tamaño que poseen un valor; el tamaño de la celda define el nivel de detalle de la información.

### 5.2.4. Simbología de datos cualitativos

#### ▪ Símbolo sencillo



#### ▪ Valor único



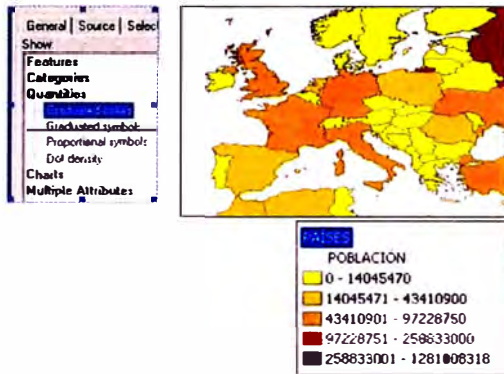
El editor de la leyenda trabaja con los datos almacenados en la tabla de atributos del archivo analizado. Al incorporar una nueva capa a la vista, todos los elementos de la misma se representan con un único color o símbolo aleatorio.

Existen dos tipos de datos que pueden ser representados con el editor de la leyenda: cualitativos y cuantitativos. Los datos cualitativos son los que individualizan los elementos mediante un nombre o definen clases nominales,

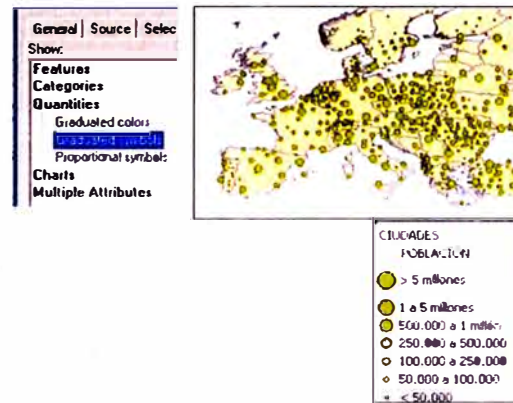
como por ejemplo países. En estos casos la opción que se aplica en el editor de la leyenda es “Valores Únicos”.

### 5.2.5. Simbología de datos cuantitativos

#### ▪ Cantidades



#### ▪ Símbolo graduado



Cantidades: En el caso de datos cuantitativos, las opciones disponibles son “Colores graduados”, “Símbolos graduados”, “Símbolos proporcionales”, “Densidad de puntos” y “Gráficos”. La elección de una u otra opción dependerá del tipo de datos, su distribución estadística y la información que se desee resaltar.

Símbolos graduados: En la simbología de colores y símbolos graduados, la representación cambia gradualmente de color y tamaño en función de los rangos de valores numéricos definidos según los datos de un campo de la tabla de atributivos.

### 5.2.6. Elaboracion de mapas tematicas mediante la herramienta TIN del GIS

Una Red Irregular Triangular (TIN) es una estructura de datos digital que se utiliza en un sistema de información geográfica (SIG) para la representación de una superficie. La herramienta TIN es una representación vectorial de la superficie física de la Tierra, formada por los nodos de distribución irregular y con tres líneas de coordenadas tridimensionales (x, y, z) que se organizan en una red de triángulos superpuestos y se distribuyen de forma variable basado en un algoritmo que determina qué puntos son muy necesarios para una representación precisa del terreno.



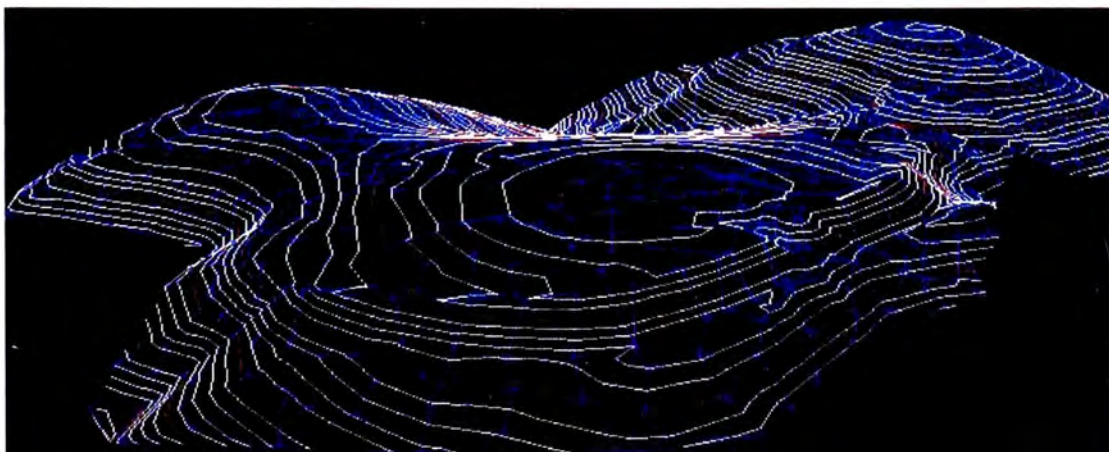
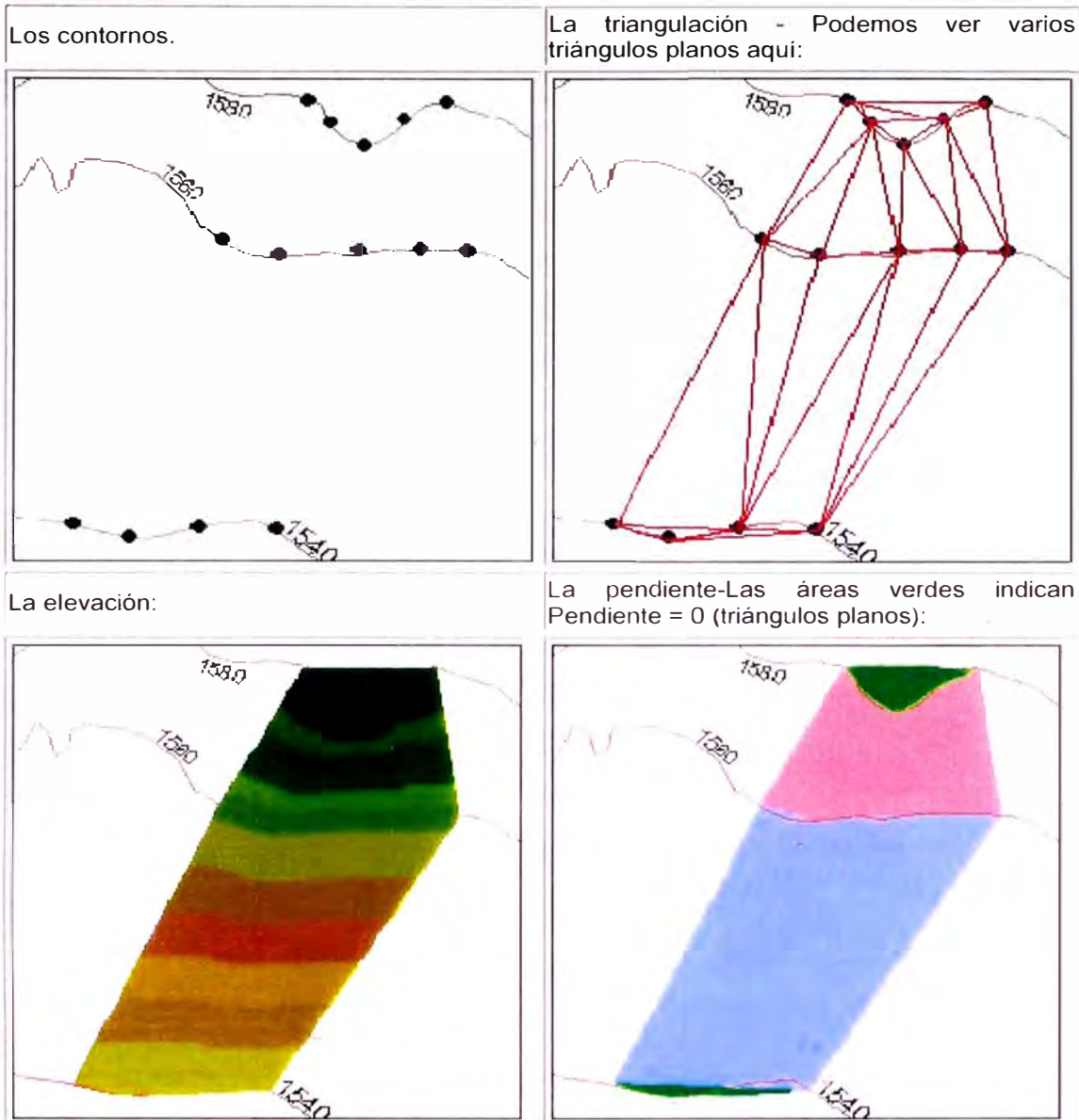


Figura N° 5.10 Ejemplos de gráficos empleando la herramienta TIN

Fuente: Elaboración Propia



### 5.2.7. Mapas Temáticos del área de influencia

En la figura N° 5.11 se presenta la precipitación pluvial en condiciones normales, mientras que en la figura N° 5.12 se presenta la precipitación pluvial durante el FEN 97- 98.

#### PRECIPITACION PLUVIAL EN CONDICIONES NORMALES (Precipitaciones Máximas de 1000 mm)

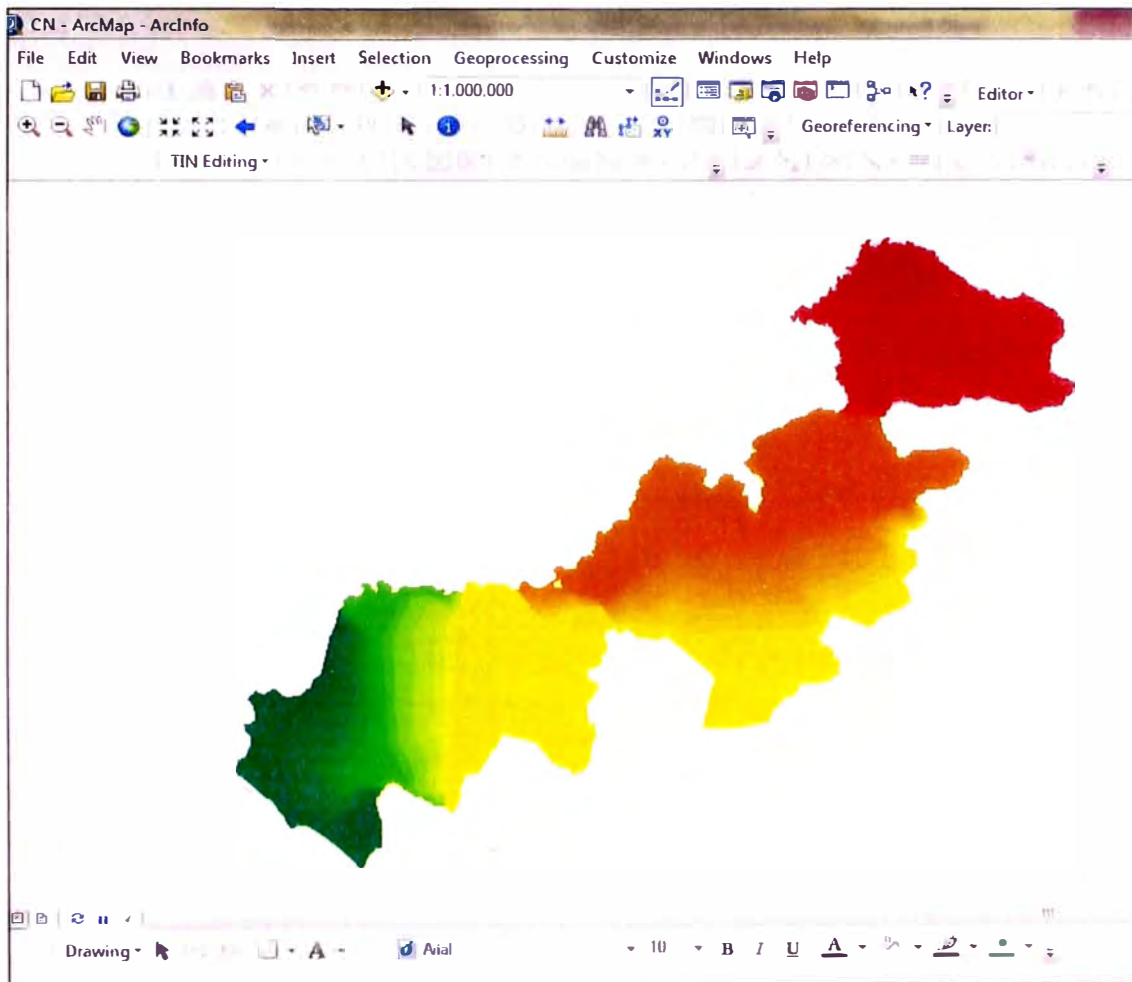


Figura N° 5.11 Precipitación pluvial en condiciones normales

Fuente: Elaboración Propia

## PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE EL FEN 97-98 (Precipitaciones Máximas de 5000 mm)

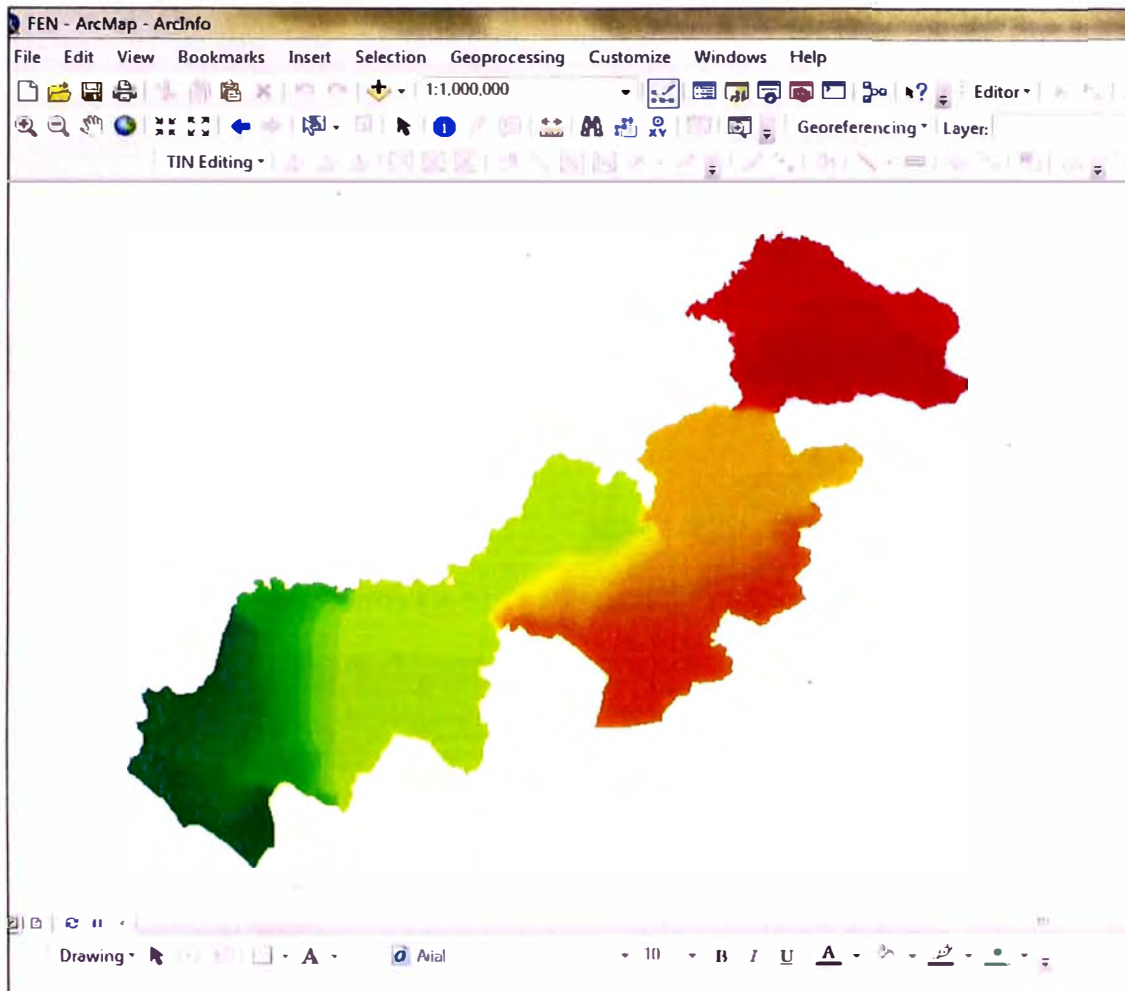
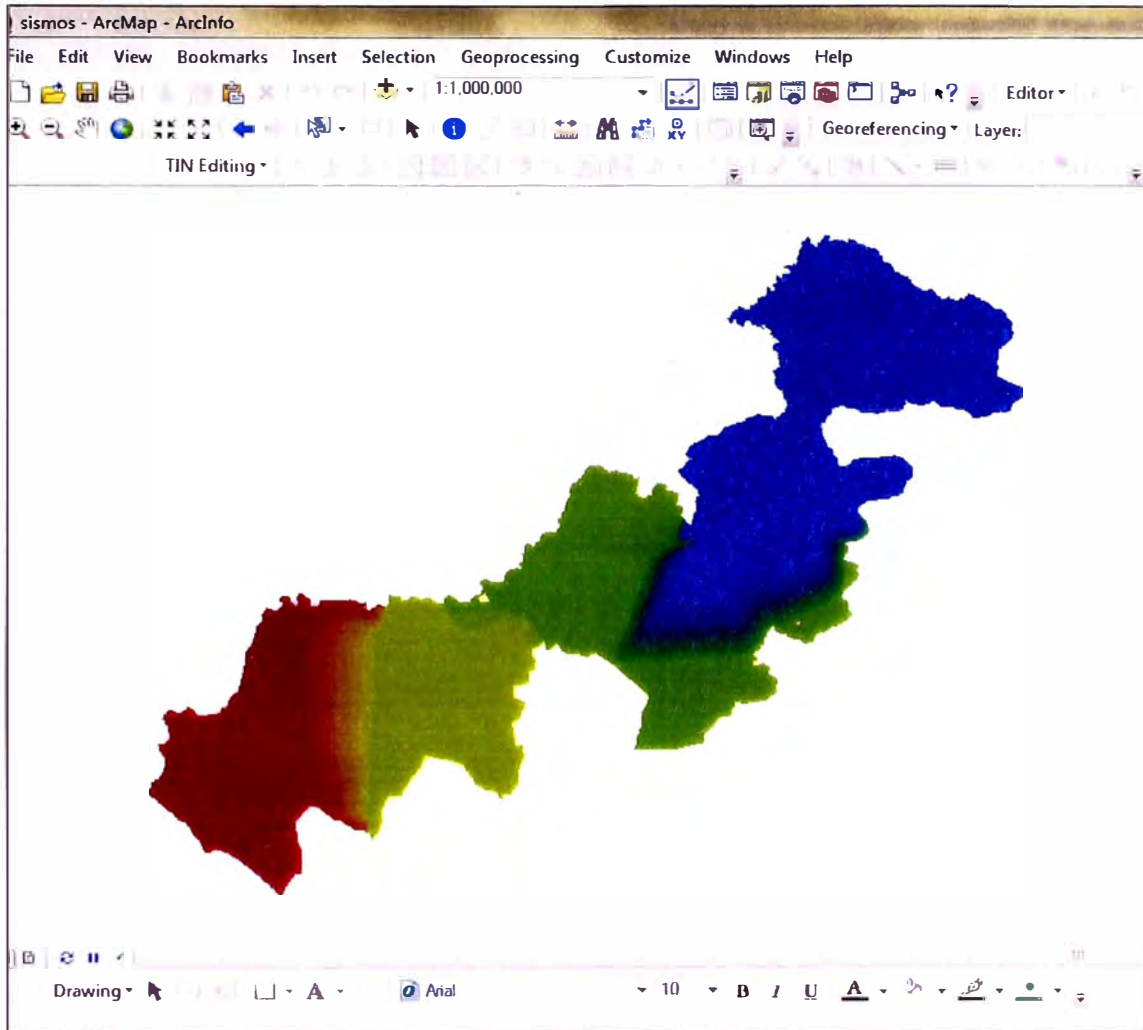


Figura N° 5.12 Precipitación pluvial durante el FEN 97-98

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 5.13 se presenta las zonas con peligro potencial de sismos superficiales y en la figura N° 5.14 se presenta las zonas con peligros de inundaciones.

### ZONAS CON PELIGRO POTENCIAL DE SISMOS SUPERFICIALES



LEYENDA	
NIVELES DE CALIFICACION	
ALTO	
MEDIO	
BAJO	

Figura N° 5.13 Zonas con peligro potencial de sismos superficiales

Fuente: Elaboración Propia

## ZONAS CON PELIGRO DE INUNDACIONES

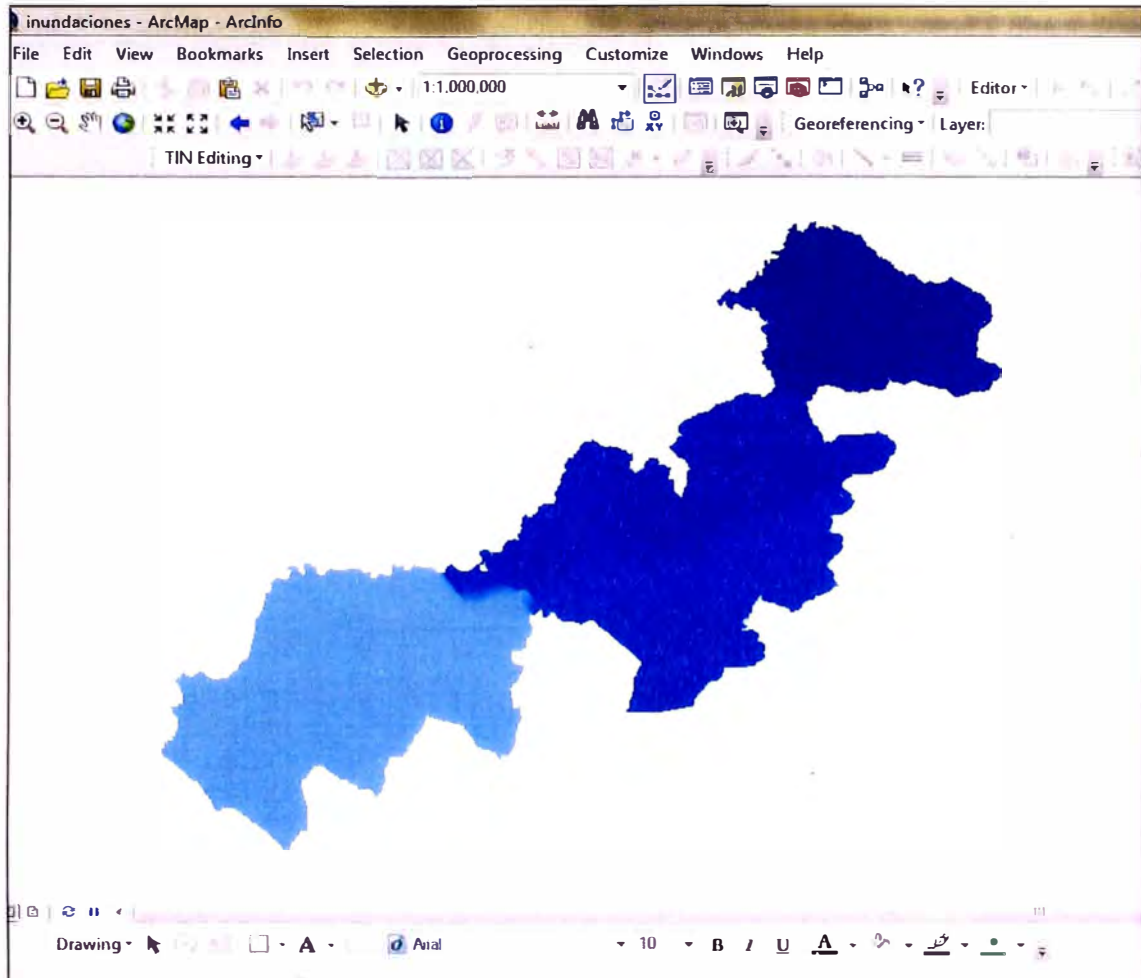


Figura N° 5.14 Zonas con peligro de inundaciones

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.8. Valoración de actores

El presente informe contiene una valoración de actores cuya calificación es de acuerdo a los siguientes niveles (ver cuadro N° 5.2):

Niveles de Calificación	
Alto	1
Medio	2
Bajo	3

Cuadro N° 5.2 Valoración de actores

DISTRITOS	Riesgo Sismico (A)		Riesgo Inundación (B)		Riesgo Fenómeno del Niño (C)		(A+B+C)	Calificación
	X	Y	X	Y	X	Y		NIVEL DE RIESGO
Paita	1	1	1	2	3	3	12	Bajo
La Huaca	1	1	1	3	3	2	10	Medio
Miguel Checa	2	1	1	2	3	2	10	Medio
Piura	2	1	1	1	3	2	9	Alto
Sullana	2	2	2	1	2	1	8	Alto
Tambo Grande	2	2	2	1	2	1	8	Alto
Las Lomas	3	3	2	1	2	1	13	Bajo
Suyo	3	3	3	1	1	1	13	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

X: Nivel de riesgo por distrito

Y: Nivel de riesgo por actores

Los riesgos predominantes en el área de estudio, son riesgos sísmicos, de inundación y del Fenómeno de El Niño y como resultado de la calificación, según lo obtenido en el cuadro N° 5.2, los distritos de Piura, Sullana y Tambo Grande son los que presentan mayor vulnerabilidad a ser afectados, por presentar mayor riesgo. Este análisis es importante para estimar el costo real de diseño, operación y mantenimiento de la carretera en estudio, el mismo que impacta en la evaluación de la rentabilidad social.



---

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- 6.1.1. Para el análisis de la rentabilidad social se emplearon factores que actualmente no están incluidos en el SNIP; la interrelación de estos factores permite realizar un análisis acorde con la realidad.
- 6.1.2. Existen herramientas importantes como la matriz geoespacial y los mapas temáticos que ayudan a identificar la relación de sinergias y conflictos que existen entre actores, valorándolos cualitativamente, ubicando zonas vulnerables de mayor y menor riesgo e impacto. Esta valoración es importante para la determinación de la verdadera rentabilidad social de la carretera.
- 6.1.3. Del análisis de la influencia del clima en el área de estudio, se deduce que el impacto en la evaluación de la rentabilidad social de la carretera es negativo. Se justifica en los daños que ocasiona el Fenómeno de El Niño, tales como:
- A. Daño parcial o total de tramos de carreteras, puentes, obras de arte, carpeta asfáltica, entre otros.
  - B. Interrupción del tránsito vehicular.
  - C. Incremento de costos en el rubro transporte de carga.
  - D. Aislamiento de zonas agrícolas y centros poblados.
- 6.1.4. Del análisis de la influencia del material en el área de estudio se deduce que el impacto en la evaluación de la rentabilidad social de la carretera es positivo, debido que la morfología del terreno y litología proporcionan información respecto a las pendientes del terreno y las formaciones geológicas. Éstas contribuyen de forma positiva a la rentabilidad social de la carretera, pues permite identificar diferentes tipos de cantera, que de acuerdo al requerimiento de cada proyecto, podrían ser empleados como material de construcción.

- 6.1.5. La valoración de los actores consideró diferentes riesgos predominantes en el área de estudio, tales como los riesgos sísmicos, de inundación y del Fenómeno de El Niño. Como resultado de la calificación se obtuvo que, los distritos de Piura, Sullana y Tambo Grande son los que presentan mayor vulnerabilidad a ser afectados, por presentar mayor riesgo. Este análisis es importante para estimar el costo real de diseño, operación y mantenimiento de la carretera en estudio, el mismo que impacta en la evaluación de la rentabilidad social.
- 6.1.6. Es importante considerar que la influencia no sólo debe ser de los medios hacia la carretera, sino también de la carretera hacia los medios; por ello es necesario implementar la ingeniería de carreteras sostenible y responsable que permita controlar la emisión de gases invernaderos y prepararse para un mundo globalizado que enfrenta un gran problema del cambio climático.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- 6.2.1. La carretera en estudio atraviesa diferentes regiones con características de clima y materiales particulares, por ello es recomendable que el análisis se realice por tramos.
- 6.2.2. En el país el cambio climático producirá una mayor intensidad y frecuencia del Fenómeno de El Niño, por ello se recomienda contar con un plan de prevención y acción que mitigue efectos negativos y maximice los positivos.
- 6.2.3. Las obras de drenaje deben tener un mantenimiento continuo que asegure que las aguas pluviales discurran sin obstáculo alguno.
- 6.2.4. Planificar las nuevas ubicaciones de las ciudades, tanto en el aspecto integral, evitando su aislamiento o localización en zonas vulnerables a fenómenos de geodinámica.

- 6.2.5. Encontrar soluciones técnicas adecuadas a la realidad geológica e hidrológica.
- 6.2.6. En la etapa de diseño, determinar el posible evento máximo que podría presentarse durante la vida útil de la infraestructura. Para ello se recomienda realizar un estudio de paleo-eventos en cuanto a los aluviones e inundaciones.
- 6.2.7. Predecir las ocurrencias o, implementar medidas de reducción de la vulnerabilidad del sector vial al impacto.
- 6.2.8. Desarrollar un sistema de pronóstico que permita predecir los impactos de El Niño, y otros fenómenos climáticos en el Perú, con varios meses de anticipación difundiendo la experiencia y conocimientos de instituciones como **Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN)**, el organismo multisectorial que en forma regular evalúa las condiciones climáticas asociadas a este fenómeno y realiza pronósticos de estas condiciones para los meses siguientes.
- 6.2.9. Utilizar mediciones de estaciones meteorológicas que relacione la lluvia y las temperaturas del Pacífico ecuatorial, asociadas a El Niño, tal como se viene desarrollando para un pronóstico experimental (con tres meses de anticipación) de lluvias en los Andes Centrales y su efecto en la agricultura).

---

## BIBLIOGRAFÍA

Baca Urbina, Gabriel. Evaluación de Proyectos. Ediciones Mc Graw Hill. Quinta Edición. México, 2006.

Beltrán Barco, Arlette. Evaluación Privada de Proyectos. Biblioteca Universitaria. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Lima, 1999

Indicadores Ambientales Piura Consejo Nacional del Ambiente. Lima, 2006

Informe de Línea de base Piura para el sub programa de vulnerabilidad y adaptación de la cuenca hidrográfica del Chira. Ministerio. CONAM. Piura, 2005

El cambio climático: impactos y oportunidades para Piura CONAM - Piura, 2010

Plan Vial Departamental Participativo Piura del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Piura, 2005

Sapag Chaín, Nassir. Proyectos de Inversión: Formulación y Evaluación. Pearson Educación. Lima, 2007

Tong, Jesús. Finanzas Empresariales: La decisión de Inversión. Universidad del Pacífico. Lima, 2000

Vulnerabilidad de la Presa de Poechos y posibles soluciones - Proyecto Especial Chira Piura – Piura, 2008

Zonificación ecológica y económica - Proyecto binacional de ordenamiento, manejo y desarrollo de la Cuenca Catamayo – Chira, Piura 2006



ANEXOS

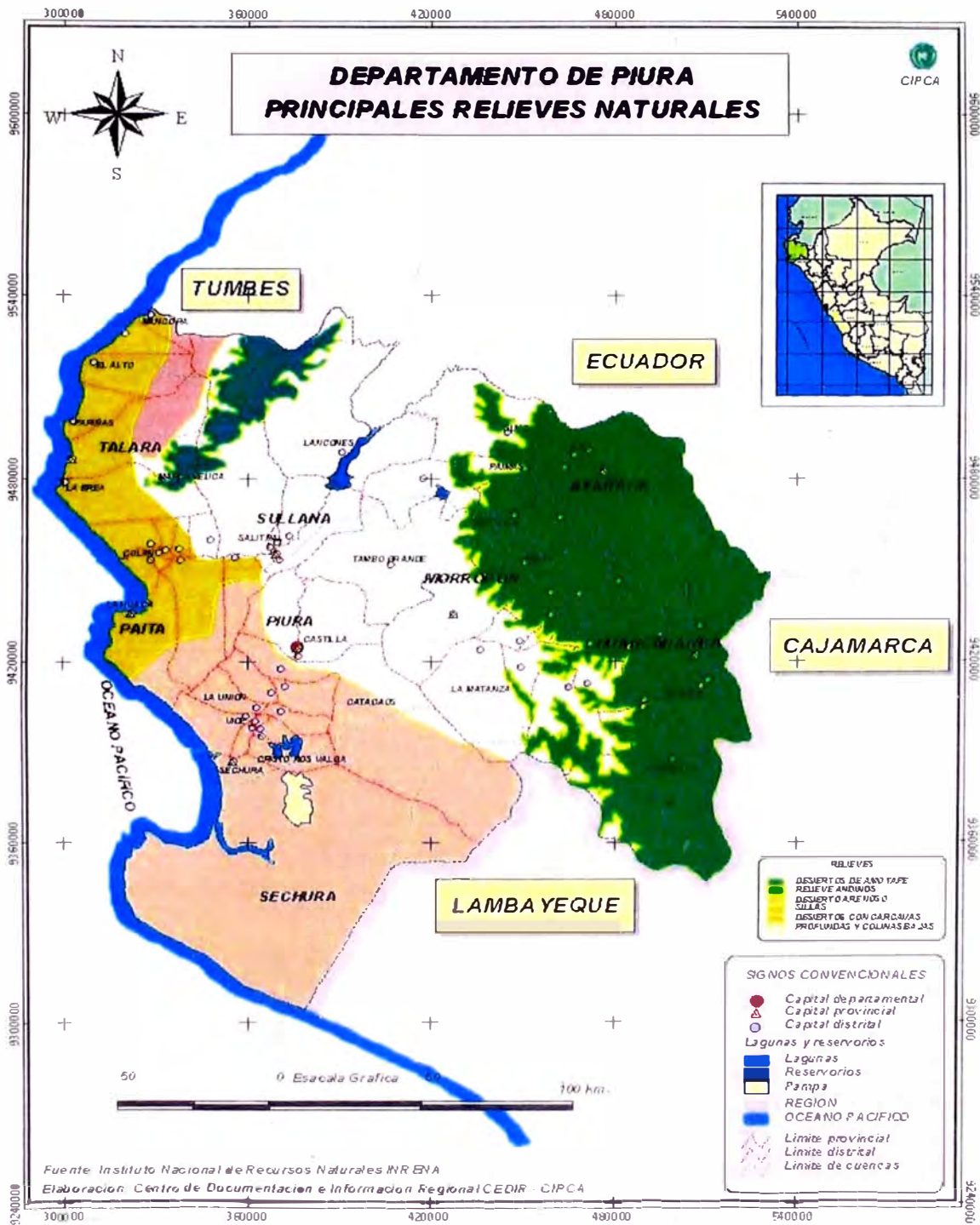
Anexo 01 – Mapa de Áreas Excepcionales por lluvias durante el Fenómeno del Niño 1997 - 1998



Fuente: Datos de variaciones climáticas FEN – CAF

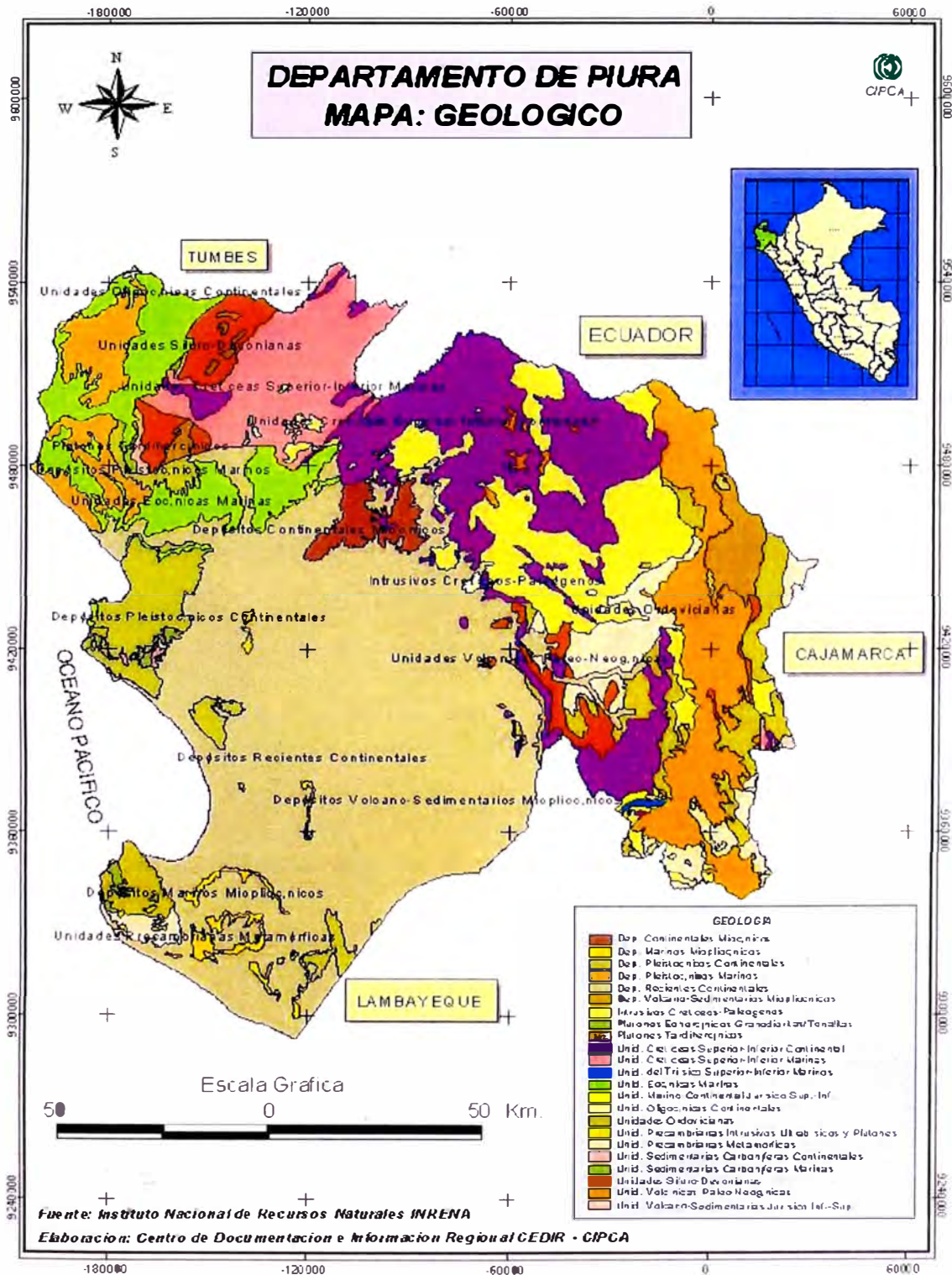


Anexo 02 – Mapa de los Principales Relieves Naturales de Piura



FUENTE: Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA

### Anexo 03 – Mapa Geológico de Piura



FUENTE: Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA



### Anexo 04 – Mapa de Áreas de Licuación de Suelos



Fuente: CISMID UNI