

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCION Y
MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
SULLANA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL

JOSE EDUARDO LINO BARNUEVO

Lima - Perú
1992

INDICE DEL PROYECTO

SUMARIO

INTRODUCCION

INDICE

- I) ALCANCES, OBJETIVOS Y METODOLOGIA DEL ESTUDIO
 - 1.1 Objetivos
 - 1.2 Metodología
 - 1.3 Futuro de los Estudios
 - 1.4 Alcances
- II) ASPECTOS GENERALES
 - 2.1 Ubicación Geográfica
 - 2.2 Categoría Política
 - 2.3 Descripción del Territorio
 - 2.4 Antecedentes de Desastres
 - 2.4.1 El Fenómeno de "El Niño"
 - 2.4.2 Los Sismos
 - 2.4.3 Los Incendios
- III) SITUACION SOCIO-ECONOMICA
 - 3.1 Aspecto Poblacional y Proyección al año 2020
 - 3.2 Indicadores Demográficos
 - 3.2.1 Indice de Masculinidad
 - 3.2.2 Estructura por Edades de la Población
 - 3.2.3 Natalidad
 - 3.2.4 Mortalidad
 - 3.2.5 Migración
 - 3.3 Aspecto Socio-Económico
 - 3.3.1 Estructura Socio-Económica Urbana
 - 3.3.2 Salud Pública
 - 3.4 Estimación del Número de Viviendas
- IV) CONDICIONES FISICAS LOCALES
 - 4.1 Geomorfología
 - 4.1.1 Geomorfología Regional
 - 4.1.2 Geomorfología del Area de Estudio
 - 4.1.3 Fotointerpretación Geomorfológica de la Ciudad de Sullana
 - 4.2 Geología
 - 4.2.1 Geología Regional
 - 4.2.2 Geología Local
 - 4.3 Topografía

4.4 Drenaje

4.5 Hidrogeología

4.6 Climatología

4.6.1 Pluviometría

4.6.2 Temperatura

4.6.3 Presión Atmosférica

4.6.4 Humedad

4.6.5 Vientos

4.1.5 Hidrología

4.7 Mecánica de Suelos

4.8 Hidrología del Río Chira

V) MICROZONIFICACION FISICA

5.1 Geodinámica Externa

5.1.1 Introducción

5.1.2 Fenómeno de "El Niño"

5.1.3 Acción de la Geodinámica Externa en la Zona de Estudio

5.1.4 Sistema de Evacuación de Aguas Pluviales

5.1.5 Mapa de Microzonificación Física

5.2 Geodinámica Interna

5.2.1 Origen y Generación de Sismos

5.2.2 Sismología General

5.2.3 Sismicidad de la Zona de Estudio

5.2.4 Riesgo Sísmico de la Ciudad de Sullana

5.2.5 Riesgo Sísmico del Embalse de Poechos

5.2.6 Microzonificación debido a los Probables Efectos Sísmicos

VI) SITUACION ACTUAL DEL AREA URBANA

6.1 Evolución Histórica

6.2 Uso Actual de Suelos

6.3 Análisis, Sectorización y Estimación del Riesgo en Edificaciones

6.4 Estudio de la Infraestructura Urbana

6.4.1 Vías de Transporte

6.4.2 Telecomunicaciones

6.4.3 Energía Eléctrica

6.4.4 Sistema de Agua Potable

6.4.5 Sistema de Alcantarillado

6.4.6 Disposición de Desechos Sólidos

6.5 Infraestructura de Emergencia

6.5.1 Sistema de Defensa Civil

6.5.2 Cuerpo de Bomberos Voluntarios

6.5.3 Clínicas y Hospitales

VII) ANALISIS Y ELECCION DE LAS AREAS DE EXPANSION URBANA

7.1 Factores que intervienen en la Selección de Areas de Expansión Urbana

7.2 Análisis de las Tendencias de Expansión Urbana

7.3 Elección de las Areas de Expansión Urbana

VIII) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

8.2 Recomendaciones

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

SILGADO, Enrique; "Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974); INGEMMET, Boletín N°3; Lima 1978

HUACO, Daniel y RODRIGUEZ, Leandro; "Actividad Sísmica derivada de la zona del embalse Chira-Piura"; IGP, Lima 1977

OPS/OMS; "Manual sobre preparación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado para afrontar situaciones de emergencia"; OPS/OMS, 1990

CORNEJO, Javier; "Materiales y procesos constructivos en las ciudades de Piura y Sullana"; Tesis de Titulación Profesional, UNI-FIC, Lima

YAMUNAQUE, Luis; "Microzonificación y lineamientos de Planeamiento Urbano de la ciudad de Talara para la Mitigación de Desastres"; Tesis de Titulación Profesional, UNI-FIC, Lima 1991

KUROIWA, Julio; "Microzonificación Sísmica aplicada al Planeamiento Urbano para la prevención de Desastres"

TAPIA, César; "Microzonificación de la Ciudad de Tumbes y Lineamientos para su Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres"; Tesis de Titulación Profesional, UNI-FIC, Lima 1991

VILELA, Carlos; "Prevención de desastres de la Ciudad de Talara a través de la forestación de sus laderas"; Tesis de Titulación Profesional, UNI-FIC, Lima 1991

SUMARIO

ASPECTOS GENERALES

La Ciudad de Sullana está ubicada a 38 kilómetros al norte de la Ciudad de Piura, capital de la Región Grau, al noroeste del Perú y es la capital la Subregión "Luciano Castillo Colonna". Geográficamente se sitúa a 4° 53' de Latitud Sur y 80° 41' de Longitud Oeste. Su altitud varía entre 51 y 82 metros sobre el nivel del mar. La ciudad de Sullana forma con el distrito de Bellavista una unidad urbana.

La Ciudad de Sullana se edificó próxima a la margen izquierda del río Chira, sobre el Tablazo. El río Chira riega un extenso valle muy rico en producción agrícola, lo que trae beneficios económicos a la región gracias a la comercialización de estos productos y al desarrollo de la agroindustria, además la ciudad de Sullana por su ubicación forma un importante nudo carretero donde confluyen la carretera Panamericana de Norte a Sur, al puerto de Paita hacia el Oeste y al Ecuador y Tambogrande hacia el Este.

ASPECTO ECONOMICO-SOCIAL

La provincia de Sullana es la segunda en población, después de Piura, en la Región Grau. La población urbana de Sullana ha crecido de manera acelerada en la década de 1980 a 1990. A falta de un censo reciente se ajustó una curva con la información censal hasta 1981; se proyecta que para el año 2010 la población de la ciudad será 278297 habitantes y para 2020 será 363560 habitantes.

La población es muy joven, la mayoría se encuentra entre los 5 y los 35 años. La Tasa Global de Fecundidad es de 5.1 niños por mujer. La Tasa de Mortalidad Infantil es de 100.3 niños muertos antes de un año de cada mil nacidos vivos y la Tasa Bruta de Mortalidad es de 9.9 defunciones por cada mil habitantes. El nivel socioeconómico de los pobladores es muy bajo, las condiciones de vida son precarias e incluso críticas. La mayor parte de la ciudad está constituida por Asentamientos Humanos. El número de viviendas que se requieren para el 2010 es de 49169 lo que significa un crecimiento de 2.47 veces el número actual de viviendas y para el 2020 es de 64233 o sea 3.22 veces, en su mayor parte popular. Por lo tanto es previsible la densificación de la ciudad, una drástica disminución de la natalidad y la creación de nuevas áreas de expansión que no interfieran con la agricultura.

CARACTERISTICAS FISICAS

El aspecto es el del típico desierto costero llamado Tablazo, escaso en relieves importantes y cubierto de arena eólica. Las lomadas más altas se encuentran al Norte, frente a los acantilados y son, de Este a Oeste: La Loma de Mambré, la Loma de la Plaza de Armas, el Monte de la Paloma y la Loma de Teodomiro. Es atravesado por tres quebradas principales:

Cieneguillo, Cola del Alacrán y Bellavista. Además existe un dren llamado Boquerón que se formó por erosión durante el ENSO de 1983. Se observan numerosas depresiones inundables y con escasa posibilidad de drenaje.

La estratigrafía está determinada por la formación Zapallal de areniscas blanco amarillentas compactas; subyace al Conglomerado Sullana, de 5 a 6 metros de potencia, de matriz arenosa, compacta y dura; luego sigue un horizonte de areniscas de 1.50 a 2 metros de potencia; luego otro estrato de conglomerado de 4 a 5 metros de potencia de matriz areno-arcillosa que varía del amarillo al rojo y que aflora en diversos puntos. Sobre él existe una capa de arena eólica cuyo espesor varía hasta alcanzar los 15 metros en las lomas. No se han apreciado fallas u otras estructuras geológicas. La napa freática se encuentra muy superficial en los meses de verano y es superficial en diversos puntos durante los ENSO.

Los suelos de Sullana son muy semejantes entre si. En la zona Norte el suelo es de arena eólica de $\phi \approx 28$ a 37° y $N_{SPT} \approx 10$ a 16 golpes. En las zonas bajas, las arenas tienen N_{SPT} tan bajos como de 4 a 8, pero escaso espesor. El estrato de grava tiene N_{SPT} de 48 a más de 50, está cementado en muchas zonas mediante carbonatos. No se ha encontrado evidencia de arcillas expansivas. Existen carbonatos presentes en las arenas y en el conglomerado por lo que es probable que existan suelos colapsables.

Las condiciones climáticas suelen ser bastante estables, sin embargo se ven drásticamente modificadas durante los ENSO. La temperatura promedio en el verano es de más de 26°C mientras que en el invierno supera los 20°C . Los meses más calurosos son los de diciembre a mayo. Los años más calurosos son los correspondientes a los ENSO. La presión atmosférica disminuye, aunque poco significativamente durante los meses de verano, pero durante los ENSO, la disminución es muy importante. Los vientos predominantes son los de Sur a Norte con velocidades de hasta 3 o 4 m/s. Durante los ENSO el viento cambia de dirección viniendo del Oeste durante la época de máxima intensidad.

GEODINAMICA EXTERNA

Los fenómenos ENSO son previsibles con varios meses de antelación, las autoridades locales deben mantener contacto con las instituciones que lo monitorean.

La quebrada Cieneguillo drena las aguas de la zona central. Durante el ENSO de 1983 arrasó gran parte de la ciudad, pero en la actualidad ha sido canalizada por el Par-Vial y el Canal-Vía. La quebrada Cola del Alacrán drena las aguas del sector Oeste, uniéndose con la quebrada Cieneguillo en el Canal-Vía luego de cruzar la carretera Panamericana; en su cause se han edificado numerosas viviendas las cuales están expuestas a la escorrentía. Los causes medios de las quebradas Cieneguillo y Cola del Alacrán son cortados por el canal lateral

* Ver ABREVIATURAS al final de este volumen.

PECHP, el cual recoge las aguas de escorrentía de los tramos aguas arriba y los lleva a su llanura de inundación al Oeste; en caso de un ENSO severo, el canal puede represar las aguas y ser destruido. Se debe mantener limpios y libres de obstrucciones a los causes de las quebradas, impidiendo la construcción de nuevas edificaciones y demoliendo las existentes.

La quebrada Bellavista drena la zona Este y recorre el distrito de Bellavista hasta su unión con el Canal-Vía. Ha sido desviada mediante un dique de arena lo cual formó el Boquerón. Este desvío de las aguas ha sido de utilidad durante el ENSO de 1992, sin embargo en caso de un ENSO severo no será suficiente y posiblemente cause represamientos que conduzcan a riadas que destruyan nuevamente Bellavista. La napa freática está muy superficial. Bellavista debe ser protegida mediante la construcción de una presa que desvíe las aguas de avenida hacia el Boquerón. Se debe mejorar el cause del boquerón ya que el tramo inicial puede no ser suficiente para soportar un avenida grande durante un ENSO severo.

Los acantilados de la margen izquierda del río Chira están expuestos a la acción erosiva de la escorrentía pluvial, la cual forma cárcavas que pueden desplomarse y dañar las estructuras edificadas cerca a ellas. Las cárcavas más importantes son las del Camal, de la Plaza Bolognesi, Mirador de la Plaza de Arnas, etc.

Existen numerosas depresiones donde se producen inundaciones. Las más importantes son: Barrio Obrero, parte baja del Casco Central, lado Este de la carretera Panamericana y zona Oeste. Se debe evitar que se siga construyendo en las depresiones del lado Este de la carretera Panamericana, estas son zonas inundables sin drenaje apropiado. La zona que corre paralela a la carretera a Paita tiene a su vez tres subsectores: las partes más altas que tienen un comportamiento similar a toda la zona Norte; la zona de médanos y la zona media que es la llanura de inundación del canal lateral PECHP, posee depresiones y algunas partes están sometidas a la acción de la quebrada Cola del Alacrán.

El sistema de evacuación de aguas pluviales está compuesto por el Par-Vial y el Canal-Vía. El comportamiento del sistema durante el ENSO 1992 ha sido correcto. El badén de la carretera a Tambogrande ha funcionado observándose solo daños menores debido a la abrasión de las aguas; el badén debe ampliarse. El estribo Sur del Puente sobre la carretera Panamericana presenta daños menores pero que pueden agravarse debido a la erosión de la escorrentía. Se ha observado el arenamiento del Canal-Vía por el acarreo de material desde la quebrada Cola del Alacrán y desde las entradas, se deben asfaltar las calles de las entradas y canalizar la quebrada Cola del Alacrán. En su afán por drenar las aguas de sus calles, los pobladores han producido daños a la estructura del Canal-Vía. El Par-Vial ha sido cortado para el drenaje del Barrio Obrero y presenta algunas grietas, posiblemente por asentamiento; se deben construir alcantarillas para que pueda drenar el Barrio Obrero sin que se destruya la vía. Los lloradores están tapados, quizá por carbonatos que actúan como cementantes.

GEODINAMICA INTERNA

La ciudad de Sullana se encuentra ubicada en una zona altamente sísmica, donde se han producido sismos de gran intensidad. Se reconocen nueve fuentes sísmicas. Del estudio de riesgo de dichas fuentes se obtiene que para una tasa de retorno de 200 años la aceleración puede alcanzar 0.423g, la cual será la aceleración de operación. Los dos tercios de este valor, o sea 0.218g, será considerada la aceleración de diseño.

Debido a la geología de Sullana, es posible que se produzcan amplificaciones de ondas en toda la ciudad. Es altamente probable que ocurran deslizamientos y desplomes de las cárcavas en los acantilados al Norte, que puedan producir daños o destrucción de las edificaciones cercanas. Es muy probable que se produzca licuación de los suelos de las zonas en las cuales la napa freática es más superficial. En las zonas con mayor potencia de arena y en época de clima muy seco se puede producir densificación del suelo.

Las edificaciones deberán ser asísmicas. Se debe favorecer la construcción de viviendas de poco peso. En el caso de edificaciones pesadas, será de extrema importancia el adecuado diseño de la cimentación, la cual seguramente deberá ser armada.

El Embalse de Poechos ha producido un incremento de la actividad sísmica en la zona debido a que la falla de Huaypirá atraviesa el vaso, aunque hasta el momento esta actividad ha sido de escasa magnitud.

EDIFICACION

El uso de los espacios urbanos es casi enteramente para vivienda, el comercio está mezclado con las viviendas, aunque más densamente en la calle San Martín y la avenida Buenos Aires. Existen algunas instalaciones militares pero que no afectan demasiado al orden urbano.

La mayor parte de la ciudad está edificada en forma rústica usando adobe, quincha y albañilería confinada. Los techos, en su gran mayoría, son de calamina y otros materiales rústicos. La mayor parte de viviendas son de un solo piso. La ciudad está en proceso de consolidación.

El cemento Pacasmayo es de buena calidad aunque susceptible al ataque por sulfatos. Abundan las canteras de agregados, sin embargo éstas varían mucho en calidad y uniformidad. La explotación de la mayoría de las canteras se hace de forma artesanal, con excepción de la de Sojo. El agua de la red pública es de buena calidad, la proveniente del canal Chira-Piura son algo turbias, sobretodo en verano; pero las aguas de pozos u ojos de agua están contaminadas con carbonatos y sulfatos, no deben ser usadas en construcción. Se debe

extremar el cuidado en el curado del concreto, tomando en cuenta la influencia del calor y la escasa humedad atmosférica.

Los elementos de albañilería, ladrillos y adobes, son fabricados casi en su totalidad por métodos artesanales, su calidad, uniformidad y resistencia son muy variables. En general, la calidad de la materia prima es muy baja por lo que por su resistencia, los ladrillos solo se pueden considerar como del tipo II.

La edificación con adobe es de muy mala calidad, las viviendas carecen de resistencia a la acción de los sismos y de las lluvias. En caso de tener que usar adobe, éste deberá ser estabilizado. La estructura de la edificación deberá ser de madera con viga collar, los techos deberán ser a dos aguas y tener alas de por lo menos 0.50 metros. En fin, se debe tener en cuenta las recomendaciones de los estudios realizados por la UNI, PUCP e ININVI para la construcción con adobe.

Es recomendable la edificación de viviendas de quincha modular; el material es liviano, resistente a la acción sísmica y del agua, es barato, se le puede dar buen acabado y permite la autoconstrucción. Para abaratar costos los pobladores de los asentamientos humanos, agrupados en asociaciones, pueden instalar fábricas para la producción en masa de viviendas; las cuales pueden ser ofrecidas a muy bajo costo e incluso podría tornarse en un ingreso importante. Se debe llevar a cabo una campaña que divulge entre los dirigentes vecinales las técnicas de producción de quincha modular. Esta campaña deberá ser dirigida por técnicos del Consejo Municipal o en muy estrecha cooperación con ellos.

ESTADO ACTUAL DE LA CIUDAD

El estado de los edificios declarados Bienes Monumentales de la Nación es, en la mayoría de los casos, regular a malo. La mayoría de las calles de Sullana no son asfaltadas, lo cual las hace vulnerables a la acción de la escorrentía que produce fuertes erosiones; solo están asfaltadas las calles del Casco Central y algunas otras calles y avenidas importantes.

El servicio de energía está fuera de operación; en la actualidad no opera ninguno de los cuatro grupos con que cuenta la planta térmica de la ciudad, debiéndose abastecer de fluido desde el sistema interconectado de Piura. El racionamiento de energía es dramático. El problema del abastecimiento de energía eléctrica es primordial, de él depende la solución de gran número de otros problemas.

El sistema de producción de agua potable está operando adecuadamente, obteniéndose el agua del canal derivador PECHP, aunque cuando hay electricidad también pueden obtener el agua del río Chira mediante bombeo. El tratamiento es adecuado con la excepción de las partículas más finas. Existe el peligro de no poder retirar las toxinas de alguna microalga debido a su tamaño. La red de distribución está operativa, aunque es vulnerable debido a la

erosión. La red está constituida por dos sistemas, uno viejo y otro moderno. Se requiere de un estudio de presiones para sectorizar la ciudad ya que existen sectores en que la presión es menor del nivel mínimo recomendado. Se debe difundir la micromedición.

El sistema de desagüe no opera adecuadamente. Las lagunas de oxidación no funcionan por lo que se arrojan las aguas servidas sin tratar al río Chira. Se ha observado pescadores en las zonas donde desagúan los colectores.

Los desechos sólidos se llevan al relleno sanitario nuevo que está situado al Este de la ciudad, por la carretera a Tambogrande. Sin embargo gran parte de la basura recolectada es llevada a botaderos donde es seleccionada por comerciantes y chancheros.

Es notoria la escasez de centros de salud y de camas, muy por debajo de las recomendaciones de la OPS. El Hospital Regional, dependiente del Ministerio de Salud está ubicado cerca del acantilado, en una zona en peligro por deslizamiento. Se debe dar prioridad a la construcción de un Hospital Materno-Infantil y a Postas Médicas, por lo menos en El Obrero y Bellavista.

Es **indispensable** establecer un eficiente sistema de Defensa Civil, que prepare planes de contingencia, tanto para la prevención como para la mitigación de desastres ya que actualmente la organización y la capacidad de respuesta es casi nula.

AREAS DE EXPANSION URBANA

El crecimiento de la ciudad de Sullana está limitado por:

- i) La capacidad de dotarla de agua.
- ii) No invasión de áreas destinadas para la agricultura.
- iii) A las necesidades militares por ser un territorio estratégico.
- iv) Crecimiento a los lados de los tres ejes carreteros principales: Carreteras Panamericana, a Tambogrande y a Paita.
- v) El crecimiento de la agroindustria, limitado por la falta de energía eléctrica.

Sullana está creciendo de modo que llena los espacios limitados por el "cinturón", al Este tiende a llenar el espacio hasta el boquerón y a lo largo de la carretera a Tambogrande. Por el Sur trata de cubrir los lados de la carretera a Tambogrande. Por el Oeste se sigue la dirección de la carretera a Paita. Para el corto plazo puede ser suficiente pero será necesario salir de ese cinturón para que pueda crecer en el mediano y largo plazo, en el que deberá extenderse en dirección Sur, a lo largo de la carretera Panamericana. De ejecutarse el proyecto de irrigación de Congora, con seguridad se establecerán colonos en dicha zona, muy posiblemente en las partes altas, por lo que el desarrollo de la zona Sur de Sullana puede extenderse hasta unirse con esta zona.

Debido a las condiciones físicas debemos descartar e impedir todo crecimiento hacia la zona cercana al dique en Bellavista y al Oeste en la zona limitada por el canal lateral PECHP cercanos a la carretera a Paita, así como la zona de médanos. Para el corto plazo el crecimiento seguirá por las partes altas al Norte en la dirección a Sojo. Las áreas escogidas y habilitadas para expansión industrial son muy adecuadas y dentro de lo conocido, seguras.

ESTUDIOS QUE SE REQUIEREN

Mecánica de Suelos: Los estudios de mecánica de suelos más profundos alcanzan solo cuatro metros y están localizados en pocos puntos de la ciudad, existiendo vastos sectores sin estudiar. Es necesario determinar el grado de colapso de los suelos.

Geodinámica: Es importante hacer estudios de geodinámica para conocer el comportamiento de los suelos ante una sollicitación sísmica y poder hacer un mapa de microzonificación sísmica.

Hidrogeología: Los sondajes que se deban excavar para estudiar la geotécnica pueden servir luego para llevar un registro del comportamiento de la napa freática.

Estabilidad de Taludes: Para los acantilados de la margen izquierda del río Chira.

Estudiar la posibilidad de que se produzca una ola seiche en el reservorio de Poechos en caso de que ocurra un sismo severo en la falla de Huaypirá.

Es necesario un levantamiento topográfico-catastral con cotas cada 0.50 metros, para mejorar las redes y la distribución de agua potable y alcantarillado, diseñar sistemas de evacuación de aguas pluviales y hasta para determinar el pago de impuestos municipales.

Plan de Uso de Suelos y Plan de Desarrollo.

INDICE

SUMARIO

INDICE

INDICE DE CUADROS, GRAFICOS Y MAPAS

I)	ALCANCES, OBJETIVOS Y METODOLOGIA DEL ESTUDIO	1
	1.1 Introducción	1
	1.2 Objetivos	2
	1.3 Metodología	3
	1.4 Futuro de los Estudios	4
	1.5 Alcances	6
II)	ASPECTOS GENERALES	8
	2.1 Ubicación Geográfica	8
	2.2 Categoría Política	8
	2.3 Descripción del Territorio	8
	2.4 Antecedentes de Desastres	11
	2.4.1 El Fenómeno de "El Niño"	11
	2.4.2 Los Sismos	12
	2.4.3 Los Incendios	13
III)	SITUACION SOCIO-ECONOMICA	14
	3.1 Aspecto Poblacional y Proyección al año 2020	14
	3.2 Indicadores Demográficos	19
	3.2.1 Indice de Masculinidad	19
	3.2.2 Estructura por Edades de la Población	20
	3.2.3 Natalidad	20
	3.2.4 Mortalidad	21
	3.2.5 Migración	21
	3.3 Aspecto Socio-Económico	22
	3.3.1 Estructura Socio-Económica Urbana	22
	3.3.2 Salud Pública	24
	3.4 Estimación del Número de Viviendas	25
IV)	CONDICIONES FISICAS LOCALES	27
	4.1 Geomorfología	27
	4.1.1 Geomorfología Regional	27
	4.1.2 Geomorfología del Area de Estudio	27
	4.1.3 Fotointerpretación Geomorfológica de la Ciudad de Sullana	28

4.2 Geología	31
4.2.1 Geología Regional	31
4.2.2 Geología Local	33
4.2.2.1 Estratigrafía	33
4.2.2.2 Estructuras Geológicas	35
4.3 Topografía	36
4.4 Drenaje	38
4.4.1 Quebrada Cieneguillo	38
4.4.2 Quebrada Cola del Alacrán	38
4.4.3 Quebrada Bellavista	39
4.4.4 El Boquerón	39
4.5 Hidrogeología	42
4.6 Climatología	44
4.6.1 Pluviometría	45
4.6.2 Temperatura	47
4.6.3 Presión Atmosférica	48
4.6.4 Humedad	49
4.6.5 Vientos	50
4.7 Mecánica de Suelos	52
4.7.1 Descripción del Subsuelo del Area de Estudio	52
4.7.2 Suelos Expansivos	53
4.7.3 Suelos Colapsables	55
4.8 Hidrología del Río Chira	56
V) MICROZONIFICACION FISICA	58
5.1 Geodinámica Externa	58
5.1.1 Introducción	58
5.1.2 Fenómeno de "El Niño"	59
5.1.2.1 Ciclicidad del Fenómeno	59
5.1.2.2 El Niño-Oscilación del Sur	60
5.1.2.3 Indicadores del ENSO	60
5.1.3 Acción de la Geodinámica Externa en la Zona de Estudio	63
5.1.3.1 Quebradas Cieneguillo y Cola del Alacrán	63
5.1.3.2 Quebrada Bellavista	65
5.1.3.3 Erosión del Talud de los Acantilados	67
5.1.3.4 Formación de las Lagunas en el Area Urbana	71
5.1.3.5 Zona Sur	75
5.1.3.6 Zona Paralela a la Carretera a Paita	77
5.1.4 Sistema de Evacuación de Aguas Pluviales	79

5.1.4.1	Introducción	79
5.1.4.2	Infraestructura	79
5.1.4.3	Estado Actual de la Infraestructura	81
5.1.5	Mapa de Microzonificación debido a la Geodinámica Externa	83
5.2	Geodinámica Interna	86
5.2.1	Origen y Generación de Sismos	86
5.2.2	Sismología General	88
5.2.3	Sismicidad de la Zona de Estudio	90
5.2.4	Riesgo Sísmico de la Ciudad de Sullana	96
5.2.5	Riesgo Sísmico del Embalse de Poechos	102
5.2.6	Microzonificación Sísmica	103
5.2.6.1	Amplificación de Ondas	103
5.2.6.2	Deslizamientos	103
5.2.6.3	Potencial de Licuación de Suelos	104
5.2.6.4	Densificación de Suelos	104
5.2.6.5	Mapa de Microzonificación Sísmica	106
5.3	Mapa de Microzonificación Física	108
VI)	SITUACION ACTUAL DEL AREA URBANA	110
6.1	Evolución Histórica	110
6.2	Uso Actual de Suelos	112
6.3	Análisis, Sectorización y Estimación del Riesgo en Edificaciones	115
6.3.1	Características Básicas Urbanas	115
6.3.2	Métodos y Materiales Constructivos	116
6.3.2.1	Concretos y Morteros	116
6.3.2.2	Ladrillos	121
6.3.2.3	Adobe	122
6.3.2.4	Quincha	122
6.3.2.5	Madera	123
6.3.3	Capacitación y Entrenamiento	124
6.3.4	Incendios	125
6.3.5	Estimación de las Pérdidas	127
6.3.6	Estado de los Inmuebles Declarados Bienes Monumentales de la Nación	128
6.4	Estudio de la Infraestructura Urbana	129
6.4.1	Vías de Transporte	129
6.4.2	Telecomunicaciones	132
6.4.3	Energía Eléctrica	132
6.4.4	Sistema de Agua Potable	133

6.4.5 Sistema de Alcantarillado	139
6.4.6 Disposición de Desechos Sólidos	143
6.5 Infraestructura de Emergencia	144
6.5.1 Sistema de Defensa Civil	144
6.5.2 Cuerpo de Bomberos Voluntarios	144
6.5.3 Clínicas y Hospitales	145
VII) ANALISIS Y ELECCION DE LAS AREAS DE EXPANSION URBANA	147
7.1 Factores que intervienen en la Selección de Areas de Expansión Urbana	147
7.2 Análisis de las Tendencias de Expansión Urbana	149
7.3 Elección de las Areas de Expansión Urbana	151
7.3.1 Zonas de Expansión Probables	151
7.3.2 Elección de las Areas de Expansión	154
7.3.3 Alcances de la Zona de Expansión VI	156
VIII) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	158
8.1 Conclusiones	158
8.2 Recomendaciones	167
BIBLIOGRAFIA	174
ESTUDIOS DE SUELOS CONSULTADOS	177
ABREVIATURAS	178
ANEXOS	179

INDICE DE CUADROS, GRAFICOS Y MAPAS

CUADROS

página

13	2.1	Daños producidos en Sullana por el sismo de 1970
16	3.1	Población de Sullana-Bellavista
17	3.2	Proyección de la Población de Sullana-Bellavista
19	3.3	Masculinidad
24	3.4	Enfermedades transmisibles por casos registrados según distritos. Año 1988
126	6.1	Estadística del servicio de emergencia en Sullana en 1991
126	6.2	Distribución de las emergencias en Sullana en 1991
127	6.3	Estado de daños y % de pérdida probable
128	6.4	Edificaciones declaradas bienes monumentales en la ciudad de Sullana por el Instituto Nacional de Cultura

GRAFICOS

página

15	3.1	Población de las provincias de la región Grau según censo 1981
18	3.2	Crecimiento demográfico de la ciudad de Sullana-Bellavista proyectada al 2020
20	3.3	Estructura de edad de Sullana-Bellavista
21	3.4	Migración
45	4.1	Comparación mm de lluvia entre 1983 y la media
46	4.2	Precipitación Total mensual - Periodo 1972-1991
47	4.3	Temperatura en °C vs. tiempo
48	4.4	Presión atmosférica vs. tiempo
49	4.5	Humedad relativa media mensual vs. tiempo
56	4.6	Comparación de las descargas medias mensuales medias con las del ENSO 1983
59	5.1	Intensidad de las lluvias vs. tiempo
61	5.2	Presión atmosférica vs. temperatura
62	5.3	Temperatura del agua de mar frente a Paita

87	5.4	Tectónica de Placas
87	5.5	Generación de los sismos
104	5.6	Control preliminar de la licuación en términos del SPT
138	6.1	Esquema del sistema de agua potable de Sullana
142	6.2	Esquema del sistema de alcantarillado de Sullana

MAPAS

página

9	2.1	Político y de ubicación de la Región Grau
10	2.2	General de la ciudad de Sullana
23	3.1	Distritos, Urbanizaciones y Asentamientos Humanos
30	4.1	Geomorfología local de Sullana
32	4.2	Geología del Noroeste del Perú
37	4.3	Topografía de la ciudad de Sullana
41	4.4	Líneas de Talweg
51	4.5	Zonas de viento del departamento de Piura y velocidad del viento (m/s) en abril a las 13 horas
57	4.6	Red hidrológica
70	5.1	Cárcavas de la plaza Bolognesi
74	5.2	Depresiones del lado Este de la carretera Panamericana
85	5.3	Microzonificación debido a la geodinámica externa
97	5.4	Sismicidad del Perú entre 1900 y 1984
99	5.5	Zonificación de epicentros
105	5.6	Potencial de licuación preliminar
107	5.7	Microzonificación Sísmica
109	5.8	Microzonificación Física
111	6.1	Crecimiento histórico de Sullana
114	6.2	Uso de Suelos actual
130	6.3	Mapa Vial de Piura
131a	6.4	Vías asfaltadas
150	7.1	Direcciones de expansión urbana
155	7.2	Zonas de expansión urbana

FOTOGRAFIAS

página

- 43 Foto 4.1: Afloramiento de agua en la quebrada Bellavista
- 43 Foto 4.2: Personaje extrayendo agua de un afloramiento cercano a las casas de ENACE
- 44 Foto 4.3: ENSO 1992, lluvia en el desierto
- 64 Foto 5.1: Badén de la quebrada Cieneguillo
- 64 Foto 5.2: Colegio y muro interrumpiendo el cause de la quebrada Cola del Alacrán
- 66a Foto 5.3: Salida del Boquerón al valle del Chira
- 66a Foto 5.4: ENSO 1992, Carretera a la Tina interrumpida por las aguas del Boquerón
- 66a Foto 5.5: Dique de la quebrada Bellavista
- 69 Foto 5.6: Cárcava de la Plaza Bolognesi, observar las capas de relleno mal compactado
- 73 Foto 5.7: ENSO 1992, Laguna frente a las casas de ENACE.
- 76 Foto 5.8: Zona Sur
- 78 Foto 5.9: Zona paralela a la carretera a Paita. Notese el afloramiento de carbonatos.
- 78 Foto 5.10: Zona de médanos.
- 82a Foto 5.11: ENSO 1992, Arenamiento del Canal-Vía.
- 82a Foto 5.12: ENSO 1992, daños al Canal-Vía hechos por los pobladores para desagüar sus calles.
- 82a Foto 5.13: ENSO 1992, daños al estribo Sur del puente de la carretera Panamericana por la escorrentía de la quebrada Cola del Alacrán.
- 141 Foto 6.1: Laguna de oxidación, no operativa.
- 143 Foto 6.2: Relleno sanitario de Sullana.

CAPITULO I

INTRODUCCION, OBJETIVO Y METODOLOGIA DEL ESTUDIO

1.1 INTRODUCCION

Los desastres naturales fueron, son y serán la causa de que millones de personas pierdan todas sus posesiones, queden heridas o pierdan la vida a todo lo largo y ancho del planeta. Fenómenos como terremotos, tsunamis, lluvias extraordinarias, inundaciones o erupciones volcánicas, por citar solo algunos, son inevitables y en regiones susceptibles a ellos con toda seguridad ocurrirán. Pero existen diferencias en la forma en que éstas afectan a las personas; debido al terremoto del 17 de octubre de 1989 de magnitud 7.1 que ocurrió en Loma Prieta, San Francisco, California, se perdieron 62 vidas mientras que en el terremoto del 31 de mayo de 1970, ocurrido en el Perú y que tuvo una magnitud de 7.7, se perdieron 50000. La naturaleza no va a tratar de manera diferente a los Estados Unidos por ser un país más desarrollado que el Perú; existe una diferencia entre ambos países. Esa diferencia debe ser la preparación que se tiene para afrontar las emergencias cuando ocurran y la elaboración de normas y planes de desarrollo en el cual se tome en cuenta el riesgo de los potenciales peligros. Estos planes de desarrollo están basados en el concepto de "Microzonificación Contra Desastres". Este concepto es bastante nuevo pero muy sencillo de entender, simplemente es la determinación de los lugares más seguros para la construcción de las edificaciones del hombre a la vez que se determina qué tipo de edificación es la más adecuada para esas zonas. Generalmente se observa que la mayor parte de las pérdidas se registran en lugares que por su naturaleza son más propensos a sufrir daños que otros ante un mismo fenómeno. Para nadie es un secreto que si alguien se establece en el cauce de un río, tarde o temprano éste inundará y destruirá las edificaciones; o que una edificación cimentada en roca virgen es más segura ante un terremoto que en, digamos, lodo. Pero estas características no siempre son tan claras como en el caso de estos ejemplos extremos; generalmente se requiere de un estudio profundo y detenido de las condiciones locales y la forma en que estas condiciones son afectadas por los distintos fenómenos a los que se puede ver expuesto.

El propósito de este estudio es el de que sirva a la Ciudad de Sullana como una herramienta básica para la elaboración de su propio Plan de Desarrollo, siguiendo los criterios de la seguridad y economía.

En el Capítulo I, se expone al lector los objetivos y metodología de la investigación, la cual puede servir de base para investigaciones similares en otras localidades.

En el Capítulo II se describe el entorno físico de Sullana y se define cuales son los fenómenos que causan daños a la ciudad.

En el Capítulo III se resume y analiza toda la información estadística relacionada con los habitantes de Sullana y el crecimiento de su población, así como las necesidades de vivienda en el futuro próximo.

En el Capítulo IV se analizan las condiciones físicas locales y que servirán de base para nuestro estudio.

El Capítulo V corresponde al estudio de la Geodinámica Externa y la Geodinámica Interna, para lograr un mayor conocimiento de sus efectos en la ciudad; luego de estos estudios obtendremos el mapa de Microzonificación Física.

En el Capítulo VI se estudian las condiciones de la ciudad, tanto de los servicios como de las edificaciones para así poder determinar el riesgo; lamentablemente no fue posible contar con un catastro de la ciudad, razón por la cual el riesgo se ha debido establecer en forma muy general.

En el Capítulo VII se analizan las tendencias de expansión urbana y se determinan cuales son las áreas mas convenientes para que la ciudad se desarrolle con seguridad.

Por último, en el Capítulo VIII se resume las conclusiones a las que se han llegado a lo largo del estudio y se exponen recomendaciones para la Prevención y Mitigación de desastres, en la ciudad y en las zonas de expansión recomendadas.

1.2 OBJETIVO

El estudio forma parte del proyecto "Plan Piloto Regional para la Prevención y Mitigación de Desastres" que lleva adelante un equipo de profesionales y alumnos del CISMID dirigidos por el Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi, en el marco de la Década Internacional para la Prevención y Mitigación de Desastres Naturales y que está encaminado a desarrollar un método aplicable a todas las Regiones del Perú.

En el caso particular de la ciudad de Sullana, espero contribuir a preservar la seguridad de los habitantes y de sus inversiones dando algunas recomendaciones para la prevención de desastres en la ciudad y proporcionando al planificador urbano una herramienta para que en el momento de escoger las áreas de expansión urbana, éstas sean las que presenten menores riesgos y mayores ventajas en el orden económico y social.

Sobretudo, el criterio que primará en este trabajo será el de seguridad física pero sin dejar de lado los demás criterios básicos de la ingeniería como son los económicos, legales y sociales.

1.3 METODOLOGIA

La metodología empleada es el denominado "Método Peruano Simplificado", desarrollada por el Ingeniero Julio Kuroiwa y colaboradores, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Sobretudo me he guiado de los trabajos realizados por mis compañeros del proyecto Plan Piloto Regional para la Prevención y Mitigación de Desastres, que me antecieron pero adecuando el modelo para al caso particular de la ciudad de Sullana.

El Método Simplificado consiste básicamente en la elaboración de mapas de los efectos que pudieran tener en la ciudad todos aquellos fenómenos que puedan afectarla; para luego resumirlos en un solo mapa en el cual se determina visualmente, de una manera clara y sencilla hasta para el lego, cuales son los lugares que representan mayor o menor peligro. Esta metodología obliga al estudio de cada fenómeno de manera detenida y sistemática, así como a conocer profundamente las características físicas del área en estudio para poder reconocer los efectos que los fenómenos estudiados pueden producir en ella.

Los pasos que se siguen son:

- a) Identificación y estudio de los fenómenos naturales que más han afectado a la ciudad. Esto se realiza mediante el estudio de todos los antecedentes históricos de desastres, esta investigación requiere la revisión de una amplia bibliografía la que se debe obtener de diversas fuentes, como bibliotecas, públicas y privadas.
- b) Definición de la demanda de vivienda en la Ciudad de Sullana para los próximos años, tomando en cuenta la orientación socio-económica de la demanda

de modo que basados en esta información se determinen las áreas de expansión necesarias. Para ello se realiza un estudio de la información estadística disponible del Consejo Provincial, INEI, INADUR, etc.

c) El siguiente paso es el estudio de las condiciones físicas locales y la relación que tienen con los fenómenos que afectan a la ciudad, con lo cual podremos hacer el mapa de microzonificación física de la ciudad actual y los alrededores que podrán servir de potenciales áreas de expansión; este punto constituye la médula del estudio pues de él depende no solo la determinación de las áreas de expansión urbana sino que además se estudiarán y propondrán lineamientos de solución para los problemas físicos de la ciudad actual. Esta parte del trabajo requiere de la recopilación de todos los estudios hidrológicos, meteorológicos, geotécnicos, geológicos, de mecánica de suelos, topográficos, etc.; llevar a cabo numerosas visitas al campo, además de realizar estudios propios de campo en varias de estas especialidades. Toda esta información debe ser procesada y dispuesta en la forma de mapas, tablas o gráficas que permitan su fácil estudio y aplicación.

d) Luego se estudia la situación actual de la ciudad desde el punto de vista urbanista, con lo que se podrá determinar el riesgo en las edificaciones y en la infraestructura urbana, de servicios y de emergencia, de la ciudad actual. La información se obtiene de diversas fuentes, siendo las principales el Consejo Municipal y la información recolectada por el investigador en el transcurso de las visitas de campo.

e) Se estudian las áreas para expansión urbana y se determinan cuales son las mejores y sus limitaciones; tomando en cuenta la microzonificación física, uso de suelos, capacidad de proporcionarle los servicios básicos, el atractivo que pueda tener la zona para que las personas se afinquen en ella, etc.

f) Por último, se extraerán conclusiones y recomendaciones útiles para el planificador y para posteriores estudios.

-1.4 FUTURO DE LOS ESTUDIOS

Con la culminación de los estudios de las ciudades de Tumbes, Talara, Piura, Huancabamba, Sullana y muy pronto Paita; se culminan los estudios de Microzonificación de las principales ciudades de la Región Grau; además se está por terminar el estudio de Tsunamis de la Región. La mayoría de estos estudios están siendo utilizados para realizar el Uso de Suelos de las ciudades respectivas.

Actualmente, el equipo de tesis dirigido por los Profesores Julio Kuroiwa y José Sato trabaja en un ambicioso proyecto, este es: "El Estudio Integral de Desarrollo de la Ciudad de Paita". Este proyecto prototipo pretende tratar en forma multidisciplinaria la problemática del desarrollo socio-económico de una población, en este caso particular se trata de la ciudad de Paita, teniendo como criterio básico la seguridad de los pobladores y la infraestructura. Los estudios que se están realizando y las disciplinas que intervienen al momento de escribir estas líneas son, respectivamente:

Estudios de Microzonificación	Ingeniería Civil
Uso de suelos y urbanismo	Arquitectura
Saneamiento y ecología	Ingeniería Sanitaria
Desarrollo de las actividades económicas	Ingeniería Industrial

El punto de partida de este proyecto es el estudio de Microzonificación para la prevención de desastres a cargo de un investigador de Ingeniería Civil, en el cual se determinan cuales son las mejores áreas de expansión y se determinan los problemas físicos de la ciudad actual; inmediatamente un arquitecto realiza un estudio para determinar el uso de suelos de las zonas de expansión y recomendaciones para el mejor desarrollo urbano de la ciudad actual; conjuntamente a ellos los investigadores de Ingeniería Sanitaria realizan un estudio de la red de agua potable y alcantarillado así como de cualquier problema de saneamiento o ecología, y los Ingenieros Industriales estudian la problemática de su sector. Paso a paso el estudio se coordina de modo tal que del cruce de la información salga el material para el desarrollo de un proyecto de desarrollo integral y que será en última instancia el producto del trabajo mancomunado multidisciplinario y que será resumido en un Plan de Desarrollo para la Ciudad de Paita. Se espera que este proyecto sirva de modelo para las demás ciudades de la Región y posteriormente para las demás Regiones del País.

La exposición de los resultados de los estudios de Microzonificación realizados en distintos y variados foros ha producido un efecto muy positivo, las autoridades locales de otras Regiones han demostrado interés en que se realicen estos estudios en sus Regiones respectivas, por ello vienen trabajando ya varios investigadores del CISMID en Chiclayo, Saña, Ica, Huancayo y Lima; y muy pronto en Cusco, Arequipa y Tacna.

1.5 ALCANCES

El proyecto se centra en el estudio de la ciudad de Sullana y zonas aledañas que sean aparentes para expansión urbana; solo se estudian otras zonas en el caso de que en ellas ocurran fenómenos que puedan tener efectos en la ciudad.

La información referente a Incendios ha sido incluido en el estudio ya que puede ser de utilidad para futuras investigaciones de la vulnerabilidad de la ciudad, sin embargo esta información no es tomada en cuenta para la microzonificación.

La información expuesta ha sido obtenida de diferentes fuentes, sin embargo, ésta dista de ser completa y libre de errores; las limitaciones propias de cada fuente o del tratamiento de la información será expuesta en el cuerpo de la obra, donde corresponda.

Se ha realizado estudios y análisis de información estadística proveniente de los Censos Nacionales y de Vivienda del INEI, sin embargo el último Censo Nacional se realizó en 1981, por lo cual las tasas de crecimiento pueden haber variado notoriamente haciendo que los cálculos difieran de la realidad por un margen considerable, pero para el propósito de este estudio es suficiente el margen de exactitud obtenido.

Los mapas bases que se presentan han sido dibujados a partir de adaptaciones que se han hecho de un gran número de otros mapas obtenidos de diversas fuentes ya que no se pudo encontrar ninguno que fuera de guía por si mismo. La topografía ha sido obtenida de mapas del IGN, PECHP, Lama (1984) y de los ortofotomapas que se levantaron gracias a la colaboración del Gobierno Canadiense en 1983 a partir de aerofotografías del SAN. La planimetría urbana se obtuvo de un plano oficial del Municipio de Sullana, del plano oficial del INEI y observaciones propias. Por todo ello, los mapas que se presentan se pueden considerar como una buena aproximación de la realidad y suficientemente precisos para los fines del presente estudio pero de ningún modo como exactos.

Fue imposible realizar estudios propios de Mecánica de Suelos dada la estrechez económica, pero gracias a la colaboración del Ing. Miranda de la UDEP, de los Ing. Humeres y Llanos de la UNP y del Ing. Atala de la UNI; pude obtener información suficiente para hacer un estudio consistente. Sin embargo, existen algunas zonas de la ciudad que no han sido analizadas cuantitativamente por falta de estudios de suelos. Por ello, este estudio no se debe considerar como definitivo pero si como guía para futuras investigaciones.

La zona de expansión futura ha sido recorrida por el autor en casi la totalidad de su extensión; sin embargo, dada la vastedad del territorio y de la escasez de medios económicos ha sido imposible realizar estudios de topografía, mecánica de suelos y geodinámica a nivel de detalle en esa área. La información expuesta sobre esta zona es muy general e insuficiente para la ejecución de un proyecto, pero es suficiente para realizar los lineamientos de un proyecto de habilitación urbana como es la intención del autor.

Por último, la utilización de la información presentada en esta Tesis es de dominio público y se permite su reproducción únicamente sin fines de lucro y con el crédito respectivo.

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES

2.1 UBICACION GEOGRAFICA

La Ciudad de Sullana está ubicada a 38 kilómetros al norte de la Ciudad de Piura, capital Regional, y es la capital de la provincia del mismo nombre y sede de la Subregión "Luciano Castillo Colonna" de la cual también forman parte las provincias de Ayabaca, Paita y Talara. La Subregión "Luciano Castillo Colonna". Pertenece a la Región Grau en el noroeste del Perú. La ciudad de Sullana forma con el distrito de Bellavista una unidad urbana. Geográficamente se sitúa a 4° 53' de Latitud Sur y 80° 41' de Longitud Oeste. La Ciudad tiene una altitud de entre 51 y 82 metros sobre el nivel del mar. Ver el mapa 2.1: "Político y de Ubicación de la Región Grau".

2.2 CATEGORIA POLITICA

La provincia de Sullana comprende un total de 206 centros poblados, cubriendo una superficie de 5423.61 km²; entre ellos se encuentran:

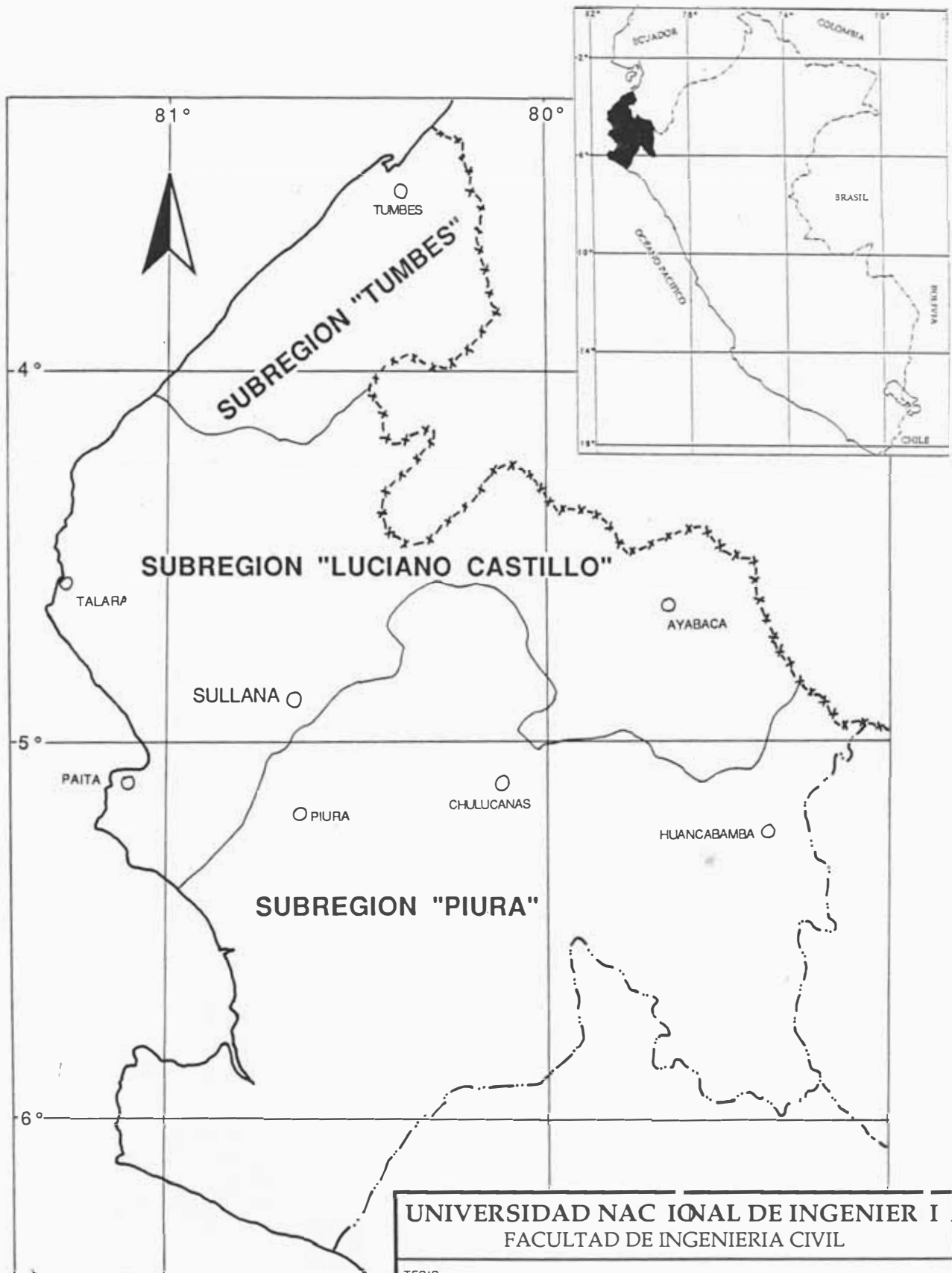
	Categoría	Ley de creación	Latitud	Longitud
Sullana	Ciudad	Ley 1441 del 04 Nov 1911	04° 53' 18"S	80° 41' 07"W
Bellavista	Pueblo	Ley 12301 del 03 May 1955	04° 53' 57"S	80° 40' 48"W

Fuente: INEI

En el mapa 2.2: "Mapa General de la Ciudad de Sullana", se aprecia el conjunto urbano constituido por los distritos de Sullana y Bellavista; que de ahora en adelante llamaré Ciudad de Sullana o Sullana-Bellavista. Además se muestra la estructura urbana general.

2.3 DESCRIPCION DEL TERRITORIO

La Ciudad de Sullana se edificó próxima a la margen izquierda del caudaloso río Chira, sobre un terreno ondulado escaso en prominencias importantes donde predominan las arenas eólicas y escasea la vegetación dando el aspecto típico del desierto costero llamado Tablazo. El río Chira riega un extenso valle muy rico en producción agrícola, lo que trae beneficios económicos a la región gracias a la comercialización de estos productos y a la reciente pero pujante aparición de la agroindustria, además la ciudad de Sullana por su ubicación forma un importante nudo carretero



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

TESIS:
MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCIÓN Y
MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
SULLANA

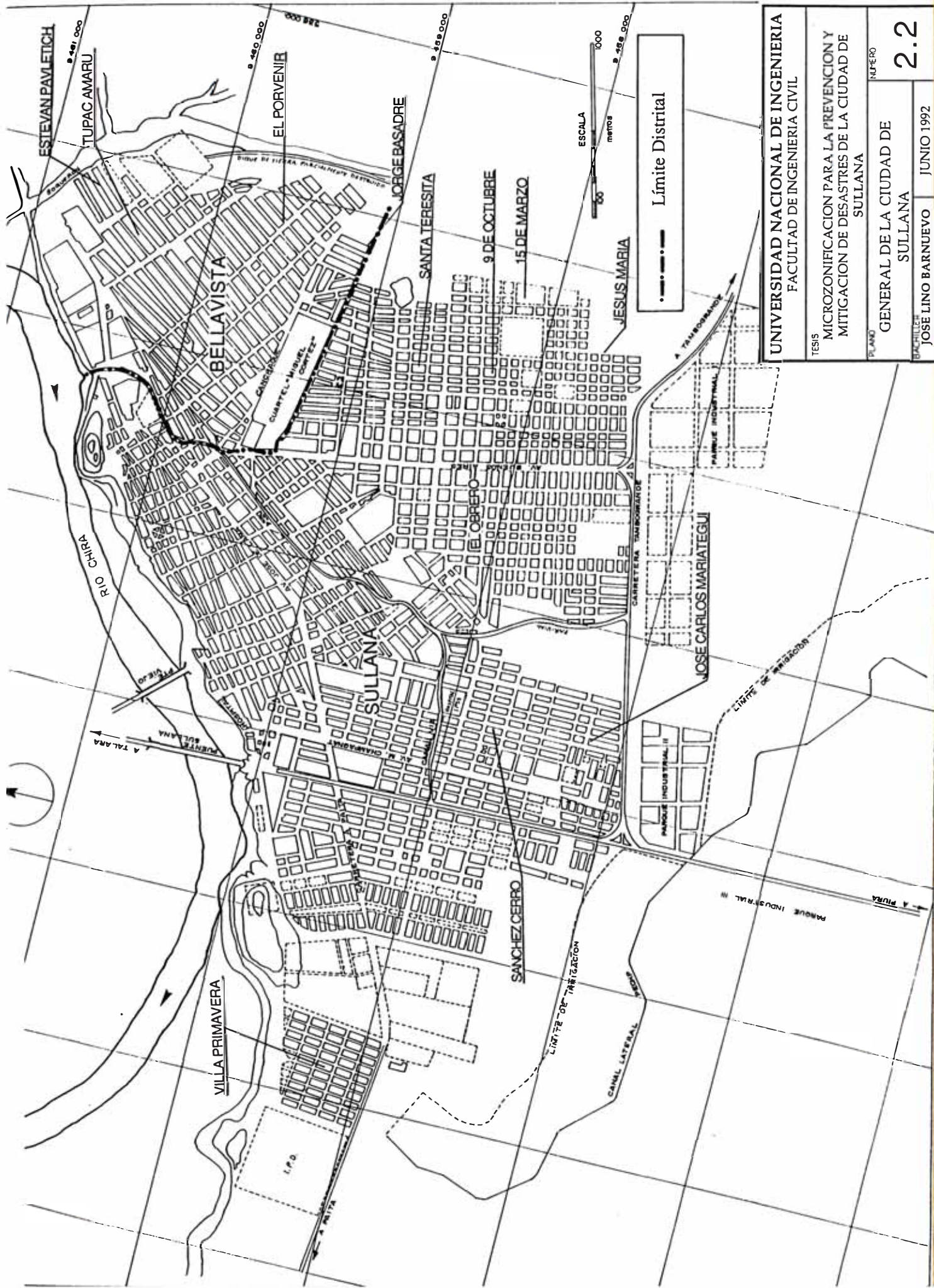
PLANO:
POLITICO Y DE UBICACION DE LA
REGION GRAU

NUMERO:

2.1

BACHILLER:
JOSE LINO BARNUEVO

JUNIO 1992



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS
 MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCIÓN Y
 MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
 SULLANA

PLANO
 GENERAL DE LA CIUDAD DE
 SULLANA

INTEGRADO POR
 JOSE LINO BARNUEVO

NO. 2.2

JUNIO 1992

donde confluyen la carretera panamericana de norte a sur, al puerto de Paita hacia el Oeste y a Poechos y Tambogrande hacia el este; lo cual la convierte en un centro comercial de primer orden. Es tanta la riqueza que a la Ciudad de Sullana se le llama "La Perla del Chira".

El aspecto general del territorio es el de una extensa planicie yerma cortada por el rico valle del río Chira.

El clima predominante es el tropical, siendo la temperatura promedio en el verano de 27 °C y en el invierno de 23°C, la humedad es de alrededor de 70 % aunque en el verano el microclima en el valle puede hacer que la humedad llegue hasta el 90% mientras que en el tablazo se mantiene muy por debajo de este valor. Los vientos predominantes son los del sudoeste con una velocidad máxima de 36 kilómetros por hora. Estos fuertes vientos acarréan material haciendo que las dunas de arena se desplacen constantemente.

2.4 ANTECEDENTES DE DESASTRES

2.4.1 EL FENOMENO DE "EL NIÑO"

El fenómeno de "El Niño", es un fenómeno global que se aprecia en el Perú y Ecuador por un desplazamiento hacia el sur de la corriente oceánica de "El Niño" con el consiguiente alejamiento de la corriente fría de Humbolt lo cual eleva la temperatura del agua de mar produciéndose importantes alteraciones climáticas. El fenómeno de "El Niño" es cíclico y se presenta en diversos grados de intensidad. Históricamente se han registrado los siguientes:

Intensidad	Año
I Débil	1932, 1951, 1963, 1969
II Moderado	1791, 1804, 1814, 1854, 1877/78, 1844, 1953, 1965, 1976, 1992
III Intenso	1828, 1845, 1871, 1940/41, 1957, 1958, 1972
IV Muy intenso	1891, 1925
V Catastrófico	1982/83

No es mucha la información disponible sobre las lluvias en épocas pasadas, las fuentes históricas consultadas revelan que tras los fuertes terremotos de 1814 y 1845, se produjeron intensas lluvias lo cual llevó a hacer pensar al docto Víctor Eguiguren (1865) que existía alguna relación entre las lluvias cíclicas y los sismos. Las lluvias de 1828 se presentaron, además, con fuertes vientos y tormentas eléctricas.

cas, lo que me hace suponer que se trató del paso de una tormenta tropical. Las lluvias de 1871 obstruyeron todas las vías de comunicación, arrasaron campos, casas, haciendas, etc; el río Chira varió su curso dejando seco al fundo Santa Ana (ver Seminario Ojeda, Miguel Arturo (1986)). En 1891, no paró de llover en 60 días (sic).

El fenómeno de "El Niño" de 1983 fue mejor estudiado y particularmente catastrófico. Se juntaron a los factores meteorológicos, geológicos, topográficos y la falta de ordenamiento urbano. Las intensas lluvias activaron quebradas (talweg) por las cuales bajaron riadas que drenaron por su curso natural el cual había sido ocupado por edificaciones, como la vía conocida como "La Quebrada" que era el curso de la quebrada Cieneguillo o la calle Tarapacá, conocida también como "Calle del Desagüe"; en otros casos, la falta o insuficiente capacidad de las alcantarillas en las carreteras provocaron represamientos que inundaron diversas zonas urbanas y en algunos casos al romperse la carretera provocaron riadas que arrasaron extensas áreas causando enormes pérdidas humanas y económicas. Además las erosiones causadas por estas riadas debilitaron o expusieron las cimentaciones de las edificaciones que en muchos casos se desplomaron. Además, se formaron numerosas cárcavas en los acantilados de la margen izquierda del río Chira, las que provocaron deslizamientos y expusieron la cimentación de algunas edificaciones; por ejemplo, desapareció la loma de "Pasamayito" que era la carretera de acceso al puente desde el sur o las cárcavas de la "Plaza Bolognesi" o "El Camal".

Este año de 1992, el fenómeno ENSO se repitió con menor intensidad que en 1983 pero mayor que en 1976. Causó grandes estragos en la ciudad a pesar de lo antelado de las advertencias.

2.4.2 LOS SISMOS

La ciudad de Sullana se encuentra en una zona que se vio afectada por numerosos sismos a través de la historia. El 01 de febrero de 1814 a las 5 am, un fuerte sismo que fue seguido por torrenciales lluvias causó importantes daños materiales; el 01 de febrero de 1845 a las 2 pm un fuerte terremoto derrumbó muchas casas pero debido a la hora no se produjeron muchas víctimas.

-El sismo de Piura del 24 de julio de 1912 a las 06:50 horas, destruyó el 80% de los edificios públicos de Piura. Las torres de las iglesias se dañaron por todo el departamento y se tuvo que demoler la de torre de la iglesia de Sullana. Las carreteras se cortaron por las grietas que se produjeron.

El sismo de Chachapoyas del 14 de mayo de 1928 se sintió en Sullana con una intensidad de 7 MM.

Sismo del 6 de julio de 1938, a las 23:50 horas. Se sintió fuertemente en Piura, Sullana y Chulucanas causando gran alarma. Se le percibió con regular intensidad en Chepén a 300 km al sur.

Recientemente, el 9 de diciembre de 1970 a las 23 horas 34 minutos se produjo un sismo de magnitud 7.5 en la escala de Richter. El epicentro se encontró en Céllica, Ecuador. En Sullana se produjeron tan solo 2 muertos y 35 heridos, estas cifras son sorprendentes si se comparan con los daños materiales que se muestran en el cuadro 2.1 "Daños producidos en Sullana por el sismo de 1970", siguiente:

	Viviendas		Habitantes		Tamaño		Grado de Daño		Total
	Encuesta	Regular	Bastante	Destruídas					
Sullana	10656	58632	60%	1975	3582	773	6330		
Bellavista	3700	19800	21%	254	435	121	810		

Este cuadro es una gentileza del señor Reynaldo Moya

Las zonas más afectadas fueron la central y oeste, las casas cercanas a los acantilados sufrieron desplomes. Esto es debido a que dichas zonas tienen un suelo de arena eólica de gran potencia (hasta 30 m) que se asienta y desplaza con la vibración.

2.4.3 LOS INCENDIOS

A través de su historia, la ciudad de Sullana ha sufrido un gran número de incendios, lamentablemente no he podido precisar los lugares comprometidos y las fechas en que la mayoría de éstos sucedieron. El más famoso fue el incendio de 1868, ocurrido a principios de noviembre, y que puso en peligro a la totalidad de la población de la ciudad. En épocas recientes han ocurrido muchos incendios grandes. En 1975 se incendió la manzana entera en que se ubicaba el Consejo Municipal. En 1989 ardió una manzana de la urbanización Santa Rosa y en 1990 ardió por tercera y última vez (ha sido cerrada) la Fábrica COPSA. Además son frecuentes los incendios forestales en Mallares y Marcavelica y que podrían llegar a afectar a la misma ciudad.

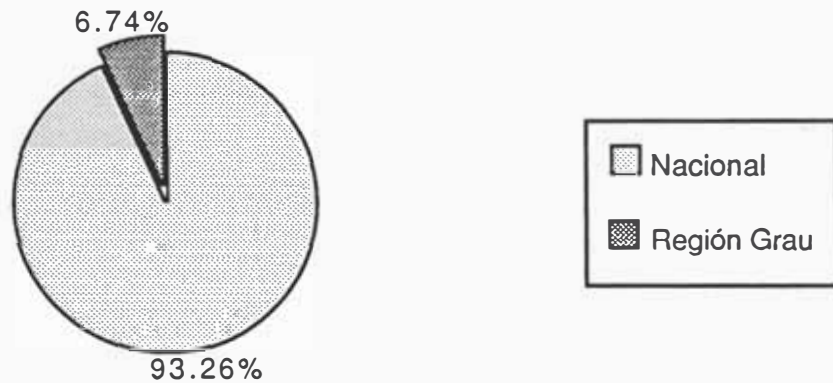
CAPITULO III

SITUACION SOCIO-ECONOMICA

3.1 ASPECTO POBLACIONAL Y PROYECCION AL AÑO 2020

La Región Grau posee una superficie de 40548.43 km² lo que representa el 3.15% del territorio nacional, sin embargo, la población proyectada al 30 de junio de 1989 según el INEI es de 1593700, que representa el 6.74% de la población total del Perú. Lo visualizaremos mejor en el siguiente gráfico:

**Comparación Población Nacional versus
Región Grau, Censo 1981**



Además, mientras que en el total del país la densidad poblacional es de 16.96 habitantes por km², en la Región Grau la misma es de 39.30. Esto confirma nuestra observación de que la población rural es alta; esto es debido a que las actividades agropecuarias representan una gran parte de la actividad económica de la región.

En la tabla siguiente se aprecia que la mayor concentración poblacional de la Región Grau, según el Censo de Población de 1981, es la Provincia de Piura con una población de 413688 habitantes seguida de Sullana con 194549. En el gráfico 3.1 "Población de las Provincias de la Región Grau según censo 1981", se representa la tabla mencionada en porcentajes, en ella se observa que las poblaciones indicadas corresponden al 33.64% y al 15.82% respectivamente. Sin embargo debido a que la superficie de la provincia de Piura es de 12581.09 km² y la de Sullana es de 5423.61 km², las densidades poblacionales son casi las mismas, siendo de 46.15% para Piura y de 46.44 para Sullana (fuente: INEI-DNCE, proyectada al 30 de junio de 1989).

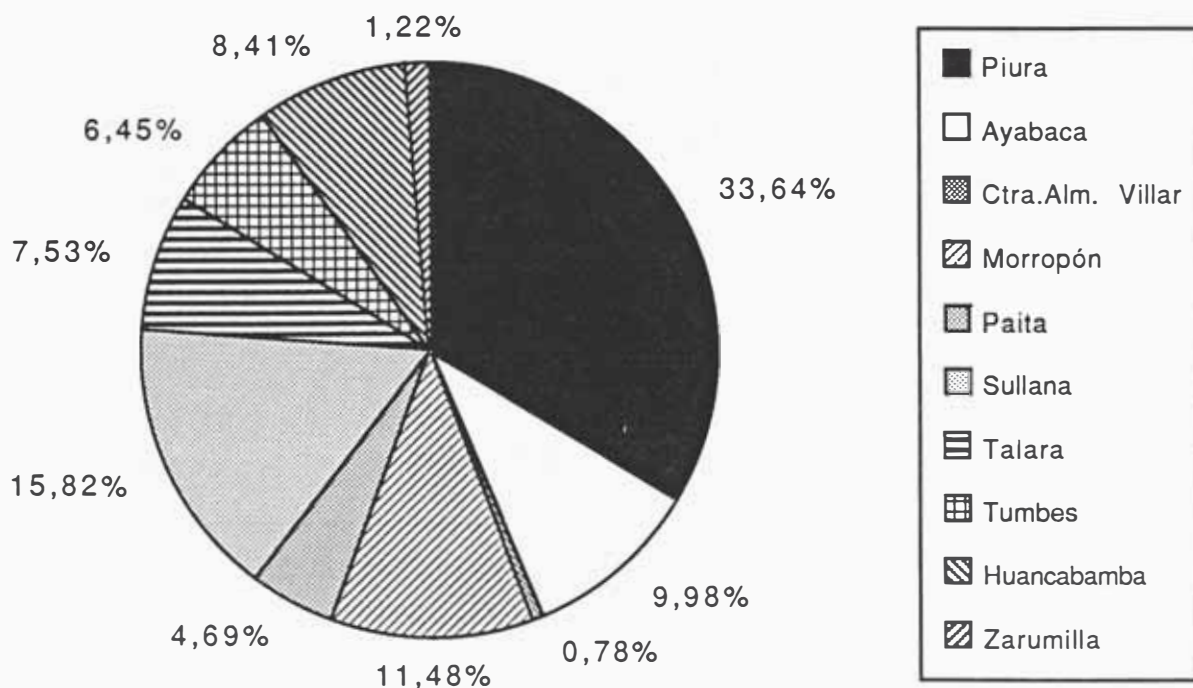
POBLACION DE LAS PROVINCIAS DE LA REGION GRAU SEGUN CENSO 1981

	Provincia	Población
1	Piura	413688
2	Ayabaca	122706
3	CtrAlm. Villar	9607
4	Morropón	141184
5	Paita	57726
6	Sullana	194549
7	Talara	92546
8	Tumbes	79255
9	Huancabamba	103466
10	Zarumilla	14977



Fuente: INEI (1985)

Distribución de la Población por Provincias en la Región Grau



Además, las unidades urbanas de Piura-Castilla y Sullana-Bellavista son también las de mayor número de habitantes en la región, 207934 y 112770 habitantes respec-

tivamente, por lo que la Ciudad de Sullana se convierte en la segunda en número de habitantes de la Región Grau. Para una mejor idea, la ciudad de Tumbes tiene tan solo 47936 habitantes o sea que es 2.4 veces menor que Sullana. En el cuadro 3.1, siguiente podemos apreciar el rápido y sostenido crecimiento de Sullana-Bellavista según los censos de población:

AÑO	SULLANA			BELLAVISTA Pob. Urbana	Pob. Urbana TOTAL
	Pob. Total	Pob. Urbana	Pob. Rural		
1940	35417	41159	14258		41159
1961	40325	34501	5824	15670	50171
1972	65713	59858	5855	23708	83566
1981	89037	80709	8328	32061	112770

Fuente: INEI, Oficina Regional de Piura

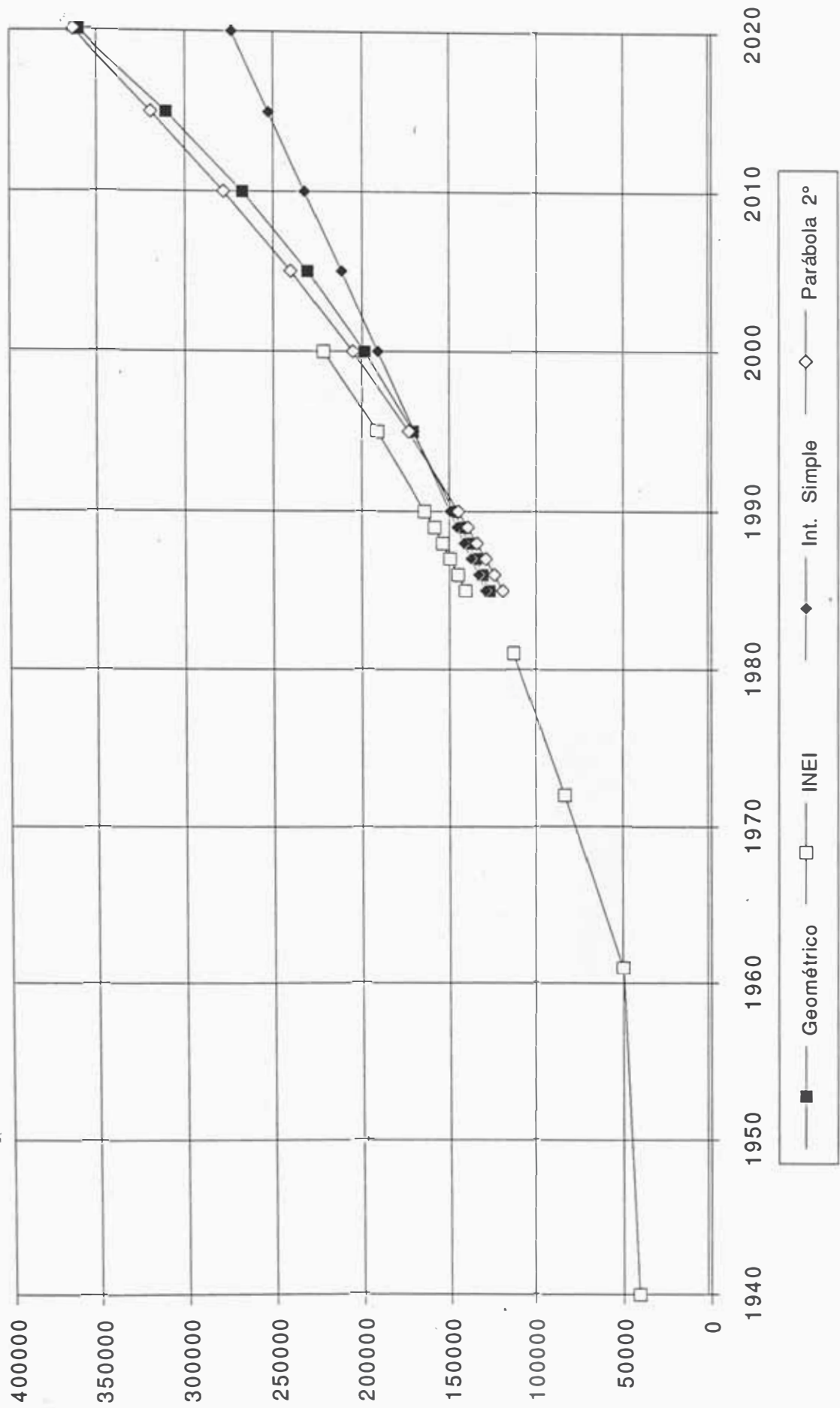
Mediante estos datos se calculó una proyección de la población hasta el año 2020. Se tomó en cuenta que Sullana es una ciudad en franco crecimiento por lo que se escogieron los métodos del "Interés Simple", "Geométrico" y de la "Parábola de Segundo Grado". En el cuadro 3.2 "Proyección de la Población de Sullana-Bellavista", de la página siguiente, se encuentran los resultados de los cálculos junto con una proyección hasta el año 2000 hecha en la Oficina Regional de Piura del INEI, pero de la cual se desconoce el método de cálculo.

Los resultados de estos cálculos se han dibujado en el gráfico 3.2: "Crecimiento Demográfico de la Ciudad de Sullana-Bellavista Proyectado al 2020". Como vemos en el gráfico, los puntos generados por los métodos geométrico y de la parábola de segundo grado son bastante próximos entre sí y ajustan mejor la curva, mientras que los generados por el método del Interés Simple se curvan hacia abajo y los proporcionados por el INEI, si bien son mas altos, no parecen ajustar correctamente la curva; por lo que tomaré el mayor de las primeras series. Para el año 2010 la ciudad de Sullana deberá tener 278297 habitantes y para el 2020 deberá tener 363560.

Un detalle importante que no se aprecia en el gráfico 3.2 debido a la falta de información reciente para la continuación de la curva de población es que el ritmo de crecimiento demográfico parece haber disminuido significativamente en la década de 1980 a 1990. Esta afirmación la hago basado en el mapa 7.1: "Crecimiento histórico de Sullana", en el que se observa que el mayor crecimiento de la ciudad ocurre entre 1970 y 1981, pero el área ocupada desde entonces es mucho menor. Esta observación no es concluyente por falta de información censal, así que asumiré que los resultados obtenidos mediante los censos es exacto.

Cuadro 3.2: PROYECCION DE LA POBLACION DE SULLANA-BELLAVISTA

AÑO	SULLANA	BELLAVISTA	TOTAL	Int. Simple	Met. Geométrico	Parabola 2°
1940	41159		41159	0,01042646	1,0094729	
1961	34501	15670	50171	0,06051123	1,04747424	
1972	59858	23708	83566	0,03883025	1,03386221	
1981	80709	32061	112770			
				0,03658932	1,03026978	
1985	103563	37259	140822	129275	127057	119203
1986	106768	38404	145172	133401	130903	124084
1987	110065	39581	149646	137527	134865	129089
1988	113407	40774	154181	141653	138947	134217
1989	116792	41983	158775	145779	143153	139468
1990	120228	44208	164436	149906	147486	144844
1995	140889	50757	191646	170536	171201	173573
2000	163258	58816	222074	191167	198729	205392
2005				211798	230684	240300
2010				232429	267776	278297
2015				253060	310832	319384
2020				273691	360812	363560
Nota: Los datos en negrita fueron obtenidos por cortesía del INEI-Oficina Regional Piura.						
Nota: Para el método de la parábola de 2° se calculó la ecuación de regresión siguiente:						
$P=2.34E8-240467.304x+61.785x^2$						



CRECIMIENTO DEMOGRAFICO DE LA CIUDAD DE SULLANA-BELLAVISTA PROYECTADO AL 2010

3.2 INDICADORES DEMOGRAFICOS

3.2.1 INDICE DE MASCULINIDAD

El Índice de Masculinidad representa la estructura por sexo de la población y significa la cantidad de varones que hay por cada cien mujeres. En el cuadro siguiente se presentan los índices de masculinidad respecto de la población total de los distritos de Sullana y Bellavista:

Tabla 3.3 MASCULINIDAD
(CENSO 1981)

	TOTAL	Indice de Masculinidad	URBANA		RURAL	
			POBLACION	I.M.	POBLACION	I.M.
SULLANA	89037	95.2	80709	93.8	8328	109.9
BELLAVISTA	32061	101.1	32061	101.1	0	0

Fuente: INEI-DNCE

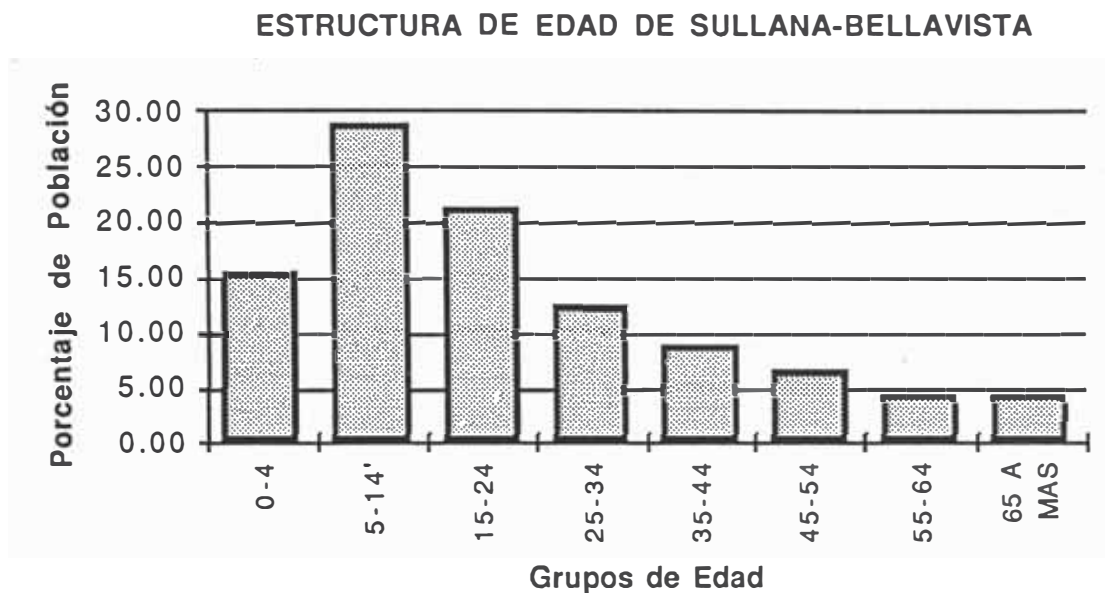
En la tabla 3.3 se observan dos cosas importantes; mientras que el índice de masculinidad de Sullana es muy bajo (93.8), el de Bellavista es alto (101.1); y lo otro es el altísimo índice de masculinidad rural.

Lo primero nos indica que Sullana es una ciudad donde la población masculina está emigrando, mientras que en Bellavista la población masculina está inmigrando. Recordemos que Bellavista es un distrito que está creciendo muy rápidamente, sobretudo debido a los Asentamientos Humanos, por lo general sin regulación, que se están formando.

Lo segundo nos hace pensar que parte de la emigración de las zonas urbanas de Sullana se dirigen a las zonas rurales, esto podría deberse al fuerte desarrollo de la actividad agropecuaria que está ocurriendo en Sullana, sobretudo por el impulso que dan las obras de infraestructura de riego, como el Proyecto Chira-Piura.

3.2.2 ESTRUCTURA POR EDADES DE LA POBLACION

En el gráfico : Estructura de Edad de Sullana-Bellavista, que sigue, podemos apreciar que la población de la ciudad es bastante joven, siendo la mayor parte de edades menores de 34 años.



Ahora, que si dividimos en solo tres grupos de edad, de 0 a 14, de 15 a 64 y de 64 a más tendremos que la población potencial económica activa representa el 52.22%, lo cual es positivo desde el punto de vista de la producción pero también significa mayor dificultad para obtener empleo. Por otro lado, el hecho de que del restante 47.78%, los comprendidos entre 0 y 14 años sean el 43.65% significa que la demanda laboral futura será aun mayor.

3.2.3 NATALIDAD

Los nacimientos se calculan mediante dos indicadores principales, la Tasa Bruta de Natalidad (TBN) y la Tasa Global de Fecundidad (TGF). La TBN significa *la frecuencia de nacimientos ocurridos por cada mil habitantes en el lapso de un año*. En 1989 la TBN de la Región Grau fue de 36.2 niños por cada mil habitantes.

La TGF, en cambio, *expresa el número promedio de hijos que llega a tener una mujer al completar su vida reproductiva (hacia los 49 años)*. Según el censo de 1981, la TGF de la provincia de Sullana fue de 5.1 hijos por mujer, lo cual significa que la fecundidad es alta en la provincia.

3.2.4 MORTALIDAD

Similarmente a la Natalidad, la mortalidad se calcula mediante dos indicadores principales, la Tasa Bruta de Mortalidad (TBM) y la Tasa de Mortalidad Infantil. La TBM representa *la frecuencia de las defunciones ocurridas por cada mil habitantes en el lapso de un año*. En la Región Grau se calculó que en 1989 la TBM fue de 9.9 defunciones por cada mil habitantes; sin embargo, en el Departamento de Piura llegó a 10.5 mientras que en Tumbes fue de 7.0 defunciones por cada mil habitantes.

La Tasa de Mortalidad infantil representa *la frecuencia de muertes de niños menores de un año de edad por cada mil niños nacidos vivos*. Este indicador es uno de los más importantes para medir el grado de desarrollo de un pueblo, pues a mejor cobertura de servicios básicos (saneamiento, salud, educación y vivienda) mayor será el grado de desarrollo y menor deberá ser la mortalidad infantil. En el caso de Sullana, la Tasa de Mortalidad Infantil alcanza el 100.3, es decir que ¡de cada mil niños nacidos vivos, 100.3 no llegarán a cumplir un año! Esta tasa es mayor que la correspondiente a la Región Grau en su conjunto, la cual es 96. Esto nos indica que las condiciones de vida de los pobladores de la ciudad de Sullana están por debajo del estándar regional; es más, podemos considerar que la situación es crítica.

3.2.5 MIGRACION

La emigración es considerada como uno de los fenómenos más importantes de nuestros tiempos, es así como se levantan nuevos asentamientos humanos en las ciudades y se abandonan los campos. En el cuadro siguiente, "Migración (Periodo 1976-1981)", se observa que existe una mayor tendencia por parte de las mujeres a abandonar la ciudad y emigrar, eso no es raro considerando que el índice de masculinidad es menor de 100. Es claro además, que si bien el índice de Migración Neta es negativo, no es demasiado grande como para representar un serio desequilibrio ya que es ampliamente superado por la tasa bruta de natalidad.

Tabla 3.4: MIGRACION (PERIODO 1976-1981)

TOTAL			HOMBRES			MUJERES		
Inmigra.	Emigra.	Migra. Neta	Inmigra	Emigra.	Migra. Neta	Inmigra	Emigra.	Migra. Neta
13.18	17.92	-4.74	14.35	18.85	-4.50	12.01	17.00	-4.99

Fuente: INEI-DNCE

3.3 ASPECTO SOCIO-ECONOMICO

3.3.1 ESTRUCTURA SOCIO ECONOMICA URBANA

Ha sido muy difícil obtener información sobre este aspecto debido a la falta de estudios o imposibilidad de acceder a éstos, sin embargo es notoria la pobreza extrema en la que vive un amplio sector de los ciudadanos. Las cifras que manejamos anteriormente nos lo revelan con crudeza; la mayor parte de la ciudad está conformada por asentamientos humanos con diverso grado de consolidación y acceso a los servicios básicos.

Es impresionante la falta de información al respecto que existe, aun en los mismos Consejos Municipales. La siguiente tabla fue obtenida en el Consejo Provincial de Sullana, está bastante desactualizada en cuanto al número de lotes y de familias pero nos proporciona una idea clara de la magnitud de los asentamientos humanos con relación al resto de la ciudad. En el mapa 3.1: "Distritos, Urbanizaciones y Asentamientos Humanos" podemos apreciar la ubicación de las urbanizaciones y Asentamientos Humanos. Los asentamientos humanos más importantes son:

<u>Nombre del Asentamiento Humano</u>	<u>Número de lotes</u>	<u>Número de familias</u>
Sullana		
Santa Teresita	1877	1136
Juan Velazco	365	349
Sánchez Cerro	1473	1355
El Obrero	2279	2137
9 de Octubre	1910	1732
4 de Noviembre	213	209
Villa Primavera	1010	441
José Carlos Mariátegui	422	295
Vitorino Elor	296	203
Manuel Seoane	55	54
Francisco Bolognesi	56	56
Pilar Nores	154	154
15 de Marzo	265	96
César Vallejo	403	138
Jesús María	422	101

Bellavista

Túpac Amaru

Estevan Pavletich

El Porvenir

Jorge Basadre

3.3.2 SALUD PUBLICA

Este es otro indicador del estado de los servicios de la ciudad, la investigación del Consejo Departamental de Nutrición de Piura realizada en 1989 arrojó los resultados mostrados en la tabla 3.4: Enfermedades Transmisibles por Casos Registrados según Distritos. Año 1988":

	Sullana	Bellavista
Paludismo	58	74
Influenza	-	99
Tifoidea	5	2
TBC respiratorio	16	-
Tosferina	1	-
Tétano	1	-
Sarampión	11	-
Hepatitis vírica	14	-
Salmonelosis	1	2
Intoxicaciones alimentarias	3	2
Amebiasis	116	2
Gastroenteritis	1246	219
Varicela	21	5
Fiebre urliana	1	-
Otras Helminitiasis	159	37
Anquilostomiasis y Necatoriasis	23	-
Ecabiosis (sarna)	79	-
Fiebre reumática	29	-
Infecciones respiratorias agudas	1666	435
Shigilosis (disentería basilar)	2	-

Fuente: INEI-DRE-PIURA (1989)

En este cuadro no se aprecia toda la realidad de la situación, debido a que el pueblo no recurre siempre a los hospitales sino que en muchos casos recurre a médicos naturistas o brujos, ya sea por lo elevado del costo de la medicina tradicional o a las creencias supersticiosas de la gente.

Como podemos comprobar en el cuadro anterior, el número de casos relacionados al mal manejo de los alimentos o derivados del consumo de aguas contaminadas es exageradamente alto.

Si vemos como se distribuye el abastecimiento de agua a nivel regional podemos darnos cuenta del drama que representa la falta o mala calidad del servicio de agua potable y alcantarillado.

Porcentaje de la población abastecida mediante:

Red de agua potable y alcantarillado	40.43%
Pilón público	7.42%
Pozo	5.97%
Camión cisterna	5.60%
Ojo de agua, río, charcos	40.58%

En el mismo informe INEI-DRS-PIURA (1989), encontramos que solo el 59% de los niños menores de cinco años han recibido las cuatro vacunas (BCG y DPT. 1,2,3) las cuales deberían recibirse antes de los nueve meses. Las proyecciones nacionales establecen que el 100% de los niños menores de cinco años deben haber recibido las vacunas.

3.4 ESTIMACION DEL NUMERO DE VIVIENDAS

En el Censo Nacional de Vivienda de 1981 se contaron 19931 viviendas en la ciudad de Sullana, para una población que ascendió a 112770 habitantes; esto da un índice de hacinamiento (ia) igual a 5.66. Como vimos anteriormente, para el año 2010 la población de Sullana-Bellavista habrá crecido a 278297 y el 2020 será 363560. Si suponemos que el índice de hacinamiento permanece constante, entonces usando la ecuación:

$$\frac{\text{Población Futura}}{I_a} = \text{Viviendas Futuras}$$

Obtenemos que para el año 2010 se requerirán 49169 viviendas y para el 2020 se requerirán 64233, es decir, ¡que para el 2010 la ciudad deberá crecer 2.47 veces y para el 2020 deberá crecer 3.22 veces! Sin duda estas metas no se podrán cumplir debido a la enorme superficie de terreno que se requeriría para edificar tal número de viviendas unifamiliares, razón por la cual es previsible que ocurra un proceso de

densificación acompañado de una disminución en el ritmo del crecimiento demográfico. Sin embargo las metas de crecimiento seguirán siendo grandes. El Tablazo representa la única alternativa real de crecimiento sin perjuicio de las áreas en explotación agrícola que son las que proporcionan a Sullana su riqueza.

CAPITULO IV

CONDICIONES FISICAS LOCALES

4.1 GEOMORFOLOGIA

4.1.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

El rasgo geomorfológico más importante es sin duda el río Chira; su valle es amplio y corre del noreste hasta las proximidades de la ciudad de Sullana, donde hace una curva, a partir de la cual corre de este a oeste hasta su desembocadura en el mar. El valle del Chira es amplio llegando a tener más de cuatro kilómetros de ancho a la altura de Sojo, tiene la forma típica de un valle en estado senil presentando meandros e inflexiones suaves. Presenta flancos disímiles; la margen izquierda (hacia el sur) presenta bajas alturas mientras que la margen derecha (hacia el norte), presenta elevaciones más pronunciadas. Ambos márgenes presentan características pronunciadamente diferentes a la altura de Sullana. La margen izquierda, donde está nuestra área de estudio, es una llanura cubierta de material eólico con escaso relieve, típico de los desiertos costeros subtropicales llamada Tablazo; la margen derecha, en cambio, presenta afloramientos rocosos y relieves mas abruptos con numerosos cerros.

4.1.2 GEOMORFOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

El terreno que ocupa Sullana y sus alrededores es ondulado y con escasos relieves; superficies llanas y suaves hondonadas con lechos secos de escorrentía (lineas de Talweg), alternan con lomadas alargadas y prominencias de formas redondeadas que han sido modeladas por acción de escorrentías sobre conglomerados aluviales del pleistoceno; luego en las ondulaciones se acumularon arena eólica y también fluviales. Esta característica morfológica se desarrolla por distancias considerables, a manera de una extensa planicie bisectada por el valle del río Chira.

El área urbana central queda en una suave hondonada relativamente ancha, por cuya parte central corre en dirección Nornoreste el talweg, algo sinuoso de la quebrada Cieneguillo. Actualmente se ha canalizado gran parte de la quebrada. Hacia el Oeste la hondonada se levanta con moderado declive y termina al borde de la ribera izquierda del río Chira es un barranco. El acantilado tiene una altura de alrededor de doce metros a la altura de la desembocadura de la quebrada Cieneguillo, pero entre la Loma de Mambré y el Puente Nuevo alcanza entre treinta y treintaicinco metros desde el río; estas elevaciones son conocidas como Loma de la Plaza de Armas

y el Monte de la Paloma. Más al Oeste se encuentra la Loma de Teodomiro, donde se encuentra el cuartel general de la Primera División de Caballería, a cuya altura se encuentra el eje de la futura presa Sullana. Hacia el Sur de la quebrada Cieneguillo, el terreno vuelve a elevarse muy suavemente por lo cual frecuentemente se compara a Sullana a una hamaca.

La ciudad está cruzada por varias otras quebradas. La zona de Bellavista es más bien llana, debido a que se encuentra en la llanura de inundación de la quebrada del mismo nombre; la elevación más notoria en ese sector es la loma del Cementerio.

Hacia el Este la ciudad se ve limitada por el Boquerón, erosión artificialmente creada por la construcción de un dique de defensa contra inundaciones debidas a la quebrada Bellavista y sus afluentes. El Boquerón, como también es llamado, tiene casi treinta metros de profundidad y cien metros de ancho en su desembocadura.

Hacia el Noroeste existe una amplia zona de médanos con dunas de hasta dos metros de altura. Al sur de los médanos se encuentra nuevamente el conglomerado del Tablazo con una pequeña cobertura de arena eólica. En este sector se encuentra la quebrada Cola del Alacrán.

4.1.3 FOTOINTERPRETACION GEOMORFOLOGICA DE LA CIUDAD DE SULLANA

a. Objetivo.- Se trata de reconocer las características geomorfológicas del relieve a partir de fotografías aéreas y en base a esto hacer un diagnóstico de los diferentes problemas de geodinámica externa que pueden afectar a la ciudad de Sullana. El mapa 4.1: "Geomorfología Local de Sullana" ha sido confeccionado de este modo.

b. Alcances.- El estudio se ha basado en fotografías aéreas tomadas en vuelos de 1983, inmediatamente después de las lluvias extraordinarias de ese año. Las fotografías no abarcaron la totalidad del área de estudio, como las zonas al Oeste de la Loma de Teodomiro o al Sur de los médanos.

c. Características.- En la fotointerpretación saltan a la vista varios problemas. El más importante resulta de la activación de las tres quebradas importantes de la zona, las cuales poseen amplias llanuras de inundación. Cuando el agua baja por ellas en grandes cantidades como ocurrió durante El Niño severo del 82-83 se producen erosiones y arenamientos además de las inundaciones.

Se han detectado numerosas depresiones, como las que corren paralelamente a la carretera Panamericana, estas depresiones son fácilmente inundables por aguas de

filtración, lluvia o escorrentía y ponen en peligro a las edificaciones construidas sobre ellas.

Otro problema importante son las cárcavas formadas por erosión pluvial en los acantilados de la margen izquierda del río Chira, como las formadas en el camal o en la plaza Bolognesi y que compromete la fundación del Puente Sullana, también conocido como Puente Nuevo.

Un problema menor que debe ser estudiado es el avance de las dunas en el extremo Oeste y que podría llegar a comprometer los proyectos urbanos en la zona.

Estos problemas derivados de la geodinámica externa serán analizados detenidamente en el capítulo VI.

4.2 GEOLOGIA

4.2.1 GEOLOGIA REGIONAL

a. RASGOS ESTRUCTURALES

Según Sánchez Velásquez (1990), el valle del río Chira está emplazado en una antigua falla regional que corre con dirección Noreste a Suroeste, cambiando a una dirección Este a Oeste a partir de la ciudad de Sullana hasta su desembocadura.

Estructuralmente, la región está conformada por tres Bloques mayores:

Bloque I MACIZO ILLESCAS

Bloque II DEPRESION PARA-ANDINA

Bloque III BLOQUE DE ALTO PIURA

El Bloque I comprende la cordillera de la costa, a la cual pertenecen los Cerros Illescas, que dan su nombre al macizo cordillerano, cerros de Paita y la cordillera de Tumbes (ver mapa 4.2: "Geología del Noroeste del Perú").

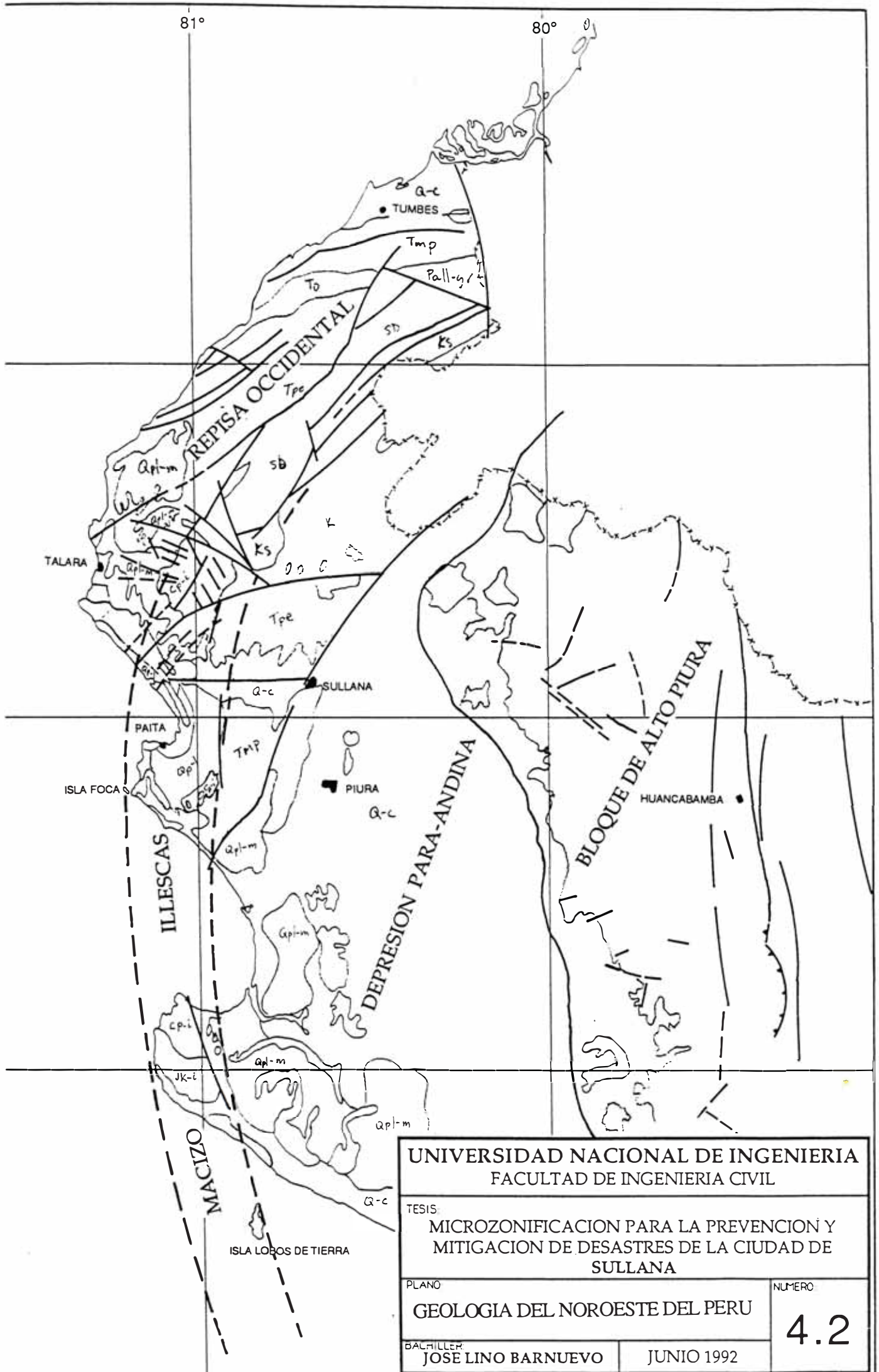
El Bloque central lo forma la Depresión Para-Andina; esta depresión sufrió un vasculamiento con respecto al tercer Bloque debido al fallamiento de distensión que se produjo al levantarse éste. En este bloque se observa el gran desierto casi horizontal, que ha llegado a estabilizarse en la actualidad gracias a un sin número de movimientos tectónicos.

El Bloque Este o Bloque de Alto Piura, corresponde a las estribaciones de la Cordillera de los Andes.

b. ASPECTO LITO-ESTRATIGRAFICO

La estructura litológica del Bloque I está conformada por rocas del Complejo Basal Pre-Precámbrico-Paleozóico (Migmatitas, Gneiss, Granitos y otras rocas, algunas metamórficas muy antiguas).

La estructura litológica del Bloque II está conformado por sedimentos en la cubeta con una profundidad máxima de 2500 metros, que va desde el Cretáceo hasta la actualidad (Depósitos Cuaternarios Aluviales), en su mayor parte son de naturaleza volcánica.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
TESIS MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCION Y MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE SULLANA	
PLANO	NUMERO
GEOLOGIA DEL NOROESTE DEL PERU	4.2
BACHILLER JOSE LINO BARNUEVO	JUNIO 1992

El Bloque III, está formado por rocas volcánicas, rocas intrusivas y otras, que son la principal fuente para las rocas de la cubeta.

4.2.2 GEOLOGIA LOCAL

La geología local pertenece a la Depresión Para-Andina y a está dominada por sedimentos casi del todo horizontales, que pertenecen al terciario y al cuaternario pleistocénico y reciente.

4.2.2.1 ESTRATIGRAFIA

FORMACION ZAPALLAL (Tm-s)

Está formado en la parte inferior por areniscas blanco amarillento de grano fino a medio, compactas; intercaladas con lentes de calizas impuras de color gris claro y violáceo y así como bloques erráticos de calizas. Estos bloques, en forma de nódulos, han sido formados por un proceso de carbonatación de las areniscas. Esta formación se puede apreciar a la altura de la Loma de Teodomiro, subyaciendo a los depósitos cuaternarios del conglomerado Sullana.

DEPOSITOS CUATERNARIOS

Son depósitos aluviales del Pleistoceno, a los que Bellido Bravo (1983) llamó localmente: "Conglomerado Sullana". Este conglomerado se observa en la pendiente de la margen izquierda del valle del río Chira, por debajo del manto de arena y aflorando en las zonas más altas al sur y en diversos sectores de la ciudad.

La naturaleza del conglomerado se reconoce muy bien en las escarpas de la boca del Cieneguillo y del pie de la Loma de Mambré. En la boca del Cieneguillo se aprecia, en la pared inferior, que este estrato tiene una potencia de 5 a 6 metros formado principalmente por cantos rodados de cuarcita, cuarzo, rocas ígneas de 1 a 4 cm y en menor proporción por cantos rodados de 2 a 4", en matriz arenosa, compacta y dura. Luego aparece un horizonte de areniscas de 1.50 a 2.00 m de espesor, amarillentas, herrumbrosas y con estratificación cruzada. Superiormente se presenta de 4 a 5 m de conglomerados compuestos por cantos de 1 a 10 cm de matriz areno-arcillosa con coloración amarillenta, marrón o gris. El mismo conglomerado aflora en la escarpa frontal del Boquerón Núñez y en el de la Loma de Teodomiro.

El conglomerado se puede observar aflorando en diversos sectores de la ciudad, sobretudo donde la erosión ha lavado el suelo arenoso mas blando como en las márgenes de la quebrada Cieneguillo, en el Asentamiento Humano Sánchez Cerro, al lado oeste de la carretera Panamericana entre el desvío a Tambogrande y el cruce con la quebrada de la Cola del Alacrán, etc.

También aflora aguas arriba de las quebradas Cola del Alacrán, Cieneguillo y Bellavista, es decir, en las partes altas al Sur de la ciudad. En este sector, la matriz varía de amarillo a rojo, encontrándose frecuentemente lentes de arcillas rojas bentónicas y de agregados calcáreos con alto contenido de óxido de calcio, muy semejantes a los que encontré en Paita.

DEPOSITOS RECIENTES

a. DEPOSITOS EOLICOS

Son arenas de grano fino a medio que cubren regularmente a los conglomerados del substratum. Se trata de material suelto muy deleznable, que en algunos sitios está fijado por una escasa vegetación de hierbas y arbustos. Las acumulaciones más potentes se presentan a todo lo largo del borde Norte de la ciudad. En la pendiente de la margen izquierda del valle del Chira, se observa que el estrato de arena eólica está directamente encima que el conglomerado, con espesores que varían de 15 a 30 m. En este sector Norte de la ciudad, el manto arenoso aparenta formar una loma alargada y gruesa a todo lo largo del borde superior de la pendiente; disminuyendo hacia la quebrada Cieneguillo donde el manto alcanza de 1.50 a 2.00 m. Son notables las Lomas de Mambré, del Hospital y de Teodomiro. Al Este de la boca del Cieneguillo, el espesor del manto de arena eólica vuelve a incrementarse notoriamente, a la altura del Boquerón éste tiene de 15 a 20 m.

b. DEPOSITOS ALUVIALES

En las márgenes del río Chira se encuentran depósitos aluviales, representados por terrazas y por playas de arena gruesa y grava fina.

Una terraza bastante amplia se reconoce desde la boca del Boquerón Núñez, aguas arriba, totalmente ocupada por la agricultura. Entre la base de la Loma de Mambré y el Puente Viejo se presenta una ancha faja de depósitos aluviales que se explotan como materiales de construcción. Se trata de acumulaciones recientes que en épocas de creciente del río son inundadas.

4.2.2.2 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

No se conocen fallas o sistemas de fallamientos afectando a la roca del subestrátum. El conglomerado aflora casi horizontal en la ribera izquierda del río Chira, al parecer sin dislocaciones distingibles. Sin embargo, es notorio observar que al Sur de la ciudad, en las nacientes de las quebradas, la pendiente aumenta bruscamente en forma casi continua de Este a Oeste lo que ha hecho pensar al Ingeniero Wilfredo Castillo, tal y como me refirió en una conversación sostenida con él en Sullana, que Sullana está situada en un Graven, con dos o tres terrazas que disminuyen de altura de Sur a Norte.

4.3 TOPOGRAFIA

La ciudad de Sullana presenta una topografía con pocos relieves importantes. El accidente topográfico más importante es el acantilado de la margen izquierda del río Chira. Es justamente al lado de los acantilados donde se encuentran las mayores elevaciones. De Este a Oeste, las elevaciones más importantes que figuran en el mapa 4.3: "Topografía de la Ciudad de Sullana", son:

Loma de Mambré: tanque elevado de cabecera.

Loma de la Plaza de Armas: Plaza de Armas de Sullana.

Monte de la Paloma: Hospital del Ministerio de Salud.

Loma de Teodomiro: Cuartel General de la Primera División E.P.

La mayor altitud corresponde a la Loma de Mambré con 82 m.s.n.m.

La altitud disminuye con pendiente hacia el Sur con el punto más bajo en el cause de la quebrada Cieneguillo, actualmente el Canal-Vía; luego la pendiente comienza a aumentar hacia el Sur.

En el mapa 4.3, también se aprecian algunas depresiones importantes y que serán estudiadas mas detalladamente en el capítulo V.

4.4 DRENAJE

El drenaje regional es a través del río Chira. Localmente las aguas las colectan las quebradas Cieneguillo y sus afluentes, las quebradas Cola de Alacrán y Bellavista. Estas quebradas son Talweg, es decir que debido al clima estas quebradas están secas todo el año discurriendo agua por ellas únicamente cuando ocurren lluvias extraordinarias; tanto así que la población invade el cause de dichas quebradas las que al activarse destruyen todo a su paso, como ocurrió en 1983 y ocurre este mismo año.

En el mapa 4.4: "Líneas de Talweg" sobre el mapa topográfico se muestran las quebradas que llegan y cruzan la ciudad.

4.4.1 QUEBRADA CIENEGUILLO

Es el principal dren local; tiene tres etapas muy claramente definidas. La primera etapa consiste en un amplio abanico colector con numerosos afluentes con causes secos, superficiales y divagantes.

La segunda etapa corre de sur a norte por aproximadamente dos kilómetros desde el abanico colector de sus nacientes hasta su encuentro con la Cola del Alacrán. Este sector se caracteriza por ser de fondo casi plano y bastante ancho, alrededor de 250 metros, angostándose progresivamente hasta terminar casi en un embudo en su confluencia con la Cola del Alacrán. Esta etapa es atravesada por un canal lateral de irrigación, las zonas regadas drenan hacia la quebrada por ello en este sector existen ahora numerosas lagunas. Las aguas llegan a dichas lagunas de dos formas, discurriendo superficialmente y aflorando en las depresiones. Durante mis visitas de campo en julio y noviembre comprobé que no discurrían aguas superficiales sin embargo comprobé la existencia de las lagunas y abundante vegetación.

A partir de ese punto, la quebrada Cieneguillo corre de Suroeste a Noreste, uniéndose en el trayecto a la quebrada Bellavista, hasta su desembocadura en el río Chira al Este de la Loma de Mambré, al que llega luego de una caída de diez a doce metros; su cause es muy sinuoso, propio del relieve casi llano del terreno. Actualmente se ha canalizado este tramo mediante la construcción del Canal-vía.

4.4.2 QUEBRADA COLA DEL ALACRAN

Esta quebrada es un tributario de la quebrada Cieneguillo en la cual desemboca a la altura de la urbanización FONAVI. Su desarrollo es muy semejante a la quebrada Cieneguillo. En la primera etapa recolecta las aguas de numerosas quebraditas de la

zona mas elevada al Oeste de la carretera Panamericana; para luego ensanchar su cause hasta llegar al canal trasversal de regadío, en este punto su cause se vuelve difuso y debido a la topografía hace una curva casi de noventa grados con dirección Este, cruza la carretera Panamericana a partir de donde es canalizado por el canal vía hasta desembocar en la Cieneguillo. Su cause se encuentra interrumpido por el canal trasversal, el que no cuenta con alcantarillas apropiadas, y por edificaciones, incluso de material noble, que se han construido en su cause. Al igual que en la quebrada Cieneguillo, a partir del canal trasversal de regadío se aprecia un importante humedecimiento del suelo, encontrándose este cubierto de grama e incluso se observan pequeños ojos de agua.

4.4.3 QUEBRADA BELLAVISTA

Esta quebrada drena las aguas de las partes mas altas del Sureste y del Este. De manera similar a las quebradas Cieneguillo y Cola del Alacrán, las nacientes son pequeñas quebradas de formas muy irregulares que drenan microcuencas formadas por lomas. Posteriormente atraviesa el distrito de Bellavista por el lado Norte del Cuartel del Ejército y desemboca en la quebrada Cieneguillo a la altura del Mercadillo. Su cause después de su naciente se vuelve ancho y superficial, sin embargo a partir del cuartel, el cause ha sido invadido por construcciones que lo han canalizado artificialmente reduciendo su cause a uno o dos metros de profundidad y veinte de ancho. El Asentamiento Humano Jorge Basadre, ubicado en el mismo cause, poco antes del cuartel, fue arrasado durante las lluvias de 1983, sin embargo ha sido reconstruido en el mismo sitio. En la calle Canchaque, que pasa por el lado Norte del cuartel, se observan los buzones del alcantarillado sobresaliendo hasta dos metros del nivel actual de la calle.

4.4.4 EL BOQUERON

Antes de los sucesos del 83, los vecinos de Bellavista habían construido un dique de arena y grava de cuatro metros de altura con el fin de protegerse de eventuales inundaciones por parte de la quebrada Bellavista desviando las aguas hacia el río Chira; al principio de las lluvias de 83 el sistema funcionó creándose un nuevo cause por erosión del débil suelo arenoso; sin embargo al llegar la riada de aguas embalsadas por las carreteras golpearon el dique que ya estaba debilitado por erosión de las lluvias y la humedad y destruyéndolo casi por completo. Estas aguas arrasaron gran parte del distrito de Bellavista.

Este cause artificial creció enormemente debido a la fuerza de las aguas que entraron en riadas al romperse las carreteras que servían como presas. Con el prolongado pe-

riodo lluvioso el cause se ahondó, ensanchó y consolidó; actualmente representa una importante vía de drenaje y de hecho funciona como prevención de riadas que pudieran afectar a Bellavista por el Este. Aunque no del todo. Su cause llega a tener en su desembocadura alrededor de treinta metros de altura y cien de ancho.

4.5 HIDROGEOLOGIA

La hidrogeología de la zona ha sido escasamente estudiada, no he encontrado ninguna investigación al respecto y la ciudad carece de pozos perforados y controlados técnicamente. En realidad, hasta después de que las lluvias de 1983 y luego de que las obras del Hombre modificaron la geomorfología, se consideraba que no existían reservas en el acuífero. Quizá esto se deba a la poca potencia del estrato de conglomerado subyacente a la formación Tablazo que es de areniscas y que tiene un buen drenaje hacia el río Chira.

La presencia de canales de regadío y zonas agrícolas rodeando la ciudad casi por todos lados y la recarga que ha sufrido el acuífero, no explotado, por las lluvias de 1983, 1987 y ahora en 1992 ha elevado el nivel freático.

Se pueden observar chorritos de agua que manan de las partes bajas de los acantilados que dan a la margen izquierda del río Chira, desde la Loma de Mambré hasta la de Teodomiro.

Se han observado lagunas y la napa freática alta en varios sectores:

a) Zona Quebrada Bellavista cercana al Dique: Se observan lagunitas y pozos excavados con agua libre a 1.20 metros. Algunos sectores están cubiertos de grama.

b) Zona Santa Teresita: Se observó grama en diversos puntos, sobretodo cercanos al canal vía.

c) Zona Quebrada Cieneguillo entre Parque Industrial y encuentro con Canal Vía: En este sector se observó gran cantidad de vegetación, así como numerosas lagunas. Sin embargo Bellido (1983) entrevistó a un señor Briceño quien le refirió que anteriormente se excavó un pozo de cinco metros, todo en grava, en las cercanías de esta quebrada sin encontrar agua.

d) Zona Este paralela a la Carretera Panamericana: En las partes más al sur se observan pequeñas lagunas, esta zona era conocida, antes de ser urbanizada, como la Laguna del Pato. En casi todo el resto del sector se observa grama.

e) Zona Oeste de la Carretera Panamericana: El cause de la Cola del Alacrán se ve cubierto en muchas partes por grama y en un pozo excavado para colocar un tubo se observó agua libre a menos de un metro.

f) Zona Oeste paralela a la Carretera a Paita: Muy cerca a las zonas en proceso de urbanización se observan lagunas de regular tamaño y en pozos excavados se observó agua libre a menos de un metro.

Es importante hacer notar que el canal vía carece de lloradores operativos, lo cual puede representar un importante obstáculo para el drenaje natural de las aguas subterráneas con dirección Norte y al mismo tiempo embalsarlas elevando artificialmente el nivel freático.



Foto 4.1: Afloramiento de agua en la quebrada Bellavista

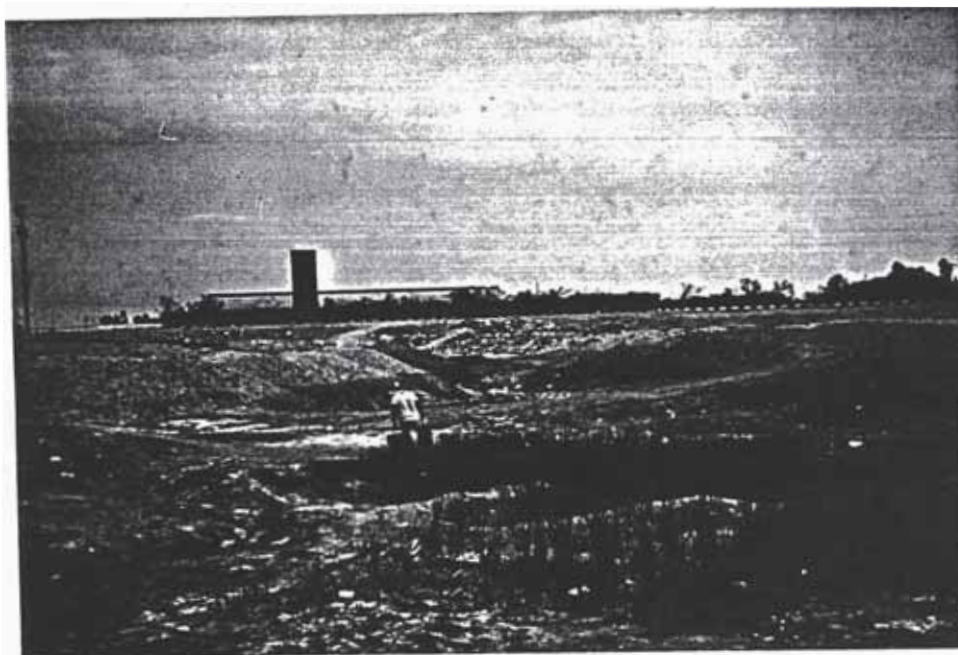


Foto 4.2: Personaje extrayendo agua de un afloramiento cercano a las casas de ENACE

4.6 CLIMATOLOGIA

La información meteorológica que presentaremos en esta sección ha sido proporcionada gentilmente por el Proyecto Especial Chira-Piura, ver PECHP (1972-1991), gracias a su red de estaciones meteorológicas e hidrográficas en los valles de Chira y Piura. Para este trabajo se ha utilizado únicamente los datos de la estación meteorológica M.A.O. Mallares #208, ubicada una altitud de 45 msnm y en coordenadas 80°43'53" Longitud Oeste y 04°51'25" Latitud Sur, por ser la más cercana y representativa de la zona de estudio.

En general se puede decir que el clima de Sullana-Bellavista es bastante benigno, caluroso pero no extremadamente tórrido; las lluvias son mas bien escasas pero la cercanía del río Chira y de los canales de regadío proporcionan el agua y el frescor suficiente. Esta imagen se trastoca totalmente debido al fenómeno ENSO, mejor conocido en el Perú como el fenómeno de El Niño. Cuando ocurre este fenómeno, el calor y las lluvias se incrementan generando una serie de problemas de los más variados; desde inundaciones hasta plagas de insectos. Debido a lo excepcional de dicho fenómeno he decidido estudiarlo independientemente en el Capítulo donde estudiaré la Geodinámica Externa. En este Capítulo me limitaré a estudiar los parámetros climáticos aunque en orden de visualizar la magnitud de las anomalías las compararé con los datos climáticos del ENSO de 1983.



Foto 4.3: ENSO 1992, lluvia en el desierto

4.6.1 PLUVIOMETRIA

En el Capítulo II mostramos la importancia de las lluvias como fuente generadora de desastres en la ciudad de Sullana; en este Capítulo estudiaremos la pluviometría de la zona dejando de lado la causa principal de las anomalías, el fenómeno de "El Niño" para el capítulo VI que versa sobre la geodinámica externa.

En el cuadro "Precipitación total mensual en mm: estación Mallares" del Anexo A, podemos observar que las lluvias suelen ser bastante escasas en la zona de estudio, comprobándose que en la mayor parte del año no llueve cantidad medible alguna siendo los meses lluviosos los de enero a abril, siendo todos los demás de estiaje.

Es notorio sin embargo, que en los años 1973, 1976, 1983 y 1987 llovió considerablemente más de lo normal. En el gráfico 4.2 se aprecia claramente que la cantidad de lluvia caída en los años citados son excepcionales, sobretodo en el periodo comprendido entre octubre de 1982 y julio de 1983, dichos años excepcionales corresponden al fenómeno ENSO que se estudiará con mayor detalle en el Capítulo VI.

En el gráfico 4.1: "Comparación mm de lluvia entre 1983 y la media", vemos que lo llovido en 1983 es varias veces la media de lo llovido en el periodo de registro (1972 a 1991). Tal intensidad de lluvia no fue prevista por ningún cálculo hidráulico por lo que se produjeron enormes pérdidas de vidas y de bienes.

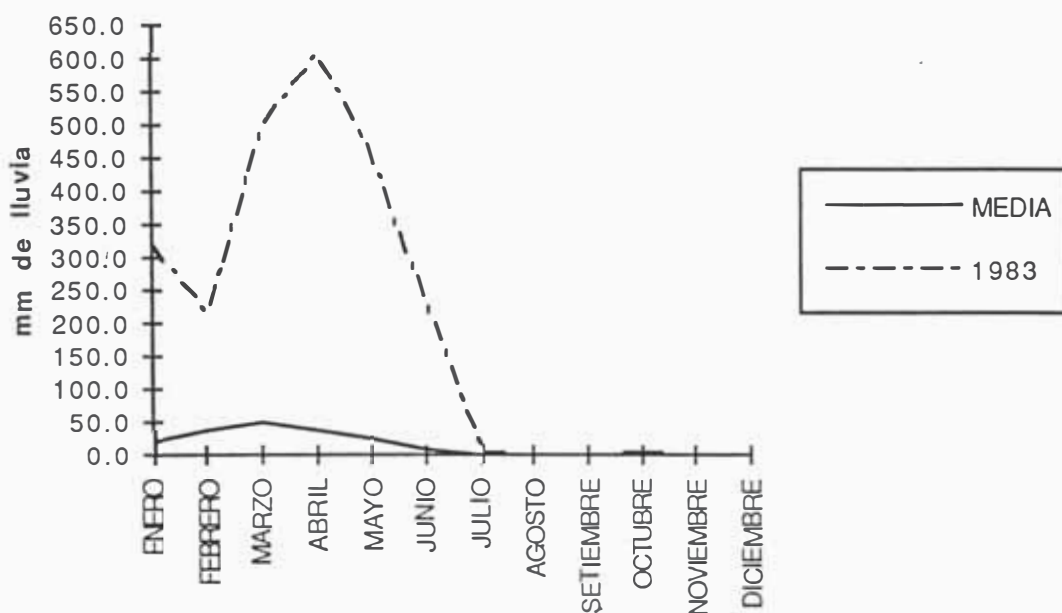
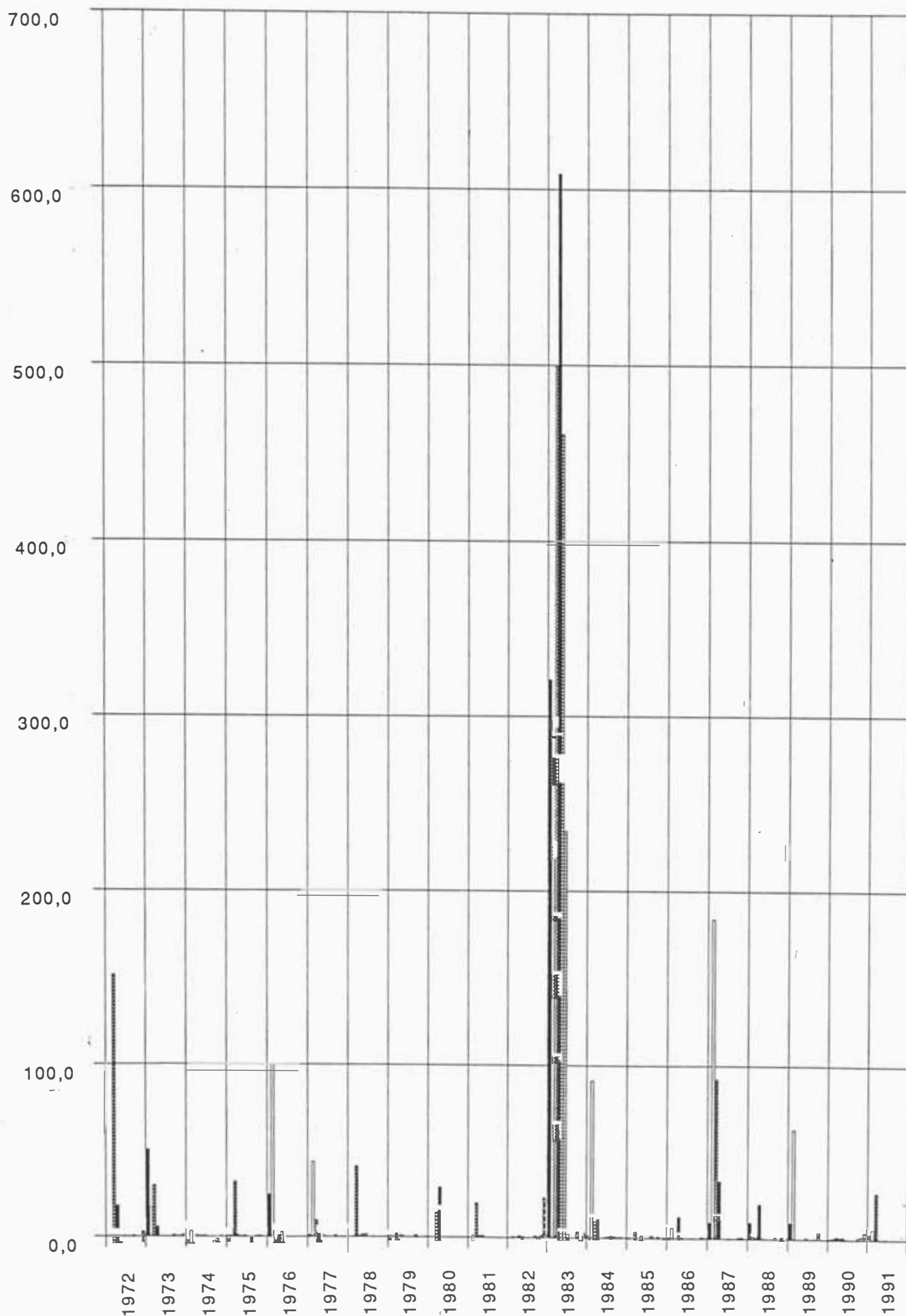


Gráfico 4.1: "Comparación mm de lluvia entre 1983 y la media"



Cuadro 4.2: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL - PERIODO 1972-1991: Estación Mallaes

4.6.2 TEMPERATURA

En el cuadro "Temperatura media mensual horaria en °C: estación Malleares" del Anexo A, se observan varias cosas:

- i. El clima es bastante caluroso, con una temperatura promedio en el verano de más de veintiséis grados centígrados y en el invierno mayor de veinte.
- ii. La diferencia entre las temperaturas medias máximas y mínimas no son muy grandes, con la media media apenas a un grado de diferencia entre éstas.
- iii. Los meses más calurosos corresponden a los de diciembre a mayo, pero entre enero y abril son mucho mas notables las temperaturas altas.
- iv. Los años que corresponden a los eventos ENSO son los más calurosos, como podemos apreciar en el gráfico 4.3: "Temperatura en °C vs. tiempo", donde comparo la temperatura media media mensual con la media mensual correspondiente a 1983; incluso aquí se observa que la diferencia es de pocos grados pero sí es notable un desplazamiento o engrosamiento del periodo caluroso hasta los meses de agosto e inclusive setiembre.

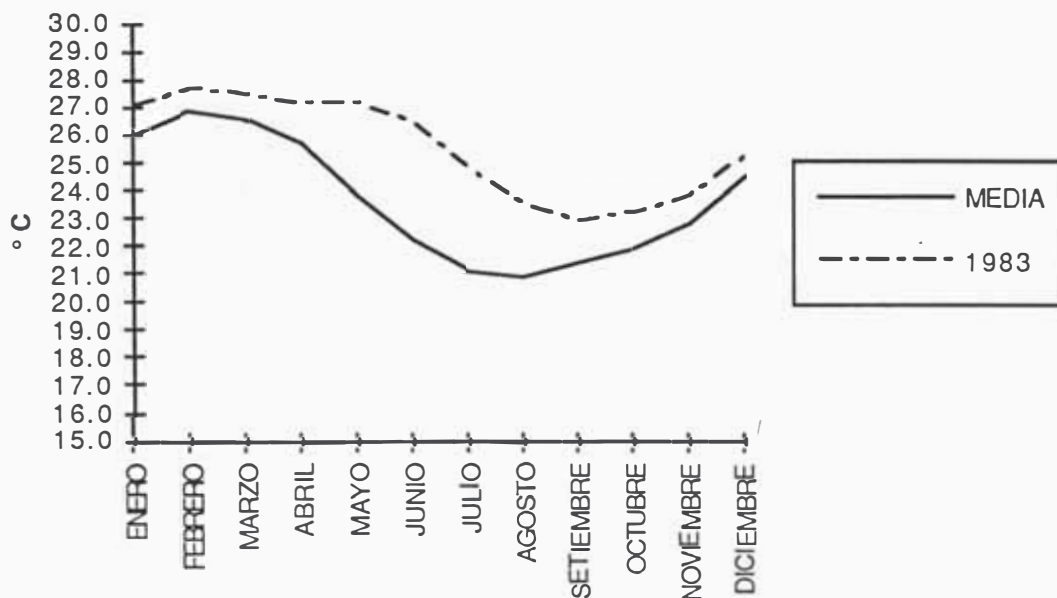


Gráfico 4.3: "Temperatura en °C vs. tiempo"

4.6.3 PRESION ATMOSFERICA

En el cuadro "Presión atmosférica media en mB: estación Mallares" del Anexo A, podemos observar que la media mensual oscila entre 1014 y 1017 milibares, correspondiendo a los meses de verano las menores presiones, sin embargo a lo largo del año, la presión atmosférica es bastante estable.

Nuevamente es en los años que corresponden a los fenómenos excepcionales conocidos como ENSO, que se observan notorias diferencias de la media. Las presiones atmosféricas correspondientes a estos periodos son notablemente más bajas que la media. En el gráfico 4.4: "Presión atmosférica vs. tiempo" se compara la presión atmosférica media con la que corresponde al año 1983, la presión es notablemente más baja que la media en 1983, debido a que este factor parece ser más sensible que la temperatura se le ha adoptado como indicador de la posible aparición del fenómeno ENSO. Mas información sobre este punto se encontrará en el Capítulo V.

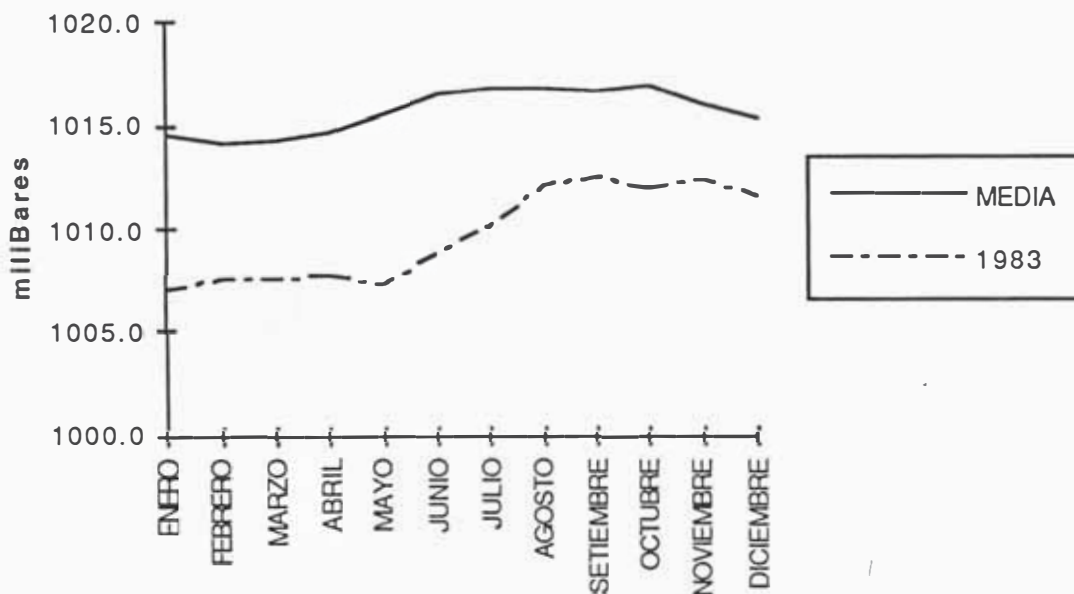


Gráfico 4.4: "Presión atmosférica vs. tiempo"

4.6.4 HUMEDAD

En el cuadro "Humedad relativa media mensual horaria en %: estación Mallares" del Anexo A, observamos que la variación del porcentaje de humedad media durante el año es poco notable, siendo la media máxima de 74.7 y la media mínima de 68.0. Sin embargo, llama poderosamente la atención de que la humedad ambiental promedio sea mayor en los meses de mayo a agosto, es decir en los meses más fríos, aunque ya vimos que la temperatura nunca es muy baja. Esto quizá se deba a la mayor precipitación de los meses de verano. En el gráfico 4.5: "Humedad relativa media mensual vs tiempo", notamos que durante el fenómeno ENSO de 1983, la humedad relativa fue mucho mayor que la media, sobretodo entre enero y mayo

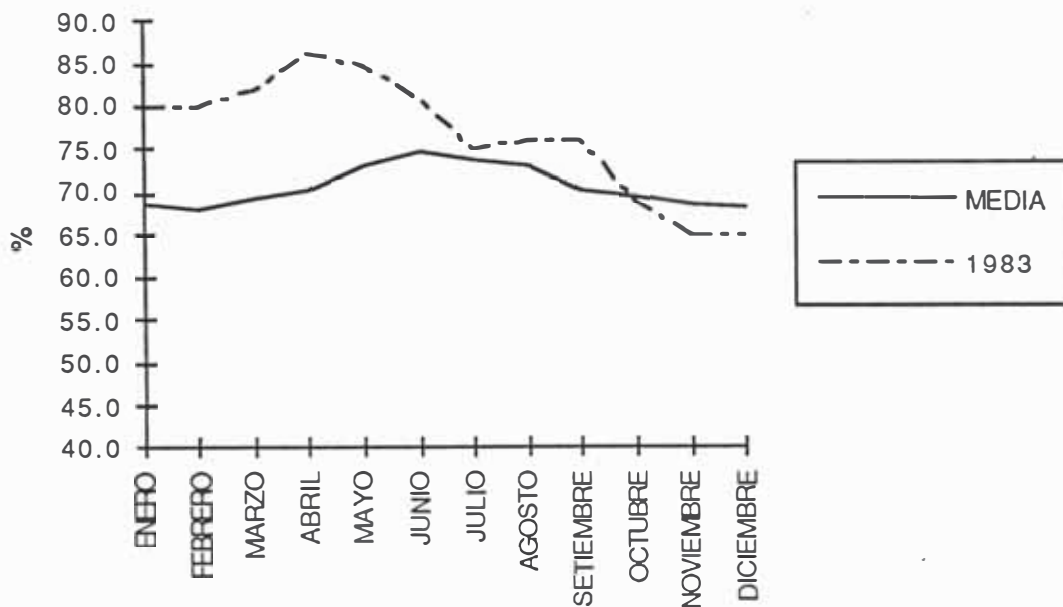


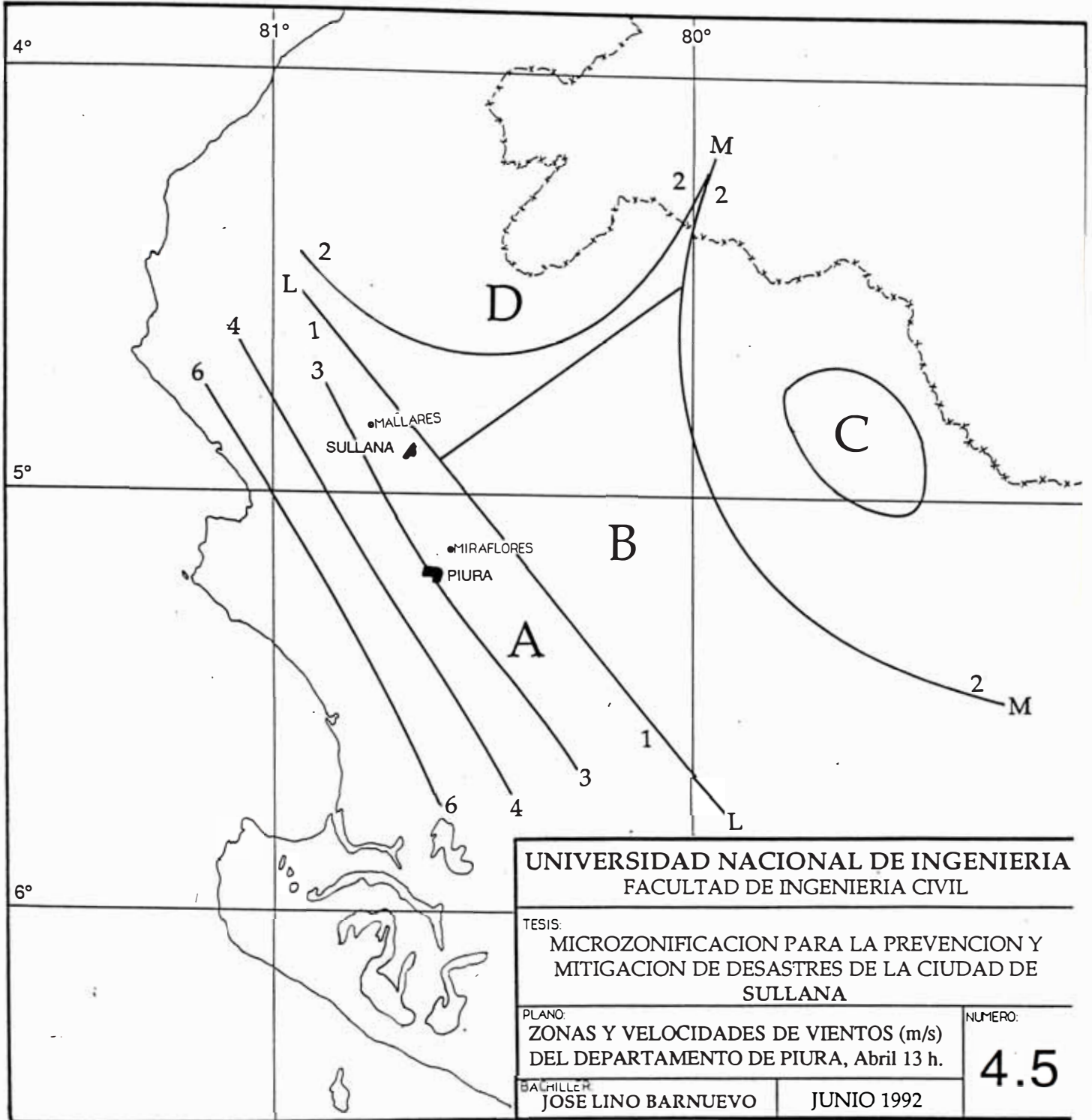
Gráfico 4.5: "Humedad relativa media mensual vs tiempo"

4.6.5 VIENTOS

Los registros en el Período 1972-1989 revelan predominancia en la dirección de Sur a Norte, con velocidades que fluctúan entre 3 y 4 m/seg. Sin embargo, cuando ocurren los eventos ENSO el viento cambia de dirección viniendo del Sudoeste en las etapas iniciales, para luego venir del Oeste durante las etapas de máxima intensidad.

Los vientos predominantes se producen en los meses de setiembre a enero con un promedio de 3.9 m/seg, en general son más fuertes en el invierno, ocurriendo las velocidades máximas a las 18:00 horas y las mínimas a las 07:00 horas. En el Cuadro "Velocidad Media del Viento en m/s: Estación Mallares" del Anexo A, se aprecia la abundancia de vientos con pequeña fuerza pero de empuje constante durante casi todo el día, ocasionando en su accionar que las Dunas y los Médanos invadan los caminos y canales.

Cornejo (1982), da unas pautas regionales para los vientos, divide la región en cuatro zonas, las cuales se pueden ver en el mapa 4.5: "Zonas de Viento del Departamento de Piura y Velocidad del Viento (m/s) en Abril a las 13 horas". Sullana se encuentra ubicada en la zona A la cual limita por el Oeste con el Océano Pacífico y por el Este con la línea imaginaria LL. En esta zona observamos que la velocidad del viento aumenta según un patrón que va de la línea LL hacia el mar.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCION Y
MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
SULLANA

PLANO:
ZONAS Y VELOCIDADES DE VIENTOS (m/s)
DEL DEPARTAMENTO DE PIURA, Abril 13 h.

NUMERO:
4.5

BACHILLER
JOSE LINO BARNUEVO

JUNIO 1992

4.7 MECANICA DE SUELOS

Los estudios de suelos son escasos y están limitados a sectores donde se han construido edificaciones de importancia y estructuras como el Canal-Vía; razón por la cual existen varios sectores sin estudios; sin embargo, dado que los suelos son bastante uniformes me he permitido hacer una extrapolación, sujeta a confirmación mediante estudios detallados de mecánica de suelos.

4.7.1 DESCRIPCION DEL SUBSUELO DEL AREA DE ESTUDIO

En la zona alta del Norte, donde se encuentra el Cercado de Sullana, se ha encontrado que el suelo está conformado por un estrato de arena eólica de gran potencia, entre 5 a 15 m dependiendo de la altura. Cerca al acantilado que da al Mirador de la Plaza de Armas, se ha encontrado que tiene un $\phi \approx 37^\circ$ y $N \approx 10$. La franja de lomadas que corre a lo largo de los acantilados desde el Boquerón, al Este, hasta el campamento de Energoprojekt, al Oeste, está conformado por las mismas arenas eólicas con un $\phi \approx 30^\circ$ y N entre 10 y 16.

La zona comprendida a lo largo del Canal-Vía entre la salida al río Chira y el Mercado Modelo, con una longitud de aproximadamente 1.8 km, está compuesta principalmente por suelos de grava arenosa y limosa con tamaños próximos de 6 a 7" de contornos un poco redondeados.

Cerca al río Chira, los estratos gravosos se encuentran fuertemente cementados con carbonato de calcio, teniendo un $N > 50$; luego se presentan de semicomcompacta a compacta con $N > 50$.

A partir del Mercado Modelo hasta el encuentro con la quebrada Cieneguillo, el estrato gravoso se profundiza, presentándose superficialmente estratos de arenas finas limosas con gravas aisladas, color gris oscuro y arenas de grano medio a grueso en estados semisuelos y semicomcompactos; no se detectó la capa de grava hasta la profundidad de 3.50 m. Las arenas están muy poco compactadas, con valores de N de 4 a 9 a profundidades de 3.00m.

Continuando por la quebrada Cieneguillo hasta la carretera a Tambogrande, se encontraron arenas finas y arenas limosas con $N \approx 13$ a 1.45m, $N \approx 22$ a 2.60m y $N \approx 25$ a 3.45m.

En la zona Industrial II, se observa similar estratigrafía a la zona ancha de la quebrada Cieneguillo. Existen lentes de limos blanquesinos de escasa plasticidad a una profundidad de 2.00 en promedio.

Del encuentro hacia el Oeste por la quebrada Cola del Alacrán se encontró un estrato de arena fina limosa de entre 1.00 y 1.70 m de profundidad con $N \approx 8$. Luego volvemos a encontrar el estrato gravoso $N > 50$.

En la Avenida Ricardo Palma, en el tramo comprendido entre la carretera a Tambogrande y unos 500m por la avenida en dirección Norte, predominan los suelos gravosos parcialmente cementados con $N \approx 34$. El estrato superficial de arena tiene aproximadamente 1.00m de profundidad con $N \approx 10$.

Al Oeste de la carretera Panamericana, entre las lomas y el límite de la irrigación del Canal Lateral PECHP, se ha encontrado una capa superficial de arena fina de 1.00 a 1.50m de profundidad con un $\phi = 29^\circ$, $N \approx 9$, $DR \approx 31\%$. Luego la arena se compacta teniendo $\phi \approx 32^\circ$, $N \approx 18$ y $DR \approx 43\%$ hasta los 3.00m. Luego se encontró una capa de arcilla inorgánica de baja a medianamente baja plasticidad, con LL de 28 a 33% y IP de 9 a 13%. Se observaron depresiones inundadas luego de las lluvias de 1992.

Aproximadamente desde el Par-Vial hacia el Este, se encuentran suelos con una capa superficial de arena fina de menos de 1.00m de profundidad, seguida por otra de arena limosa con material calcáreo de color blanco. Se observaron lentes de arcilla arenosa de plasticidad media (ML) y lentes de agregado calcáreo.

4.7.2 SUELOS EXPANSIVOS

Arnaldo Carrillo (1) nos aclara que la expansión y contracción de los suelos está íntimamente ligada al contenido de humedad del suelo arcilloso. Se da en muchos lugares del mundo pero sobretodo en en aquellas regiones de clima seco y aridez casi permanente, o donde se da una estación muy seca seguida de otra muy seca. El primer caso ocurre en Sullana, que es muy árido y se ve asotado por intensas lluvias únicamente durante los extraordinarios fenómenos ENSO.

Las arcillas se encuentran en Sullana formando estratos de pequeñas dimensiones y espesor o en lentes. Sobretodo en las zonas siguientes:

i) Zona limitada por el límite de la irrigación del Canal Lateral del PECHP y las Lomadas de arena frente al acantilado Norte. Estrato de 30 cm de espesor.

ii) Asentamientos Humanos al Noreste del Cuartel Miguel Cortez. Son explotadas canteras de arcilla para fabricar ladrillos y adobe.

iii) Zona Industrial III, al Sur de Sullana.

Las arcillas encontradas son inorgánicas, de color rojo y de baja plasticidad, con límites de Attemberg de:

LL entre 28 y 33% IP entre 9 y 13%

Según Carrillo (1), para el reconocimiento cualitativo se requiere:

a) Contenido de Humedad: Las arcillas con contenido de humedad mayor o igual a 30% son menos peligrosas pues parte del hinchamiento ya se produjo. Se debe tener presente el proceso de desecación.

b) Densidad Seca: Generalmente los suelos con densidad seca mayor de 1.76 gr/cm³ muestran alto potencial de hinchamiento.

c) Según las Propiedades Indices:

% pasa malla # 200	LL (%)	Nspt	% Total de probable expansión	Presión de esponjamiento (kips/pie ²)	Grado de expansión
95	60	30	10	20	Muy Alto
60 a 95	40 a 60	20 a 30	3 a 10	5 a 20	Alto
30 a 60	30 a 40	10 a 20	1 a 5	3 a 5	Medio
30	30	10	1	1	Bajo

d) Medición directa en el consolidómetro unidimensional convencional.

De acuerdo a los puntos anteriores, la mayor parte de las arcillas se encuentran en zonas con la napa freática cercana a la superficie y con bastante humedad. El Límite Líquido corresponde a un grado de expansión de Medio a Bajo; además la potencia de los estratos arcillosos es muy pequeño. Aparentemente no hay suelos expansivos en Sullana, sin embargo es recomendable realizar una evaluación cada vez que se encuentre arcilla en el suelo de fundación.

4.7.3 SUELOS COLAPSABLES

Son suelos que en contacto con el agua aumentan su relación de vacíos (e), o lo que es lo mismo, su relación de vacíos disminuye junto con su volumen. Se consideran suelos potencialmente colapsables a los que poseen cantidades significativas de carbonatos de calcio y de magnesio, sales y sulfatos solubles. Lo que ocurre es que el agua disuelve con facilidad estos elementos dejando cangrejas dentro de la roca, la cual al estar sometida a una carga, como una edificación, colapsa causando el asentamiento de la estructura sobre él.

Se han encontrado lentes de carbonatos de color blanco en diversas partes de la ciudad, ya sea en forma de lentes como mezclados con limos y arenas. Se han encontrado sobretodo en:

a) La zona Sur y Sureste de la ciudad, formando lentes con una potencia que va de 0.50 a 1.20 m.

b) A lo largo del Canal-Vía, entre la salida y el Mercado Modelo, el estrato de grava arenosa y limosa se encuentra fuertemente cementado con carbonatos de calcio.

Alva (1987), ha encontrado en Talara suelos con índices de colapso de 0.4 a 1.3%. Como también he encontrado lentes de carbonatos en la zona Industrial III, al lado de la carretera Panamericana; debo suponer que también pueden haber carbonatos mezclados en la matriz de las gravas que forman el conglomerado Sullana la cual aflora en toda la zona alta del Sur de Sullana.

Jiménez (1980), afirma que "la causa desencadenante del colapso es siempre la presencia de agua. Aunque otra de las circunstancias que deben ser concurrentes es la de una carga, en general mayor de la previamente actuaba sobre el suelo, este fenómeno se presenta casi exclusivamente en zonas áridas, en donde el terreno ha podido conservar una estructura floja gracias a que nunca ha llegado a estar saturado". Por ello, en todas estas zonas se deberá tener cuidado con las tuberías de agua y alcantarillado y de disponer un adecuado sistema de drenaje pluvial.

Es importante realizar ensayos de colapso en las zonas de expansión del Sur y hacer obligatorio estos ensayos en todo proyecto que se vaya a ejecutar en la ciudad.

4.8 HIDROLOGIA DEL RIO CHIRA

El río Chira es la principal fuente de riqueza en la región, con sus aguas se riegan los valles de Piura y Chira y numerosas áreas antes desérticas. Desde 1975 opera la represa de Poechos que funciona como almacenamiento para las épocas de estiaje y como colchón regulador, sin embargo el caudal del río es muy variable, aumentando dramáticamente en épocas de ENSO. En el gráfico 4.6: "Comparación de las descargas medias mensuales medias con las del ENSO 1983", se observa que la variación entre las épocas "normales" y de acción del fenómeno ENSO es de casi siete veces, entonces se sale de su cauce y arrasa con campos de cultivo y con la terraza aluvial frente a Sullana. La máxima avenida registrada ocurrió el 5 de junio de 1983, día en que llegó a 3025 m³/s!

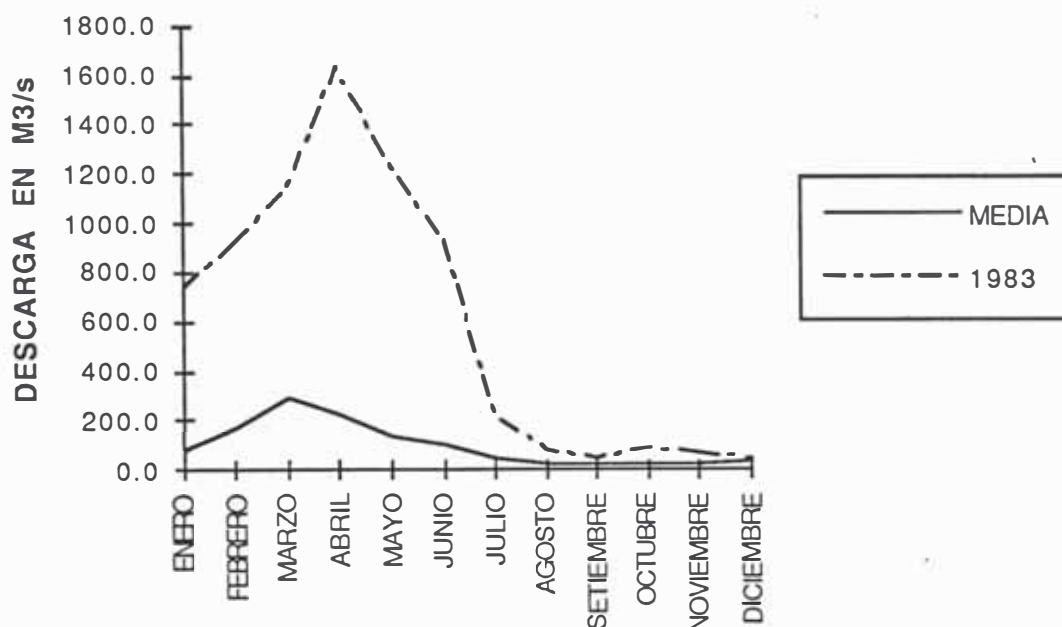
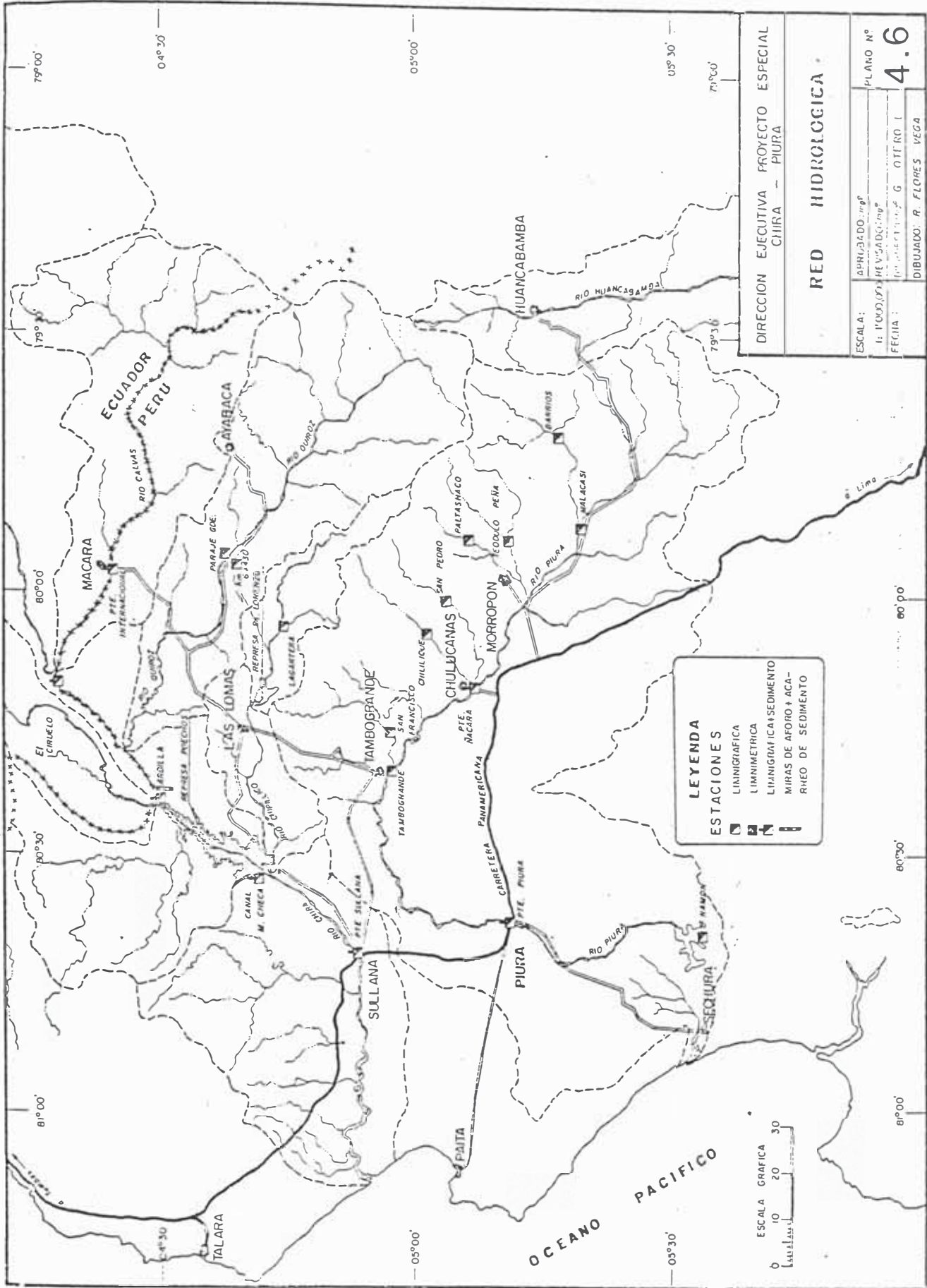


gráfico 4.6: Comparación de las descargas medias mensuales medias con las del ENSO 1983

Felizmente las crecidas del río Chira tienen escaso efecto en la ciudad de Sullana, afectando solo la terraza aluvial que es ocupada por personas que la explotan como cantera de agregados y tierras de cultivo. Si bien estas inundaciones revisten gravedad, al no tener influencia directa en la zona de estudio no abundaré más en el tema.

En el mapa 4.6: "Red Hidrológica" proporcionado por el PECHP, de la página siguiente, podemos apreciar la extensión de la cuenca hidrográfica del río Chira y la cercanía del gran vaso de la presa de Poechos.



DIRECCION EJECUTIVA PROYECTO ESPECIAL
CHIARA - PIURA

RED HIDROLOGICA

ESCALA:	APROBADO: mpf	PLANO N°
1: 100000	REV. 00000000	4.6
FECHA:	1960	G OITRO I
		DIBUJADO: R. FLORES VEGA

LEYENDA
ESTACIONES
 LIMNIGRAFICA
 LIMNIGRAFICA + SEDIMENTO
 MIRAS DE AFORO + ACA-
 RHEO DE SEDIMENTO

ESCALA GRAFICA
 0 10 20 30
 Kilómetros

CAPITULO V

MICROZONIFICACION FISICA

5.1 GEODINAMICA EXTERNA

5.1.1 INTRODUCCION

Como ya se ha dicho, la ciudad de Sullana-Bellavista tiene una topografía poco accidentada, sin embargo ha padecido los efectos geodinámicos del viento y las lluvias. Este segundo agente es el responsable principal de los desastres ocurridos a la ciudad a lo largo de su historia y por ello deberemos estudiarlo detenidamente. Como se ha visto en el Capítulo IV, las lluvias en Sullana son muy poco frecuentes, siendo destructivas únicamente durante los periodos excepcionales conocidos como eventos ENSO o simplemente como "El Niño". Por ello en este capítulo estudiaré en forma sucinta, ya que es un tema para muchas investigaciones y no es el fin de esta Tesis, el fenómeno de "El Niño". Pero antes, enumeraremos los principales efectos geodinámicos debido a las lluvias:

- i) Formación de cárcavas en los acantilados de la margen izquierda del valle del río Chira.
- ii) Activación de las líneas de Talweg que recorren la ciudad, las cuales producen inundaciones al estar interrumpido u ocupado su cause, producen fuertes erosiones en sus causes más empinados o arenamientos en las curvas o en los causes de menor pendiente.
- iii) Inundaciones de zonas de topografía deprimida con escaso o ningún drenaje.

Además, los efectos de la geodinámica externa se ven aumentados por causas artificiales, como ocurrió en 1983, en que la escasa capacidad de las alcantarillas o su inexistencia transformaron a las carreteras que cortaban las quebradas en represas artificiales, que al colapsar por la presión del agua causaron riadas sumamente destructivas.

En este Capítulo estudiaremos cada uno de los sectores en donde he encontrado que la geodinámica externa puede presentar problemas, después del estudio del material bibliográfico, de las fotografías aéreas y en todos los casos he llevado a cabo un serio estudio en el campo.

5.1.2 FENOMENO DE "EL NIÑO"

5.1.2.1 CICLICIDAD DEL FENOMENO

En el Capítulo II, mostré la importancia de estudiar el fenómeno de "El Niño" y sus efectos en la ciudad de Sullana-Bellavista dado su carácter cíclico y en el Capítulo IV estudiamos su meteorología. En el cuadro de la página 09, se muestra los años en que se han producido estos fenómenos evaluando su intensidad mediante una escala del uno al cinco, donde el cinco es la máxima intensidad histórica, la cual corresponde al año 1983.

En el cuadro se observa que en promedio se presenta un fenómeno cada seis años, aunque esta ciclicidad no es exacta ya que existen diferencias de años muy pequeñas como de dos a cuatro y también muy grandes como de hasta veintiún años; además, las intensidades que se han considerado, sobretodo en las anteriores al presente siglo, han sido colocadas un poco arbitrariamente; esto último se debe a la falta de observaciones precisas en esos tiempos. Asumiré que las observaciones son correctas ya que lo importante en este caso es la reiteración de los dañinos efectos del fenómeno de "El Niño".

La ciclicidad del fenómeno se observa mejor en el gráfico 5.1: "Intensidad de las lluvias vs. tiempo", este gráfico fue elaborado a partir del cuadro anterior.

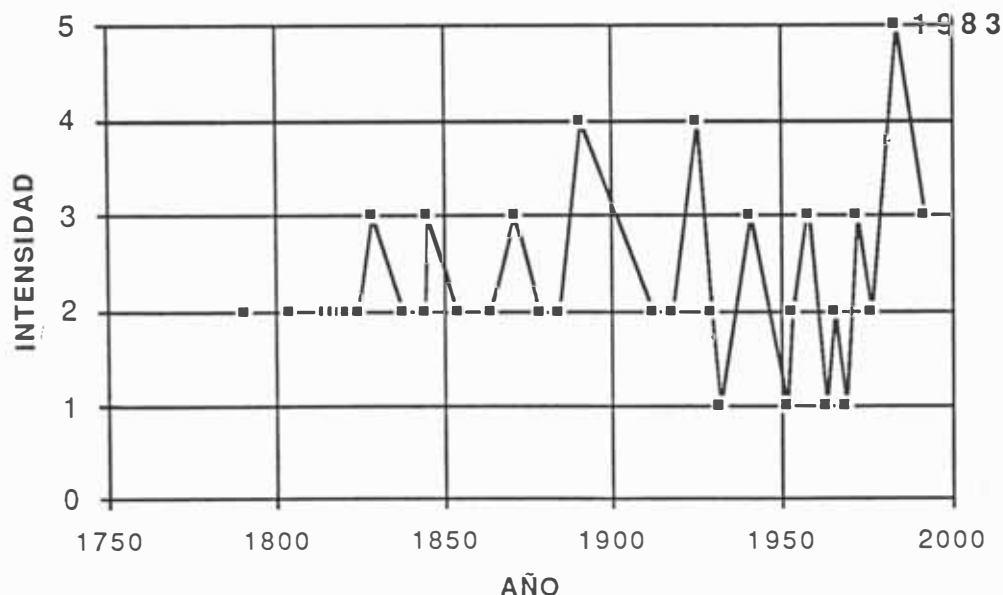


Gráfico 5.1: Intensidad de las lluvias vs. tiempo

En el gráfico 5.1, apreciamos que la anomalía se observa desde hace mucho tiempo, produciéndose de manera más o menos regular pero con una etapa de relativa

calma entre los años 1891 y 1925, en los cuales se produjeron lluvias Muy Intensas (IV); pero luego la frecuencia aumenta notablemente hasta la actualidad. Aparentemente estamos pasando por un ciclo dentro de otro ciclo de gran actividad meteorológica, incluso es en este periodo posterior a 1925 que se producen las mayores lluvias extraordinarias, llegando a un máximo en 1982/3. Sin embargo, la evidencia geológica nos permite apreciar que han ocurrido lluvias aun mayores en la antigüedad.

La última ocurrencia del fenómeno de El Niño, ocurrió en 1987 con una intensidad moderada pero este año de 1992, el fenómeno se repite con mayor intensidad y duración que en 1987, pero mucho menor que en 1983. Lamentablemente, al escribir estas líneas (marzo 1992) aun no dispongo de la información hidrológica y meteorológica correspondiente.

5.1.2.2 EL NIÑO - OSCILACION DEL SUR

El fenómeno de "El Niño" es conocido por los Sudamericanos desde hace mucho tiempo, consiste básicamente en la intrusión de la corriente cálida ecuatorial de El Niño hacia el sur desplazando a la corriente fría de Humbolt, que corre de Sur a Norte, hacia el Oeste. El fenómeno descrito por Trenharth (1991) como "un columpio en las masas atmosféricas envolviendo intercambios de aire entre los hemisferios Occidental y Oriental en latitudes tropicales y subtropicales, con centros de acción localizados sobre Indonesia y el Océano Pacífico tropical". Este fenómeno de intercambio de aire entre los hemisferios se conoce como Oscilación del Sur. Según Lagos (1991), estos dos fenómenos han sido relacionados por los estudiosos del Clima y actualmente se habla de la anomalía ENSO, que son las siglas en inglés de "El Niño - Oscilación del Sur". La evidencia sugiere que que el fenómeno ENSO contribuye o es el responsable de los patrones anómalos del clima en todo el mundo, algunas veces causando grandes desastres. Por ejemplo, el ENSO de 1982/83 causó inundaciones, avenidas y tormentas a la vez que en otras partes causaba dramáticas sequías, en los cinco continentes.

5.1.2.3 INDICADORES DEL ENSO

Debido a lo irregular de la ocurrencia del fenómeno, se ha tenido que recurrir a ciertos indicadores para poder predecir el evento; estos son:

a) La diferencia de presión atmosférica entre la costa Peruana y el norte de Australia. Si la presión atmosférica en la costa peruana es muy baja, entonces estamos ante la posibilidad de que ocurra el fenómeno.

En el gráfico 5.2: "Presión Atmosférica vs. Temperatura", observamos que existe una muy buena correlación lineal de los puntos, sobretodo de los valores medios; sin embargo, al compararla con la correlación de los puntos del año 1983, en el cual el fenómeno ENSO mostró la mayor intensidad, vemos que la recta tiene mucha mayor pendiente y está desplazada hacia la izquierda de modo que a menor presión atmosférica corresponde una mayor temperatura.

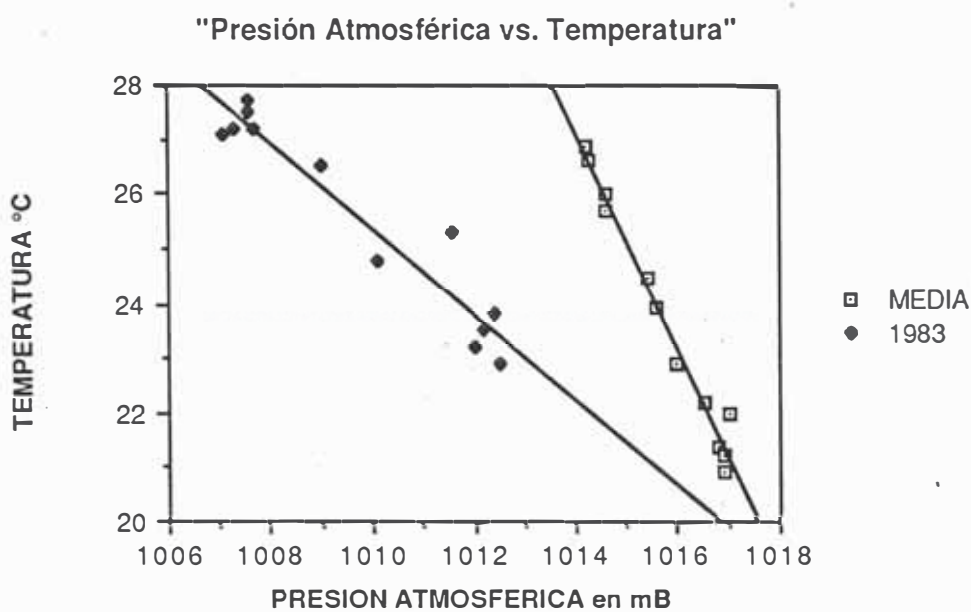


Gráfico 5.2: Presión Atmosférica vs. Temperatura, estación Mallares.

b) La temperatura superficial del mar aumenta considerablemente en poco tiempo. Como muestra de ello podemos ver el gráfico 5.3: "Temperatura del agua de mar frente a Paita", donde comparamos la temperatura media con la correspondiente a algunos eventos ENSO. Es notorio que las mayores temperaturas superficiales del mar corresponden a los eventos ENSO más intensos.

c) Por efecto de los menores vientos, el nivel medio del mar en nuestras costas se eleva mientras que en Australia desciende. Este incremento fue del orden de los 50 cm. en el verano de 1983.

d) Normalmente los vientos en la zona de Piura proceden del Sur y cambian de dirección hacia el Este en la parte próxima a la Línea Ecuatorial; al bajar la presión atmosférica, cambia la dirección del viento y entonces vienen del Oeste, debido a que simultáneamente en la zona del Pacífico Oeste (Australia, Indonesia, etc.) ha subido la presión atmosférica. En este caso se genera una circulación del aire: de Oeste a Este en la parte más baja de la atmósfera desde la zona de Indonesia hasta la zona del Pacífico, donde se origina un movimiento ascendente del viento, luego se pro-

ducen los vientos de altura de Este a Oeste, para finalmente descender en la zona del Pacífico Oeste. De esta manera, los vientos bajos que vienen del Oeste están cargados de alta humedad y originan fuertes lluvias en la Costa Norte del Perú.

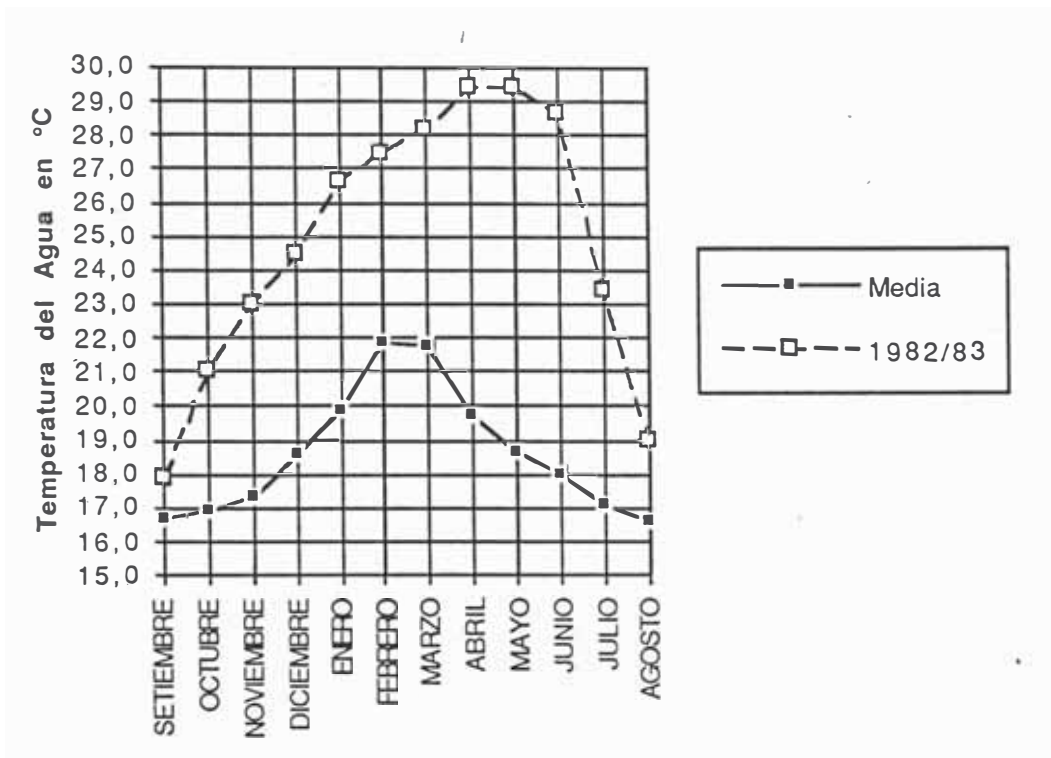


gráfico 5.3: Distribución de la temperatura del agua de mar frente a Paita en °C

5.1.3 ACCION DE LA GEODINAMICA EXTERNA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Debido a lo extenso del área de estudio se presentan diversos problemas de Geodinámica Externa, así que para facilitar la comprensión expondré el estudio de la problemática de cada zona según la similitud de sus problemas.

5.1.3.1 QUEBRADAS CIENEGUILLO Y COLA DEL ALACRAN

Ambas quebradas afrontan una problemática similar. En el mapa 4.4: "Líneas de Talweg que atraviezan la Ciudad", se ubican las quebradas.

a) La quebrada Cieneguillo drena las aguas de la zona central de la ciudad y del Sur. En su cause se observa abundante vegetación y existen varias lagunas lo que muestra que la napa freática está muy alta. Las aguas drenadas por esta quebrada recorren la ciudad por el Canal-Vía, el cual fue construido tras las lluvias de 1983 sobre el cause de la quebrada Cieneguillo y colecta las aguas pluviales de la microcuenca. Han aparecido numerosos invasores que se han asentado sobre su cause, por lo que era previsible que fueran afectados por las lluvias de este año, así se los hicimos saber pero fue en vano; en efecto, el ENSO de 1992 arrasó la mayoría de viviendas en la quebrada teniendo que lamentarse algunas pérdidas de vidas. Es importante evitar estos asentamientos que ponen en peligro al resto de la población pues modifica el cause de la quebrada.

b) La quebrada Cola del Alacrán drena las aguas al Oeste de la carretera Panamericana, su cause ha sido canalizado a partir del puente de la carretera Panamericana hasta su encuentro con la quebrada Cieneguillo. En la zona entre los terrenos agrícolas y el puente ha sido invadido por la urbanización Santa Rosa cuyas edificaciones han modificado la morfología de la quebrada. Los sólidos transportados por las aguas de esta quebrada han colmatado el ingreso del canal vía a la altura del puente y han causado erosiones en el estribo Sur del mismo. Se hace indispensable realizar un estudio para solucionar la problemática de este sector. Por lo pronto se debe demoler todas las viviendas entre las calles Santa Ana y El Carmen al Sur del Puente, y El Cóndor. Se debe estudiar la posibilidad de encausar la quebrada mediante el asfaltado de las vías principales como colectoras, tales como El Cóndor, San Miguel, etc. y demoler las edificaciones que se encuentren directamente en el cause.

Ambas quebradas son cortadas en su cause medio por el canal transversal de irrigación PECHP y por la zona regada por éste. Cuando las lluvias son de moderadas a severas, como fue el caso de 1992, este canal recoge las aguas que bajan

de las quebradas y las lleva a una llanura de inundación al Oeste de la Ciudad sin causar mayores daños, por lo menos hasta que se asienten pobladores en estas zonas. Sin embargo, la escorrentía captada por los drenes de las zonas regadas sumada a la escorrentía propia de las zonas respectivas es suficiente para que las quebradas lleven una cantidad muy apreciable de agua. En eventos ENSO severos y muy severos, este amortiguamiento puede no ocurrir; al contrario, como ocurrió en 1983, el canal sirvió para represar las aguas de la escorrentía de las partes altas de la s quebradas y al romperse las aguas bajaron con mayor fuerza causando serios destrosos. Es importante estudiar si se pueden colocar alcantarillas en los cruces de las quebradas con dicho canal.

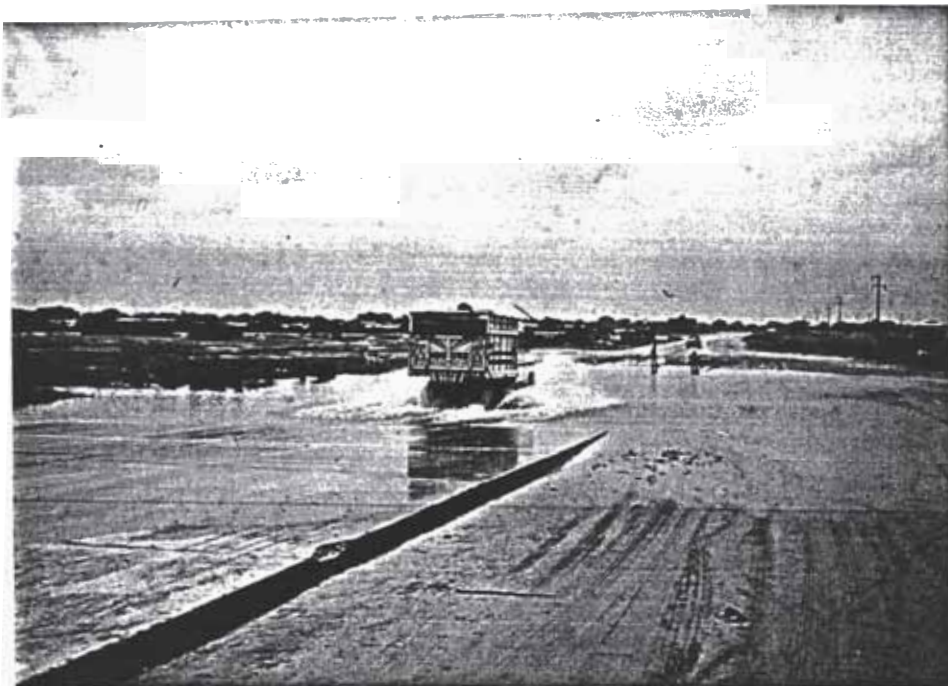


Foto 5.1: Badén de la quebrada Cieneguillo



Foto 5.2: Colegio y muro interrumpiendo el cause de la quebrada Cola del Alacrán

5.1.3.2 QUEBRADA BELLAVISTA

La geodinámica de la quebrada Bellavista afecta a un vasto sector de la ciudad, sobre todo del distrito de Bellavista, tanto áreas ya urbanizadas como de futuro crecimiento. Ver mapa 5.3.

Gracias al dique de tierra de aproximadamente 1200 metros que construyeron los pobladores de Bellavista, las aguas crearon un nuevo cause para la quebrada, el conocido como el Boquerón, es justo decir que fue pura suerte ya que los constructores no previeron la profundización del cause debido a lo débil del suelo. La salida del boquerón tiene un ancho de aproximadamente 100 metros y una profundidad de 30 metros. Sobre su cause se había construido un tramo de la carretera a la Tina, sin embargo se habían colocado un par de tubos de concreto a modo de alcantarillas lo cual era suficiente para épocas secas pero cuando se presentaron las lluvias las aguas destruyeron la carretera haciendo desaparecer casi por completo el talud. Debido a la enorme importancia de esta carretera es que se debe reconstruir la carretera con una alcantarilla grande y los estribos debidamente protegidos de la erosión.

Este cause funcionó durante el ENSO de 1992 ya que protegió a Bellavista desviando las aguas de la quebrada hacia el Boquerón, pero este cause no basta para el caso en que se presenten lluvias muy fuertes y por la quebrada baje una riada; en 1983 el dique embalsó las aguas de la quebrada, al punto de que al romperse, las aguas discurrieron con gran fuerza siguiendo el contorno del dique por ambos lados y a través del cause natural de la quebrada. Existe un proyecto, el cual era parte del proyecto original para la evacuación de aguas pluviales que proyectó el canal vía, para construir una represa que soporte las avenidas y que dirija las aguas hacia el Boquerón.

El paso de las aguas y arenas arrastradas por la corriente produjo severas erosiones en muchas calles del distrito, casi todas ellas fueron rellenadas por el Consejo Municipal ya que dejaron expuestos los cimientos de muchas viviendas, pero aun ahora se pueden ver calles con los buzones de alcantarillado sobresaliendo más de metro y medio como sucede en la calle Canchaque que corre paralela al cuartel, luego del ENSO de 1992 se pudo apreciar que la calle estaba intransitable por el barro pero no más erosionada que en mi visita anterior al inicio de las lluvias.

En toda la zona se observa que el suelo es de arena media a muy fina con una potencia del estrato de entre 1.5 y 3 metros; este tipo de arena es típico del acarreo aluvional reciente lo que hace pensar que la zona se ve inundada con gran frecuencia.

En algunas partes, sobretodo más al Sur, se observan arcillas rojizas bajo el estrato de arena; incluso se han establecido varias ladrilleras.

Se observa en la zona más cercana al dique la aparición de lagunas, la napa freática está muy superficial, aparentemente esto se debe a la constante recarga del acuífero debido a la cercanía del Boqueron. Incluso se explota para agricultura algunos sectores, aunque no mucho.

Creo que es de gran importancia para la seguridad de las poblaciones de este sector realizar algunas obras importantes como:

- a) Mejorar el cause del Boquerón mediante la profundización y limpieza del mismo.
- b) Construir un presa que desvíe las aguas de la quebrada Bellavista hacia el Boquerón.
- c) Rellenar y pavimentar la calle Canchaque, que corre a lo largo del muro Este del Cuartel, y la zona del Mercadillo de modo que sirvan como canales recolectores de las aguas pluviales del distrito de Bellavista y las drenen hacia el Canal Vía sin producir peligrosas erosiones. Es importante que el sistema colector principal sea a cielo abierto y no entubado ya que la cantidad de sólidos transportados por las aguas provenientes de calles sin asfaltar y de zonas aun no urbanizadas es muy alto y las colmarían con seguridad.
- d) Reconstruir el tramo de carretera a La Tina, colocando una alcantarilla lo suficientemente grande para permitir el flujo de agua del Boquerón y proteger adecuadamente de la erosión a los estribos.

Foto 5.3: Salida del Boquerón al valle del Chira



Foto 5.4: ENSO 1992, Carretera a la Tina interrumpida por las aguas del Boquerón



Foto 5.5: Dique de la quebrada Bellavista



5.1.3.3 EROSION DEL TALUD DE LOS ACANTILADOS

Los acantilados de la margen izquierda del valle del río Chira, sufren continuos desplomes debido a las erosiones que causan las escorrentías de aguas pluviales en el suelo, que está constituido por una capa de arena fina no consolidada de gran potencia. Se aprecian cárcavas prácticamente a todo lo largo del talud, sin embargo son dos los sectores más comprometidos actualmente: el de mayor riesgo es el sector de la Plaza Bolognesi y Puente Sullana, y el otro es la zona de camal municipal.

1. PROTECCION DE TALUDES

Las fuertes lluvias provocan cárcavas en las pendientes a todo lo largo de los acantilados que dan frente al río Chira, no es parte de esta Tesis el estudio de la estabilidad de los taludes; sin embargo, debido a la gran importancia que tiene este problema debido al rápido avance de las cárcavas y su efecto sobre las estructuras cercanas es que haré algunos alcances al respecto.

Para la protección de los taludes, Clipstone (1991) plantea rellenar y nivelar las áreas de socavación hasta obtener la pendiente natural para el tipo de suelo (alrededor de 53°) dejando en su lugar cualquier árbol o arbusto grande y proteger el suelo mediante la siembra de plantas de especies resistentes y poco apetecibles para las cabras como la Uña de Gato; estas plantas estarían fijadas por algún elemento que estabilice el suelo como podría ser una malla metálica o ladrillos de concreto o adobe huecos de forma hexagonal. De plano descartó el uso de rejillas metálicas o tablestacas por su alto costo. A esta propuesta yo quiero agregar que en los sectores más expuestos como los de el Camal o la Plaza Bolognesi, se deben construir terrazas a modo de andenes por donde pasarían canales de drenaje que llevarían las aguas pluviales recolectadas hasta el río Chira con una menor pendiente, lo que restará velocidad al agua, y a la vez amortiguará el arrastre de la lluvia que caiga directamente.

Para estabilizar el suelo no descartaremos otros métodos como el de esparcir petróleo, colocar geotextiles o ensamblar estructuras de concreto como los usados en la bajada de Productores en San Isidro, Lima; o quizá el estacado con palos que se ha usado con éxito en el Monte de la Paloma para estabilizar el talud a la altura del Hospital, aunque dudo que este método sea eficiente en caso de que las precipitaciones pluviales sean severas o muy severas. La elección del mejor sistema deberá partir del estudio profundo del problema siguiendo criterios de eficiencia, seguridad y economía.

2. ZONA PLAZA BOLOGNESI, PUENTE SULLANA

La Plaza Bolognesi fue construida por ingenieros militares sobre el túnel del acceso Sur del Puente Isaías Garrido, conocido también como Puente Sullana o Puente Nuevo. Este acceso consiste en un By-pass construido a cielo abierto y luego se rellenó con arena eólica muy mal compactada hasta la altura actual. En el estudio de suelos realizado por la Universidad Nacional de Piura, Umeres y Llanos (1990) describen el suelo: "Se evidenciaron la presencia de arenas sueltas no plásticas con bajo contenido de humedad y densidad de campo de 1.65 gr/cm³, que nos indica mala compactación del terreno...". En cuanto al suelo de fundación del puente, éste se edificó sobre depósitos aluviales de conglomerados de matriz arenosa arcillosa, medianamente compactada correspondiente a la formación Tablazo, de buena calidad pero erosionable si es afectada por una escorrentía.

Además del problema del tipo de suelo y su fácil erosión pluvial por carecer de protección contra la lluvia, a esta plaza desembocan cuatro calles que colectan las aguas pluviales de una vasta área. Ver el mapa 5.1: "Cárcavas de la Plaza Bolognesi".

El lado Este es el que presenta mayor riesgo ya que existen edificaciones muy cercanas, otras más cercanas se desplomaron al desaparecer el suelo bajo la cimentación. Por las calles San Pedro y Santa Rosa drenan las aguas del Monte de la Paloma hacia la Plaza lo que ha creado una enorme cárcava que amenaza seguir creciendo, incluso hasta poner en peligro la estructura del túnel y del puente. Al volver a la zona tras el ENSO de 1992, he observado que las erosiones a la fundación de las losas de la plaza han aumentado considerablemente. Como medida de precaución se había colocado un canal hecho de barriles de acero cortados por la mitad de unos 22" de diámetro, a él llegaban las aguas colectadas de las calles y por él bajaban hasta la parte baja del lado Este de la Plaza; el sistema funcionó pero como era de esperar causó mayor erosión en la parte baja, de continuar este esquema se va a comprometer el estribo Sur del Puente y la parte más baja del talud del acantilado donde se encuentran precisamente las viviendas que se pretende proteger.

Umeres y Llanos plantean diversas medidas a adoptar, la más importante de las cuales sería reemplazar la totalidad del material de relleno por otro de gravas de matriz arenosa extraído un poco más abajo. Clipstone (1991) propone crear un muro de encauzamiento que colectaría las aguas pluviales que lleguen a la plaza y las dirigirían hacia el río Chira por el lado Este del puente, para no poner en peligro su

fundación. En ambos estudios se hace hincapié en la necesidad de realizar algún tipo de protección de las laderas.

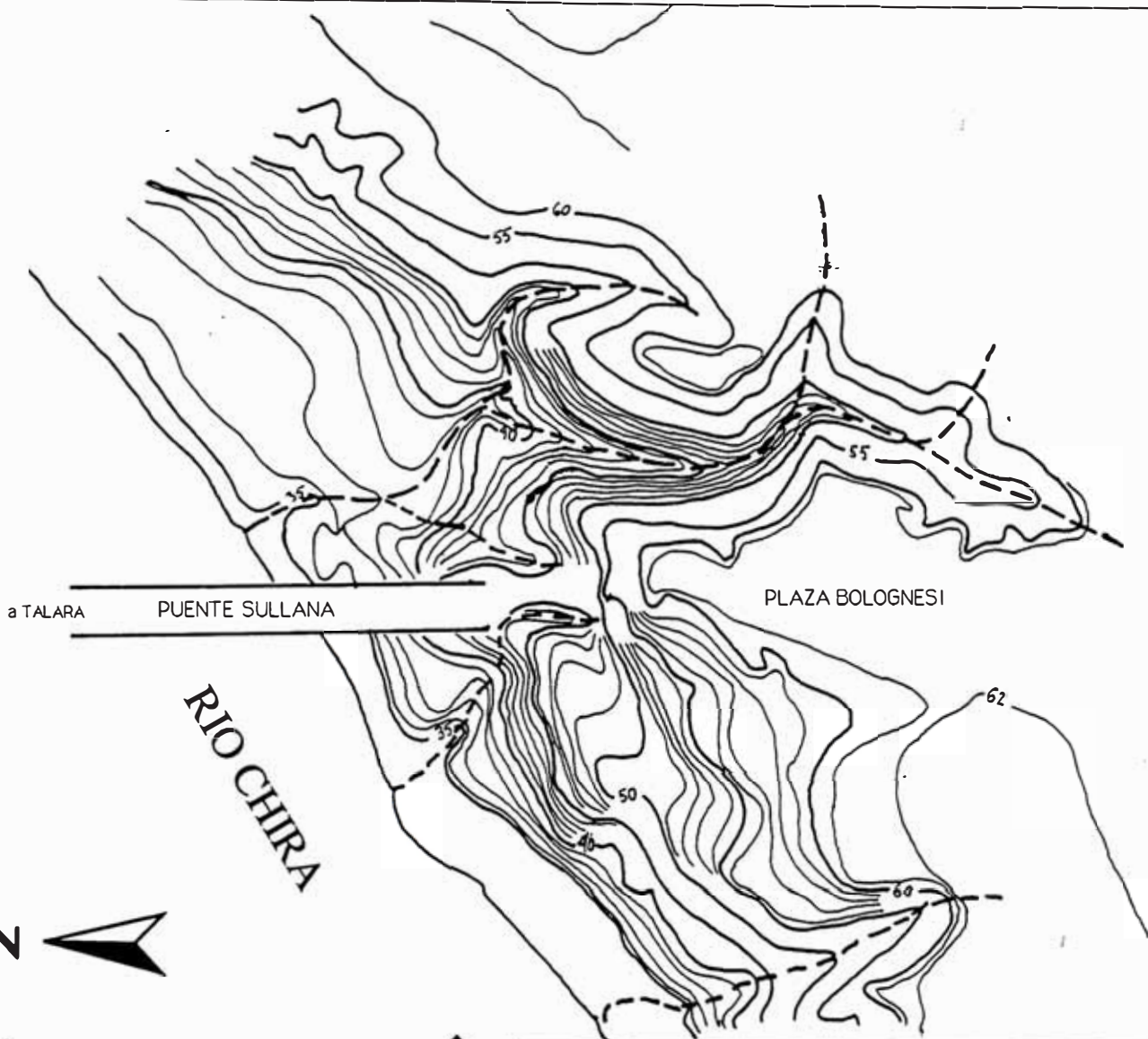
Considerando ambos estudios y lo visto en las diversas visitas que he realizado al sector la solución más económica, sujeta a mayor estudio naturalmente, sería:

- Rellenar las cárcavas existentes actualmente con el material de préstamo antes citado, pero de modo tal que se construyan terrazas, las que deberán estar soportadas por muros de contención de concreto provistos de lloradores.
- El talud de arena deberá estar protegido de acuerdo a lo visto en el punto 1.
- Se construirá un muro de encauzamiento de concreto cuidando que derive las aguas al Oeste del puente y no como se ha hecho en la actualidad que es de tierra y deriva las aguas a una canaleta en forma de tobogán que drena al fondo de la cárcava, la que eventualmente se profundizará aumentando el peligro de desplome.
- Se deberán pavimentar las calles que llegan a la plaza, tratando de mantener la pendiente natural, y colocando cunetas que faciliten el drenaje hacia el muro de encauzamiento.

La solución de enrocar el talud no me parece satisfactoria ya que éste se deslizará por su propio peso o se quebrará debido a los asentamientos del suelo arenoso. La solución de cambiar la totalidad del relleno es cara aunque sería la óptima, pero a pesar de ello, todas las medidas contempladas más adelante se deberán aplicar igualmente.



Foto 5.6: Cárcava de la Plaza Bolognesi, observar las capas de relleno mal compactado



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
 MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCIÓN Y
 MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
 SULLANA

PLANO: **CARCAVAS DE LA PLAZA**
BOLOGNESI

NUMERO:
5.1

BACHILLER:
JOSE LINO BARNUEVO JUNIO 1992

5.1.3.4 FORMACION DE LAGUNAS EN EL AREA URBANA

En la zona de estudio se han encontrado numerosas zonas deprimidas con escasas posibilidades de ser drenadas. Según Lama (1984), durante el evento ENSO de 1983 las zonas inundadas por lagunas fueron 35 Hectáreas. Las más importantes fueron: La laguna del Barrio Obrero, parte baja del Casco Central, Laguna del Pato, etc.

En el Mapa 5.3: "Microzonificación debido a la Geodinámica Externa", se observan las zonas inundables, a continuación pasaré a describir detenidamente cada una de estas zonas.

1. BARRIO OBRERO

Durante el ENSO de 1983 fue la laguna más grande que se formó, causando graves daños a las viviendas. En esta zona deprimida se acumularon las aguas de las zonas adyacentes y otras que provenían del desborde del cause de la quebrada Cieneguillo. La zona inundable abarca gran parte de los Asentamientos Humanos "El Obrero" y "Juan Velasco Alvarado"

Para solucionar el problema de acumulación de aguas pluviales en este sector se diseñó un "Dren Barrio Obrero" el cual aun está pendiente de ejecución.

2. PARTE BAJA DEL CASCO CENTRAL

En el casco central, al Norte de la Avenida José de Lama, entre las lomas de la Plaza de Armas y el Monte de la Paloma, existe una pequeña depresión; abarca aproximadamente desde las calles Piura a la Tarapacá y de José de Lama a la Grau. En esta zona se acumulan las aguas que drenan del flanco Este de la Loma del Hospital y las del Oeste de la loma de la Plaza de Armas, es más, antiguamente se conocía a la calle Tarapacá como la "Calle del Desagüe". Para drenar las aguas de este sector se ha diseñado la "Solución Jirón Callao", la cual está pendiente de ejecución por la Municipalidad. Actualmente la calle Tarapacá está pavimentada con concreto para soportar mejor la escorrentía, lo cual funcionó debidamente; sin embargo persisten los problemas en el jirón Callao donde la pendiente es de la José de Lama hacia el jirón, es decir, que no posee capacidad de desagüe; una solución posible sería elevar el nivel de la calle es dicho sector de manera que drene hacia el Sureste.

3. LADO ESTE DE LA CARRETERA PANAMERICANA

En esta zona se presentan problemas de inundaciones debido a que existen numerosas depresiones. El mapa 5.2: "Depresiones del lado Este de la carretera Panamericana", basado en los Ortofotomapas de 1983, nos muestra estas depresiones. La mayor parte de estas de áreas han sido ocupadas por construcciones de todo tipo, en algunos casos se han construido sobre terraplenes que han alterado sensiblemente la topografía y en otros directamente sobre el terreno.

Las viviendas construidas por ENACE cercanas a la intersección entre las carreteras Panamericana y a Tambogrande fueron edificadas sobre depresiones rellenadas, la más cercana a la carretera a Tambogrande era conocida por los lugareños como la "Laguna del Pato". Tanto en este punto como al otro lado de la carretera a Tambogrande se aprecian ojos de agua desde los cuales se aprovisionan del líquido los pobladores de las zonas más deprimidas contiguas. Se observa que en estos lugares el suelo es arcilloso, que por su naturaleza impermeable puede poner en peligro a las viviendas. El origen de las aguas que afloran en este sector son, aparentemente, las aguas drenadas de las zonas agrícolas ubicadas a mayor altura un poco al sur y que son regadas por un canal transversal del Proyecto Chira-Piura. Luego de las lluvias de 1992 el nivel de agua ha aumentado apreciablemente, notándose gran cantidad de insectos. Las casas de ENACE parecen en buen estado sin embargo los ladrillos están húmedos hasta la tercera hilera, por lo menos 60 centímetros.

Una segunda zona de depresiones se encuentra entre la carretera y la zonal de educación. "En ella se han construido numerosas viviendas; incluso las Asociaciones Provivienda Santa María y Virgen de las Mercedes realizan actualmente trabajos de habilitación urbana conducentes a crear sendas urbanizaciones". La frase entrecomillada se escribió en febrero de 1992, lamentablemente sucedió lo previsto y actualmente el terreno de ambas Asociaciones proviviendas están cubiertas de agua y empantanadas.

En la intersección de las calles San Carlos y Santa Ursula se encuentra otra depresión, en los bordes e interior de ésta se han establecido personas que han construido viviendas precarias y que toman agua de un pilón. Las aguas servidas y las que no se han consumido se acumulan en la depresión cuyo suelo arcilloso ha formado una laguna que se ha constituido en un criadero de mosquitos. Luego de las lluvias de 1992, la depresión se llenó completamente, más de 1.50 metros de aguas negras, destruyendo las viviendas precarias antes mencionadas.

En la zona también se observó que numerosos buzones de alcantarillado han sido perforados y se han construido canales de tierra para dirigir las aguas pluviales hacia ellos, contrariamente a la buena práctica que exige que estos buzones sean herméticos, lo que lleva a que el sistema de alcantarillado se colmate con las arenas que acarrea el agua.

Antes del ENSO de 1992 se notó en toda el área, la presencia de grama lo que indica que la napa freática se encuentra bastante superficial.

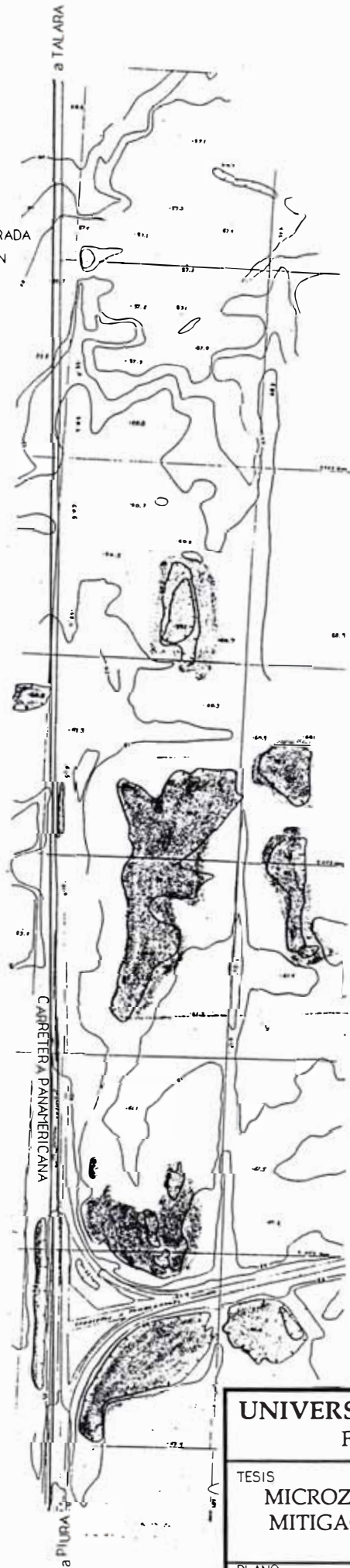
De acuerdo a la topografía, una posible solución del problema de acumulación de agua en las depresiones, para el caso de lluvias severas, sería la construcción de un dren de aproximadamente mil metros de longitud que pase por la calle Marcelino Champagnat, el que partiendo del punto más al Sur de la urbanización ENACE (cota menor de 60), lleve las aguas hasta el canal vía (cota 58). Esta pendiente de 0.2% es muy pequeña pero solo se trata de evacuar volúmenes grandes de agua y evitar inundaciones. Se podría aumentar la pendiente de este dren si se hiciera subterráneo, entonces el drenaje debería llevar las aguas hasta el río Chira y con el riesgo de que se colmate ya que en este sector casi no existen calles asfaltadas.

Se requiere hacer un levantamiento topográfico-catastral con precisión a medio metro y un estudio de suelos de este sector para hacer un diseño de evacuación de aguas pluviales y al mismo tiempo solucionar también los problemas de agua potable y alcantarillado de la zona, ya que ni las viviendas de ENACE cuentan con estos servicios, a pesar de estar habitadas.



Foto 5.7: ENSO 1992, Laguna frente a las casas de ENACE.

CRUCE CON LA QUEBRADA
COLA DEL ALACRAN



ESCALA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCION Y
MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
SULLANA**

PLANO

**DEPRESIONES DEL LADO ESTE DE LA
CARRETERA PANAMERICANA**

NUMERO

5.2

TOPOGRAFIA DE ORTOFOTOMAPAS S.A.N. (1983)

BACHILLER

JOSE LINO BARNUEVO

JUNIO 1992

5.1.3.5 ZONA SUR

Al Sur de Sullana-Bellavista, se encuentran las zonas de formación de las quebradas y la mayor parte de sus causes anchos. Estas zonas están mayormente desabitadas por su lejanía del centro de la ciudad, pero son las zonas más aparentes para que se extienda la ciudad. Estas zonas tienen una pendiente suave que se eleva hacia el Sur, sin embargo, se eleva bruscamente formando lomas. Estas lomas forman una línea que hace pensar que Sullana se sitúa en un Graven. En estas lomas se colectan las aguas que forman las quebradas.

Actualmente se construyen numerosas fábricas en esta zona Sur. Los Parques Industriales I y II se sitúan al lado de la carretera a Tambogrande, están divididos por la quebrada Cieneguillo. En el Parque Industrial II se han construído sistemas de drenaje de aguas pluviales.

En el Parque Industrial I se observan numerosas lagunitas cuya problemática se tocó en el punto referente al drenaje de aguas pluviales de las zonas junto a la carretera Panamericana.

El Parque Industrial III es el más nuevo de todos, aun carece de la infraestructura mínima, sin embargo los lotes junto a la carretera Panamericana se han ido vendiendo y ya se construyen fábricas. Estas fábricas se construyen sobre terraplenes sobretodo en las partes de lomas. No he visto ninguna medida para proteger las laderas de los terraplenes de las escorrentías. En esta misma zona, al lado del canal lateral de regadío y junto a la Carretera Panamericana se viene construyendo el local para las futuras Ferias de Reyes; actividad comercial que tradicionalmente se realiza en los meses de enero y febrero y que atrae numerosos visitantes a la Ciudad. Este terreno fue arrasado durante las lluvias de 1983 por las aguas que venía bajando por la carretera, lo cual evidencia la necesidad de cunetas, y por aguas pluviales que bajaron por pequeñas quebradas y que fueron embalsadas por el canal.

Como dije al comienzo de este punto, la zona Sur es una zona de ampliación urbana lógica; sin embargo es muy importante tomar en cuenta que por ella pasan numerosas quebradas menores y mayores por lo que aquí se hace indispensable una cuidadosa planificación previa.

La parte física de la planificación deberá estar basada en la nivelación y reforestación de las laderas y zonas altas, para evitar en lo posible la erosión de las mismas y el transporte de material a las zonas más bajas donde puede producirse arenamientos, y en el encausamiento de las quebradas grandes existentes. Debido a que en esta

zona los causes de las quebradas son bastante anchos la solución que me parece mas apropiada sería el encausamiento de estas quebradas mediante un sistema similar al par vial construído en la quebrada Cieneguillo desde la carretera a Tambogrande hasta el inicio del Canal-Vía, las partes más planas se pueden convertir en parques y áreas para la práctica de deportes, las avenidas cortarían las quebradas como badenes ya que la cercanía de zonas más altas donde los causes son estrechos se pueden construir alcantarillas lo cual garantizará la comunicación entre estos sectores.



Foto 5.8: Zona Sur

5.1.3.6 ZONA PARALELA A LA CARRETERA A PAITA

Esta zona está limitada por el Norte con los acantilados de la margen izquierda del río Chira, al Sur por los terrenos agrícolas del proyecto especial Chira-Piura y por el Oeste por la zona de médanos.

Esta zona es una de las de mayor crecimiento poblacional, en la actualidad se construyen numerosas urbanizaciones. Son claramente definidos dos sectores: Los que se encuentran a la derecha de la antigua carretera a Sojo y los que se encuentran a la izquierda de la carretera a Paita, los terrenos entre ambas carreteras tienden a ser similares a los segundos pero algunas partes presentan características que lo asemejan más al primero.

Los primeros se caracterizan por ser lomas altas similares a las del Monte de la Paloma y Mambré. El suelo es de arenas eólicas de gran potencia, por ello las lluvias producen severas cárcavas en los acantilados, afectando a la loma de Teodomiro, sobretodo al Este donde existen dos grandes cárcavas. Además, existen numerosas depresiones y quebradas menores las cuales drenan las aguas provenientes de los desbordes de la quebrada Cola de Alacrán. Estos terrenos se pueden nivelar pero a cambio de realizar obras de drenaje pluvial.

Los segundos son suelos arenosos de menor potencia, a la altura de la nueva urbanización Mariano Santos el manto tiene entre uno y tres metros de potencia y parece idóneo para edificar sobre él, con cimentación adecuada al tipo de suelo, ya que posee buen drenaje. Más al Oeste existen algunas zonas arcillosas, posiblemente las arcillas han sido depositadas del lavado de los conglomerados de las partes más altas al Sur, por lo que no representa un estrato de gran potencia. Sin embargo esta impermeabilización del suelo ha significado que se formen lagunas en las depresiones existentes, sobretodo las cercanas a los terrenos agrícolas; las aguas de estas lagunas provienen del drenaje de aguas pluviales y de la infiltración ya que la napa freática está muy alta en esta zona. Este sector es particularmente peligroso para las edificaciones ya que es también es la zona de drenaje de demasías del canal transversal de irrigación; además, el canal sirve de represa a las aguas de la Quebrada Cola de Alacrán, que al romperse invade violentamente su cause, inundando este sector.

La zona de médanos, al Oeste, aparentemente tiene un sistema de drenaje eficiente y no presenta mayor relieve o depreción salvo alguna líneas de Talweg, lo que lo

haría aparente para la expansión urbana, sin embargo otros factores lo vuelven menos atractivos.

Este sector debe destinarse para otros usos, este punto será desarrollado en el Capítulo correspondiente al Análisis y Elección de las Areas de Expansión Urbana.



Foto 5.9: Zona paralela a la carretera a Paita. Notese el afloramiento de carbonatos.



Foto 5.10: Zona de médanos.

5.1.4 SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES

5.1.4.1 INTRODUCCION

Tras el evento de 1983 y dentro de un proyecto integral llamado "Estudio de Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana y Bellavista", se llevó a cabo un proyecto para la evacuación de aguas pluviales; para ello se construyó un "Canal-Vía", sistema muy utilizado en los Estados Unidos, mediante el cual la losa del canal colector sirve como vía rápida para el tránsito de vehículos cuando no hay lluvias.

5.1.4.2 INFRAESTRUCTURA

El Canal-Vía Cola de Alacrán descarga en el Canal-Vía Cieneguillo Central y éste a su vez en el río Chira en la parte Norte de la ciudad, en el mismo punto donde desembocó la quebrada Cieneguillo.

Las aguas que serán evacuadas al río corresponden a una precipitación diaria de diseño de 158 mm para un periodo de retorno de 50 años, cabe destacar que en el periodo enero-junio de 1983 la máxima precipitación diaria registrada en la estación Mallares fue de 148.1 mm, lo que hace suponer que el periodo de diseño es mucho mayor de 50 años, esto indica que se ha usado un valor bastante alto en el diseño en comparación con el sistema de evacuación de Piura donde se usó una precipitación de diseño de 50 mm. Considerando las cuencas internas y la precipitación de diseño, se ha obtenido un caudal de 108 m³/s, el cual ha sido incrementado en un 15% como margen de seguridad, en consecuencia el caudal de descarga de diseño fue de 124 m³/s.

Teniendo en cuenta la eventualidad de los altos regímenes de lluvia, la solución del Canal-Vía que se ha adoptado cumple dos funciones: por un lado como canal en época de lluvia y por otro lado como vía rápida urbana durante el resto del tiempo. Se contempló construir dos puentes vehiculares para evitar el aislamiento de grandes sectores de la ciudad en épocas de lluvias. Uno de los puentes se ubicará en el cruce con la Av. Buenos Aires y otro a la altura del Cementerio. Sin embargo no se han construido hasta el momento el del cruce con la Av. Buenos Aires lo cual ha representado serios problemas durante los ENSO de 1987 y 1992.

La sección del Canal-Vía es trapezoidal, 7.50 m de ancho en la base para el caso de la quebrada Cola de Alacrán y 15.00 m de base para el caso de la quebrada Cieneguillo, y la altura constante a todo lo largo de 1.50 m. La base es una losa de concreto armado de 0.15 m de espesor, con varillas de 3/8" cada 0.30 m en ambos sentidos.

Los radios de curvatura y la pendiente del peralte son de 80 m y 3.5% como mínimo, respectivamente, para soportar los flujos de agua y una velocidad directriz de tránsito vehicular de 20 KPH.

En cuanto al sistema colector urbano de aguas pluviales, el criterio urbanístico de "Integración Vial" supone que las vías que tienen acceso al canal cumplen con la función de entregar agua en la época de lluvias y permite el cruce de vehículos en otros momentos, esto se logra haciendo los accesos como badenes.

El eje del trazo del Canal-Vía se presenta de la unión de dos grandes ramales:

- El colector Canal-Vía Cieneguillo Central.
- El colector Canal-Vía Cola de Alacrán.

El Canal-Vía Cieneguillo Central se inicia en el desvío a Tambogrande, siendo este punto el kilómetro 0.0 y sigue el curso de la quebrada (en dirección Sur a Norte) culminando en la entrega al río Chira en el Km 3+734. A lo largo del eje se distinguen dos partes claramente diferenciadas: a la primera se le ha llamado "Par-Vial" y a la segunda "Canal-Vial". El Par-Vial define los bordes de la quebrada con dos vías: en la margen derecha una vía vehicular de dos sentidos y en la margen izquierda una vía peatonal tipo malecón. El criterio utilizado es el de asegurar la margen derecha y mediante un dique lo suficientemente estable la protección del Barrio Obrero hacia donde penetra un brazo de la quebrada y en la margen izquierda lograr una demarcación física del fondo inundable de la quebrada para evitar que se establezcan asentamientos humanos en esta zona inundable. Lamentablemente este propósito no se ha logrado. La vía vehicular se inicia en la carretera a Tambogrande y culmina en una entrega directa en la progresiva 0+920 Km, tiene una longitud de 1+050 km, se ha diseñado recortada sobre el conglomerado del borde de la quebrada, con un talud de 1H/1V. La sección total es de 20.40 m y tiene dos vías para sentidos opuestos. La vía malecón tiene una longitud de 950 m, la sección total es 3.50 m y tiene un talud de 1H/1V.

El tramo Canal-Vía Cieneguillo Central se inicia en la progresiva 0+825 y termina en la desembocadura, en la progresiva 3+734. Sus características ya han sido indicadas.

El colector Canal-Vía Cola de Alacrán se inicia en la intersección con la carretera Panamericana y sigue la dirección Oeste-Este hasta la progresiva 0+980, desemboca en el Canal-Vía Cieneguillo, en las inmediaciones de la urbanización FONAVI. Está

construido con concreto armado de las mismas características. La sección es también trapezoidal con sobrecorres de seguridad de 0.50 m y dos veredas de 1.00 m cada una a ambas márgenes del Canal-Vía. La pendiente del canal está por encima del terreno natural entre las progresivas 0+200 y 0+520; ello supone que las aguas de lluvia locales provenientes de este tramo no serán evacuadas directamente, siendo necesario que estas aguas sean evacuadas por dos calles paralelas a ambas márgenes del Canal-Vía, con suficiente capacidad.

5.1.4.3 ESTADO ACTUAL DE LA INFRESTRUCTURA

En líneas generales puede decirse que el sistema de evacuación de aguas pluviales ha funcionado correctamente durante la emergencia de 1992; los problemas observados han sido derivados en su mayoría de la falta de mantenimiento y prevención.

En el cruce del Cieneguillo con la carretera a Tambogrande, el badén soportó las avenidas, aunque será necesario realizar obras de reconstrucción debido a la fuerte erosión. La losa armada deberá extenderse algunos cientos de metros a cada lado y dotarla de cunetas que dirijan el agua hacia el badén.

La parte de doble vía del par-vial tuvo también un buen comportamiento, aunque se observa que la carpeta asfáltica ha sufrido un gran deterioro debido a la erosión. También se observa la necesidad de dotarla de alcantarillas para drenar las aguas del barrio de "El Obrero", ya que se ha visto interrumpido por la necesidad de abrir un desfoge a estas aguas y que podían hacer mayores destrosos de seguir represándose. Las personas que establecieron sus viviendas precarias sobre la quebrada las han vuelto a construir pero sobre la misma vía cortando la circulación en un sentido. Es indispensable reubicarlas y evitar la edificación de cualquier estructura en el cause de la quebrada. Respecto al camino peatonal, no he encontrado ni rastros de que se haya construido uno.

El Canal-Vía está relleno por una capa de arena y fango de aproximadamente 20 centímetros que ha sido acarreada y depositada por las aguas provenientes de las quebradas Cola del Alacrán y Cieneguillo y de las distintas entradas que se ubican en su cause. A la altura de la calle María Auxiliadora, los pobladores han abierto un hueco de aproximadamente 70 cm, cortando el acero de refuerzo, para que drenen las aguas estancadas de dicha calle hacia el canal y colocar una tubería de desagüe; las zanjas hechas para este propósito han sido colmatadas y los tubos destruidos. Ya se están realizando las obras para la limpieza del cause.

El talud del estribo Sur del puente de la carretera Panamericana y que sirve de ingreso para el Canal-Vía desde la Cola del Alacrán, presenta importantes erosiones producto de las aguas de la quebrada y del agua que drena desde la carretera, se debe construir una cuneta y una salida adecuada para dichas aguas.

Casi todas las entradas presentan importantes erosiones, debido a que las calles no están asfaltadas.

La "salida" del Canal-Vía también está en buenas condiciones, las tuberías al lado del puente no parecen haber sufrido daño alguno. El puente en sí, está operativo, salvo que los accesos a éste están erosionados a los lados dejando solo una parte angosta al centro para el paso de vehículos; debido a la importancia de este puente, es el único que existe para llegar a Bellavista cuando el Canal-Vía y el badén están cubiertos de agua, se debe asfaltar la Carretera a La Tina, por lo menos en el tramo que va de la Loma de Mambré hasta el Boquerón. El cause en este sector está cubierto por aproximadamente 15 centímetros de detritus y arena. A unos 10 metros del puente termina la cobertura de concreto, los 30 metros siguientes parecen estar en buen estado y muy poco erosionado, luego al aumentar la pendiente las erosiones son muy grandes. Se observan desplomes. También se observan las salidas de buzones de aguas negras que son llevadas al río Chira. Justo en este punto se observa gran cantidad de personas pescando en el río.

Es preocupante el escaso mantenimiento y limpieza que se le da al Sistema de Evacuación de Aguas Pluviales, en las múltiples visitas que he realizado al área he comprobado que a pesar de nuestras advertencias se insiste en arrojar basura a la salida del Canal-Vía, incluso observé a miembros de la municipalidad de Bellavista haciéndolo. Esta basura puede provocar un atoro y consiguiente represamiento de aguas que pondrían en peligro al único puente que existe al Oeste del Canal Vía.

Los "lloradores" en el Canal-Vía son, aparentemente, insuficientes; consisten en dos tubitos de media pulgada de diámetro en cada losa de concreto de algunos de los cuales mana un hilito de agua a pesar de que el nivel freático es notoriamente superior a dichos tubos, quizá esten taponeados por algún material cementante depositado por el agua en alguna lluvia anterior. Este problema puede hacer peligrar su fundación ya que el agua del subsuelo se represa y trata de formar un nuevo cause bajo el canal. Es necesario darles limpieza.



Foto 5.11: ENSO 1992, Arenamiento del Canal-Vía.



Foto 5.12: ENSO 1992, daños al Canal-Vía hechos por los pobladores para desagüar sus calles.



Foto 5.13: ENSO 1992, daños al estribo Sur del puente de la carretera Panamericana por la quebrada Cola del Alacrán.

5.1.5 MAPA DE MICROZONIFICACION DEBIDO A LA GEODINAMICA EXTERNA

En 5.1.3 hemos revisado los problemas de geodinámica externa que afrontan los distintos sectores de la ciudad, en este punto resumiremos esta problemática en el mapa 5.3: "Microzonificación debido a la geodinámica externa".

Las zonas altas cercanas a los acantilados al Norte de Sullana están en peligro de desplomarse a causa de los derrumbes que podría haber debido a la formación de cárcavas producidas por la escorrentía pluvial. Las zonas más críticas son la de la Plaza Bolognesi, el Camal, Mirador de la Plaza de Armas, Este de la Loma de Teodomiro, etc. En el mapa 5.3, estas zonas han sido encerradas por círculos.

Existen varias zonas inundables, las más importantes son: Lado Este de la carretera Panamericana, Barrio Obrero, Bellavista cerca al dique, Zona Oeste, etc. La principal fuente de las aguas es la escorrentía pluvial propia de la zona, pero no debemos descartar las zonas inundables debido a la activación de quebradas.

El peligro que existe en el caso de ENSO moderados y ENSO severos no son iguales del todo, en el primer caso las aguas de escorrentía de los cauces altos de las quebradas Bellavista y Cola del Alacrán no llegan a la ciudad pues son desviados o captados por el Boquerón o el Canal Lateral PECHP, respectivamente; en el segundo caso, ambos obstáculos forman represamiento que al romperse producen la avenida violenta de las aguas, lo cual constituye la situación de mayor peligro. En lo que va del siglo ya han ocurrido dos ENSO severos, uno de grado 4 (1925) y otro de grado 5 (1983), por lo que es probable que ocurra un ENSO severo cada 50 años (en 1891 también hubo un ENSO de grado 4). La quebrada Cieneguillo dispone en la actualidad de un eficiente sistema de evacuación de aguas pluviales y solo representará peligro para las edificaciones que se hagan en su cauce o si éste se ve interrumpido por alguna vía o canal que represe sus aguas.

En los casos de ENSO moderados, la quebrada Cola del Alacrán se activa, su llanura de inundación es amplia pero de resistir el canal lateral PECHP, éste llevará las aguas hacia el Oeste y las descargará en dicha zona sin peligro (hasta que también se urbanice) pero las aguas de los drenes agrícolas rebalsados y la escorrentía de la microcuenca media y baja es suficiente para causar inundaciones y destruir las edificaciones en su cauce.

La quebrada Bellavista está cortada por el Boquerón, en el caso de ENSO moderado éste será suficiente para desviar las aguas de la quebrada, aunque se formarán lagunas y algo de agua propia de la escorrentía local pasará por la calle Canchaque; pero

en el caso de un ENSO severo, el boquerón será incapaz de soportar la masa de agua proveniente de las zonas altas y seguramente ingresará a la ciudad destruyendo los asentamientos humanos en su cause, sobretodo el A.H. Jorge Basadre y el A.H. El Porvenir.

Se han colocado distintas tramas para diferenciar los causes, previo y posterior, de los represamientos de las quebradas durante ENSO severos.

La escorrentía puede llegar a ser tan severa que cause fuertes erosiones en las calles y deje las cimentaciones de las edificaciones expuestas con el consiguiente riesgo de volteo. La única manera de evitar estas erosiones es la de asfaltar las calles, sobretodo las colectoras, y dotarlas de un conveniente sistema de alcantarillado pluvial o cunetas. Si bien este punto pertenece mas bien al estudio del riesgo, creo necesario hacer mención de él ahora ya que virtualmente toda la ciudad padece de este problema ya que carece de vías asfaltadas. Las zonas con mayor riesgo por este concepto son: virtualmente todo el distrito de Bellavista, el A.H. Santa Teresita, el A.H. Juan Velazco, el barrio de Buenos Aires, el barrio de El Obrero, la Urb. Santa Rosa, A.H. Sánchez Cerro, etc.

5.2 GEODINAMICA INTERNA

La ciudad de Sullana-Bellavista se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad, por ello el estudio de los efectos sísmicos reviste gran importancia.

5.2.1 ORIGEN Y GENERACION DE SISMOS

Se han elaborado numerosas teorías para explicar el fenómeno conocido como "Terremoto" o "Sismo", sin embargo, a pesar de los avances de la ciencia aun existen muchas interrogantes sin resolver. En la actualidad la teoría de mayor aceptación a nivel mundial es la "Tectónica Global de Placas", la cual surgió de la aceptación de la teoría de la Deriva Continental y su complementación con la teoría de los Fondos Oceánicos propuestas por Alfredo Wegener en 1912 (ver Kuroiwa Horiuchi (1)).

La idea básica de esta teoría es que la parte superior de la Tierra, llamada Litosfera, está formada por varios bloques amplios y bastante estables llamados placas. Las placas tendrían alrededor de 80 km de espesor y "flotarían" sobre una capa de rocas muy viscosas produciéndose contactos entre las placas. En estas zonas de contacto actúan esfuerzos deformantes, tectónicos, sobre las rocas; causando cambios físicos y hasta químicos en las rocas. En estos bordes la estructura de la tierra se ve más afectada produciéndose cambios geológicos masivos y radicales.

Los contactos, por su origen, son de dos tipos: Las zonas de "Extensión" y las de "Subducción". Las zonas de Extensión son aquellas donde se forma nueva corteza en los fondos marinos, la lava fluye del interior de la Tierra empujando a las placas en contacto hacia afuera, en el gráfico 5.4 se aprecian como líneas quebradas con flechas hacia afuera. Las zonas de Subducción, resultan del choque de dos placas que se dirigen una contra la otra impulsadas por los esfuerzos generados en las zonas de Extensión resultando de ello las fosas y las cordilleras, como se observa en el gráfico 5.5.

En el caso que nos ocupa, la Placa de Nazca colisiona con la Placa Sudamericana, razón por la cual centraré el estudio en este tipo de zona. En la zona de Subducción, una placa se sumerge bajo la otra generando enormes esfuerzos tectónicos, que producen fallas que producen los sismos superficiales. En el proceso de moverse hacia abajo se producen esfuerzos adicionales que producen posteriores deformaciones y fracturas, generando los sismos de foco profundo. Estos sismos de foco profundo delimitan una superficie buzante no-

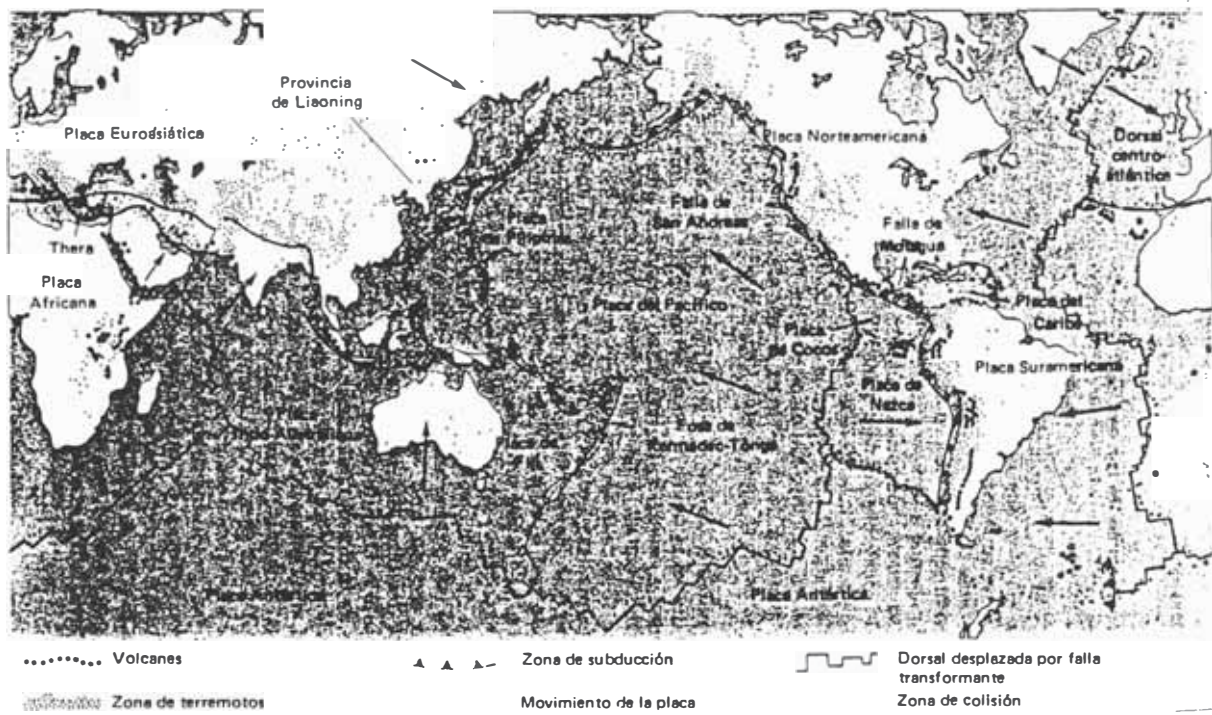


gráfico 5.4 Tectónica de Placas
 Extraído de Bolt (1987)

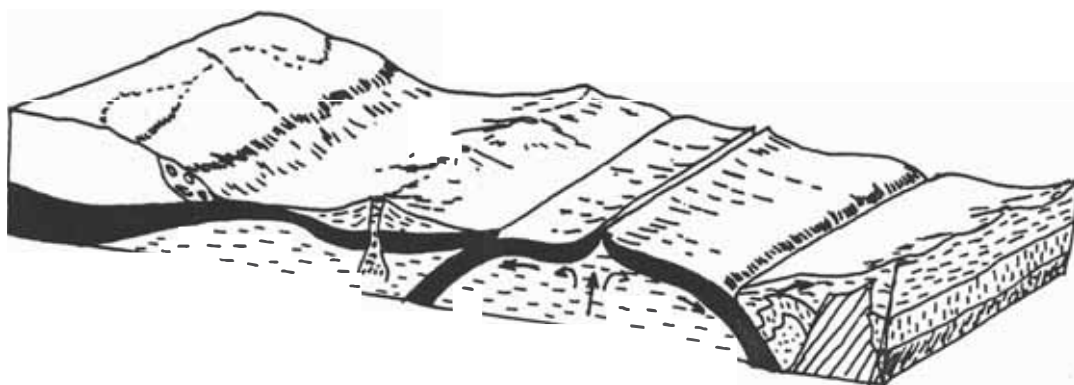


gráfico 5.5: Generación de los Sismos

tablemente regular llamada "Zona de Benioff". Finalmente, a profundidades de 700 km, la placa ha sido completamente absorbida o sus propiedades han sido tan alteradas que ya no pueden liberar mas energía.

5.2.2 SISMOLOGIA GENERAL

Como nos aclara Bolt (1987), "...un sismo no es más que el paso de una onda a través de un material elástico, como las rocas que constituyen la Tierra". Existen dos tipos de ondas, las "Ondas Corporales", que viajan a través de la Tierra desde el foco o "Hipocentro" y que dependen de las características físicas del medio; éstas ondas Corporales al llegar a la superficie que divide dos medios de características diferentes se transportan a través de la superficie divisoria por lo que a estas últimas se les llaman "Ondas Superficiales".

Las ondas Corporales son de dos clases:

Ondas Primarias (P): Su movimiento es similar al del sonido, a medida que avanza comprime y dilata el medio rocoso. Estas ondas viajan a través de las rocas, agua y aire. Transportan escasa energía pero son las primeras en llegar; por lo que al hacer vibrar el aire puede ser detectado por los animales o las personas, si vibra en la frecuencia del oído (aproximadamente 15 ciclos por segundo).

Ondas Secundarias (S): Es la más lenta en el interior de las rocas. Cuando su onda se propaga, deforma la roca lateralmente en ángulo recto a la dirección de propagación. Este tipo de onda no se propaga por los líquidos y es la principal responsable de los daños que produce un sismo.

Las ondas Superficiales son:

Ondas LOVE (L): Su movimiento es semejante al de las ondas S pero sin el componente vertical, deformando la roca lateralmente en un plano horizontal paralelo a la superficie terrestre, pero en ángulo recto a la dirección de propagación. El efecto de las ondas Love sobre las estructuras es importante.

Ondas RAYLEIGH (R): El movimiento de las rocas es semejante al de las olas del mar, formando una elipse que se mueve en la dirección de la onda.

COMO SE MIDE UN TERREMOTO

a) **MAGNITUD SISMICA:** La búsqueda de un método que fuera fácil de usar y utilizable en cualquier lugar con fines de comparación, llevó a Richter a desarrollar un método basado en la amplitud de las ondas registradas por un sismógrafo. Para ello se mide la amplitud máxima de todas las ondas que llegan a un sismógrafo, luego se mide el tiempo desde la llegada de la primera onda P hasta la llegada de la primera onda S; con estos datos se entra a una tabla que da la magnitud de Richter o M_L . Actualmente se continúa usando esta escala por estar muy divulgada a nivel mundial y porque las personas han aprendido a asociar los valores de esta escala con la magnitud de un sismo.

Sin embargo la mayoría de laboratorios utilizan otros dos métodos simultáneamente. Los espectros generados por sismos de foco profundo y los de foco superficial difieren considerablemente, incluso aunque la energía liberada sea la misma. En particular, los terremotos profundos tienen trenes de onda superficiales muy pequeños, ya que las ondas P no son afectadas por la profundidad del foco se utiliza un método similar al de Richter pero usando la amplitud máxima de ondas P (m_b). Los terremotos superficiales poseen trenes de ondas superficiales extensos por lo cual se utiliza la máxima amplitud de este tipo de ondas (M_S).

b) **INTENSIDAD:** La intensidad es la magnitud con que percibimos los efectos de un sismo sobre la superficie de la tierra y los objetos sobre ella. Tras estudiar el gran sismo de Italia de 1857, el ingeniero Inglés Robert Mallet desarrolló un método para medir la fuerza y distribución del movimiento de un sismo. Trazando líneas entre las zonas de igual daño o intensidad, logró identificar el epicentro. A estas líneas las llamó "isosistas". En 1908 el vulcanólogo Mercalli desarrolló una escala de intensidades de 12 valores, en la actualidad se utiliza una versión modificada de esta escala llamada "Escala de Intensidad Mercalli Modificada" o "MM". En el anexo D se recoge una versión simplificada de dicha escala.

c) **ACELERACION:** La medición de la aceleración de un sismo es de vital importancia para el ingeniero ya que es la medida del movimiento del suelo. Se mide respecto de la aceleración de la gravedad (g). Por lo general se obtienen tres espectros, uno para cada dirección del movimiento.

5.2.3 SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO

a) SISMICIDAD HISTORICA

De acuerdo al trabajo del Dr. Silgado (1975), los siguientes son los sismos más importantes ocurridos en la región y que han afectado al Departamento de Piura.

SISMO DEL 10 DE FEBRERO DE 1814

Hora: 05 horas.

Epicentro: Piura.

Fue el primer sismo histórico que sacudió a la ciudad de Piura y causó daños a numerosos edificios y viviendas, catalogándose como un sismo medianamente destructor de intensidad VII MM.

SISMO DEL 20 DE AGOSTO DE 1857

Hora: 07 horas.

Epicentro: Piura.

Fue más intenso que el anterior, destruyó muchos edificios, se produjeron grietas y emanaciones de aguas negras en algunos lugares de la ciudad de Piura (claro caso de licuación del suelo).

SISMO DEL 09 DE ENERO DE 1906

Ocurrió a las 05 horas y el epicentro se ubicó al NW del país y se produjo un fuerte temblor en la ciudad.

SISMO DEL 28 DE SETIEMBRE DE 1906

Ocurrió a las 10:25 horas y el epicentro se ubicó en el Norte del Perú. Produjo una notable conmoción sísmica; en un área elíptica de $310,000 \text{ km}^2$. que comprende gran parte de la Costa, Sierra y hasta las estribaciones de la Cordillera Oriental.

El eje mayor de la elipse comprendió entre Guayaquil (Ecuador) y Tarma. El eje menor entre Trujillo y Moyobamba.

El sismo se sintió fuerte en la ciudad de Sullana.

SISMO DEL 28 DE ABRIL DE 1906.

Ocurrió a las 13:00 horas y el epicentro se ubicó en el litoral de Tumbes, produciendo un fuerte temblor que causó alarma a la población de Piura, tuvo una intensidad de grado III MM.

SISMO DEL 24 DE JULIO DE 1912.

Hora: 06:50 horas.

Epicentro: Norte Peruano.

Según la historia fue el terremoto más destructor que azotó a la ciudad de Piura y poblaciones vecinas, ocasionando muertos y heridos y quedando en condiciones inhabitables el 99 % de las viviendas. Las estadísticas de la época elevaron las pérdidas a 1'500,000 soles.

Este sismo produjo grietas y surgencia de aguas negras en el cauce seco del río Piura (otro caso de licuefacción en pequeña escala).

Entre Trujillo y el Puerto de Salaverry se estimó una intensidad de grado VI (Picón 1926), el epicentro microsísmico estuvo situado dentro del departamento de Piura, en una región de la Cordillera Occidental, al este de Huaca, noreste de Piura y noroeste de Huancabamba (ver figura N° 8).

La intensidad que le asigna Sieberg (1930), quien estudió este terremoto, es del orden de X-XI MM., que parece bastante exagerada dada la calidad y tipo de construcciones de esa época. La intensidad parece que fue entre VIII y IX MM. El área conmovida a juicio de Rosales Valencia (1917) abarcó aproximadamente unos 358,425 km², dentro de la cual sufrieron considerablemente las provincias de Huancabamba, Cajamarca y Guayaquil (Ecuador). También fueron afectados las ciudades de Trujillo y Salaverry.

SISMO DEL 6 DE JULIO DE 1938.

Hora: 23:50 horas

Epicentro: Noroeste del Perú.

Sentido fuertemente en Piura, Sullana, Chulucanas causando gran alarma. Se le percibió con regular intensidad en Chepén, localidad situada a unos 300 km. más al Sur.

SISMO DEL 12 DE DICIEMBRE DE 1953.

Hora: 12:31 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú - Sur de Ecuador.

Intensidad: grado VII-VIII MM.

Este sismo causó muertos y heridos y numerosos daños materiales en la población de Tumbes y Corrales. El fenómeno se percibió en un área aproximada de 700,000 km². Fuerte y prolongado movimiento sísmico afectó seriamente a la parte noroeste del Perú y parte del territorio ecuatoriano, y el área de mayor destrucción abarcó unos 5,000 km².

Dentro de esta superficie sufrieron daños algunas construcciones recientes de concreto armado, de adobe y ladrillo, la intensidad del movimiento se apreció entre el grado VII y VIII MM.

En los terrenos húmedos se produjeron largas grietas de norte a sur, algunas de ellas de 50 metros de profundidad y de 30 a 40 centímetros de ancho.

En la Quebrada de Bocapán, en los Esteros de Puerto Pizarro y otros lugares, se produjeron eyecciones de lodo.

En los alrededores de Zorritos, de las partes altas del Cañón del río Tumbes y en el Alto se produjeron deslizamientos de material suelto; según Pasadena le asigna una magnitud de 7.7, cuyo epicentro determinado por la Sección Geofísica del IGP, fue de 3.6° latitud sur y 80.5° longitud oeste.

En la ciudad de Piura fue sentido fuertemente, posiblemente con una intensidad de grado V, pero no se produjeron daños.

SISMO DEL 8 DE AGOSTO DE 1957.

Hora: 08:50 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Intensidad: grado V-VI MM.

Entre Tumbes y Chiclayo sacudió el fuerte sismo ocasionando ligeros deterioros en las viviendas de cemento en la ciudad de Talara. En la ciudad de Piura causó mucha alerta.

SISMO DEL 20 DE NOVIEMBRE DE 1960.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Este sismo destructor aunque de menor intensidad del año 1912, ocasionó 2 muertos y varios heridos, y un buen monto de daños en las construcciones; horas después un pequeño tsunami golpeó las costas del departamento de Lambayeque.

SISMO DEL 30 DE AGOSTO DE 1963.

Hora: 10:30 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Intensidad: grado VIII MM.

Produjo la rotura de objetos decorativos y menaje en Piura.

SISMO DEL 09 DE DICIEMBRE DE 1970.

Hora: 23:55 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú.

Intensidad: grado VIII MM.

Fue destructor en Querocotillo (Sullana) y alrededores.

Se produjeron efectos de licuefacción, agrietamientos, hundimientos y flujos debido los suelos blandos con napa de agua alta.

Según el ingeniero Jaime de Las Casas, ha manifestado que este sismo fue muy parecido y de epicentro muy cercano al de 1953, de foco muy superficial de 25 km., y las magnitudes Richter-Gutenberg fueron dadas así:

- Observatorio de Pasadena: 7.

- Observatorio del U.S. Geological Survey: 7.1
- Observatorio del U.S. Coast Geodesic Survey: 7.6.

En Sullana, la acción dinámica del sismo hizo que una nube de polvo se levantara oscureciendo la ciudad, además se produjeron dos muertes y más de treintaicinco heridos de consideración. Se derrumbó la parte alta de la torre de la Catedral. El número de viviendas siniestradas alcanzó las 7140:

SISMO DEL 10 DE JULIO DE 1971.

Hora: 20:33 horas.

Epicentro: Noroeste del Perú (Sullana).

En Sullana se derrumbaron las viviendas que quedaron dañadas por el sismo sufrido en Diciembre de 1970, y ocasionó ligeros desperfectos en otras viviendas. Hubo gran alarma en Piura y Tumbes.

De esa fecha al presente ningún otro sismo importante ha afectado la región.

b) SISMOS DE EPICENTROS LEJANOS.

En la región del noroeste peruano y especialmente en los departamentos de Piura y Tumbes se han sentido fuertemente los sismos producidos en áreas lejanas; en efecto las ondas sísmicas a medida que se incrementa la distancia filtran las ondas de período corto, permaneciendo las ondas de período largo, incrementándose su período con las distancias, las ondas superficiales, lo que hace que en terrenos blandos se produzca una amplificación por tendencias, sincronización entre los períodos de la onda modificada y del terreno; este fenómeno se podría denominar "efecto de inducción por sismos lejanos".

A continuación se tienen los siguientes sismos de epicentros lejanos y que se han sentido fuertemente en Piura y algunos en Tumbes y en Guayaquil (Ecuador).

SISMO DEL 14 DE FEBRERO DE 1619.

Este sismo fue sentido fuertemente en Piura y Trujillo.

SISMO DEL 28 DE OCTUBRE DE 1746.

Megasismo en Lima y tsunami en El Callao, el movimiento fue sentido hasta Guayaquil por el norte.

SISMO DEL 14 DE MAYO DE 1928.

Conmovió gran parte de los departamentos de Amazonas, Cajamarca y San Martín.

En cuanto a su influencia sobre Piura:

- La ciudad de Huancabamba quedó semi destruída.
- Los efectos de desperfectos se observaron en las edificaciones de las ciudades costeras de Piura, Lambayeque, Eten y Trujillo.
- Los efectos se extendieron hasta el Ecuador, causando deterioros de Loja; Richter-Gutenberg le asignaron una magnitud de 7.3. Ubicado en 5° latitud sur y 78° longitud oeste.

SISMO DEL 18 DE JULIO DE 1928.

Se sintió en toda la sierra, costa norte y en el Ecuador, donde hubieron casas dañadas y grietas en la cordillera así como daños en los caminos de Chumbi y Loma Grande.

Tuvo una magnitud de Richter-Gutenberg de 7 a una latitud sur 5.5° y longitud oeste 79°.

SISMO DEL 24 DE MAYO DE 1940.

Este megasismo fue sentido por el norte hasta el Ecuador en Guayaquil como un movimiento prolongado aunque no fuerte. En el NW del Perú, en Piura y Paita se estimaba una intensidad de III-IV MM.

c) PREDICCIÓN SISMICA

El estado actual de la ciencia impide predecir con exactitud la ocurrencia de un sismo pero si es posible afirmar que en una región determinada hay un razonable peligro de que ocurra uno, tan solo estudiando la historia sísmica. Del

Cuadro "Sismos de magnitud mayor de 5, cuadrángulos 1,2,5 y 6" del anexo C, se desprende que, a grosso modo, ocurre un sismo de magnitud 6 o más en la escala de Richter cada 3.7 años; el mayor lapso transcurrido sin que ocurriese un sismo igual o mayor de 6 grados es de 18 años. El último ocurrió el 12 de abril de 1983 y tuvo una magnitud de 6.6 en la escala de Richter, o sea que han transcurrido nueve años desde éste, así que es previsible que un sismo de grado 6 ó más sacuda la región en el corto plazo.

También a grosso modo, se puede calcular que ocurre un sismo de grado 7 ó más en la escala de Richter, cada 22 años; el último ocurrió el 10 de diciembre de 1970 y tuvo una magnitud de 7.6. Este año de 1992 se cumplen los 22 años así que es probable que ocurra un sismo de magnitud igual o mayor de 7 en la escala de Richter en el corto plazo.

5.2.4 RIESGO SISMICO DE LA CIUDAD DE SULLANA

Debido a la cercanía de la zona de estudio con el área de ejecución del Proyecto Especial Chira Piura, se han encontrado numerosos estudios de sismicidad, de mayor o menor grado de detalle y calidad, lamentablemente ninguno de ellos abunda en detalles como para juzgar la exactitud de los resultados obtenidos.

Los estudios más antiguos tienden a dar resultados menores que los más modernos. Así que obtaré por el resultado del estudio más moderno, que obtiene valores de la aceleración mayores y que por coincidencia se ubica más cerca de nuestra zona de estudio.

a) FRECUENCIA SISMICA

La frecuencia sísmica se calcula mediante la ley de Richter:

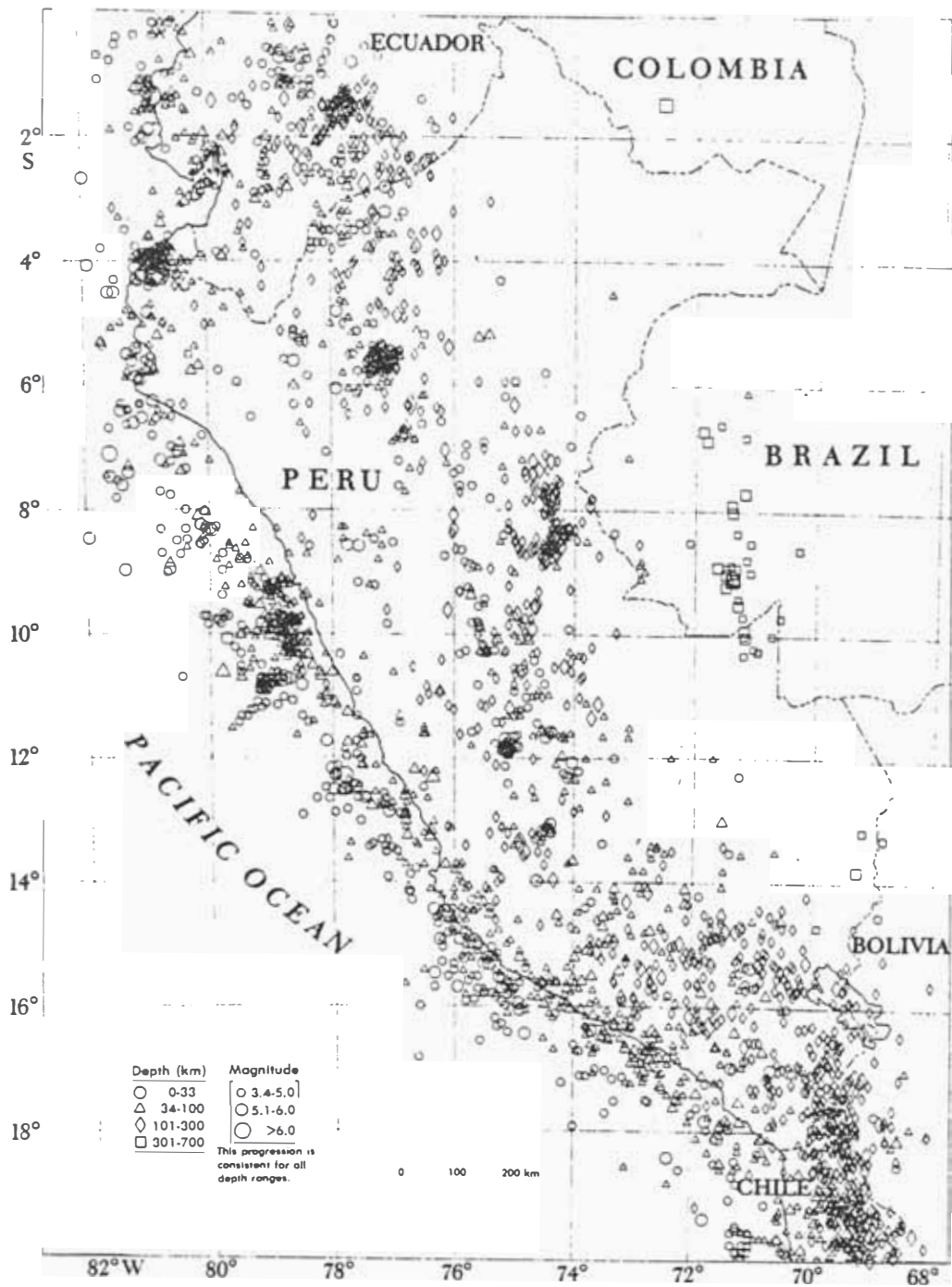
$$\log_{10} N = a - b m_b$$

donde:

mb: magnitud sísmica basal

N: número de sismos que ocurren en una unidad de tiempo y que tienen una magnitud mayor o igual a mb.

a y b: constantes de la zona calculadas mediante mínimos cuadrados.



fuelle: Earthquake Catalog of Peru (1985)

5.4 Sismicidad del Perú entre 1900 y 1984

D. Huaco, Espejo, P. Huaco y Flores (1972), calcularon la expresión siguiente empleando 300 sismos entre 1910 y 1972, para la región de Piura:

$$\log_{10} N = 4.61 - 0.68 m_b$$

Posteriormente Daniel Huaco (1979) reconoció cuatro fuentes sísmicas independientes y no solo una, así que calculó cuatro ecuaciones, una para cada zona y para sismos mayores de 4.5 mb:

$\log_{10} N = 7.81 - 1.15 m_b$	zona 1
$\log_{10} N = 7.35 - 1.08 m_b$	zona 2
$\log_{10} N = 7.01 - 1.07 m_b$	zona 3
$\log_{10} N = 7.77 - 1.15 m_b$	zona 4

Es notorio que el término "a", también conocido por sismicidad máxima de la zona, es mucho mayor en el trabajo de Huaco (1979).

En 1982, Lucía Casaverde y Julio Vargas (1982) presentaron un mapa en el que mostraba el país dividido en varias zonas sísmicas. El estudio del PECHP (1989a) se basó en dicho mapa para determinar que seis zonas sísmicas podían tener efecto sobre Sullana. En el mapa 5.5: "Zonificación de epicentros" se pueden apreciar estas zonas, las cuales corresponden a:

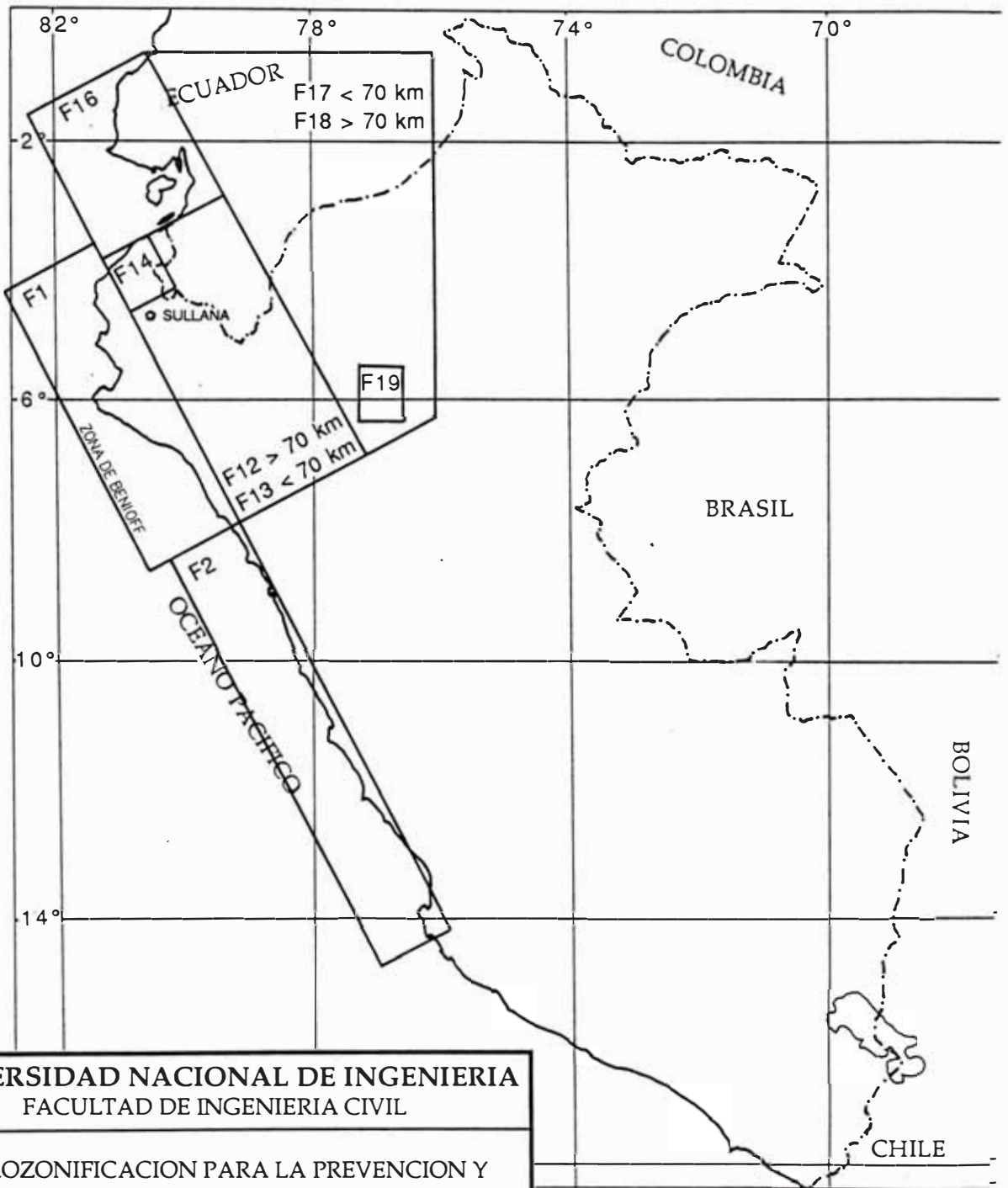
F1 F2	Sismos superficiales de la zona de Benioff en la costa (10-60 Km)
F12 F18	Sismos de profundidad intermedia de la zona de Benioff (70-10 Km)
F13 F16 F17	Sismos superficiales de la región andina (5-60 Km)
F14	Fuente independiente: fallas indefinidas en la zona de Tumbes
F19	Fuente independiente: fallas indefinidas en la zona de Mollobamba

b) DISTANCIA DE ESTUDIO

D. Huaco, Espejo, P. Huaco y Flores (1972) emplearon los Mapas de Isosistas de los sismos del 24 de julio de 1912, 12 de diciembre de 1953 y 10 de diciembre de 1970 para obtener la ecuación empírica de intensidades para Poechos, pero la utilizaremos para Sullana debido a su cercanía:

$$\log_{10} I = -0.3384 \log_{10} D + 1.5658$$

donde:



Fuente: Casaverde y Vargas (1982)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCIÓN Y
MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
SULLANA

PLANO:
ZONIFICACION DE EPICENTROS

NUMERO

5.5

BACHILLER
JOSE LINO BARNUEVO

JUNIO 1992

I: intensidad esperada.

D: distancia epicentral en kilómetros.

Para un sismo destructor de intensidad VII MM, reemplazamos $I = 7$, entonces nos da $D = 150$ Km, que será la distancia probable dentro de la cual un sismo cause los mayores daños a Sullana. Dentro de este rango se encuentran los focos siguientes: F14, F16, F1, F12 y F13. Sin embargo, como ya vimos anteriormente estos focos no son los únicos que pueden generar intensidades de 7 MM o mayores.

c) FUNCION DE ATENUACION

El Dr. Daniel Huaco (1979) calculó una ecuación de la atenuación de aceleración en función de la magnitud y distancia epicentral con datos obtenidos en el Perú, usando los registros de 23 sismos, la mayoría de ellos tomados en Lima por falta de instrumental en las cercanías de la zona de estudio:

$$a = 49021 e^{0.18 m_b} (R + 60)^{-1.5}$$

donde:

a: aceleración en cm/s^2

R: distancia hipocentral en Kilómetros

Esta ecuación está calculada para m_b , lo cual nos da una relación muy útil para calcular la atenuación pero es mucho mejor para los fines que persige la Ingeniería Civil contar con una ecuación basada en la magnitud superficial o M_s . El PECHP (1989a) utilizó para el cálculo de la atenuación del futuro emplazamiento de la presa derivadora Sullana (situada en el río Chira a la altura de la Loma de Teodomiro) las fórmulas siguientes obtenidas de Casaverde y Vargas (1980):

$$a = 68.7 e^{0.8 M_s} (R+25)^{-1.0}$$

$$v = 13 e^{1.0 M_s} (R+25)^{-1.5}$$

$$d = 0.41 e^{1.2 M_s} (R+25)^{-1.3}$$

donde:

a= aceleración en cm/s^2 v= velocidad en cm/s d= desplazamiento en cm

d)RIESGO SISMICO PARA SULLANA

En el informe, el Dr. Daniel Huaco evaluó el siguiente Riesgo Sísmico para la Provincia de Sullana, para sismos de una magnitud mayor de 4.00 mb:

Tasa de Retorno años	Aceleración a (cm/s ²)	
10	120	0.122 g
25	151	0.154 g
50	165	0.168 g
100	180	0.184 g

No se tomó en cuenta el desarrollo del centro activo que menciona el Dr. Leonidas Ocola (1976) en la zona de Poechos debido a que los sismos detectados hasta ahora en la zona de fallamientos ha sido menor de 4.00 mb, por lo cual el Dr. Huaco recomendó elevar los porcentajes de aceleración.

Para el estudio de sismicidad de la presa derivadora Sullana se empleó el programa del ingeniero Mc Guire (1976), con él se calculó que el riesgo sísmico para Sullana era:

Tasa de Retorno años	Aceleración a (cm/s ²)	
10	129	0.131 g
20	177	0.180 g
30	210	0.214 g
50	256	0.261 g
100	328	0.334 g
200	415	0.423 g

Comparando estos valores con los calculados por el Dr. Huaco observamos que los calculados para la presa Sullana son muy superiores, coincidiendo con la observación del Dr. Huaco de elevar los valores. Es importante destacar que la zona de fallamientos de los Cerros de Amotape en Tumbes, zona F14, contribuyeron significativamente (de 30 a 40%. sic) a este resultado.

Recomiendo usar el valor calculado por PECHP (1989a) para la tasa de retorno de 200 años como la aceleración de operación en la roca de base. A este valor se le debe afectar por los resultados de amplificación de ondas que se obtengan de un conveniente estudio de microzonificación sísmica para obtener la acelera-

ción de diseño, sin embargo, para fines prácticos bastará tomar los dos tercios de dicho valor. Por lo tanto, se recomienda tomar 0.282 g como aceleración de diseño en Sullana.

5.2.5 RIESGO SISMICO DEL EMBALSE DE POECHOS

Debido al enorme volumen de agua acumulado por la represa, han aumentado las cargas que soporta el suelo, además se ha introducido agua por las fallas y microfallas, todo lo cual ha modificado las propiedades físicas de las rocas como el incremento de la presión de poros, cambio a la resistencia a los esfuerzos normales y cortantes, etc; ello ha originado un efecto de lubricación que facilita el movimiento de las placas. Esto significa un aumento de la actividad sísmica en las cercanías del reservorio. Leonidas Ocola (1976), verificó este aumento de la sismicidad superficial desde la construcción del reservorio y destacó el hecho de que existía una gran correlación entre los hipocentros y las fallas observadas en la zona. Si bien se está liberando energía, ésta no se libera en cantidades apreciables ya que hasta el momento los sismos han sido de escasa magnitud, por lo que es previsible que un sismo intenso en la región precipite la activación de dichas fallas. Las fallas más importantes observadas en la zona de Poechos son la de Huaypirá y Norte del Chira y el sistema de fallamientos de Amotape a tan solo 50 Km de distancia. Además, Huaco y Rodríguez (1977), encontraron que existe una correlación entre la actividad sísmica y el volumen de agua acumulado, ésta aumentó aproximadamente tres meses después de iniciado el embalse.

En el caso de que colapse la represa de Poechos, la destrucción del valle del Chira será inevitable. En el informe de ENERGOPROJEKT (1), se dice que los sismos de 0.2g son muy probables durante la vida útil del reservorio de Poechos y que los sismos severos podrían llegar a 0.4g. Por ello se tomó como aceleración de diseño para las estructuras sísmicas el valor 0.2g y para las estructuras vitales el valor 0.4g. Esto parece asegurar un comportamiento conveniente de las estructuras del Proyecto, sin embargo sería recomendable realizar un estudio de olas Seiche sísmico las cuales podrían afectar las estructuras de la represa, sobretodo si producen la erosión de los taludes de tierra.

5.2.6 MICROZONIFICACION SISMICA

5.2.6.1 AMPLIFICACION DE ONDAS

En términos generales, la amplificación es la relación que existe entre la aceleración, velocidad o desplazamiento de los movimientos sísmicos de la superficie, divididos entre los respectivos valores en la roca base, para las mismas frecuencias. El fenómeno ocurre cuando coinciden las frecuencias sísmicas con las de los suelos de cimentación, pudiendo estos entrar en resonancia. Por lo mismo, también puede que no ocurra en suelos potencialmente riesgosos. Seed (1982) agrupa varios tipos de suelos según sus características de respuesta, sin embargo existen numerosas excepciones a este agrupamiento, como los casos de Ciudad de México o Caracas.

El fenómeno de amplificación de ondas está muy poco estudiado y aun no se conocen métodos sencillos y prácticos para determinar los parámetros en los que ocurren en los suelos. Sin embargo, se conoce que en suelos arenosos y fangosos se pueden dar amplificaciones de 150 a 280% de la amplificación máxima.

El suelo de la ciudad de Sullana consistente en arenas que subyacen a un estrato de conglomerado y éste al estrato de areniscas, presenta gran posibilidad de amplificación en toda el área de estudio. La amplificación puede ser mayor en la zona Norte, debido a que el estrato de arena es más potente que en las zonas más bajas y en las zonas Este y Oeste ya que la napa freática está muy alta.

5.2.6.2 DESLIZAMIENTOS

Debido a la acción de los sismos se pueden presentar deslizamientos de los taludes a todo lo largo de los acantilados de la margen izquierda del valle del río Chira, ya que éstos están conformados por suelos de arenas medianamente compactadas y muy poco cementadas, de origen eólico.

Por causa de las lluvias que golpean el talud y de la escorrentía producida por éstas, se han formado cárcavas en varios puntos; estas cárcavas tallan el talud formando pilares y cangrejeras. Ya hemos estudiado este fenómeno en el punto 5.1, baste decir que por acción dinámica los pilares y salientes tallados se desploman debilitando en talud, provocando la exposición de las cimentaciones y posible volteo de las estructuras sobre ellos.

5.2.6.3 POTENCIAL DE LICUACION DE SUELOS

En Alva (1991), se muestra un cuadro donde figura que para depósitos continentales del holoceno y con menos de 500 años existe una probabilidad de moderada a baja de licuación en arenas en abanicos aluviales y llanuras, que es el tipo de suelo en la zona Sur y Sureste de Sullana. Pero la probabilidad es de moderada a alta en dunas, como en la franja Norte de Sullana. Según la Microtopografía existe alta probabilidad de licuación en terrenos bajos entre dunas de arena con nivel freático alto, como en la zona Oeste y en las depresiones al Este de carretera Panamericana. En los lechos de río, las llanuras de inundación y terrazas ribereñas existe una probabilidad de alta a muy alta; en Querecotillo se formó un sistema de grietas en escalón, de longitud 500m, con aberturas de 0.30m y saltos de 0.25m; se notó la salida de arena por volcanes de arena de 0.60 a 1.00m de diámetro (ver Silgado (1978)). Debido a la poca profundidad de los estudios de suelos, utilizaré el gráfico 5.6: "Control Preliminar de la licuación en términos del SPT" recomendado por Sarria (1990) para estudios preliminares. En el mapa 5.6: "Potencial de licuación Preliminar", se resumen los resultados obtenidos.

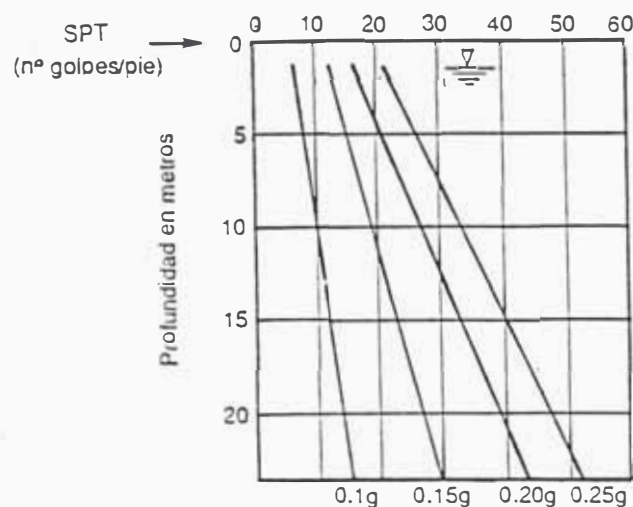
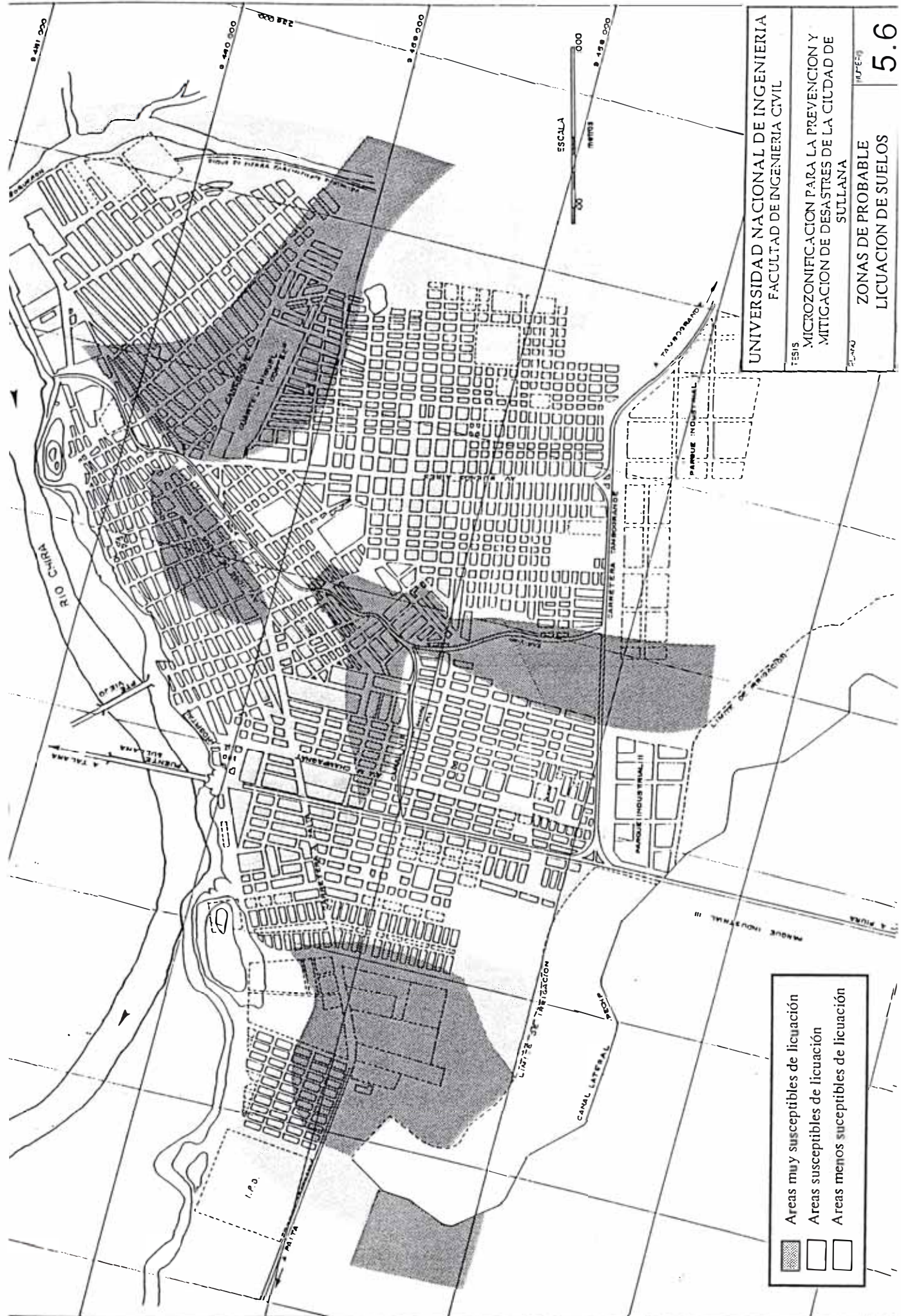


gráfico 5.6: "Control Preliminar de la licuación en términos del SPT"

5.2.6.4 DENSIFICACION DE SUELOS

El fenómeno de densificación de suelos se da especialmente en arenas sueltas y con potencias importantes, sobretodo cuando están muy secas. Este consiste en un reacomodo de las partículas de suelo debido a la acción dinámica. En suelos con cohesión este fenómeno se da en presencia de agua que sirve como lubricante entre las partículas. Las zonas más altas tienen estratos de arena de mayor potencia y por lo tanto son más susceptibles a densificarse.






UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TEMA: MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE SULLANA

PLANO: ZONAS DE PROBABLE LICUACION DE SUELOS

INTEGRADO POR: [NOMBRE]

-  Areas muy susceptibles de licuación
-  Areas susceptibles de licuación
-  Areas menos susceptibles de licuación

partículas. Las zonas más altas tienen estratos de arena de mayor potencia y por lo tanto son más susceptibles a densificarse.

5.2.6.5 MAPA DE MICROZONIFICACION SISMICA

Se ha dividido la ciudad en 04 microzonas según su probable comportamiento ante una solicitud dinámica, lo cual se aprecia de manera condensada en el Mapa 5.7: "Microzonificación Sísmica". Recordemos que en toda la ciudad se puede dar el fenómeno de amplificación de ondas.

Zona I: Acantilados de la margen izquierda del río Chira.

Alta probabilidad de que ocurran deslizamientos del talud y desplomes de las cárcavas formadas por acción de la esorrentía. En clima seco se puede dar densificación.

Zona II: Zonas altas al Norte de la ciudad de Sullana.

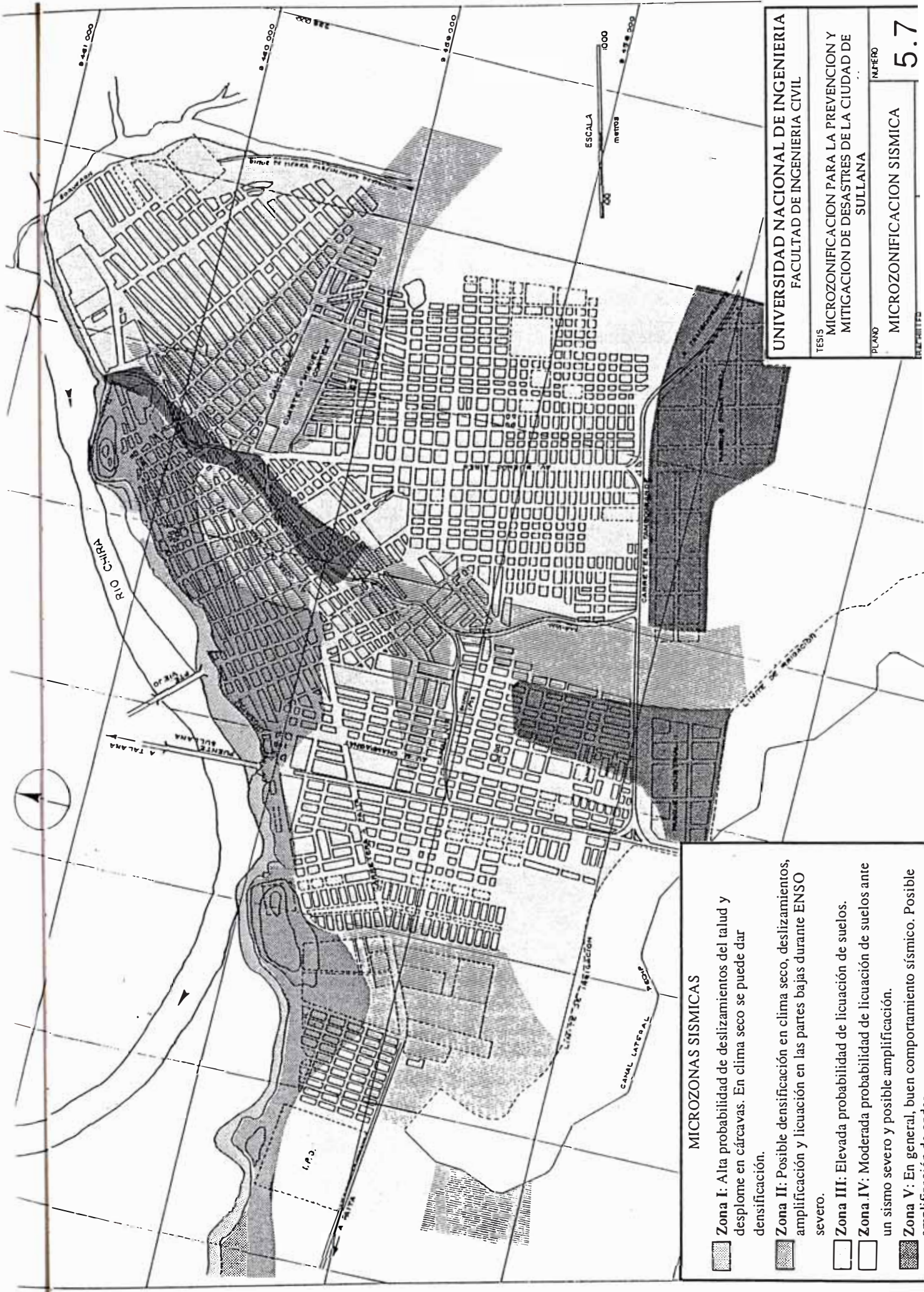
Suelos de arena suelta en la superficie y variando de poco a medianamente compactadas según la profundidad, escasamente cementadas; con potencias de 4 a 15 metros; subyace al estrato del conglomerado Sullana y éste a la formación Tablazo de areniscas consolidadas. Probabilidad de densificación en clima seco, deslizamientos, amplificación de ondas y licuación en las zonas más bajas con clima muy húmedo.

Zona III: Zonas bajas con napa freática muy alta.






Suelos superficiales de arena suelta, con napa freática muy superficial e incluso inundables durante los ENSO. Probabilidad de licuación de suelos.

Zona IV: Zonas bajas con estrato de conglomerado superficial.

En estas zonas, la capa de arena superficial es delgada o inexistente, por lo que el estrato del conglomerado Sullana aflora o está muy cerca de la superficie. Este estrato tiene un buen comportamiento ante la acción sísmica, pero por ser de escasa potencia y estar cercano el estrato duro de areniscas consolidadas pueden presentarse amplificaciones de ondas.



MICROZONAS SISMICAS

-  **Zona I:** Alta probabilidad de deslizamientos del talud y desplome en cárcavas. En clima seco se puede dar densificación.
-  **Zona II:** Posible densificación en clima seco, deslizamientos, amplificación y licuación en las partes bajas durante ENSO severo.
-  **Zona III:** Elevada probabilidad de licuación de suelos.
-  **Zona IV:** Moderada probabilidad de licuación de suelos ante un sismo severo y posible amplificación.
-  **Zona V:** En general, buen comportamiento sísmico. Posible amplificación de cada...

5.3 MAPA DE MICROZONIFICACION FISICA

Superponiendo los mapas 5.3: "Microzonificación debido a la Geodinámica Externa" y 5.7: "Microzonificación Sísmica", obtenemos el mapa de peligros 5.8: "Microzonificación Física". A las zonas se les ha asignado un valor del peligro, de mayor a menor.

Zona I: Se forman cárcavas. Alta probabilidad de deslizamientos del talud y desplome de cárcavas. En clima seco se puede dar densificación

Zona II: Elevada probabilidad de licuación de suelos. Inundaciones por lagunas o quebradas. Probable colapso.

Zona III: Posible densificación en clima seco, deslizamientos, amplificación y licuación en las partes bajas durante ENSO severo. Erosiones por escorrentía.

Zona IV: Moderada probabilidad de licuación de suelos ante un sismo severo y posible amplificación. Densificación. Fuertes erosiones por escorrentía.

Zona V: En general, buen comportamiento sísmico. Posible amplificación de ondas. Erosiones por escorrentía.

Las zonas I y II no deben ser usadas para vivienda, en todo caso deberá realizarse un estudio detallado de las condiciones locales.

Las zonas III y IV son algo más seguras, se deben realizar estudios de suelos y diseñar una cimentación adecuada a cada caso. Debe tenerse mucho cuidado con las instalaciones sanitarias para evitar fugas que puedan afectar el terreno de fundación.

La zona V tiene buen comportamiento sísmico, se debe cuidar las erosiones por escorrentía y las instalaciones sanitarias para evitar fugas que puedan afectar el terreno de fundación.

CAPITULO VI

SITUACION ACTUAL DEL AREA URBANA

6.1 EVOLUCION HISTORICA

La actual Ciudad de Sullana está establecida sobre un poblado de los indígenas Tallanes, Félix Suyón (1) cree que ese poblado era el antiguo asiento de "La Chira", posteriormente, los Incas cambiaron el nombre del caserío La Chira al quechua "Sullana". Durante el segundo viaje de Pizarro, en 1528, los españoles descubren el valle del Chira y en 1532 descubre el asiento de Sullana. Los españoles llamaron al valle "Santísima Trinidad de la Punta", y llamaron "La Punta" al poblado Inca de "Sullana". El 9 de julio de 1783, el Obispo de Trujillo, Don Baltazar Jaime Martínez de Compañón y Bujanda, funda la ciudad de "El Príncipe"; adoptándose desde entonces esta fecha como la de fundación de Sullana, pero existe gran polémica al respecto. En 1826, el Gran Mariscal Andrés de Santa Cruz mediante Ley del 15 de octubre eleva al pueblo de La Punta, que a la sazón contaba ya con más de cuatro mil habitantes, a la categoría de Villa bajo su nombre pre-hispánico de "Sullana". Por Ley del 2 de enero de 1857 se creó el distrito de Sullana, anexado a la provincia de Paita. En 1868, durante el gobierno del Presidente José Balta, la Villa fue elevada a la categoría de Ciudad. El 4 de noviembre de 1911, el Presidente Augusto B. Leguía promulga la Ley 1441 que crea la Provincia de Sullana.

Gentes provenientes de la Hacienda Huangalá, ubicada a doce kilómetros de la actual Bellavista se instalan en dicho lugar, con el tiempo este caserío anexo a la ciudad de Sullana se fue poblando y recibió el nombre de "Huangalá chiquita". El 14 de noviembre de 1930, cuando "Huangalá chiquita" ya poseía siete calles longitudinales (las llamadas Arequipa, La Libertad, Lambayeque, Puno, Cajamarca, Loreto y Cuzco), el Alcalde de Sullana Don Idelfonso Coloma decreta la creación del "Barrio de Bellavista" y el 21 de octubre de 1954, el Congreso de la República promulga la Ley 12140 que crea el distrito de Bellavista.

Como se observa en el mapa 6.1: "Crecimiento Histórico de Sullana", el crecimiento de la ciudad se ha realizado en forma radial a partir de un casco central más antiguo. Pero es en la década de 1970 cuando, gracias al desarrollo agroindustrial debido al Proyecto especial Chira-Piura y al boom de la migración del campo a la ciudad, que la ciudad de Sullana experimenta un crecimiento explosivo que la lleva a duplicar su área en diez años. Los diez años siguientes se caracterizan por un proceso de consolidación urbano y la ocupación del área disponible.

6.2 USO ACTUAL DE SUELOS

Sullana es una ciudad que ha crecido gracias al fuerte desarrollo de la agronomía, sobretodo en el Valle del Chira y las irrigaciones de las tierras ganadas al desierto por el Proyecto Especial Chira-Piura; además, su estratégica ubicación la convirtieron en un importante nudo carretero, debido a ello, el Ejército peruano estableció hace muchos años numerosas unidades de combate y el cuartel general de la Primera División de Caballería. La mayor parte de la ciudad brinda vivienda a personas relacionadas a estas actividades, desde campesinos y terratenientes a militares y comerciantes. Además, el boom agropecuario propicia la aparición de una pujante industria. Naturalmente, también se han afincado numerosas personas dedicadas a brindar servicios a todas estas actividades.

Así tenemos que existen zonas dedicadas a:

- a) Vivienda.
- b) Comercio.
- c) Industria.
- d) Actividades militares.
- e) Servicios urbanos: instrucción, centros de salud, comunicaciones, etc.
- f) Actividades extractivas agropecuarias.

En el mapa 6.2: "Uso de Suelos Actual" se aprecian las diversas zonas.

Como vemos, la ciudad está casi completamente dedicada a proporcionar vivienda; sin embargo, el comercio y la industria también se desarrolla en estas zonas ya que no se circunscribe a los mercados o a las zonas industriales; el comercio menor y la industria ligera está repartida por toda la ciudad sin distinción de si la zonificación corresponde a áreas residenciales o industriales.

La mayor parte del comercio formal se ha establecido en la calle San Martín y algunas otras calles en las cercanías de la Plaza de Armas en el Casco Central de Sullana y a lo largo de la Avenida Buenos Aires y de la Carretera Panamericana. El comercio informal se ubica a todo el rededor de los mercados, donde se comercia al por mayor y menor los productos agropecuarios de los Valles del Chira y Alto Piura, de las zonas irrigadas del Proyecto Chira-Piura y hasta del Sur del Ecuador.

Se han creado cuatro zonas industriales, la más antigua se ubica al Noreste, entre la salida del Canal-Vía y el Boquerón; está dedicada a la industria pesada, pero no parece tener mayor desarrollo. Las nuevas zonas industriales al Sur si parecen estar

creciendo rápidamente, estando en construcción algunas plantas industriales en la número III, que es la más moderna. Siendo ésta la única zona urbana que ha escapado al rígido cinturón que rodea Sullana-Bellavista.

El rígido cinturón a que me refiero es el Valle del Chira por el Norte, el Boquerón y los campos de cultivo al Este y el canal Lateral PECHP con sus cultivos al Sur (ver punto 7.1).

El Ejército posee numerosos establecimientos repartidos por toda la ciudad, por razones de seguridad solo se han ubicado en el mapa 6.2 los tres más importantes y notorios. Aguas arriba del río Chira el Ejército posee una fortaleza y zonas de maniobras, que por su lejanía y ubicación no interfiere con la expansión de la ciudad.

Más al Sur, en la llamada Pampa de la Capilla, se encuentra una elevación que es de donde se originan las quebradas que pasan por Sullana; lo he llamado Monte Congora, por que se encuentra cerca de la zona de ese nombre. La zona de Congora está dedicada a la explotación agropecuaria de las tierras, pero en esta elevación no hay nada, salvo algunas industrias que se han establecido al lado de la carretera Panamericana. Estas tierras son usadas por pastores de cabras y recolectores de madera de algarrobo que crece en forma natural.

6.3 ANALISIS, SECTORIZACION Y ESTIMACION DEL RIESGO EN EDIFICACIONES

Realizar un estudio completo de Riesgo significaría llevar a cabo un estudio catastral de detalle, en el cual se levantaría toda la información pertinente de las edificaciones y vías; lamentablemente está fuera del alcance realizar un estudio de semejante magnitud, sin embargo es mucho lo observado durante las visitas a la Ciudad de Sullana y que merece ser comentado. Este acápite servirá para dar algunos alcances así como lineamientos para la prevención de desastres de la ciudad actual.

6.3.1 CARACTERISTICAS BASICAS URBANAS

Sullana presenta claramente dos estructuras urbanas distintas. De un lado está el casco central, mas antiguo y desarrollado, es el centro del comercio formal, con calles estrechas y edificaciones de quincha y ladrillo de uno y dos pisos. Por el otro lado está el resto de la ciudad, de reciente construcción (posterior a 1970), construida de adobe y ladrillo, con calles y espacios amplios.

Además se presentan hasta tres sectores urbanos típicos:

Asentamientos Humanos Regulados (A.H.R.): áreas de uso residencial, urbanizadas y reguladas. A este tipo pertenecen los Cascos Centrales de Sullana y Bellavista, el sector de Buenos Aires y las urbanizaciones.

Asentamientos Humanos Marginales (A.H.M.): son áreas de uso predominantemente residencial, de crecimiento espontáneo y no organizado. A este tipo pertenecen los Pueblos Jóvenes.

Áreas No Residenciales (A.N.R.): Son zonas dedicadas a otros usos, como comercial, industrial, institucional, militar, etc.

Según el Censo de Vivienda de 1981, la ciudad está constituida aproximadamente por:

Ladrillo	35%
Adobe	40%
Quincha	20%
Esteras y Otros	5%

Los techos son aproximadamente:

Calaminas	70%
Concreto Armado	10%
Caña y/o Esteras	10%
Otros	10%

Las alturas de edificación son:

1 piso	75%
2 pisos	20%
3 ó más pisos	5%

6.3.2 METODOS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS

6.3.2.1 CONCRETOS Y MORTEROS

a) CEMENTO

El cemento que se utiliza en Sullana proviene de la fábrica Cementos Pacasmayo. El más usado es el cemento portland tipo I, cuyas características, confrontadas con las normas ITINTEC 334.008 y ASTM C-150, son:

	Norma	Pacasmayo
Contenido de aire en morteros, % en volumen, máximo:	12	6.021
Finura, superficie específica en el permeabilímetro de Blaine (mínimo):	280	313.4
Expansión (en autoclave): % máximo:	0.8	0.075
Resistencia a la compresión (kg/cm ²) mínimo:	3 días:	125
	7 días:	195
	28 días:	275
Tiempo de fraguado:		
Método de Vicat:	inicial en minutos (mínimo):	45
	final en minutos (máximo):	375
Método de Gillmore:	inicial en minutos (mínimo):	60

final en minutos (máximo):	600	275
Silicato Tricálsico (C3S) % máximo:		17.87
Silicato Bicálsico (C2S) % máximo:		49.67
Aluminato Tricálsico (C3A) % máximo:		13.51

Como vemos en el cuadro anterior, el cemento Pacasmayo cumple con los requisitos de las normas, tanto en el aspecto físico como en el químico; sin embargo se observan algunas características especiales:

- i. La cantidad de silicato tricálsico y silicato bicálsico es bajo, por lo que tiene una velocidad de hidratación bajo y por ende baja resistencia inicial. Tardará un poco en alcanzar su resistencia de diseño, apesar de que es bastante fino.
- ii. El nivel de aluminato tricálsico es bastante alto; 13.51%, frente a 8.0 y 5.0% de los cementos tipo II y V respectivamente, lo que lo hace susceptible de ataque por sulfatos. Se debe tener cuidado de protegerlo frente a suelos con niveles altos de sulfatos. También se puede agregar cal para estabilizar el cemento en zonas con sulfatos.

b) AGREGADOS FINO Y GRUESO

En la zona de estudio existen numerosas canteras, muchas de ellas en explotación, sin embargo las de mayor demanda comercial son: La cantera Sojo y la canteras en el Lecho del Río Chira.

Cantera Sojo: Se encuentra en el distrito de Miguel Checa, provincia de Sullana, a 12 kilómetros de Sullana por la carretera a Paita, la cual atraviesa la cantera. Es con mucho la cantera más importante de la zona y la que proporciona agregados de la mejor calidad, teniendo influencia hasta Piura. El área que ocupa es de aproximadamente 300 hectáreas, con un espesor de 3.0 a 4.5 metros. La roca es sedimentaria del terciario del tipo canto rodado y areniscas aluviales. En algunos sectores la arena es de color muy oscuro, casi negro, lo que la hace recocible de un vistazo.

Cantera Lecho del Río Chira: Está ubicada sobre el lecho seco de la margen izquierda del río Chira frente a Sullana. Se explota artesanalmente los materiales depositados por el río en los meses de avenidas, por lo cual solo funciona durante los meses de estiaje. Como la explotación se hace artesanalmente, no existe ningún control de calidad ni se garantiza la uniformidad de la granulometría.

	Malla	FINO				GRUESO	
		SOJO		RIO CHIRA		SOJO	
		#	ret.	acum.	ret.	acum.	ret.
				porcentaje en peso			
	4	4.0	4.0	9.3	9.3	17.7	35.6
análisis	8	6.7	10.7	3.8	13.1	17.9	35.6
	16	9.3	20.0	9.6	22.7	32.8	
granulométrico	30	8.9	28.9	12.3	35.0	18.2	86.6
	50	27.6	56.5	42.1	77.1	12.1	
	100	31.0	87.5	20.1	97.2	1.3	
	fondo	12.5		2.8			
total retenido acumulado			207.6		254.4		712.2
modulo de fineza			2.08		2.54		7.12
Peso unitario	suelto		1622		1630		1617
	compacto		1817		1755		1764
material que pasa la malla #200			4.7		1.1		-
contenido de humedad (%)			1.4		5.0		1.0
Peso específico	de masa		2.54		2.47		2.74
	sat. sup. seca		2.58		2.55		2.78
	aparente		2.58		2.55		2.85
absorción (%)			1.63		3.31		1.34
Impurezas orgánicas			trazas no perjudiciales		trazas no perjudiciales		-
Resistencia al desgaste (% de desgaste)							16.0

fuelle: Cornejo (1989)

La enorme mayoría de las muchísimas canteras que existen en la región carecen de registros de calidad ya que la explotación se realiza de modo artesanal.

Se observa que el agregado fino es demasiado fino, no cumpliendo con las normas al respecto. El hecho de que el modulo de fineza sea demasiado bajo significa que se deberá invertir una mayor cantidad de cemento en la mezcla.

El agregado grueso es de muy buena resistencia a la abrasión, sin embargo no cumple con la granulometría dada por las normas.

Es recomendable modernizar los métodos de explotación para alcanzar una calidad mas uniforme y con una mejor clasificación del material. Se debe seleccionar mejor los finos.

c) MATERIAL PETREO

La principal cantera es la de "Puente de los Serranos", situada en el distrito de Querecotillo, provincia de Querecotillo. La explotación es artesanal, es decir que los obreros barrenan con barretas y combos. Su mercado principal son las ciudades de Piura y Sullana. Se explotan comercialmente dos tipos de roca:

Areniscas (sedimentarias): se usan como piedra desplazadora en cimientos de concreto ciclópeo.

Pizarras (metamórficas): su uso es meramente ornamental, generalmente en forma de enchapes.

He observado que cuando se usa como piedra desplazadora en concretos ciclópeos, se suele usar en porcentajes mayores del 10% que es el máximo permitido por el RNC. Se debe orientar a los constructores en este respecto.

En la cantera se han observado estratos de lajas de 3" o más, de espesor, que se podría usar perfectamente en pavimentación de las muchas calles y carreteras vecinales que lo requieren y de una manera económica.

d) ACERO DE CONSTRUCCION

El acero de construcción es casi enteramente el producido por Sider-Perú, que es de reputada buena calidad, sin embargo es difícil encontrar varillas de diámetros mayores de $\varnothing 1/2$ " en el mercado. Existen dos proveedores principales:

Interamericana de Comercio	15 Tn/mensuales
Eleodoro Quiroga Ramos	30 Tn/mensuales

La información de ventas es solo referencial, sirve para dar una idea de las dimensiones de las empresas.

e) AGUA DE MEZCLADO

En Sullana existen cuatro fuentes principales de agua para la construcción, la red de agua potable, los canales de regadío, de pozos poco profundos (generalmente menos de un metro) excavados en los asentamientos humanos y ojos de agua en zonas

cercanas a las quebradas. La red de agua potable es la principal fuente, el agua proveniente del río Chira y del canal Chira-Piura es tratada en una planta administrada por SEDAPIURA-Sullana. En los sectores cercanos al canal lateral PECHP y en otras zonas servidas por camiones cisternas se usa agua extraída de dicho canal. Seguidamente muestro un cuadro con datos de la calidad de agua y comparándola con las cantidades máximas permitidas por las normas respectivas:

	Agua Potable	Agua para Concreto	Canal Chira-Piura	Red de Agua Potable
Cloruros (ppm)	250	300	26.0	28.0
Sulfatos (ppm)	50	300	60.0	70.0
Sales de magnesio (ppm)	125	150	10.69	10.69
Sales solubles (ppm)	800	1500		
Ph	10.6	no menor de 7	7.5	7.5
Sólidos en suspensión (ppm)	10	1000		
Materia orgánica (ppm)	0.001	10	4.8	2.0

fuelle: Laboratorio Regional de SEDAPIURA

Las aguas provenientes del canal Chira-Piura son muy turbias, dependiendo de la época; por ello es necesario verificar su calidad antes de usarla. El agua de la red pública de agua potable es buena calidad y no representa problemas para la construcción.

El agua extraído de los pozos y de los ojos de agua en los asentamientos humanos es de dudosa calidad, estos pozos y ojos de agua están ubicados el sector Este, cerca del dique, en la quebrada Cieneguillo y en la laguna del Pato, en estos sectores se han observado lentes de carbonatos por lo que el agua puede estar contaminada con este elemento que es altamente perjudicial para el cemento. **No deben usarse estas aguas en construcción.**

Debido a las altas temperaturas que se alcanzan en el verano, especialmente durante el fenómeno ENSO, se debe tener en cuenta que a 40°C la fragua se adelanta hasta en 50% con lo que el concreto pierde hasta el 10% de resistencia. Por ello se recomienda que al colocarlo, el concreto no sobrepase la temperatura de 32 grados; y si el concreto es masivo no deberá exceder de 16°. En este último caso es recomendable agregar el agua de mezcla enfriada con hielo en escamas o triturado, cuidando de que se encuentre en forma líquida al momento de agregarlo a la mezcla.

Se debe extremar el cuidado en el curado del concreto pues debido al aumento de la velocidad de fragua, al viento y a la escasa humedad ambiental se pueden producir fisuras plásticas, que reducen la resistencia del concreto y podrían exponer el acero de refuerzo a la intemperie.

6.3.2.2 LADRILLOS

En Sullana abundan las zonas arcillosas, las principales se ubican en los terrenos de cultivo y en depósitos arcillosos en los causes de las quebradas. La mayor parte de las unidades de albañilería se fabrican de manera artesanal, por gentes cuyo conocimiento del uso y fabricación es empírico; por ello existe una gran diversidad de calidades y dimensiones de una cantera a otra e incluso dentro de una misma cantera. Como no se llevan registros de la calidad, ésta no es uniforme por lo que se debe ser muy cuidadoso en la selección. La arcilla utilizada no es controlada técnicamente sino "al ojo", pueden tener sulfatos, carbonatos o sales. El agua de amasado es generalmente extraída de pozos artesanales y ojos de agua (ver punto 6.3.1.1 e) cuya calidad es dudosa, pueden contener sales y carbonatos. Solo existe una fábrica mecanizada que produce ladrillos con cierto grado de tecnificación, la "Ladrillera del Chira" está ubicada en Sullana al lado de la carretera Panamericana a ocho kilómetros en dirección a Piura. La tabla siguiente presenta una comparación de los ladrillos frente a las normas:

	Ladrillera del Sr Burgos (Sullana)			Ladrillera del Chira (Sullana)			Norma ITINTEC 331.018	
	alto	ancho	largo	alto	ancho	largo	II	III
Dimensiones (cm)	7.0	12.4	22.3	9.3	12.4	24.9		
Variación de las dimensiones (%)	0	1	1	1	1	1	±7	±5
Alabeo concavidad		2.0			3.0			
convexidad		1.0			1.0		8	6
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		27.1			85.4		70 min	95min
Densidad (gr/cm ³)		1.70			1.70		1.60	1.60

Como vemos, la ladrillera del Sr. Burgos produce ladrillos que no llegan a tener la resistencia mínima exigida para los ladrillos del tipo II, mientras que los ladrillos de la Ladrillera del Chira casi llegan al tipo III.

6.3.2.3 ADOBE

Como vimos en 6.3.1, el 40% de las edificaciones de la ciudad están hechas de este material, sin embargo las autoridades han puesto muy poco cuidado en investigar si la calidad de estas unidades de albañilería son las adecuadas.

La fabricación de adobes es completamente artesanal, generalmente se realiza en los mismos lugares que los ladrillos, incluso los adobes suelen ser ladrillos sin quemar. Como hemos visto, la calidad del ladrillo deja mucho que desear, lo mismo ocurre con el adobe. Mucha gente fabrica sus propios adobes con que construir sus casas y es que su escaso costo lo hacen el material preferido en los asentamientos humanos marginales.

La durabilidad de este material es muy pequeña, debido a que existen sectores con altas concentraciones de sulfatos y cloruros. Tienen poca resistencia a la compresión y a la acción de la humedad y la lluvia.

Es notorio que las viviendas de adobe sufren enormemente con la acción de las lluvias; he observado como muros enteros se han derretido como pasteles de chocolate.

Las casas de adobe se construyen sin columnas o con muy pocas, de madera rolliza; por lo que el peligro de volteo de muros es permanente; de hecho se han producido numerosos heridos y muertos por esta causa. En caso de un sismo severo la mayor parte de las viviendas de adobe, debilitadas por las lluvias y mal construidas, colapsarían produciendo enormes pérdidas económicas y de vidas.

Es recomendable divulgar los estudios realizados por la UNI, PUCP e ININVI sobre la mejor manera de preparar las unidades de albañilería y como construir con este material; sin embargo considero que no es un material adecuado para la zona que sufre de los embates de las lluvias con regularidad y es altamente sísmica.

6.3.2.4 QUINCHA

La Quincha es el material constructivo más antiguo que se encuentra en la ciudad, incluso edificaciones muy antiguas, construidas con este material aun están de pie y en uso. La mayor parte de las estructuras de quincha se concentran en los Cascos

Centrales de Sullana y Bellavista. En la actualidad ya no se construye nada con quincha. En los sectores económicamente más pudientes las preferencias son para las edificaciones de ladrillo y concreto, y en los sectores menos favorecidos las preferencias son totalmente por el adobe.

En la zona he encontrado dos tipos de estructuras de quincha: Las construidas con gran arte y calidad, con estructuras de madera y enlucidos artísticos, algunas alcanzan hasta dos pisos; y las de construcción rústica, de estructura de palos de madera rolliza y revoque de barro, son de un solo piso.

El estado de las estructuras de quincha es muy variado, dependiendo básicamente del mantenimiento que se le ha dado. En las fotos podemos apreciar edificaciones de quincha, algunas en estado ruinoso o fuera de plomo formando ángulos inverosímiles, pero aun así habitados.

En mi opinión, la quincha es el mejor sistema de construcción y el más económico para la región; sobretodo el sistema de quincha modular que permitiría industrializar la construcción y por lo tanto abaratar costos dramáticamente; incluso la fabrica podría gestarse en los asentamientos humanos con ayuda del gobierno municipal y el regional. El inconveniente a este tipo de estructuras es la necesidad de traer la madera de otro lugar, pero como vemos en 6.3.2.4, esto no representa un inconveniente insuperable. Las viviendas construidas adecuadamente y con un mantenimiento regular y barato son extremadamente seguras y durables. Recomiendo divulgar los trabajos realizados en quincha en la UNI, PUCP e ININVI.

6.3.2.5 MADERA

La construcción con madera es escasa en Sullana, las edificaciones de quincha de mejor calidad tienen estructuras de madera, pero, como he dicho, ya no se construye con quincha. Las viviendas enteramente de madera son muy pocas y no son características de la arquitectura del lugar. Existen algunas construcciones modulares de madera modernas pero solo en los centros militares, policiales y en campamentos como el de Energoprojekt.

En la zona no existen bosques de maderas comerciales aptas para la construcción, los árboles son mas escasos debido a la naturaleza desértica de los alrededores y además son muy delgados y tienen formas caprichosas. Estas maderas se usan sin aserrar, en forma rolliza; sirve como columnas en las viviendas precarias, como pies derechos o estacas y en la fabricación de parquet. Para la construcción con madera y quincha

se debe contar con madera de calidad estructural aserrada y tratada, este tipo de madera llega a Sullana proveniente del Ecuador y principalmente de la selva peruana, desde Tarapoto, Pucallpa o Rioja. Gracias al sistema carretero de Sullana, la medera puede llegar directamente en camiones a los depósitos de distribución. Los dos principales son: Interamericana de Comercio e Industrial Maderera Perú. Para tener una referencia nuestro volúmenes de venta y las variedades de madera que se venden en Sullana:

Interamericana de Comercio

Catahua (Pucallpa)	3500 pie/mes
Tornillo (Tarapoto)	2850 pie/mes
Tornillo (Pucallpa)	2600 pie/mes
Cedro (Tarapoto)	2400 pie/mes
Copaiba (Pucallpa)	1900 pie/mes
Mohena (Tarapoto)	950 pie/mes

Industrial Maderera Perú

Tornillo (Rioja)	15000 pie/mes
Cedro (Rioja)	10000 pie/mes
Mohena (Rioja)	1000 pie/mes

6.3.3 CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO

En la región Grau funcionan varios centros de enseñanza que tienen relación con la construcción. En Sullana tienen influencia las Universidades de Piura.

Universidad de Piura (UDEP): La Universidad tiene un Programa Académico de Ingeniería Civil que viene funcionando desde 1984, su primera promoción salió en 1990. Posee modernos laboratorios de Mecánica de Suelos, Ensayo de Materiales y de Hidráulica. La formación académica es eficiente a pesar de contar con pocos medios. La plana de profesores la conforman predominantemente Ingenieros Civiles e Industriales; la mayoría bastante joven y con escasa o ninguna experiencia profesional pero cuentan con el asesamiento de algunos Ingenieros de gran prestigio y con muchos años en el ramo.

Universidad Nacional de Piura (UNP): El departamento de Geología de la Facultad de Ingeniería de Minas, presta servicios en estudios geológicos, topográficos y de mecánica de suelos para la Ingeniería Civil, ya que a la formación se le está dando una orientación hacia la geotécnia. Cuenta con un gabinete de Topografía y

Fotogrametría y un laboratorio de Mecánica de Suelos (muy sencillo pero eficiente). La plana docente está conformada por Ingenieros jóvenes pero con gran experiencia en el campo.

Instituto Superior Tecnológico Sullana: Es el único centro de enseñanza con relación a la Ingeniería que hay en Sullana. Funciona desde 1977, de donde egresan un promedio de treinta profesionales anualmente. La carrera tiene una duración de tres a seis años. El Instituto posee gabinetes de Topografía y Mecánica de Suelos.

Como vemos, existe personal interesado y entrenado en la construcción, pero parece que el número es muy inferior al que se requiere. También es notoria la importancia que se le da a la Mecánica de Suelos en la Región; importancia merecida, por cierto.

6.3.4 INCENDIOS

Un tercer tipo de desastres que pueden afectar a la ciudad de Sullana-Bellavista son los incendios. En el Capítulo II vimos los antecedentes de incendios que nos llevaron a tomar en cuenta este particular tipo de desastre.

Los incendios son de muy diversas causas y orígenes, si bien en Sullana no suelen haber vientos muy fuertes (ver Capítulo IV) lo que impide una rápida propagación del fuego, si suele tener temperaturas ambientales muy altas y que facilitan el secado de los materiales y su combustión. En Sullana - Bellavista, las viviendas son de material combustible, como la caña, madera, quincha y techos de paja; esto, aunado a la costumbre de dejar velas o mecheros encendidos para desalentar a los potenciales ladrones y preparar los alimentos con cocinas de llama abierta, como las de gas, querosene o leña, hace aumentar el peligro de una conflagración que de no controlarse a tiempo puede ser muy destructiva.

En el cuadro Cuadro 6.1: "Estadística del Servicio de Emergencia en Sullana en 1991", podemos apreciar que las emergencias debido a incendios fueron bastante numerosas en 1991; aunque solo en el mes de enero de 1992, se reportaron once emergencias debido a incendios; este aumento puede deberse al incremento de la temperatura y de las lluvias debido al verano y al evento ENSO, ya que de ellas cuatro estuvieron relacionados con cortos circuitos causados por la lluvia, incluso uno en la vivienda del Alcalde.

mes/tipo	Falsas Alarmas	Amagos	Incendios
Ene	-	05	03
Feb	-	03	03
Mar	-	03	03
Abr	-	03	02
May	01	02	04
Jun	-	02	02
Jul	02	02	04
Ago	-	01	-
Set	02	01	04
Oct	-	01	03
Nov	-	03	02
Dic	01	01	11

Cuadro 6.1: Estadística del Servicio de Emergencia en Sullana en 1991

Fuente: Benemérito Cuerpo de Bomberos del Perú (1992)

En el cuadro 6.2: "Distribución de las Emergencias en Sullana en 1991", se observa que el número de incendios de viviendas y forestales son bastante elevados.

Total de Incendios	38
Vehículos - Rescates	03
Viviendas	30
Fábricas	01
Forestal	04

Cuadro 6.2: Distribución de las Emergencias en Sullana en 1991

Fuente: Benemérito Cuerpo de Bomberos del Perú (1992)

6.3.5 ESTIMACION DE LAS PERDIDAS

Es muy difícil prever las pérdidas que ocurrirían en caso de producirse un desastre. Observamos que la mayor parte de la ciudad está edificada usando materiales de construcción de mala calidad y procedimientos artesanales del todo inadecuados e incompatibles con la buena práctica de la Construcción. Además, la ciudad está fundada, en su mayor parte, sobre suelos blandos y poco seguros.

De todo lo anterior podemos afirmar de que las pérdidas en caso de un sismo o lluvias severas serán de gran magnitud. El Ingeniero venezolano José Grases (1986) estudió una manera de evaluar las pérdidas en caso de sismos, estos valores fueron obtenidos para la realidad de Venezuela, sin embargo adoptaremos los mismos ya que se trata solo de obtener una aproximación. El cuadro 6.3 muestra los porcentajes de las pérdidas sobre el valor de reconstrucción para las edificaciones de una ciudad.

Cuadro 6.3:

Tipo de construcción	Pérdida máxima probable (en % del valor de reconstrucción)					
	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1 Moderna, antisísmica	0	1	5	50	80	100
2 Moderna, no antisísmica	0	5	20	80	100	100
3 Armazón de ladrillo o madera	1	10	40	100	100	100
4 Adobe	5	20	70	100	100	100

En la actualidad existen alrededor de 25000 viviendas, de las cuales el 40% son de adobe, esto es aproximadamente 10000 viviendas de adobe en Sullana-Bellavista. Por lo que podemos deducir de las tablas que para un sismo de intensidad VIII MM tendríamos que lamentar una pérdida de 70% del valor de reconstrucción. Si estimamos en US \$ 1000.00 el valor de cada vivienda de adobe, obtendríamos que solo en los asentamientos humanos marginales se perderían US \$ 7'000,000. Muy a *grosso modo* las pérdidas se elevarían a más de 18 millones de dólares, solo en edificaciones. Definitivamente es necesario mejorar las condiciones de seguridad.

6.3.6 ESTADO DE LOS INMUEBLES DECLARADOS BIENES MONUMENTALES DE LA NACION

El siguiente cuadro 6.4: "Edificaciones declaradas bienes monumentales en la ciudad de Sullana por el Instituto Nacional de Cultura" resume el estado actual de las edificaciones, la mayoría de las cuales han sufrido por efecto de las lluvias.

CUADRO 6.4: Edificaciones declaradas bienes monumentales en la ciudad de Sullana por el Instituto Nacional de Cultura

Ficha	calle/avenida	numero	estado de conservación	uso actual	materiales de construcción
001	San Martín/Ayacucho	398	malo	Viv	Qui
002	San Martín	450-458	regular	Viv	Qui
003	San Martín	468-476	bueno	Viv	Ado
004	San Martín/Dos de Mayo	601-609-617	regular	banco	Ado
005	San Martín	625-637	regular	Com	Qui
006	San Martín	645-655-661	regular	Com	Qui
007	San Martín	650-658	regular	Viv/Com	Ado
008	San Martín	674-680	regular	PNP/Com	Ado
009	San Martín	684-690	regular	Com	Ado/Qui
010	San Martín	705-709	regular	Com/Viv	Qui
011	San Martín	737-745	regular	Com	Ado/Qui
012	San Martín	757-761	regular	Com/Viv	Ado
013	San Martín/Tarapacá	799	regular	Com/Viv	Ado/Qui
014	San Martín/Tarapacá	800-808	regular	Com	Ado/Qui
015	San Martín	868-872-876-880-884	regular	Com	Ado/Qui
016	José de Lama/J.J Farfán	249-259	malo	colegio	Ado/Qui
017	Plaza de Armas Psje. Cortez	130-134-136 101-109-119-138-161	malo	Com/Viv	Ado/Qui
018	Dos de Mayo/Grau	668-678	regular	Com/Viv	Ado/Qui
019	Suche Dos de Mayo	308-316 520-539-574	regular	Viv	Lad/Ado/Qui
020	La Mar	466-488-494	bueno	Club Unión	Ado/Mad
021	Tarapacá	378-390-398	malo	Com/Hotel	Ado/Qui

Además está considerada zona monumental el cementerio San José, el cual data del siglo XIX. Se debe hacer especial mención de los mausoleos del poeta Carlos Augusto Salaverry, José Figallo Tassaras y del Mayor de Caballería Juan José Céspedes.

Com: comercial
Ado: adobe

Viv: vivienda
Qui: quincha

PNP: comisaría
Lad: ladrillo

Mad: madera

Extraído de:

INC; "Inventario Urbano Monumental Ciudad de Sullana"; Dirección Patrimonio Cultural Monumental-Piura; Piura, 1988

6.4 ESTUDIO DE LA INFRAESTRUCTURA URBANA

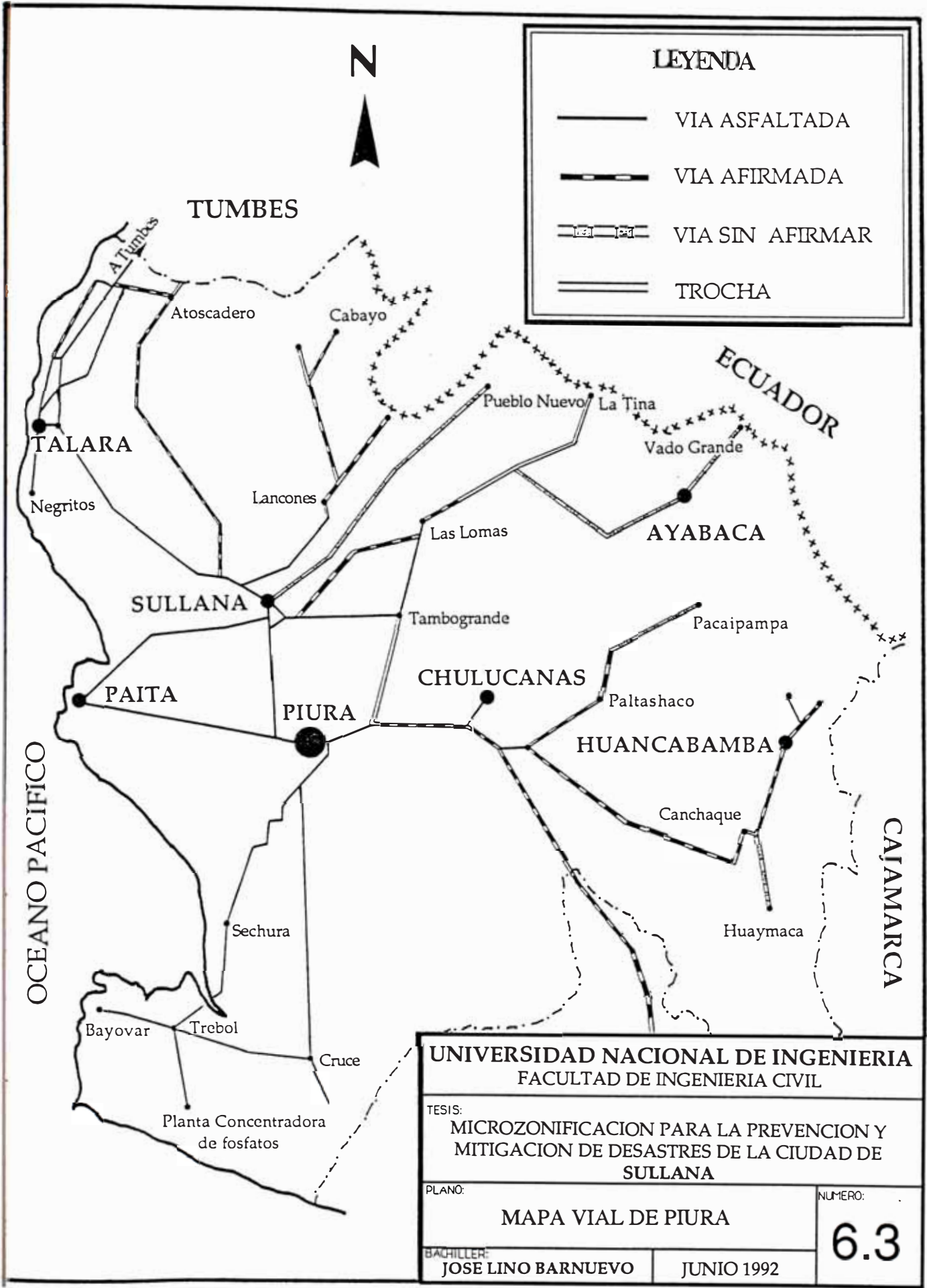
6.4.1 VIAS DE TRANSPORTE

Como ya se ha dicho con anterioridad, la Ciudad de Sullana es el más importante eje carretero Regional, en ella confluyen carreteras que unen Sullana con importantes centros productores y comercializadores. De Sullana parten las carreteras Panamericana, a Paita, a Tambogrande y a la Tina. En el mapa 6.3: "Mapa Vial de Piura" se observa la importancia de Sullana como nudo carretero estratégico.

Carretera Panamericana: Es la principal vía de comunicación del Perú. Conecta Sullana con las ciudades de Piura, por el Sur, y Talara, por el Norte. El tramo Sullana-Piura está totalmente asfaltado y en muy buenas condiciones, las lluvias de 1992 parecen haber afectado poco a esta carretera pues las alcantarillas han funcionado correctamente; en algunos tramos sería conveniente la construcción de cunetas y salidas como en el puente sobre el Canal-Vía, cuyo talud del estribo Sur presenta fuertes erosiones. En mayo de 1992 se sometió a esta carretera a labores de mantenimiento de la carpeta asfáltica. El tramo Sullana-Talara tiene una longitud de 72 kilómetros, se encuentra asfaltada hasta Santa Lucía, a partir de allí la capa asfáltica ha desaparecido o está en malísimas condiciones. Por esta vía se puede llegar hasta la República del Ecuador atravesando Tumbes.

Carretera Sullana-Paita: Es una carretera de gran importancia ya que une todo el valle del bajo Chira y permite transportar su producción hacia las plantas agroindustriales en Sullana o embarcarla en el puerto de Paita. La carretera está completamente asfaltada pero a lo largo de sus 59.8 kilómetros las lluvias de 1992 han afectado varios puntos a causa de deslizamientos de taludes.

Carretera Sullana-Tambogrande: Esta carretera es de importancia para la extracción de la producción agrícola del valle del Alto Piura. Está asfaltada en gran parte de su recorrido. En la intersección de la carretera a Tambogrande con la quebrada Cieneguillo se construyó un badén el cual ha funcionado adecuadamente durante el ENSO de 1992, la solución badén me parece la mas adecuada ya que el cause de la quebrada es bastante ancho y poco profundo por lo que se tendría que construir un puente y elevar los accesos de la carretera, sin embargo me parece que su ancho es insuficiente para el caudal que debe pasar por él, sin embargo esta solución también significa que el tránsito por la carretera se deberá interrumpir cuando por la quebrada bajen las riadas más severas. Los tramos carretera arriba y abajo del badén,



LEYENDA

- VIA ASFALTADA
- - - - VIA AFIRMADA
- +—+—+ VIA SIN AFIRMAR
- ==== TROCHA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:
MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCION Y MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE SULLANA

PLANO:
MAPA VIAL DE PIURA

BACHILLER:
JOSE LINO BARNUEVO

NUMERO:
6.3

JUNIO 1992

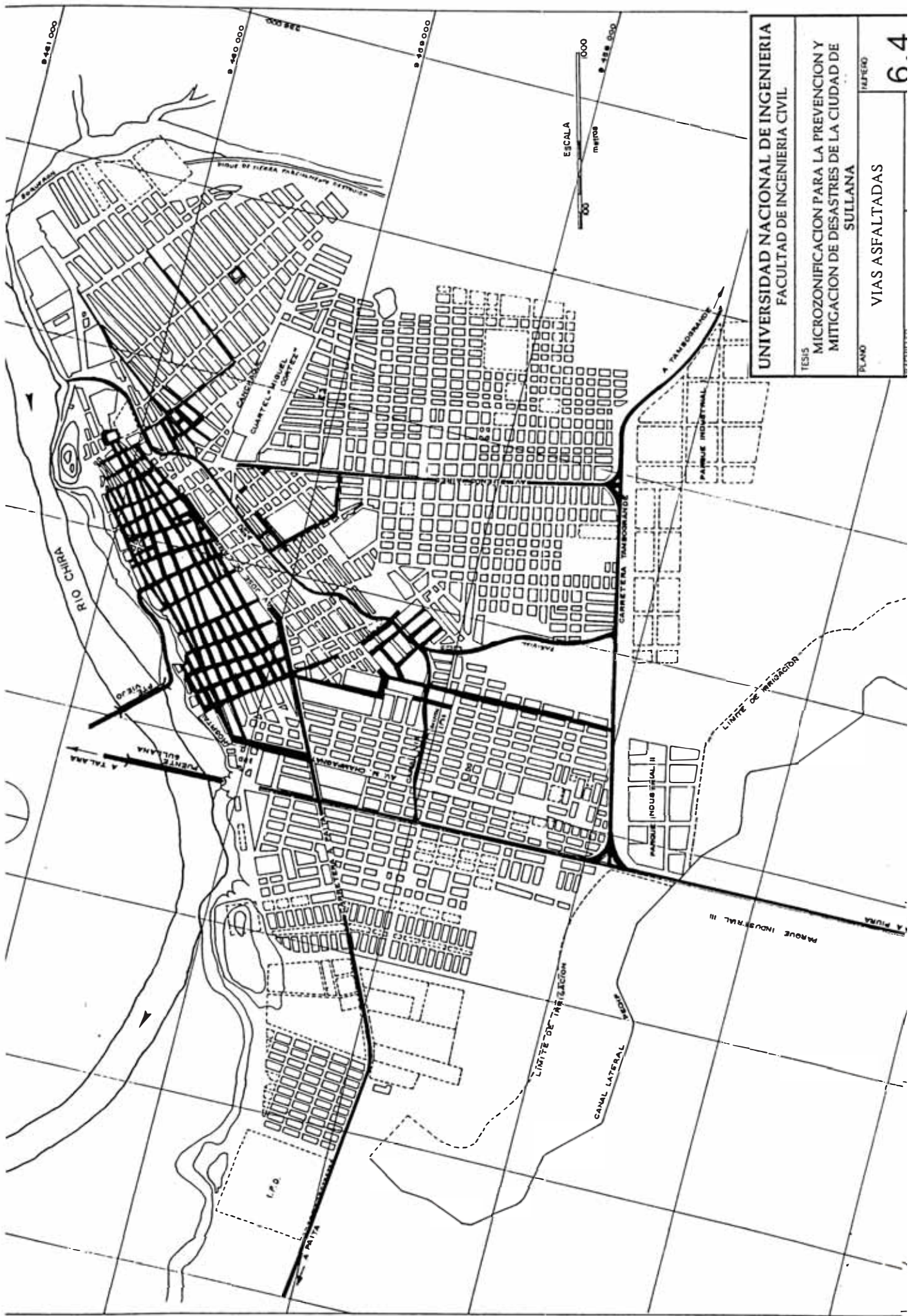
hasta unos 300 metros a cada lado, están muy deteriorados debido a la abrasión de las aguas y las partículas en suspensión.

Carretera Sullana-La Tina-Macará: La carretera permite integrar la zona serrana del Sur de Ecuador con la Sub-región Luciano Castillo, permitiendo la salida a la costa de los productos agropecuarios de dicha zona de la República del Ecuador y del valle del Alto Chira y Poechos. La carretera se extiende por 127.9 kilómetros no estando ninguno de ellos asfaltado, al presente. Esta carretera debería ser asfaltada pues está llamada a ser de gran importancia para el comercio internacional.

La ciudad de Sullana-Bellavista adolece de calles debidamente asfaltadas; en el plano 6.4: "Vías Asfaltadas" se observa que salvo algunas avenidas importantes; tales como las carretera Panamericana, a Paita y a Tambogrande, el Par-Vial, el Canal-Vía, la Avenida Buenos Aires, etc.; solo las calles del cercado de Sullana y algunas pocas en la Urbanización Popular están asfaltadas. Esta situación tiene varios orígenes, el más importante de los cuales es el rápido crecimiento urbano que sufre Sullana con el boom agropecuario; este crecimiento explosivo sobrepasó la capacidad de maniobra de las autoridades municipales; también es importante hacer notar que estas mismas autoridades no se esforzaron mucho en tomar la iniciativa para un desarrollo urbano adecuado. Esta falta de calles asfaltadas trae consigo numerosos problemas que van desde la aparición de problemas respiratorios debido al polvo suspendido en el aire hasta fuertes erosiones en las calles, como durante el ENSO de 1983 dejó numerosas viviendas con la cimentación expuesta.

Las fuertes lluvias de 1992 produjeron severos daños a la infraestructura vial, a pesar de que no tuvieron gran intensidad y por lo tanto la escorrentía no fue muy grande, la abrasión de las partículas en suspensión produjeron la destrucción de la carpeta asfáltica, sobretodo de los asfaltos flexibles. Una muestra de esta abrasión se da en casi la totalidad de la avenida José de Lama.

Es recomendable utilizar asfaltos rígidos resistentes a la abrasión en las zonas de mayor pendiente o donde se haya comprobado que discurre agua de lluvia para evitar que se deteriore y se interrumpa la circulación. Además creo necesario ensanchar y asfaltar con concreto armado el badén de la intersección de la carretera a Tambogrande con la quebrada Cieneguillo, unos trescientos metros a cada lado y construir cunetas en la margen Sur para que lleven las aguas hacia el badén y no erosionen los taludes. Este ensanchamiento hará que el espejo de agua sea de menor profundidad y permitirá que aunque haya agua no se interrumpa el tránsito salvo cuando lleguen las riadas más severas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS
 MICROZONIFICACION PARA LA PREVENCION Y
 MITIGACION DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
 SULLANA

PLANO
 VIAS ASFALTADAS

NUMERO
 6.4

6.4.2 TELECOMUNICACIONES

En la ciudad de Sullana opera únicamente la Empresa Nacional de Telecomunicaciones, ENTEL-Perú. Presta servicios de Telégrafo, Télex, Faxímil, Telefonía, etc. El sistema Telefónico fue servido hasta hace muy poco mediante un sistema manual, pero desde fines de 1991 se ha instalado un nuevo equipo automático que ya está en operación; ahora basta discar los dígitos 5 y 0 antes del número de cuatro dígitos anterior. Por ejemplo: 50XXXX. La implantación de este sistema automático permite a los usuarios de Sullana acceder igualmente a otros servicios de punta como el Teleproceso, Teleconferencias y demás Sistemas de Comunicación Digital.

Para albergar este nuevo sistema se ha construido un nuevo edificio, de estructura aporticada de concreto, ubicado en la calle Tarapacá que es una zona de gran pendiente. Recordemos que la calle Tarapacá es conocida como calle del desagüe debido a que por ella drena hacia el Canal-Vía las aguas de escorrentía de la zona alta del cercado, por ello, aunque el edificio aparenta estar bien construido, en época de lluvias severas la cimentación puede verse erosionada a menos que se tomen las medidas de seguridad adecuadas. Otro problema que seguramente surgiría sería la gran dificultad para llegar hasta el edificio, sobretodo al locutorio público.

6.4.3 ENERGIA ELECTRICA

El abastecimiento de energía eléctrica en Sullana está a cargo de la empresa Electro Norte S.A. Esta empresa se a visto incapaz de satisfacer la demanda de fluido eléctrico, en la actualidad (junio 1992), la ciudad sufre de constantes apagones, en realidad solo disfruta de energía algunas horas al día, y no toda la ciudad. El fluido proviene del sistema interconectado con Piura, ya que la central térmica de Sullana posee cuatro generadores ALCO de 2.5 MW cada uno pero ninguno de los cuatro está operativo. Otro problema es que la ciudad de Piura tampoco está bien servida por lo cual tampoco puede desprenderse de grandes cantidades de energía. La esperanza es que la interconexión que se ha realizado con la Central de Carhuaquero permita dotar a Sullana de parte del fluido eléctrico que requiere para uso doméstico y, sobretodo, para uso industrial.

6.4.4 SERVICIO DE AGUA POTABLE

a) CAPTACION

En la ciudad de Sullana existen dos sistemas de abastecimiento de agua, uno antiguo y otro moderno. El antiguo data de 1953 y utiliza las aguas del río Chira que afora un caudal mínimo de 1500 lps y el moderno capta sus aguas del canal principal del Proyecto Chira-Piura. Este río se utiliza también como fuente de abastecimiento a varias localidades ya ha sido canalizado con fines de irrigación de tierras de cultivo.

El sistema antiguo capta las aguas del río Chira mediante dos electrobombas de 100 y 140 lps, respectivamente; las cuales están operativas en la actualidad pero resultan inútiles ante la falta de fluido eléctrico.

El sistema moderno capta el agua del canal principal del proyecto Chira-Piura a la altura del kilómetro 34, en una cota superior al de la planta de tratamiento lo que permite que la captación sea por gravedad. Para ello se usa una tubería de \varnothing 32" AC que va hasta el desarenador y luego a un medidor Parshall, ambos de concreto armado, con capacidad para 540 lps.

b) TUBERIA DE IMPULSION

La línea antigua de impulsión por bombeo es de fierro de \varnothing 14" con una longitud de 500 m, cubriendo una altura de aproximadamente 25 m. La línea nueva de conducción por gravedad, comprende una línea de tubería de 50 m de presión de columna de agua dividida en dos partes:

100 m de tubería de concreto reforzado de \varnothing 32"

4075 m de tubería de concreto reforzado de \varnothing 24"

Desde la Casa de Bombas en la Planta de Tratamiento, hasta el Reservorio R-2 ubicado en la Loma de Mambré existe la línea de impulsión que consta de:

170 m de tubería de concreto reforzado de \varnothing 28" para 150 lb/pulg²

510 m de tubería de Asbesto Cemento de \varnothing 28" Tipo Mazza C-10 kg/cm²

75 m de tubería de Asbesto Cemento de \varnothing 16" Tipo Mazza C-10 kg/cm²

c) PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento de agua tiene capacidad para procesar 540 lps. Consta de un sistema antiguo y otro moderno, ambos están operativos y funcionando.

Control de Calidad: Se realiza mediante el Laboratorio Regional ubicado en la Planta de Tratamiento donde se efectúan análisis horarios y diarios: físico-químicos y bacteriológicos, tanto del agua cruda y tratada de Sullana, sino que también de las aguas de otras ciudades como: Piura, Paita, Eje Paita-Talara, Talara y Tumbes (SEDATUMBES).

d) RESERVORIO DE AGUA TRATADA

Está ubicada en la Planta de Tratamiento, tiene una capacidad de 4000 m³. El Reservoirio es de tipo semienterrado con dimensiones 30 x 30 x 4.4 m y tubos de ventilación de ø 4" de fierro fundido. Fue construido en 1953 y sigue prestando un servicio efectivo.

e) ESTACION DE BOMBEO DE AGUA TRATADA

Está constituido por cuatro electrobombas de 250 HP (440 V y 50/60 Hz) con un caudal de 180 lps y una altura de presión de agua de 64.65 m.

El agua succionada del reservorio de almacenamiento de la Planta de Tratamiento es impulsada al Reservoirio R-2 ubicado en la Loma de Mambré. Para el funcionamiento de este equipo se cuenta con una línea de Alta Tensión de la Empresa de Energía Piura S.A. de 10000 voltios, la cual es transformada a 440 V. Para casos de emergencia, aunque eso significa que últimamente es siempre, se cuenta con una casa de fuerza equipada con grupos electrógenos, cinco de ellos antiguos y tres relativamente nuevos.

3 equipos Detroit

2 equipos Caterpillar

3 equipos General Motors de 560 KW de 3 fases.

f) REDES DE DISTRIBUCION

El sistema de distribución de agua potable actual tiene dos etapas: la primera, que es la más antigua, está constituida por instalaciones de 1953 y ampliaciones hasta 1977. Las tuberías más antiguas son de fierro fundido y están ubicadas en el Casco Central,

tienen un diámetro de 10", 12" y 16"; y en las zonas periféricas son Eternit y fierro fundido de diversos diámetros.

<u>Diámetro</u>	<u>Longitud (m)</u>	<u>Material</u>
4"	20345	Fierro fundido
4"	14345	asbesto cemento
6"	2990	Fierro fundido
6"	4660	asbesto cemento
8"	810	Fierro fundido
8"	1910	asbesto cemento
10"	3710	Fierro fundido
10"	460	asbesto cemento
12"	1170	Fierro fundido
12"	730	asbesto cemento
<u>16"</u>	<u>2250</u>	<u>Fierro fundido</u>
TOTAL:	53380	

Con las obras del Plan Nacional III Etapa, 1977 a 1980 se tendieron nuevas tuberías:

<u>Diámetro</u>	<u>Longitud (m)</u>	<u>Material</u>
3"	17322	asbesto cemento
4"	34538	asbesto cemento
6"	2034	asbesto cemento
8"	6214	asbesto cemento
10"	2335	asbesto cemento
12"	4799	asbesto cemento
14"	3718	asbesto cemento
16"	1687	asbesto cemento
18"	500	asbesto cemento
<u>24"</u>	<u>1196</u>	<u>asbesto cemento</u>
TOTAL:	74343	

Desde ese entonces se han realizado varias ampliaciones pero de menor envergadura.

El porcentaje de población servida por conexión es del 72.6% de la población total y el 27.4% restante se abastece principalmente mediante el acarreo de agua. El 90.0% de las conexiones reales son activas y la micromedición alcanza solamente el 15.3% de las conexiones activas.

El volumen medio captado por conexión es de 21.30 m³/mes y el volumen medio estimado es de 26.84 m³/mes. La dotación de producción per cápita es de 189 lt/hab/día, mientras que el porcentaje de agua no contabilizada es 29.6%.

g) ALMACENAMIENTO

Se cuenta con tres reservorios:

Reservorio Elevado antiguo R-1: Con capacidad para 1000 m³ de agua, 22.83 metros de altura; está ubicado entre las calles Grau, Eduardo Vásquez, Arica y Paita. Funciona como reservorio flotante en condiciones normales.

Dimensiones: Diámetro de 12.2 metros y 8.5 metros de altura.

Reservorio Elevado R-2: Capacidad para 4000 m³, 21.67 metros de altura; está ubicado en la cima de la Loma de Mambré. Funciona como reservorio de cabecera.

Reservorio Elevado R-3: Capacidad para 3000 m³, 28.02 metros de altura; está ubicado entre las calles Santa Martha y Santa Catalina en el Asentamiento Humano Sánchez Cerro.

h) CALIDAD DEL AGUA

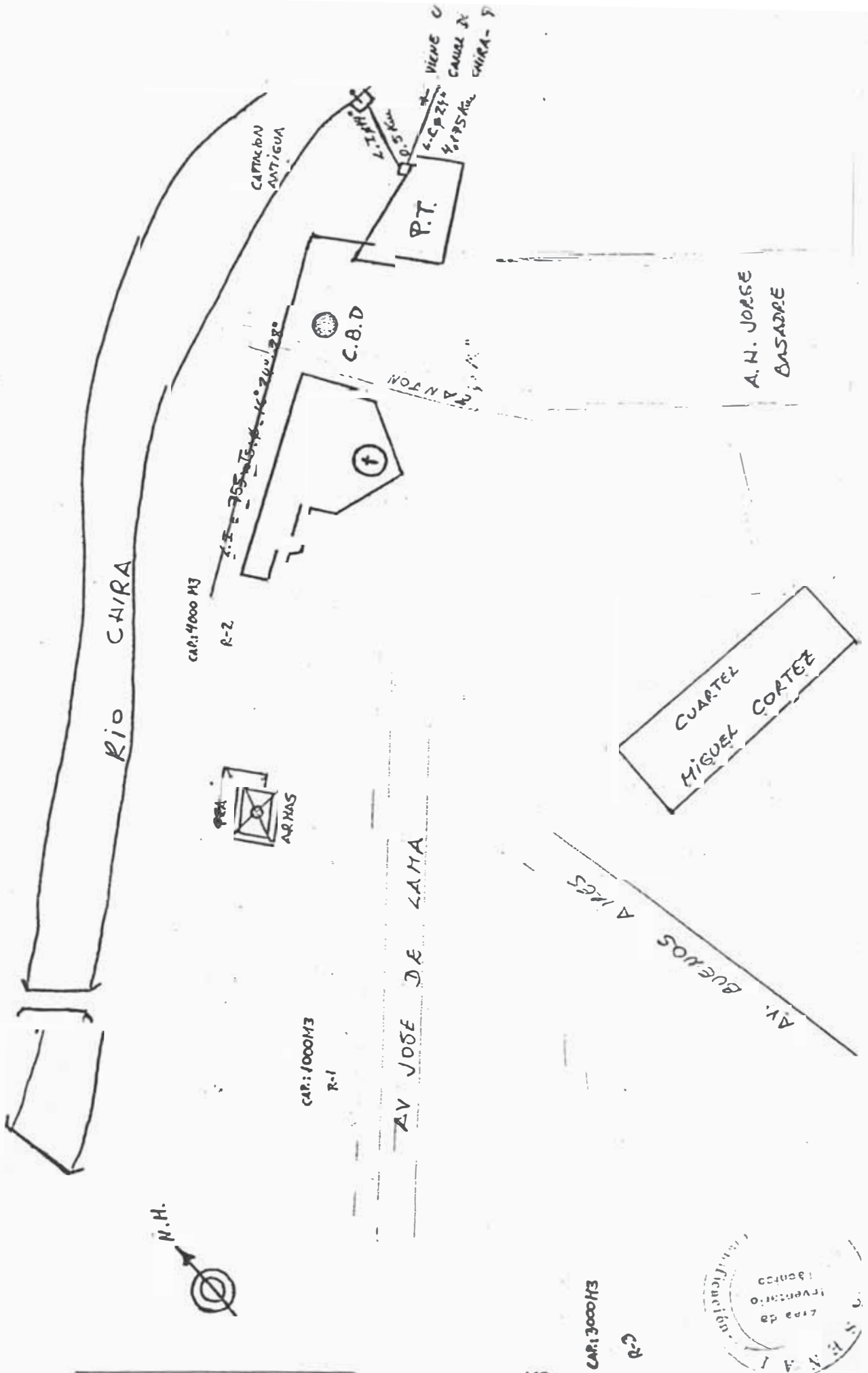
La calidad del agua tratada es buena para el consumo humano, como se observa esta comparación entre las normas y el agua de la red de agua potable:

	Normas de Agua Potable	Red de Agua Potable
Cloruros (ppm)	250	28.0
Sulfatos (ppm)	50	70.0
Sales de magnesio (ppm)	125	10.69
Sales solubles (ppm)	800	
Ph	10.6	7.5
Sólidos en suspensión (ppm)	10	
Materia orgánica (ppm)	0.001	2.0

fuelle: Laboratorio Regional de SEDAPIURA

Como se ve, el agua tiene mucha materia orgánica la cual no se puede extraer con los equipos que se tienen actualmente debido al tamaño de las partículas, requiriéndose un proceso especial. Esta carencia impide una mejor calidad del agua y pone de manifiesto el riesgo que existe de extender alguna sustancia peligrosa. Los técnicos

de SEDAPIURA Sullana, afirman de que el agua proveniente del Reservorio de Poechos carece de control fitosanitario y debido a que sus aguas son quietas se pueden reproducir microalgas, algunas de cuyas variedades pueden ser tóxicas. En los primeros meses de 1990, el agua comenzó a salir con olor y sabor desagradable, luego de algunas indagaciones se encontró que habían microalgas, que si bien estaban muertas gracias al tratamiento que se le da al agua, quedaban sus trazas químicas. El problema se solucionó pero dejó un mal recuerdo en la población y afectó el prestigio profesional de los técnicos responsables. Felizmente estas microalgas eran inofensivas y no portaban toxinas peligrosas.



CAP: 3000 M3
 C.B.

AV JOSE DE LAMA

AV. BUENOS AÑOS

CUARTEL
 MIGUEL COATEZ

A.N. JORSE
 BASADRE

CAP: 1000 M3
 R-1

CAP: 4000 M3
 R-2

C.B.D.

P.T.

C.A.P.T. 10 N
 ANTIGUA

VIENE U
 CAÑAL N
 CHIRA- S



6.4.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y DISPOSICION DE AGUAS SERVIDAS

a) COLECCION

La red está constituida por dos sistemas, uno viejo y otro moderno.

Sistema Antiguo: Conformado por una instalación de tubería tipo Hume, con diámetros variables entre 6" 35" según:

<u>Diámetro</u>	<u>Longitud (m)</u>	<u>Material</u>
6"	21030	Concreto Hume
8"	10207	"
10"	1056	"
12"	128	"
14"	199	"
16"	94	"
18"	1295	"
21"	350	"
35"	1640	"
TOTAL:	35999	

Las aguas servidas de la ciudad de Sullana, son conducidas al río Chira, aguas abajo de la captación de agua cruda.

Sistema Moderno: Con las obras del Plan Nacional III Etapa, se ha ampliado la red de recolección:

<u>Diámetro</u>	<u>Longitud (m)</u>
8"	57828
10"	988
12"	896
14"	657
16"	1300
18"	1046
21"	416
24"	1126
28"	2155
32"	988
38"	42
TOTAL:	67442

b) CAMARA DE BOMBEO

La cámara de bombeo es de concreto armado, tipo Caissón, de 12 m de profundidad y diámetro interior de 9.70 m, con cámara húmeda y cámara seca. El equipo tiene las siguientes características:

Cuatro bombas para un caudal de 200 lps (440 V y 50/60 Hz)

Cuatro motores Marathon Electric tipo TDS modelo JE 445 TED573 de 200 HP a 1775 rpm (460 V y 230 A).

Actualmente funcionan solo dos equipos. La cámara seca se llena en una hora y se bombea en 30 minutos. La válvula Check está en malas condiciones por lo que se sufre de inundaciones en la cámara seca, lo cual malogra los equipos.

c) LINEA DE IMPULSION EMISOR

Diseñada para evacuar hasta 600 lps y que conduce las aguas servidas impulsadas por las bombas de la cámara de bombeo hasta las Lagunas de Oxidación mediante una tubería de \varnothing 32" de concreto armado pretensado, espiga campana, para presiones de 50, 70 y 100 lbs/pulg², cubriendo una longitud de 3817 m.

d) PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESAGUES

Las aguas servidas deberían ser sometidas a tratamiento mediante las dos lagunas de oxidación que existen, de las cuatro que se había planeado construir, y que están ubicadas en un lugar denominado "El Cucho" a 3.8 kilómetros de Sullana.

Las lagunas tienen las siguientes características:

Población de Diseño	143000 habitantes
Caudal promedio	331 lps
Area de lagunas	23 Ha
Area total	24.4 Ha
Número de unidades	4 (proyectadas)
Profundidad	1.10 m
Borde libre	0.70 m
Dimensiones:	2 unidades de 269 x 270 m
2 unidades de 205 x 269 m	
Periodo de retención	8.8 días

Otros componentes del sistema son: un canal con medidor Parshall y un sistema de canales para la distribución del flujo.

e) OTROS SISTEMAS

Tanto la cámara de bombeo, la línea impulsora emisor y la planta de tratamiento de desagües están actualmente sin funcionar, o funcionan de manera muy limitada, ya que debido al deficiente servicio eléctrico no se tienen las garantías necesarias para un buen funcionamiento de los equipos. No se cuenta con equipos electrógenos propios para esta función. Por ello, actualmente se desagua las aguas servidas colectadas en un buzón ubicado en las cercanías de la cámara de bombeo y de allí se descargan directamente al río Chira mediante una tubería de \varnothing 30" AC un caudal de aproximadamente 402 lps.

Además existen otros puntos de descarga:

Emisor ubicado a la altura del Puente Nuevo y que evacúa los desagües de Santa Rosa, Villa Militar y alrededores: 18.3 lps (Santa Rosa) + 1.01 (Villa Militar).

Emisor ubicado a la altura del Puente Viejo y evacúa los desagües de la zona Sur de Sullana: 69.3 lps.

Emisor ubicado a la altura de la Plaza de Armas (a espaldas de la Comisaría Antigua): 12.8 lps.

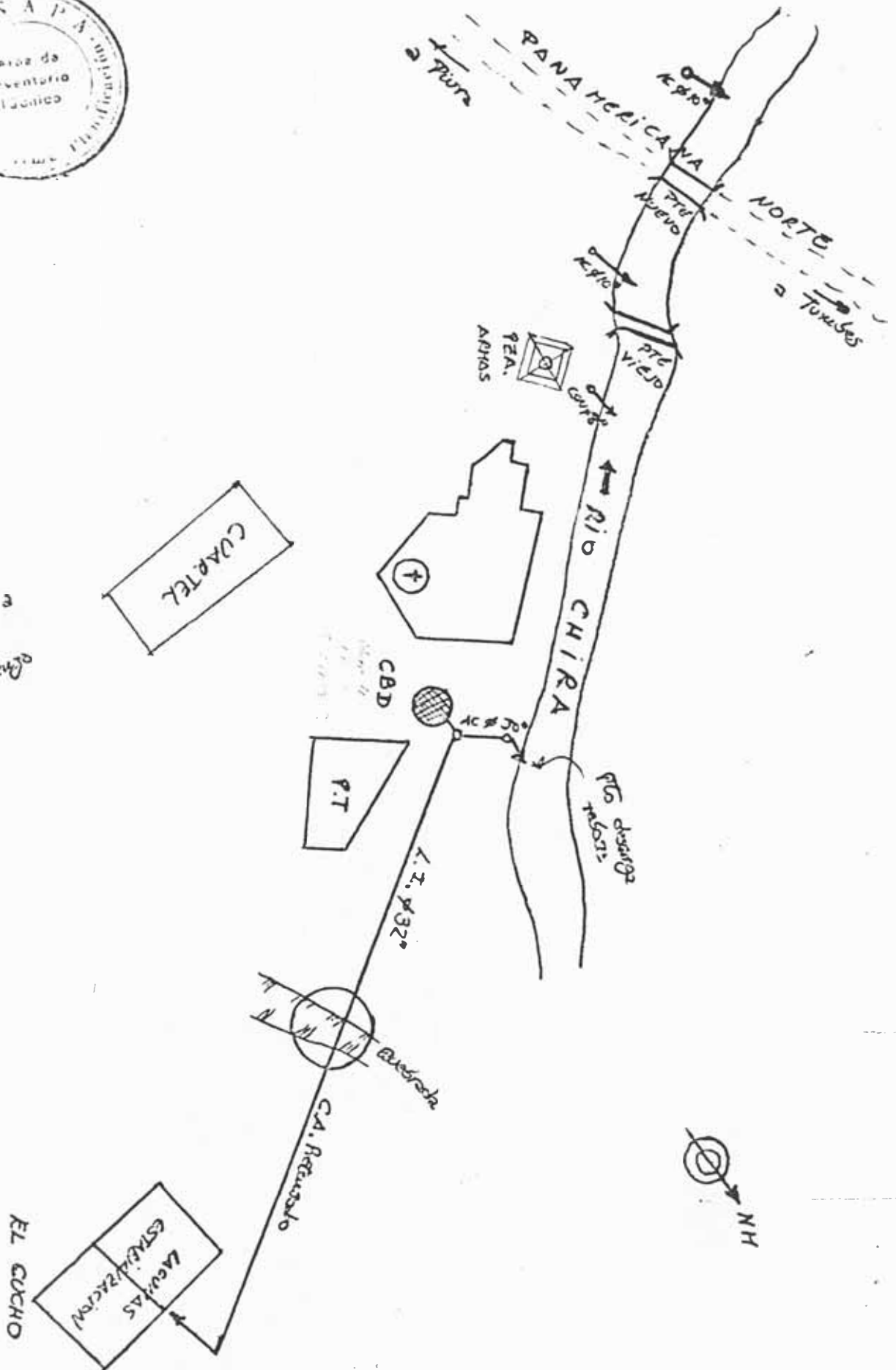
Estas aguas son usadas para regar los campos de cultivo existentes en la terraza aluvial a orillas del río Chira. Se observaron decenas de pescadores exactamente frente a la salida del emisor principal.

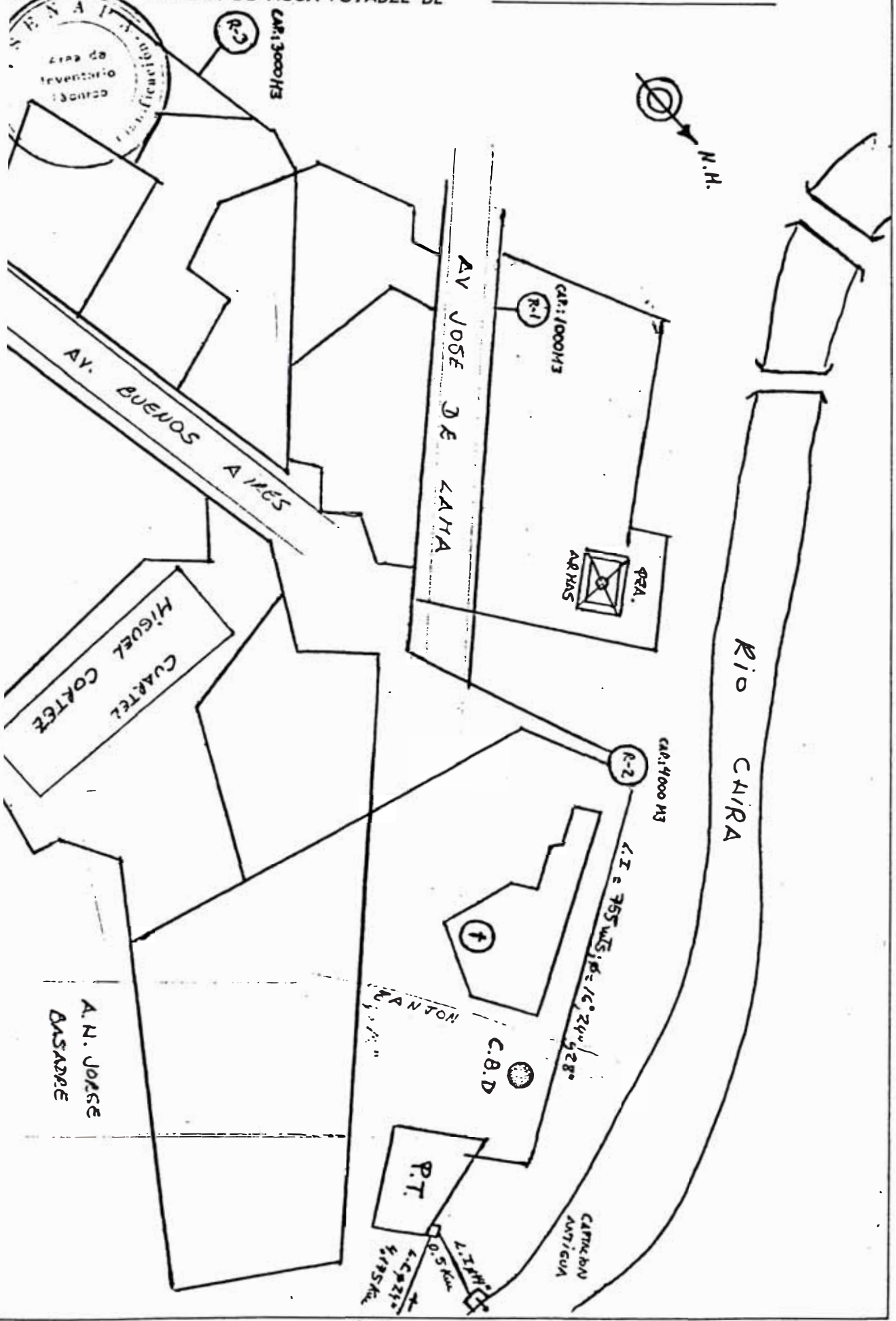


Foto 6.1: Laguna de oxidación no operativa.



metros a
50x largura





VENE U
CAJAL DE
CHIRA-S.

5.4.6 DISPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS

La recolección de basura se realiza a través de 6 camiones no apropiados para el caso y una sola compactadora de basura, además algunas calles están servidas mediante triciclos que pertenecen en algunos casos a la municipalidad y en otros a personas que se benefician de la explotación de los desechos sólidos.

Existen varios botaderos de basura; en el cercado de Sullana se aprovecha la pendiente de los acantilados para arrojar la basura, en la base de ellos se han instalado personas que seleccionan estos desechos, sobre todo los orgánicos para alimentar a sus animales.

Al Sureste existe un gran botadero, donde se han establecido numerosos chatarreros, éste se encuentra en la zona alta de donde nacen los afluentes de la quebrada Bellavista, en ese mismo sector, en la margen Norte de la carretera a Tambogrande a la altura del kilómetro 4.5, se ha construido recientemente un relleno sanitario. El relleno sanitario es administrado por el Consejo Provincial de Sullana. El lugar escogido para este relleno sanitario es bastante cercano a la ciudad y ubicado en una zona potencialmente apta para la expansión urbana, por lo que se ha desaprovechado estas tierras. Se ha diseñado este relleno para cinco años de servicio pero aparentemente existe lugar disponible para varios años más luego de ser ampliado.



Foto 6.2: Relleno sanitario de Sullana.

6.5 INFRAESTRUCTURA DE EMERGENCIA

6.5.1 SISTEMA DE DEFENSA CIVIL

La Defensa Civil está a cargo del Consejo Municipal Provincial de Sullana y el señor Alcalde es su Jefe. Para todo lo referente a asuntos de Defensa Civil se ha nombrado un Secretario de Defensa Civil. Lamentablemente el nivel organizativo que posee el sistema en Sullana es virtualmente nulo lo cual supone una muy lenta e ineficiente reacción ante una catástrofe. En todos los meses que estuve en Sullana solo se realizó una sesión del Comité de Defensa Civil, todos los demás (cinco) que fueron convocados tuvieron que ser postpuestos por falta de quorum.

Usualmente, ante sucesos que ponen en peligro la ciudad se solicita ayuda al Ejército Peruano debido a que en Sullana está establecida la Primera División de Caballería EP. Otras fuentes de ayuda son el Gobierno Regional a través de la Oficina de Defensa Nacional, la Oficina Regional de Defensa Civil y el Gobierno Subregional.

Es INDISPENSABLE reestructurar el Sistema de Defensa Civil de una manera técnica. Desarrollando planes de contingencia apropiados.

6.5.2 CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS

En Sullana está establecido el Cuartel SULLANA N° 43 del Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Perú, que viene funcionando ininterrumpidamente desde el 26 de marzo de 1956. Su radio de acción comprende toda la Provincia de Sullana, incluso presta ayuda a sus compañeros de Piura y Paita cuando se presentan incendios de gran magnitud.

Se comprobó de que los edificios públicos, escolares y altos no son inspeccionados por los bomberos como dice la ley de Defensa Civil. La mayoría de estas edificaciones carece por completo de un sistema para evacuarlos y mucho menos para combatir un incendio.

El cuartel posee dos frentes, uno hacia la calle Leoncio Prado y otro hacia la Sucre. El edificio es de construcción reciente, posee tres plantas y se encuentra en buen estado de conservación. La construcción parece buena y segura, con un semisótano. Solo el techo del patio de maniobras que es de canalones está en mal estado.

Los principales problemas que afrontan son:

- a) Falta de colaboración de la población a la que protegen.
- b) La crónica falta de agua en la ciudad hace que algunas veces sea completamente imposible apagar los incendios, por lo que se requiere la construcción de cisternas de emergencia en algunos lugares de la ciudad.
- c) Cuentan con escaso equipo y en regular estado. El equipo principal consta de dos autobombas de más de treinta años de antigüedad, aunque operativas gracias a un magnífico mantenimiento; una camioneta Nissan 4x4 de 1988 operativa y otra Dodge inoperativa, para apoyo; dos tanques portátiles de aire pero carecen de compresora para cargarlos, por lo que se les debe mandar a Piura cada vez que se usan. Carecen de equipo de seguridad personal como Cotanas (chalecos impermeables), Mitones (guantes) y Botas (solo tienen dos pares). Carecen de equipos de comunicación de cualquier tipo, ni estación, móvil o portátil.

6.5.3 CLINICAS Y HOSPITALES

La ciudad de Sullana cuenta en la actualidad con el Hospital de Apoyo III dependiente del Ministerio de Salud, el Hospital de Apoyo del Instituto Peruano de Seguridad Social. Además funciona el Centro de Salud de la Sanidad del Ejército y de la Sanidad de las Fuerzas Policiales. Un Centro de Apoyo de Cruz Roja Peruana y dos clínicas particulares: "María Auxiliadora" y "Santa Ursula". Están registrados cincuenta y nueve médicos, catorce odontólogos y dos oftalmólogos.

Según la Organización Panamericana de la Salud debería haber un Centro de Salud por cada 10,000 habitantes y un Puesto de Salud por cada 3,000 habitantes, sin embargo vemos que para toda la provincia existen solo cinco Centros de Salud y quince Puestos de Salud. Si asumimos que la población de la Provincia de Sullana es de unos 226,000 habitantes (estimado para 1985) vemos que existe un déficit de dieciocho Centros de Salud y de sesenta Puestos de Salud.

Esta carestía de Centros Hospitalarios es de extrema gravedad, sobretodo en caso de que ocurra un desastre. Como en la actualidad que la demanda de asistencia hospitalaria se ha incrementado grandemente debido a los efectos de la lluvia.

El principal centro hospitalario es el Hospital de Apoyo III, dependiente del Ministerio de Salud. Es un edificio de una planta construido en 1963, originalmente

para servir de Posta Médica y no como Hospital. Comparado al resto, el edificio está en muy buenas condiciones, existiendo problemas únicamente debido a que la cobertura del techo de tejas está muy deteriorado por la falta de mantenimiento y permite que se empose agua directamente sobre el aligerado formandose algunas manchas de humedad, que de ser solucionadas podría llegar a afectar el acero de refuerzo. El edificio cuenta con un sistema de evacuación de aguas pluviales el cual ha dejado de funcionar, aparentemente debido a que se han colmatado los ductos por acción de las ramitas caídas de los árboles y la arena que deposita el viento en los techos y que luego la escorrentía lleva hasta los ductos; al secarse se cementan taponando los ductos. Es necesario darle limpieza al sistema. El Hospital da al acantilado y en 1983 se produjeron cangrejeras y deslizamientos, actualmente se colocaron estacados de palos en varios niveles a forma de andenes, el sistema es muy simple pero parece haber funcionado correctamente en la emergencia de 1992, claro que la escorrentía no ha sido de igual magnitud que en 1983. Pero la situación puede ser diferente ante una solicitación dinámica; el riesgo de deslizamiento es alto y por su cercanía al acantilado podría ocurrir que el hospital sufra graves daños o incluso que se desplome.

Debido al gran tamaño de Sullana, sería muy conveniente la construcción de un Hospital Materno-Infantil; este Hospital permitiría cubrir la gran demanda que existe actualmente de este tipo de servicio hospitalario y a la vez descongestionar hasta dos alas del Hospital, las cuales podrían ser usadas para medicina interna.

CAPITULO VII

ANALISIS Y ELECCION DE LAS AREAS DE EXPANSION URBANA

7.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE AREAS DE EXPANSION URBANA

Los Factores que condicionan el desarrollo de Sullana son:

a) FACTORES NATURALES

La Ciudad de Sullana está ubicada en una región sumamente árida, con zonas cubiertas de dunas de arena de gran potencia.

Pero ha sido la falta de agua lo que más a pesado en el desarrollo de la Ciudad, no solo en el aspecto económico sino en el urbano.

El área de expansión urbana deberá contar con un fácil abastecimiento de agua potable.

b) FACTORES ECONOMICOS

Los ciudadanos de Sullana dependen en mayor o menor grado de la agricultura; ya sean agricultores, obreros de una planta agroindustrial, comercializadores de los productos de los dos primeros o presten servicios a todos ellos; así que para esta gente es primordial la conservación de la fuente primordial de su riqueza. Además, debido a lo extremadamente costoso de llevar agua a las tierras agrícolas es que en este trabajo he considerado como intangibles las zonas actualmente en explotación agrícola. El área escogida para expansión urbana no deberá estar en explotación agrícola.

c) FACTORES ESTRATEGICOS MILITARES

Si bien Sullana es un punto estratégico de gran interés militar, la ubicación de los cuarteles y zonas de maniobras no parecen perturbar mayormente el desarrollo de la ciudad. Si de alguna manera la ubicación de dichas instalaciones pueden afectar a la Ciudad es que representan blancos extremadamente vulnerables al ataque de un hipotético enemigo y por ende poner en peligro a los civiles que viven en los alrededores. Este caso es especialmente notorio en el Cuartel Miguel Cortez, rodeado de viviendas por todos lados y sin posibilidad de defenderse de aeronaves en aproximación de baja cota desde el valle o desde el tablazo, dada la escasez de elevaciones.

Aun más vulnerable es el Cuartel General sobre la Loma de Teodomiro, ya que es fácilmente visible desde grandes distancias. Ninguna de estas instalaciones, ni las otras ubicadas dentro del radio urbano, representan limitación alguna a la expansión de la ciudad. Hacia el Sur no he encontrado zonas de maniobras militares, con excepción de un pequeño sector cercano al canal lateral PECHP, inmediatamente al Oeste de la carretera Panamericana, que es usado como polígono de tiro para armas livianas (largas y cortas) y que es fácilmente reubicable a un sector que presente mayor seguridad ya que la falta de una elevación que las detenga causa que las balas recorran largas distancias.

d) FACTORES DE INFRAESTRUCTURA URBANA

Los factores de infraestructura que han determinado el crecimiento de Sullana son las vías de comunicación, la energía eléctrica y la red distribución de agua potable.

Como es notorio en el plano de Sullana, el crecimiento de ésta ha sido en tres ejes, justamente a lo largo de las carreteras a Tambogrande, Panamericana y a Paita. Dado a que en la dirección a Tambogrande el crecimiento está limitado a la existencia de tierras cultivadas, solo quedan los ejes Panamericana (a Piura) y a Paita.

La energía eléctrica ha limitado, y aparentemente seguirá limitando, el desarrollo industrial de la ciudad y por ende de la calidad de vida de los pobladores. La construcción de tres Parques Industriales cuando se instalaba la Central Térmica de Sullana muestra la decisión de los industriales de invertir en Sullana si se les brinda las condiciones de operación necesarias; la más importante de las cuales es la de contar con energía a buen precio.

Es notorio como la Ciudad sufrió un crecimiento explosivo durante la década de los ochentas, debido principalmente a la captación de agua del canal de derivación Chira-Piura. Del mismo modo, cualquier crecimiento futuro estará determinado por la capacidad de dotar de agua potable a su población.

e) FACTORES POLITICO-ADMINISTRATIVO

Sullana es la capital de la Subregión Luciano Castillo Colonna, esto debería ser determinante para que el gobierno de la Ciudad mantenga la infraestructura urbana en las mejores condiciones, sin embargo esto no se está dando. Quizá sea por que el sistema Regional no está operando aun en forma eficiente dado el corto tiempo que tiene de funcionamiento. Sin embargo es previsible que a medida que el sistema Regional se afiance, también mejore la eficiencia en el gasto.

La Ciudad está dividida artificialmente en dos sectores urbanos, Sullana y Bellavista. La municipalidad de Bellavista posee autonomía propia en lo administrativo y el gasto, sin embargo posee menos de 25 cuadras asfaltadas y abundan los Asentamientos Humanos que no brindan condiciones de habitabilidad mínimas. Por si fuera poco, casi todo el distrito se ubica en zonas de alto riesgo por las lluvias. Sullana no está mucho mejor, aunque explota su condición de capital provincial,

7.2 ANALISIS DE LAS TENDENCIAS DE EXPANSION URBANA

El crecimiento de la ciudad de Sullana-Bellavista actual está limitado por la existencia de barreras naturales y artificiales. Sin duda, la principal de estas barreras la constituye el acantilado de la margen izquierda del valle del río Chira, que limita el crecimiento de la ciudad hacia el Norte. Hacia el Este, la expansión está limitada por el Boquerón y las zonas en explotación agraria. Al Sur y al Oeste son el "Canal Lateral del Proyecto Chira-Piura" y las tierras regadas por él las que impiden la expansión.

En el mapa 7.1: "Direcciones de la Expansión Urbana" se puede observar que la tendencia de expansión urbana es a llenar los espacios que quedan libres dentro del espacio limitado que comentamos anteriormente; lamentablemente muchas de estas zonas presentan serios problemas de seguridad. Tenemos dos direcciones principales de crecimiento, una hacia el Este y otra hacia el Oeste.

Por el Este, están apareciendo asentamientos humanos no regulados al lado Norte de la carretera a Tambogrande y en todo el flanco hasta llegar al dique del boquerón. En esta zona, la alta humedad del suelo debido a las fuertes precipitaciones de 1992 ha hecho retroceder la expansión, sin embargo, a medida que baje la napa freática es previsible que la gente reinicie la edificación de viviendas precarias. El gran atractivo de esta zona es su cercanía a las zonas de producción de riqueza, como son: los parques industriales, el mercado y los campos agrícolas.

Al Oeste, la tendencia es a crecer en dirección a Sojo, por el flanco derecho de la carretera a Paita, a los lados de la Villa Primavera; y en la llanura de inundación de la quebrada Cola del Alacrán. En toda esta zona, prevalecen los Asentamientos Humanos Regulados y las Urbanizaciones debidamente organizadas. Pregunté a gran cantidad de personas acerca de cual sería la dirección lógica para que se expandiera la ciudad, es notoria la casi unanimidad de las respuestas indicando la dirección Oeste a los lados de la carretera a Paita. Sin embargo, debido a la lejanía con los

centros productores de riqueza y al tipo de suelo que encarecería la construcción me parece que el crecimiento en esa dirección no debe ser alentado.

Existe una tercera dirección de crecimiento y fuera de las limitaciones expuestas anteriormente, hacia el Sur ; pero esta dirección está casi por completo dedicada a la expansión industrial. A ambos lados de la carretera Panamericana, con dirección hacia Piura, se están estableciendo fábricas agroindustriales en lo que se llama Parque Industrial III, el cual carece de servicios básicos a diferencia de los otros dos Parques.

De todo lo anterior deduzco que para que la Ciudad siga creciendo en la medida de lo requerido en el acápite 3.4, tendrá que romper ese anillo y proyectarse a otras áreas, quizá algo alejadas como es el caso del Parque Industrial III.

7.3 ELECCION DE LAS AREAS DE EXPANSION URBANA

En el mapa 7.2: "Zonas de Expansión Urbana", se observa que existen cuatro zonas de expansión identificadas, las dos primeras corresponden a áreas dentro o muy cercanas al anillo que rodea la ciudad; la tercera es la zona de expansión Industrial, que a su vez consta de tres etapas; y la cuarta es un sector fuera del anillo y algo retirado de la ciudad.

A continuación pasaré a estudiar cada una de estas zonas de expansión hasta elegir las más adecuadas.

7.3.1 ZONAS DE EXPANSION PROBABLES

ZONA I: Bellavista

El distrito de Bellavista se expande hacia el Sudeste, las gentes forman Asentamientos Humanos ocupando la quebrada Bellavista, el hecho de que el boquerón proteja en buena medida a esta zona contra las aguas de la quebrada no significa que no exista peligro, se debe construir el dique que desvíe las aguas de la quebrada hacia el boquerón; pero aun así existe el problema que estos suelos tienen la napa freática muy alta, yo la encontré en noviembre (antes de las lluvias) a 60 cm de profundidad y cuando estuve en la zona en abril (terminando las lluvias) se observaban lagunitas y vegetación de pantano; los pobladores del lugar me relataron que el suelo estaba tan húmedo que muchas casas de adobe se desplomaron al "derretirse" las primeras hileras de adobes. En una cancha de fútbol del sector se ob-

servó que el suelo de arena tenía una costra muy delgada de un material duro y blancuzco que formaba manchas blanquecinas en algunos lugares, aparentemente se trata de carbonatos de calcio que han aflorado gracias al agua, por lo cual podrían tratarse de suelos colapsables, se requiere ampliar el estudio de suelos en esta zona. Además la zona posee un estrato de tres o más metros de arena y la napa freática muy superficial lo que lo hace susceptible de sufrir licuación de arenas en caso de un sismo. Definitivamente debe desalentarse la instalación de nuevos pobladores en la zona.

ZONA II: Carretera a Paita

Esta zona corresponde al desarrollo que se está realizando hacia el Oeste, con dirección a Jíbito. En ella se proyectan algunas urbanizaciones y un futuro complejo deportivo de 25 hectáreas del I.P.D. La zona de expansión II tiene tres subzonas, la ubicada al Norte de la carretera a Paita (IIA), la ubicada al Sur de esta misma carretera y limitada por el Canal Lateral PECHP (IIB) y el que está al Oeste del Canal (IIC). La subzona IIC debe descartarse pues es la llamada zona de médanos, el suelo arenoso tiene escasa resistencia y es muy susceptible a sufrir asentamientos en caso de un sismo; además, la presencia de dunas delata que soplan fuertes vientos, en los mapas más antiguos esta zona es llamada "Ventarrones". La subzona IIB también debe ser descartada, a pesar de que ahí se están planeando edificar urbanizaciones, ya que es terreno inundable y la napa freática está alta, por lo que existe un alto riesgo de licuación de suelos; también se ha observado afloramiento de carbonatos en algunas zanjas abiertas e inundadas durante las lluvias de 1992, así que es muy probable que el suelo tenga un estrato colapsable. Debe evitarse el asentamiento de gente en este sector. A partir de ahora solo me referiré al sector IIA.

Relieve: El terreno tiene un relieve ondulado muy suave, con la parte más alta al Norte, junto a los acantilados; bajando hacia el Sur.

Suelos: Estos terrenos poseen suelos arenosos de sueltos a medianamente compactos de gran potencia, muy similares a los del casco central de Sullana. Con un ángulo de fricción interna $\phi \approx 30^\circ$ y N_{SPT} entre 9 y 16. No se han encontrado arcillas ni carbonatos formando estratos aunque podrían existir lentes de ellos.

Drenaje: La mayor parte de esta zona tiene buen drenaje, con excepción algunas depresiones que se pueden corregir con nivelación; también existen algunas pequeñas quebradas que la cortan y que drenan hacia el valle del río Chira.

En esta zona se pueden presentar algunos problemas, además de los anteriores, como desplomes debido a la formación de cárcavas en las partes aledañas a los acantilados o de amplificación de ondas debido a la naturaleza arenosa del suelo.

ZONA III: Parques Industriales

El Consejo Provincial de Sullana está llevando a cabo un programa de industrialización para aprovechar el enorme potencial agroindustrial que posee la ciudad dada su especial ubicación; por ello se embarcó en el desarrollo de Parques Industriales. El programa está resultando eficaz ya que en ellos se han instalado numerosas industrias de diferente tamaño. Incluso en el Parque Industrial III, que aun no posee ninguna infraestructura urbana, ya se están construyendo plantas desmotadoras. Los tres Parques Industriales están ubicados a los lados de carreteras que les permiten un buen acceso.

Las zonas I y II están ubicadas al Sur de la carretera a Tambogrande y están separadas por la quebrada Cieneguillo. Ambas tienen infraestructura montada e incluso la II tiene un eficiente sistema de evacuación de aguas pluviales. La I carece de este sistema por lo cual se han formado lagunas.

La zona III, está situada a lo largo de la carretera Panamericana, al Sur del nuevo local de la Feria de Reyes (en la margen Oeste de la carretera Panamericana al lado del canal lateral PECHP). Debido a su ubicación será tratada en el punto 7.3.4.

ZONA IV: Elevaciones del Sur, lomada de Congora

Esta es, a mi parecer, la zona más adecuada para la expansión de la ciudad de Sullana. Se trata de un área muy extensa, de 18 Km², que permitiría duplicar, y más, el área actual de Sullana.

Relieve: El área está constituida por una elevación que alcanza la cota 105, con pendiente muy suave en la mayor parte de su perímetro.

Suelo: El suelo está formado por un estrato de dos o más metros de potencia de una grava de matriz areno arcillosa de color que varía del rojo al gris, de gran capacidad portante, correspondiente a la formación Sullana. Esta grava tiene lentes de arcillas y carbonatos, y lentes y canales de arena muy fina y limpia. Las arcillas encontradas son similares a las encontradas en zonas mas bajas, donde el LL≈ 28 a 33% y el IP≈ 9 a 13%, por lo que el grado de expansión variaría de bajo a medio. Se deberá tener mucho cuidado con las edificaciones sobre los carbonatos ya que la acción del agua

los transforma en suelos colapsables. Esta información deberá corroborarse mediante un estudio de suelos de detalle. En caso de que se aprecie que existen carbonatos en la matriz de la grava en cantidad que haga del estrato un suelo colapsable se deberá tomar medidas especiales para controlar el humedecimiento del suelo y limitar la altura de edificación pesada.

Drenaje: A esta zona también la llamo "de formación de quebradas", ya que son las aguas que escurren en esta zona las que dan origen a las quebradas Cola del Alacrán y Cieneguillo y a muchas otras, desconocidas por que no afectan a zonas urbanas.

Uso de Suelos: En esta zona se han establecido algunas industrias, un grifo y unas pocas familias a lo largo de la carretera Panamericana; en el resto de la zona solo existen algunas "pollerías" y pequeños caseríos de personas dedicadas a la explotación artesanal del algarrobo silvestre. Esta zona, por estar mas alta que la cota de los canales de irrigación no afecta para nada las áreas agrícolas actuales ni las de la futura irrigación de Congora.

7.3.2 ELECCION DE LAS AREAS DE EXPANSION

En el punto 7.3.1 hemos expuesto las características de las cuatro zonas de expansión que existen en la actualidad.

Debemos descartar la zona I por ser muy insegura físicamente, es susceptible de inundaciones y posiblemente de licuación de suelos y amplificación de ondas.

La zona III, es una zona Industrial perfectamente delimitada y en pleno proceso de ocupación, se debe alentar esta solución.

La zona de expansión IV me parece la mejor para asegurar el crecimiento a mediano y largo plazo de Sullana, físicamente es segura para estructuras livianas, su suelo gravoso debe tener buen comportamiento sísmico y posee un buen drenaje natural.

Ya descartamos las subzonas IIB y IIC. La subzona IIA tiene suelo arenoso susceptible de representar problemas debido a amplificación de ondas sísmicas y los terrenos cercanos a los acantilados pueden sufrir deslizamientos. Sin embargo, la tendencia al corto plazo es la de urbanizar esta subzona; este proceso deberá hacerse con cuidado, dotando a las urbanizaciones de un adecuado sistema de alcantarillado y de evacuación de aguas pluviales. Las edificaciones deberán ser sismoresistentes y de

preferencia muy livianas, por ejemplo, de quinchas modulares. La cimentación deberá ser la adecuada al tipo de suelo. Definitivamente la construcción de edificaciones pesadas o de varios pisos requerirán de cimentaciones armadas y seguramente unidas entre sí, las cuales son costosas.

7.3.3 ALCANCES DE LA ZONA DE EXPANSION IV

El área escogida para la expansión urbana de mediano y largo plazo de Sullana es sumamente extensa, por lo cual el Planificador Urbano deberá tener especial cuidado en desarrollar un plan que asegure un crecimiento sostenido y a la vez mantenga una adecuada densidad poblacional para hacer atractiva la ubicación para el comercio y asegurar así el suministro de alimentos, bienes y servicios que toda población requiere, a la vez que este mismo comercio alienta el establecimiento de nuevas gentes en el área.

Esta área permitirá dar unidad a las poblaciones que seguramente se establecerán cuando se ejecute el proyecto de irrigación de Congora. Creo necesario incluir dentro del planeamiento el desarrollo y posterior unión a Sullana de las ciudades satélite que se podrían formar debido a dicho proyecto.

Al urbanizarse esta zona y realizar en ella obras de drenaje adecuados se protegerá al mismo tiempo a las zonas bajas, tanto de Sullana como de la futura irrigación de Congora.

Se debe mantener a toda costa el principio de no entorpecer a la naturaleza sino más bien ayudarla, no se debe interrumpir el drenaje natural que actualmente existe, mejor es limpiar los cauces de las quebradas y darles un uso que no signifique interrumpir su cauce.

Es especialmente importante reforestar las laderas de las lomas y los taludes de las quebradas para evitar que el agua de escorrentía alcance mucha velocidad y a la vez fijar el suelo y evitar que sea arrastrado, lo cual daría origen a la formación de cárcavas.

VIALIDAD y QUEBRADAS

La solución dada para el sistema de evacuación de aguas pluviales en la quebrada Cieneguillo, en el tramo del Par-Vial, me parece el más adecuado para usarse con las quebradas de la zona. Ya sea mediante una vía vehicular o un malecón, se trata

de canalizar las quebradas y a la vez delimitar las áreas donde se pueden ubicar las personas, permitiendo que sus causes se mantengan libres de obstáculos.

Las vías que deban atravesar una quebrada por su cause bajo o medio pueden ser construidas a modo de badenes, el que se construyó en la carretera a Tambogrande y es atravesado por la quebrada Cieneguillo tuvo un comportamiento muy adecuado durante el ENSO de 1992; terminado el evento bastará con limpiarlo y darle algún mantenimiento debido a la abrasión a la que se vio sometido. En el caso de atravesar el cause alto, más estrecho, se pueden usar alcantarillas y esto permitirá que el flujo del tránsito vehicular no se interrumpa en época de activación de las quebradas.

El mantener las quebradas operativas proporciona además un lugar hacia donde drenar con seguridad las aguas del sistema de evacuación de aguas pluviales de la zona de expansión.

Las calles transversales a la carretera Panamericana deberán ser diseñadas de modo tal que formen terrazas, a modo de andenes, que permitan una adecuada protección del talud de la loma y disminuyan la velocidad de las aguas de escorrentía.

AGUA POTABLE

El agua potable deberá ser captada del canal de derivación Chira-Piura, de un punto ubicado en las cercanías del punto más alto de la lomada, esta captación puede llevar el agua a una planta de tratamiento, de allí a un reservorio de almacenaje y luego ser bombeada a uno o más reservorios en la parte alta para su distribución por gravedad.

AGUAS SERVIDAS

El sistema de alcantarillado deberá permitir el adecuado desagüe de las aguas servidas por gravedad hacia una planta de tratamiento, la que deberá estar conformada por un sistema de lagunas de estabilización y situada en algún punto al Noroeste, en el desierto. Estas aguas servirían para regar las zonas desérticas no contempladas por la Irrigación de Congora. El sistema de evacuación de aguas pluviales se deberá mantener separado de el de alcantarillado para evitar la colmatación de las tuberías de desagüe.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

CAPITULO II

- La ciudad de Sullana forma con el distrito de Bellavista una unidad urbana, semejante a la Piura y Castilla. Esta división es artificial por cuanto ambas partes poseen la misma estructura urbana, la única separación entre ambas es el Cuartel Miguel Cortez.
- La ciudad de Sullana se enfrenta a dos serios peligros, los originados por la acción dinámica de los sismos y las inundaciones, activación de quebradas y erosiones producidas por el fenómeno ENSO.

CAPITULO III

- La provincia de Sullana es la segunda en población, después de Piura, en la Región Grau. La población urbana de Sullana ha crecido de manera acelerada en la década de 1980 a 1990. A falta de un censo más reciente se ajustó una curva con la información censal hasta 1981, por lo que esta proyección puede no ser muy exacta. Se proyectó que para el año 2010, la población de la ciudad será 278297 habitantes y para 2020 será 363560 habitantes.
- De los indicadores demográficos se extrae que:
 - i. El índice de masculinidad de Sullana es bajo (93.8), mientras que el de Bellavista (101.1) es alto. Bellavista está creciendo en forma más acelerada, sobretodo los asentamientos humanos no regulados.
 - ii. El índice de masculinidad rural (109.9) es elevado y el urbano es bajo (93.8); las mujeres se concentran en la ciudad, mientras que los hombres emigran al campo donde se encuentra la fuente de riqueza.
 - iii. La estructura de edades muestra que la población de Sullana es muy joven, la mayoría se encuentra entre los 5 y los 35 años.
 - iv. La Tasa Bruta de Natalidad es de 36.2 niños por cada mil habitantes y la Tasa Global de Fecundidad es de 5.1 niños por mujer, lo que revela que la fecundidad es alta debido a un nivel educativo bajo.

v. La Tasa Bruta de Mortalidad es de 9.9 defunciones por cada mil habitantes, que es alta. La Tasa de Mortalidad Infantil es de 100.3 niños muertos antes de cumplir un año de cada mil nacidos vivos. Estos indicadores revelan condiciones de vida bastante precarias, incluso críticas.

- La mayor parte de la ciudad está constituida por Asentamientos Humanos.
- El número de casos de enfermedades relacionados al mal manejo de los alimentos o al consumo de aguas contaminadas es exageradamente alto.
- Es preocupante que el número de niños que han recibido todas las vacunas antes de los cinco años es de SOLO 59%, cuando a esa edad deberían estar vacunados el 100%.
- El número de viviendas que se requieren para 2010 es de 49169 lo que significa un crecimiento de 2.47 veces el número actual de viviendas, y para el 2020 es de 64233 o sea 3.22 veces. Por lo tanto es previsible una densificación de la ciudad y la necesidad de encontrar nuevas áreas de expansión que no interfieran con la agricultura.

CAPITULO IV

- El área estudio es escaso en relieves importantes, las partes más altas se encuentran al Norte, frente a los acantilados. Las más importantes son, de Este a Oeste: La Loma de Mambré, la Loma de la Plaza de Armas, el Monte de la Paloma y la Loma de Teodomiro. Luego la topografía desciende hacia el Sur formando el cause de la quebrada Cieneguillo. Luego se eleva hacia el tablazo.
- El aspecto es el del típico desierto costero llamado Tablazo, cubierto de arena eólica y atravesado por tres quebradas principales: Cieneguillo, Cola del Alacrán y Bellavista. Además existe un dren llamado Boquerón que se formó por erosión durante el ENSO de 1983. Las quebradas tienen tres tramos básicos: el de formación, creado por drenaje de las zonas altas del Sur; el medio, o cause ancho y el final, donde se angosta y profundiza.
- Se observan numerosas depresiones inundables y con muy escasas posibilidades de drenaje.
- Sullana está ubicada en la llamada depresión Para-Andina, formada por sedimentos con profundidades de hasta 2500 metros y que van desde el cretáceo hasta nuestros días. La mayor parte son de naturaleza volcánica.

- La estratigrafía está determinada por la formación Zapallal de areniscas blanco amarillentas compactadas; subyace al Conglomerado Sullana, de 5 a 6 metros de potencia, de matriz arenosa, compacta y dura; luego sigue un horizonte de areniscas de 1.50 a 2 metros de potencia; luego otro estrato de conglomerado de 4 a 5 metros de potencia de matriz areno-arcillosa de color que varía del amarillento al rojo. Sobre el conglomerado, que aflora en diversos puntos, existe una capa de arena eólica cuya potencia varía hasta alcanzar los 15 metros en las lomas. No se han apreciado fallas u otras estructuras geológicas aunque existe la posibilidad que toda la zona sea un graven.
- La napa freática se encuentra muy superficial en los meses de verano y aflora en diversos puntos durante los ENSO.
- Las condiciones climáticas suelen ser bastante estables, sin embargo se ven drásticamente modificadas durante los ENSO. El ENSO de 1983 ha sido el mayor registrado históricamente, su intensidad no fue prevista por ningún cálculo precedente.
- La temperatura promedio en el verano es de más de veintiséis grados centígrados mientras que en el invierno supera los veinte. La diferencia entre la máxima y mínima son pequeñas por lo que el clima es muy estable. Los meses más calurosos son los de diciembre a mayo. Los años más calurosos son los correspondientes a los ENSO.
- La presión atmosférica disminuye, aunque poco significativamente durante los meses de verano, pero durante los ENSO, la disminución es muy importante.
- Los vientos predominantes son los de Sur a Norte con velocidades que alcanzan los 3 o 4 m/s. Durante los ENSO el viento cambia de dirección viniendo del Oeste durante la época de máxima intensidad.
- Los suelos de Sullana son muy semejantes entre si, variando solo la profundidad de la capa de arena superficial y los grados de compactación. En la zona Norte el suelo es de arena eólica de $\phi \approx 28$ a 37° y $N \approx 10$ a 16 golpes. En las zonas bajas, las arenas tienen N tan bajos como de 4 a 8. El estrato de grava tiene N de 48 a más de 50, está cementado en muchas zonas mediante carbonatos. No se ha encontrado evidencia de arcillas expansivas. Existen carbonatos presentes en las arenas y en el conglomerado por lo que es probable que existan suelos colapsables.

CAPITULO V

- El fenómeno ENSO puede ser previsto con varios meses de antelación, por lo que se debería poder tomar las precauciones necesarias.
- La quebrada Cieneguillo drena las aguas de la zona central, la napa freática está muy alta. Durante el ENSO de 1983 arrasó gran parte de la ciudad, pero en la actualidad ha sido canalizada por el Par-Vial y el Canal-Vía. De producirse un ENSO su funcionamiento está asegurado a menos de que su cause medio sea obstruido por construcciones en cuyo caso se puede represar y luego causar una avenida.
- La quebrada Cola del Alacrán drena las aguas del sector Oeste, uniéndose con la quebrada Cieneguillo en el Cana-Vía luego de cruzar la carretera Panamericana. en su cause se han edificado numerosas viviendas las cuales están expuestas a la escorrentía.
- Los causes medios de las quebradas Cieneguillo y Bellavista son cortados por el canal lateral PECHP, el cual recoge las aguas de escorrentía de los tramos aguas arriba y los lleva a una llanura de inundación al Oeste; en caso de un ENSO severo, el canal puede represar las aguas y ser destruido.
- La quebrada Bellavista drena la zona Este y recorre el distrito de Bellavista hasta su unión con el Canal-Vía. Ha sido desviada mediante un dique de arena lo cual formó el Boquerón. Este desvío de las aguas ha sido de utilidad durante el ENSO de 1992, sin embargo en caso de un ENSO severo no será suficiente y posiblemente cause represamientos que conduzcan a riadas que destruyan nuevamente los asentamientos humanos de Bellavista. La napa freática está muy superficial.
- Los acantilados al Norte están expuestos a la acción erosiva del viento y del agua de escorrentía pluvial, la cual forma cárcavas que pueden desplomarse y dañar las estructuras edificadas cerca a ellas. Las cárcavas más importantes son las del Camal, de la Plaza Bolognesi, Mirador de la Plaza de Armas, etc.
- El suelo de la Plaza Bolognesi es un relleno de arena eólica mal compactado, muy propenso a la erosión. Las cárcavas que se han formado comprometen a la Plaza misma y a la fundación del estribo del puente Sullana.
- Existen numerosas depresiones con escasa o ninguna capacidad de drenaje, donde se producen inundaciones. Las más importantes son: Barrio Obrero, parte baja del Casco Central, lado Este de la carretera Panamericana y zona Oeste.

- La zona que corre paralela a la carretera a Paita tiene a su vez tres subsectores: las partes más altas que tienen un comportamiento similar a toda la zona Norte; la zona de médanos, que aparentemente tiene buen drenaje y la zona media que es la llanura de inundación del canal lateral PECHP, posee depresiones y algunas partes están sometidas a la acción de la quebrada Cola del Alacrán.
- Los suelos de Sullana poseen altos contenidos de carbonatos solubles, la proporción varía notablemente pero existen evidencias de que afloran carbonatos en lagunas zonas arenosas, normalmente secas, que se inundan. Por lo cual es probable de que se traten de suelos colapsables.
- El sistema de evacuación de aguas pluviales está compuesto por el Par-Vial y el Canal-Vía. El comportamiento del sistema durante el ENSO 1992 ha sido eficiente. El badén de la carretera a Tambogrande ha funcionado observándose solo el producto de la abrasión de las aguas. El estribo Sur del Puente sobre la carretera Panamericana presenta daños menores pero que pueden agravarse debido a la erosión de la escorrentía. Se ha observado el arenamiento del Canal-Vía por el acarreo de material desde la quebrada Cola del Alacrán y desde las entradas, debido a la fuerte erosión de la escorrentía. En su afán por drenar las aguas de sus calles, los pobladores han producido daños a la estructura del Canal-Vía. El Par-Vial ha sido cortado para el drenaje del Barrio Obrero y presenta algunas grietas, posiblemente por asentamiento. La salida del Canal-Vía ha sido erosionada ya que ésta no está cubierta por la losa. Los lloradores están tapados, quizá por carbonatos que actúan como cementantes.
- La ciudad de Sullana se encuentra ubicada en una zona altamente sísmica, donde se han producido sismos cercanos de gran intensidad. Los estudios sísmicos que se han realizado anteriormente proporcionan valores menores a los más recientes.
- Se reconocen nueve fuentes sísmicas. Del estudio de riesgo de dichas fuentes se obtiene que para una tasa de retorno de 200 años la aceleración puede alcanzar 0.423g, lo cual será la aceleración de operación. Los dos tercios de este valor, o sea 0.218g, será considerada la aceleración de diseño.
- El Embalse de Poechos ha producido un incremento de la actividad sísmica en la zona aunque hasta el momento esta actividad ha sido de escasa magnitud. La falla de Huaypirá atraviesa el vaso, existe la posibilidad de que se genere una ola seiche.
- Debido a la geología de Sullana, es posible que se produzcan amplificaciones de ondas en toda la ciudad.

- Es altamente probable que ocurran deslizamientos y desplomes de las cárcavas en los acantilados al Norte, que puedan producir daños o destrucción de las edificaciones cercanas.
- Es muy probable que se produzca licuación de los suelos de las zonas en las cuales la napa freática es más superficial.
- En las zonas con mayor potencia de arena y en época de clima muy seco se puede producir densificación del suelo.

CAPITULO VI

- La ciudad de Sullana se asienta sobre lo que históricamente fueron caseríos Tallanes y luego Incas. El crecimiento de la ciudad fue radial a partir de un casco central antiguo. Es en la década del setenta cuando el boom de la agricultura, gracias a la puesta en operación de la irrigación Chira-Piura, que la ciudad crece rápidamente. Luego vendría el periodo de consolidación y llenado de los espacios que ocurre actualmente.
- El uso de los espacios urbanos es casi enteramente para vivienda, el comercio está mezclado con las viviendas, con las solas excepciones de la calle San Martín y de la avenida Buenos Aires. Existen algunas instalaciones militares pero que no afectan mucho al orden urbano. Además se han establecido cuatro zonas industriales.
- La ciudad está limitada por un cinturón, al Norte por los acantilados, al Este por el Boquerón y las zonas de cultivo, al Sur y Oeste por el canal lateral PECHP y sus áreas regadas.
- Estructuralmente se han definido tres sectores urbanos típicos: los Asentamientos Humanos Regulados, los Asentamientos Humanos Marginales y las Areas No Residenciales.
- La mayor parte de la ciudad está edificada con materiales rústicos como el adobe y la quincha. Los techos, en su gran mayoría, son de calamina y otros materiales rústicos. La mayor parte de viviendas son de un solo piso. Todo esto nos permite comprobar que la ciudad está en proceso de consolidación, siendo el nivel económico de sus habitantes bastante bajo.
- Los sistemas constructivos más utilizados son la albañilería confinada, el adobe y la quincha. El cemento es traído de Pacasmayo y es de buena calidad, aunque susceptible al ataque por sulfatos. Abundan las canteras de agregados, sin embargo

éstas varían mucho en calidad y uniformidad, teniendo demasiados fino; la explotación de la mayoría de las canteras se hace de forma artesanal, con excepción de la de Sojo.

- Se utiliza demasiada piedra desplazadora en los cimientos.
- Existen canteras donde extraer lajas de pizarras que podrían ser usadas en la pavimentación de calles y caminos.
- El agua que se usa en la mezcla es de diversa calidad, dependiendo de su procedencia. El agua de la red pública es de buena calidad. Las provenientes del canal Chira-Piura son algo turbias, sobretodo en verano. Las aguas de pozos u ojos de agua están contaminadas con carbonatos y sulfatos, no deben ser usadas en construcción.
- Los elementos de albañilería, ladrillos y adobes, son fabricados casi en su totalidad por métodos artesanales, su calidad, uniformidad y resistencia son muy variables. En general, la calidad de la materia prima es muy baja por lo que por su resistencia solo se les puede considerar como del tipo II.
- La edificación con adobe es de muy mala calidad, las viviendas carecen de resistencia a la acción de los sismos y de las lluvias.
- Existen escuelas profesionales para la preparación de técnicos de la construcción, como ingenieros y operarios; sin embargo está descuidada la preparación de los obreros. No existe ninguna orientación para la autoconstrucción.
- El estado de los edificios declarados Bienes Monumentales de la Nación es, en la mayoría de los casos, regular a malo.
- La ciudad de Sullana es un importante nudo vial. En ella confluyen carreteras de penetración que permiten extraer los productos de los valles de Chira y Alto Piura y llevarlos hasta el puerto de Paita. También permite la comunicación internacional con el Ecuador por el Este y por el Norte, así como la integración del Norte al resto del Perú mediante la carretera Panamericana.
- La mayoría de las calles de Sullana no son asfaltadas, lo cual las hace vulnerables a la acción de la escorrentía que produce fuertes erosiones; solo están asfaltadas las calles del Casco Central y algunas otras calles y avenidas importantes en urbanizaciones.
- El servicio de Telecomunicaciones es nuevo y con tecnología moderna.

- El servicio de energía está virtualmente fuera de operación; en la actualidad no operan ninguno de los cuatro grupos con que cuenta la planta térmica de la ciudad, debiéndose abastecer de fluido desde el sistema interconectado de Piura. El racionamiento de energía es dramático.
- El sistema de producción de agua potable está operando eficientemente, obteniéndose el agua principalmente del canal derivador PECHP, aunque cuando hay electricidad también pueden obtener el agua del río Chira mediante bombeo. El tratamiento es adecuado con la excepción de las partículas más finas. Existe el peligro de no poder retirar las toxinas de alguna microalga debido al tamaño de las partículas involucradas. La red de distribución está operativa, aunque es vulnerable debido a lo erosionable del suelo. La red está constituido por dos sistemas, uno viejo y otro moderno.
- El sistema de desagüe no opera como fue diseñado. Las lagunas de oxidación no operan debido a que las aguas no son llevadas a ellas. Esto es porque se carece de energía eléctrica que accione las bombas. Mientras tanto se arrojan las aguas servidas al río Chira. Se ha observado pescadores en las zonas donde desagúan los colectores.
- Los desechos sólidos se llevan al relleno sanitario nuevo que está situado al Este de la ciudad, por la carretera a Tambogrande. Sin embargo gran parte de la basura recolectada es llevada a botaderos donde es seleccionada por comerciantes y chancheros.
- El Sistema de Defensa Civil está dirigido por el Alcalde Provincial y coordinado por un Secretario Edil, sin embargo la organización y la capacidad de respuesta ante un evento es casi nula.
- El Cuerpo de Bomberos tiene en Sullana el cuartel N°43. A pesar de la escasez de medios, los equipos se encuentran operativos. Se enfrentan a la falta de colaboración de la gente, a la falta de agua y de equipos de seguridad modernos como respiradores.
- Es notoria la escasez de centros de salud y de camas, muy por debajo e las recomendaciones de la OPS. El Hospital Regional, dependiente del Ministerio de Salud está ubicado cerca del acantilado, en una zona de peligro por deslizamiento. No existen ni siquiera Postas Médicas cerca a los Asentamientos Humanos al Sur y Sureste.

CAPITULO VII

- El crecimiento de la ciudad de Sullana está limitado por:
 - i) La capacidad de dotarla de agua.
 - ii) No invasión de áreas destinadas para la agricultura.
 - iii) A las necesidades militares por ser un territorio estratégico.
 - iv) Crecimiento a los lados de los tres ejes carreteros principales: Carreteras Panamericana, a Tambogrande y a Paita.
 - v) El crecimiento de la agroindustria, limitado por la falta de energía eléctrica.
- Sullana está creciendo de modo que llena los espacios limitados por el "cinturón", al Este tiende a llenar el espacio hasta el boquerón y a lo largo de la carretera a Tambogrande, cruzando el cauce de la quebrada Bellavista. Por el Sur trata de cubrir los lados de la carretera a Tambogrande. Por el Oeste se sigue la dirección de la carretera a Paita. Para el corto plazo puede ser suficiente pero será necesario salir de ese cinturón para que pueda crecer en el mediano y largo plazo.
- Debido a las condiciones físicas y de Uso de Suelos debemos descartar e impedir todo crecimiento hacia el Este de la avenida Buenos Aires, cercano al dique y al Oeste en la zona limitada por el canal lateral PECHP cercanos a la carretera a Paita, así como la zona de médanos. Para el corto plazo el crecimiento seguirá por las partes altas al Norte en la dirección a Sojo.
- En el mediano y largo plazo, la ciudad de Sullana deberá extenderse en dirección Sur, a lo largo de la carretera Panamericana.
- De ejecutarse el proyecto de irrigación de Congora, con seguridad se establecerán colonos en dicha zona, muy posiblemente en las partes altas, por lo que el desarrollo de la zona Sur de Sullana puede extenderse hasta unirse con esta zona.

8.2 RECOMENDACIONES

8.2.1 GEODINAMICA EXTERNA

- Las autoridades locales deben mantener contacto con el SENAHMI, PECHP, FAP, UDEP y todas las demás instituciones que monitorean el fenómeno ENSO con el fin de estar prevenidos de su aparición; recordemos que el ENSO de 1992 fue previsto desde junio de 1991.
- Debido a las fuertes erosiones que se producen en las calles sin asfaltar, es necesario que los sistemas colectores de aguas pluviales sean a cielo abierto para evitar su colmatación. Además, por las mismas razones, el sistema de desagüe de aguas servidas debe ser independiente y hermético.
- Es recomendable utilizar asfaltos rígidos resistentes a la abrasión en las zonas de mayor pendiente o donde se haya comprobado que discurre agua de lluvia para evitar que se deteriore y se interrumpa la circulación.
- Se debe mantener limpios y libres de obstrucciones a los causes de las quebradas, impidiendo la construcción de nuevas edificaciones y demoliendo las existentes.
- Se debe estudiar la forma de canalizar la quebrada Cola del Alacrán, demoliendo las viviendas entre las calles Santa Ana y El Carmen al Sur del puente, y El Condor; a la vez que se usan las calles principales como colectoras, como El Condor, San Miguel, etc.
- Se debe dar una solución al corte de las quebradas Cieneguillo y Cola del Alacrán por parte del canal lateral PECHP, ya que en ENSO severo puede causar represamientos con consecuencias desastrosas. Quizá se puedan construir alcantarillas.
- La quebrada Bellavista debe ser protegida mediante la construcción de una presa que desvíe las aguas de avenida hacia el Boquerón. Se debe mejorar el cause del boquerón ya que el tramo inicial puede no ser suficiente para soportar un avenida grande durante un ENSO severo. Se debe rellenar y pavimentar la calle Canchaque para que sirva de colector de las aguas del distrito de Bellavista y las lleve sin erosiones hasta el Canal-Vía.

Se debe impedir la construcción de nuevas edificaciones en los Asentamientos humanos cercanos al dique o en la quebrada como el Jorge Basadre.

- Es necesario iniciar una campaña de protección de los taludes de los acantilados de la margen izquierda del río Chira, para esto se debe realizar un estudio de estabilidad de taludes. Para los sectores más vulnerables se debe construir terrazas a modo de andenes y sembrar plantas como la Uña de Gato que fije el suelo.
- En la Plaza Bolognesi se debe construir un dren similar al que se ha colocado para la emergencia de 1992, pero de modo tal que drene hacia la margen Oeste del puente Sullana, ya que actualmente las aguas comprometen la fundación del estribo Sur. Además es necesario pavimentar las calles que llegen a la Plaza.

La cárcava se debe rellenar con material de préstamo de la terraza aluvial, no con arena eólica y formando terrazas.

- Se deben ejecutar los proyectos Dren Barrio Obrero y Solución Callao.
- Se debe evitar que se siga construyendo en las depresiones del lado Este de la carretera Panamericana, en estas zonas inundables no existe un drenaje apropiado. Una solución posible es la de construir un dren que corra de Sur a Norte a lo largo de la calle Marcelino Champagnat y que sirva de colectora y que empalme con otra paralela al Canal-Vía, y que luego esta descargue al Canal-Vía. Un problema para esta solución es que la pendiente sería menor de 0.2%, muy pequeña.
- asfaltar la Carretera a La Tina, por lo menos en el tramo que va de la Loma de Mambré hasta cruzar el Boquerón, mediante una alcantarilla o puente lo suficientemente grande y alto.
- El badén en el cruce de la quebrada Cieneguillo con la carretera a Tambogrande debe ser extendido unos trescientos metros a ambos lados y dotar a la carretera de cunetas que dirija el agua hacia el badén y protejan los lados de la losa de la erosión. Este ensanchamiento hará que el espejo de agua sea de menor profundidad y permitirá que aunque haya agua no se interrumpa el tránsito salvo cuando lleguen las riadas más severas.
- Se deben construir alcantarillas en el Par-Vial para que puedan drenar las aguas del Barrio Obrero sin que se destruya la vía. Se deben asfaltar las calles que den a una entrada al Canal-Vía.
- Se debe terminar el Canal-Vía con una rampa de modo tal que no ocurra el salto que está erosionando la salida.

- Se debe proteger el estribo Sur del puente de la carretera Panamericana al inicio del Canal-Vía para evitar que las aguas de la quebrada Cola del Alacrán sigan erosionándola.

8.2.2 GEODINAMICA INTERNA

- Se recomienda usar una aceleración de diseño de 0.218g equivalente a los dos tercios de una tasa de retorno de 200 años, o un sismo de magnitud superficial 8.
- Todas las edificaciones deberán diseñarse analizando su comportamiento sísmico.
- Se debe evitar la construcción de edificaciones cerca de los acantilados debido al peligro de deslizamientos.
- Se debe favorecer la construcción de viviendas de poco peso. En el caso de edificaciones pesadas, será de extrema importancia el adecuado diseño de la cimentación, la cual seguramente deberá ser armada.

8.2.3 MICROZONIFICACION

- Se debe evitar edificar en las zonas I y II. En todo caso se deberá evaluar el peligro para el lugar en particular.
- Para las edificaciones en los sectores III y IV se debe cuidar mucho el diseño de la cimentación. Se recomienda colocar adecuados sistemas de evacuación de aguas pluviales para evitar erosiones.

8.2.4 EDIFICACION

- Debido a que en el cemento Pacasmayo el nivel de aluminato tricálcico es bastante alto, se debe cuidar del ataque de sulfatos. Se le puede estabilizar agregando un poco de cal en las zonas con sulfatos.
- Se debe tener cuidado con la calidad del agregado, de preferencia adquirirlo a la cantera Sojo. Sería conveniente lavar el agregado para quitarle un poco del exceso de finos. Se debe modernizar el método de explotación.
- Se debe contemplar la posible utilización de pizarras de las canteras de Puente de los Serranos, en el asfaltado de carreteras y calles.

- Se puede utilizar agua del sistema de agua potable y hasta extraerla directamente del canal de derivación pero por ningún motivo se debe usar agua de pozo u ojo de agua.

- Debido a las altas temperaturas que se alcanzan en el verano, especialmente durante el fenómeno ENSO, se recomienda que al colocarlo, el concreto no sobrepase la temperatura de 32 grados; y si el concreto es masivo no deberá exceder de 16°. En este último caso es recomendable agregar el agua de mezcla enfriada con hielo en escamas o triturado, cuidando de que se encuentre en forma líquida al momento de agregarlo a la mezcla.

- Se debe extremar el cuidado en el curado del concreto.

- Al adquirir ladrillos se debe tener cuidado de verificar la calidad, asumiendo que son como máximo del tipo II.

- No se recomienda la utilización del adobe como elemento de albañilería en Sullana, sin embargo en caso de tener que construir con adobe, este deberá ser estabilizado. La estructura de la edificación deberá ser de madera con viga collar, los techos deberán ser a dos aguas y tener alas de por lo menos 0.50 metros. En fin, se debe tener en cuenta las recomendaciones de los estudios realizados por la UNI, PUCP e ININVI para la construcción con adobe.

- Es conveniente dar entrenamiento a los mandos bajos y medios para la mejor calidad de las construcciones, sobretodo en zonas deprimidas.

8.2.5 SISTEMA COMUNAL DE PRODUCCION DE VIVIENDAS ECONOMICAS

- La Ciudad de Sullana, está sujeta a la acción de sismos y fuertes lluvias, además su suelo está constituido, por lo menos superficialmente, por arenas de escasa capacidad portante. Por ello, una edificación pesada, de ladrillo y/o concreto deberá tener la cimentación armada o usar pilotes hasta alcanzar el estrato de grava mas resistente; esto está fuera del alcance de las familias más pobres, las que se obligan a construir edificaciones menos resistentes y con materiales de mala calidad pero baratos. Una alternativa es construir viviendas de un material liviano, resistente a la acción sísmica y del agua y que al mismo tiempo sea barato, de ser posible que permita la autoconstrucción. Es recomendable la edificación de viviendas de quincha modular; el material cumple con todas las características buscadas, si se utiliza adecuadamente, y se le puede dar buen acabado. Kuroiwa (1991) afirma que con este sistema constructivo se puede llegar a dos pisos.

- Para abaratar costos sería muy conveniente que los pobladores de los asentamientos humanos, agrupados en asociaciones, instalen fábricas para la producción en masa de viviendas de quincha modular; las cuales pueden ser ofrecidas a muy bajo costo a los miembros de la asociación, incluso la venta de su producto a otras asociaciones podría tornarse en un ingreso importante. Por lo que es recomendable llevar a cabo una campaña que divulge entre los dirigentes vecinales las técnicas de producción de quincha modular. Esta campaña deberá ser dirigida por técnicos del Consejo Municipal o en muy estrecha cooperación con ellos.
- La madera deberá ser traída de la selva o del Ecuador, pero al hacerse en gran cantidad los costos disminuyen. La caña puede ser extraída o cultivada en los suelos inundables del valle del río Chira o en el cause del Boquerón. Este insumo es bastante barato ya que la caña no requiere especial cuidado y su crecimiento es muy rápido.
- Las viviendas de quincha deberán ser resistentes al fuego.

8.2.6 INFRAESTRUCTURA URBANA

- El problema del abastecimiento de energía eléctrica es primordial, de él depende la solución de gran número de otros problemas. Es indispensable el estudio de la solución al problema energético de Sullana, quizá estudiando fuentes alternativas.
- El servicio de agua potable requiere de un estudio de presiones para sectorizar la ciudad ya que existen sectores en que la presión es menor del nivel mínimo recomendado.
- Se debe difundir la micromedición para evitar el desperdicio y las tomas piratas.
- Se debe dar solución inmediata a la disposición de aguas servidas rehabilitando el sistema de tratamiento. Gran parte de la solución está relacionada con la energía eléctrica.
- Es necesario un levantamiento topográfico-catastral con cotas cada 0.50 metros para determinar las cotas del sistema de alcantarillado y las conexiones domiciliarias de agua potable y desagüe necesarias.
- Se debe controlar la proliferación de microalgas en el reservorio de Poechos, en todo caso se deberá dotar a la Planta de Tratamiento de agua potable del equipamiento adecuado para tratar este nivel de contaminación.

- Es indispensable establecer un eficiente sistema de Defensa Civil, que prepare planes de contingencia, tanto para la prevención como para la mitigación de desastres.
- Se debe dar prioridad a la construcción de un Hospital Materno-Infantil y a Postas Médicas, por lo menos en El Obrero y Bellavista.

8.2.7 ZONAS DE EXPANSION

- Las áreas escogidas y habilitadas para expansión industrial son muy adecuadas y dentro de lo conocido, seguras.
- A corto plazo la ciudad seguirá expandiéndose hacia el Oeste, pero se debe evitar que lo haga sin tomar las precauciones adecuadas. Se debe prohibir la construcción en la zona frente a la urbanización Primavera y en los médanos.
 - En Bellavista, en la zona cercana al dique se siguen estableciendo pobladores; sin embargo esta zona es altamente peligrosa por lo que se debe desalentar y hasta prohibir el asentamiento de personas en estas áreas.
- A mediano y largo plazo la ciudad deberá crecer a lo largo de la carretera Panamericana, por las zonas altas donde aflora el conglomerado Sullana.

8.2.8 ESTUDIOS QUE SE REQUIEREN

- Mecánica de Suelos: Los estudios de mecánica de suelos más profundos alcanzan solo cuatro metros y están localizados en pocos puntos de la ciudad, existiendo vastos sectores casi sin estudiar. Es necesario determinar el grado de colapso de los suelos.
- Geodinámica: Es importante hacer estudios de geodinámica para conocer el comportamiento de los suelos ante una sollicitación sísmica y poder hacer un mapa de microzonificación sísmica completo.
- Hidrogeología: Los sondajes que se deban excavar para estudiar la geodinámica pueden servir luego para llevar un registro del comportamiento de la napa freática, lo que es de gran importancia geotécnica.
- Estabilidad de Taludes: Para los acantilados de la margen izquierda del río Chira.
- Estudiar la posibilidad de que se produzca una ola seiche en el reservorio de Poechos en caso de que ocurra un sismo severo en la falla de Huaypirá.

- Es necesario un levantamiento topográfico-catastral con cotas cada 0.50 metros, el cual será útil para mejorar las redes y la distribución de agua potable y alcantarillado, diseñar sistemas de evacuación de aguas pluviales y hasta para determinar el pago de impuestos municipales.

BIBLIOGRAFIA

- ALVA HURTADO, Jorge (1991); "El Fenómeno de Licuación de Suelos y los Casos Ocurredos en el Perú"; Seminario Taller de Dinámica de Suelos, CISMID; Lima.
- ASOCEM (1); "La Calidad del Concreto y el Fenómeno del Niño"; Cemento Boletín Técnico N°3; Lima.
- ATALA ABAD, César (1983); "Informe Preliminar: Estudio de Mecánica de Suelos del Sistema de Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana-Bellavista"; Sullana.
- BELLIDO BRAVO, Eleodoro (1983); "Geología de Sullana y Alrededores"; Proyecto: Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana y Bellavista; Lima.
- BENEMERITO CUERPO DE BOMBEROS DEL PERU; "Informe: Cuadros Estadísticos del Servicio de Emergencia 1991"; BCBP Sullana N°43; Sullana.
- BOLT, Bruce A. (1987); "Terremotos"; Ediciones Orbis, Barcelona.
- CARRILLO GIL, Arnaldo (1); "Arcillas expansivas, el problema de las cimentaciones livianas"; CONCYTEC; Lima.
- CASAVARDE, L.; VARGAS J. (1980); "Zonificación Sísmica del Perú"; PUCP, DI 80-04; Lima.
- CASAVARDE, L.; VARGAS J. (1982); "Mapas de Distribución del Movimiento Máximo esperado del Suelo por acción Sísmica del Perú" Ponencia IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil.
- CESAR LAMA CONSULTORES ASOCIADOS S.R.L. y KUROIWA-KOGAN Arqs. + Ings. Asoc. S.R.L. (1984); "Estudio de Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana y Bellavista"; Sullana.
- CLIPSTONE, Nigel (1991); Informe al Gobierno de la Región Grau para encarar la emergencia de un Niño en 1992; Piura.
- CORNEJO, Angel (1982); "Resumen de la Velocidad del Viento en el Departamento de Piura"; ITINTEC N°2 Vol 8; Lima.
- CORNEJO ALMESTAR, Javier (1989); "Materiales y Procedimientos Constructivos en las Ciudades de Piura y Sullana"; Tesis UNI-FIC; Lima.
- EGUIGUREN, Víctor (1895); "Las Lluvias en Piura"; Sociedad Geográfica de Lima; Lima.
- GRASES, José; "Pérdidas como consecuencia de Terremotos, métodos para su estimación"; Seguros Caracas; Caracas.

- HUACO, Daniel (1979); "Peligro sísmico de la Región de Piura"; IGP, informe presentado a ENERGOPROJEKT; Lima.
- HUACO, Daniel; HUACO, Porfirio; ESPEJO, Gerardo; FLORES, Antonio (1972); "Sismicidad de la Zona de Embalse Chira-Piura"; IGP, informe presentado a ENERGOPROJEKT; Lima.
- INC (1988); "Inventario Urbano Monumental Ciudad de Sullana"; Dirección Patrimonio Cultural Monumental-Piura; Piura.
- INEI (1990); "Compendio Estadístico 1989-1990, Región Grau"; Dirección Técnica de Estadísticas Regionales; Lima.
- INEI-DRS-Piura (1989); "Resultado de las Investigaciones sobre el estado nutricional de la Población de Departamento"; Consejo Departamental de Nutrición; Piura.
- JIMENEZ SALAS, José (1980); "Cimentaciones en terrenos Expansivos o Colapsables; Geotécnica y Cimientos"; Editorial Rueda; Madrid.
- KUROIWA HORIUCHI, Julio (1); "Apuntes del Curso Ingeniería Antisísmica"; UNI-FIC, Lima, s/f.
- KUROIWA HORIUCHI, Julio (1991); "Quincha Modular Prefabricada"; CISMID; Lima.
- LAMA MORE, Rafael (1984); "Efectos de las lluvias torrenciales de 1983 en las obras de Ingeniería Civil en Piura, Sullana y áreas agrícolas aledañas"; Tesis UNI-FIC; Lima.
- MARTINEZ VARGAS, Alberto (1990); "Geotecnia para Ingenieros: Principios Básicos Volumen 1"; CONCYTEC; Lima.
- Mc GUIRE R.K. (1976); "Fortran Computer Program for Seismic Risk Analysis"; Open-File Report 76-67 USES.
- OGNIO, Ena; "Guía provincial de Sullana"; Producciones Pueblo y Cultura; Sullana.
- PARRA MURRUGARRA, Denys (1991); "Métodos Simplificados para Evaluación del Potencial de Licuación de Suelos"; VI Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones; Lima.
- PECHP (1989a); "Estudio definitivo Presa Derivadora Sullana III Etapa"; Asociación CRC Novoa; Sullana.
- PECHP (1989b); "Diseño definitivo Presa Derivadora Sullana"; Asociación CRC Novoa; Piura.
- PECHP (1972-1991); "Anuario Meteorológicos"; PECHP; Piura.

PECHP (1972-1991); "Anuario Hidrológico"; PECHP; Piura.

S.A.N. (1983); "Ortofotomapas de la Ciudad de Sullana"; S.A.N.; Lima.

SANCHEZ VELASQUEZ, Edinson J. (1990); "Estudio Geológico para Obras Agrícolas y Civiles entre las localidades de Jibito y Sojo - Distrito Miguel Checa, Sullana"; UNP; Piura.

SARRIA, Alberto (1990); "Ingeniería Sísmica"; Ediciones Uniandes; Bogotá.

SEED, H. Bolton; IDRIS, I.M. (1982); "Ground Motions and Soil Liquefaction during Earthquakes"; Earthquake Engineering Research Institute; Berkeley.

SEMINARIO OJEDA, Miguel Arturo (1986); "Historia de Sullana"; Consejo Provincial de Sullana, Sullana.

SUYON SALDARRIAGA, Félix (1); "Ensayo monográfico de Sullana"; Sullana, s/f.

TAPIA CANALES, César (1991); "Microzonificación de la ciudad de Tumbes y lineamientos para su desarrollo urbano para la Mitigación de desastres"; Tesis UNI-FIC; Lima.

TRENBERTH, K. E. (1991); "General characteristics of El Nino", Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies, Cambridge University Press; New York.

UMERES CACERES, Renato y LLANOS CAYCHO, Dante (1990); "Estudio de la Plaza Bolognesi y Puente Isaías Garrido"; Oficio 55-90/DAIG-FIM UNP; Piura.

VILELA, Carlos (1991); "Prevención de Desastres de la Ciudad de Talara a través de la forestación de sus laderas"; Tesis UNI-FIC; Lima.

YAMUNAQUE, Luis (1991); "Microzonificación y lineamientos de Planeamiento Urbano de la Ciudad de Talara para la Mitigación de Desastres"; Tesis UNI-FIC; Lima.

ESTUDIOS DE SUELOS CONSULTADOS

"Estudio de Mecánica de Suelos de Mutual Piura"; por LEMC-UDEP a solicitud de Mutual Piura S.A.; Piura, marzo, 1990.

"Estudio de Mecánica de Suelos de edificio de cinco pisos, Sullana"; por LEMC-UDEP a solicitud de Marina Barba de Infante; Piura, agosto, 1990.

"Exploración de Suelos y determinación de la capacidad portante, ampliación de los Almacenes ENCI"; por LEMC-UDEP a solicitud de Constructora Siper S.A.; Piura, octubre, 1987.

"Estudio geotécnico para la cimentación del proyecto Sullana III"; por LEMC-UDEP a solicitud de ENACE-Oficina Regional Norte; Piura, mayo, 1988.

"Exploración del subsuelo y cálculo de la capacidad portante para la cimentación de la planta embotelladora Sullana"; por LEMC-UDEP a solicitud de Embotelladora Piura S.A.; Piura, setiembre, 1987.

"Estudio de Suelos del Mercado de Pescado de Sullana"; por LEMC-UDEP a solicitud de CONASER Ingenieros S.R.L.; Piura, enero, 1989.

"Estudio de Mecánica de Suelos para la cimentación del Mercado Central de Sullana"; por LEMC-UDEP a solicitud de Arquitecto Juan Luis Reyes Chang; Piura, mayo, 1987.

"Estudio de Mecánica de Suelos del Sistema de Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana-Bellavista"; por Ingeniero César Atala Abad a solicitud de César Lama Consultores Asociados S.R.L.; Sullana, diciembre, 1983.

"Estudio de Mecánica de Suelos de la Planta embotelladora de Coca Cola"; por UNP a solicitud de Coca Cola Interamerican Corporation; Piura, noviembre, 1982.

ABREVIATURAS

ASOCEM	Asociación de Productores de Cemento
ENSO	El Niño-Oscilación del Sur
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IGP	Instituto Geofísico del Perú
INGEMMET	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PECHP	Proyecto Especial Chira-Piura
PUCP	Pontificia Universidad Católica del Perú
SAN	Servicio Aerofotográfico Nacional
SENAPA	Servicio Nacional de Agua Potable y Alcantarillado
UDEP	Universidad de Piura
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería
UNP	Universidad Nacional de Piura