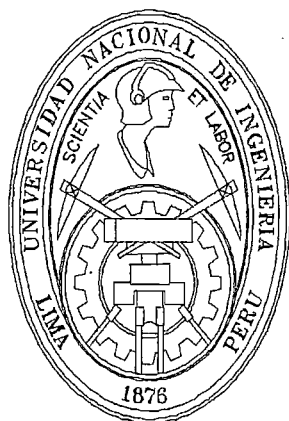


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



“FENÓMENO DE EL NIÑO 1997 - 98 EN  
SULLANA - BELLAVISTA”

**TESIS**

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

**SERGIO MADRID CHUMACERO**

Lima – Perú

2006

Digitalizado por:

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi mas profundo agradecimiento al Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi, por su valiosa asesoría a lo largo de todo el trabajo.

Mi reconocimiento a la Sub-Región Luciano Castillo Colonna, Municipalidad Provincial de Sullana y Municipalidad Distrital de Bellavista por la colaboración invaluable durante el desarrollo de este trabajo.

Mi agradecimiento a todos mis colegas de la Universidad Nacional de Ingeniería con quienes se ha compartido en muchas ocasiones las ideas que aquí se expresan.

Agradezco de todo corazón a todas y cada una de las personas de una u otra manera me han ayudado a llevar a buen término este estudio.

En memoria de mi madre María Julia y mi padre Humberto con todo cariño por ser forjadores de mi profesión.

A mi familia: esposa Ada Luz Medina Ramírez, hijos Maria Julia Miluska y Sergio Yuri.

A mis hermanos: Norberto, Humberto, Marco, Bertha, Abel, Andrés y Liliam.

A: José Zapata, Juana Echeandía, Félix Zapata, Vicenta Calderón, Geinner Mendoza, Pérez Galleno, Luís Munayco, arq. Zerga mis grandes amigos, mi mayor riqueza.

## TABLA DE CONTENIDO

Sumario	1
Introducción	4
Alcance de los estudios	5
Objetivos	6
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	
1.1 Ubicación geográfica y descripción	7
1.2 Categoría política	10
1.3 Descripción territorial	10
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>ASPECTOS SOCIO ECONÓMICOS</b>	
2.1 Población e índice de crecimiento poblacional de la ciudad de Sullana	14
2.2 Aspecto económico a nivel de la Sub-Región Luciano Castillo Colonna	15
2.3 Perspectiva de desarrollo	18
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS</b>	
3.1 Características geográficas	19
3.2 Características topográficas	21
3.3 Características geológicas	21
3.4 Características geomorfológicas	24
3.5 Características geotécnicas	25
3.6 Características climatológicas	28

3.7	Hidrología del río Chira	
3.7.1	Morfología del valle del Chira	28
3.7.2	Comportamiento del río Chira en las máximas avenidas durante los eventos 1982-83 y 1997-98	32
3.7.3	Régimen de descarga del río Chira en la estación del puente antiguo	33
3.7.4	Precipitaciones pluviales 1982-83 y 1997-98	34
3.8	Hidrogeología de la cuenca del Río Chira	35
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>FENÓMENO DE EL NIÑO</b>		
4.1	Definición	36
4.2	Interpretación del fenómeno	37
4.3	Cronología	41
<b>CAPÍTULO V</b>		
<b>EFFECTOS DEL FENÓMENO EN LA CIUDAD DE SULLANA</b>		
5.1	Efectos del fenómeno 1982-83	44
5.2	Efectos del fenómeno 1997-98	49
5.3	Comparación de los grandes eventos	55
5.4	Evaluación de los daños 1997-1998	
5.4.1	Distrito de Sullana	61
5.4.2	Distrito de Bellavista	63
5.4.3	Valle del Chira	64
5.4.4	Proyecto Especial Chira Piura	66
5.5	Enseñanzas del fenómeno "El Niño 1983 y 1998"	71
<b>CAPÍTULO VI</b>		
<b>SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES</b>		
6.1	Sullana	78
6.2	Bellavista	83
6.3	Comportamiento del Canal Vía	84
<b>CAPÍTULO VII</b>		
<b>FORMULACIÓN DE PLANES DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y DESARROLLO</b>		
7.1	Prevención y mitigación de desastres en la ciudad de Sullana	87

7.2	Normas Regionales integradas para prevención y mitigación de desastres para la Región Grau	89
7.3	Logros en la etapa de prevención	91
7.4	Medidas durante el desastre: objetivos, estrategia focalizada y lineamientos de acción en la etapa de emergencia	94
7.5	Acciones tomadas: reubicación de damnificados, albergues provisionales	95
7.5.1	Antecedentes	96
7.5.2	Reubicación de población damnificada	97
<b>CAPÍTULO VIII</b>		
<b>MODELO DE DIAGNÓSTICO SUGERIDO</b>		
8.1	Antecedentes.	100
8.2	Marco Teórico: Series Temporales	106
8.3	Predicción de parámetros – Método Arima.	111
8.4	Limitaciones.	113
<b>CAPÍTULO IX</b>		
<b>SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE EXPANSIÓN URBANA Y LINEAMIENTO DE DESARROLLO</b>		
9.1	Factores a considerar en la selección de áreas de expansión urbana	122
9.2	Selección de áreas adecuadas para el desarrollo urbano	125
9.3	Problemas detectados y futuras investigaciones	126
9.4	Necesidad de aplicar un plan de desarrollo hacia el año 2010	129
	Conclusiones	131
	Recomendaciones	136
	Referencias Bibliográficas	139
	Anexos	141

## SUMARIO

La ciudad de Sullana está experimentando un acelerado crecimiento poblacional como lo demuestra el aumento de Asentamientos Humanos, ubicados mayormente en áreas no recomendables, cuyas viviendas colindan en los drenes pluviales que discurren hacia dichas zonas. Esto constituye un alto riesgo cuando se asocia al fenómeno de El Niño pues, presentan condiciones inadecuadas de habitabilidad y seguridad, siendo vulnerables al impacto de estos fenómenos naturales.

La información hidrológica nos da una imagen cabal del comportamiento histórico de las descargas pluviométricas, causadas por las lluvias torrenciales y caudales sobrenaturales, todo está influenciado directamente con el fenómeno de El Niño como ha ocurrido en 1983 y el más reciente 1998, en que la lluvias registradas originaron erosiones y socavación del lecho, inundando zonas carentes de un sistema de drenaje pluvial formándose inmensas lagunas.

La recopilación de estudios geológicos y geotécnicos, mas los datos de trabajos de campo realizados por la Universidad Nacional de Piura, en la obras en que el suscrito a intervenido como residente de obras, determinaron que en general, el subsuelo esta conformado por depósitos aluviales recientes en el Valle del Chira y depósitos eólicos pertenecientes al sistema cuaternario.

La ciudad es atravesada por tres quebradas: Cieneguillo, Cola del Alacrán y Bellavista, existiendo el dren llamado El Boquerón, formado por erosión durante el fenómeno de El Niño 1982-83.

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 Norte. En 1998, se observa que, en el cauce Cola del Alacrán, se han edificado numerosas viviendas e inclusive un colegio particular, los cuales están expuestos a la escorrentía.

El desvío de las aguas fue de utilidad en 1982-1983, pero en el 1997-98, ha colapsado y erosionado gran parte de su desembocadura al río Chira, mostrándose insuficiente para soportar una gran avenida de aguas torrenciales.

Existen numerosas zonas de inundación, afectadas nuevamente durante el evento 1997-98 por falta de prevención y falta de respeto a sus estudios de cotas, rasantes y flujos. El problema es que aunque se sequé con motobombas y cisternas, las siguientes lluvias volverán a llenarlas ya no hay como evacuar el agua por gravedad, porque con lluvias mayores al no colocarse motobombas inundaran mas viviendas.

Estas cuencas ciegas obstaculizan el tránsito de la zona, sus aguas estancadas se convierten en un medio propicio para la proliferación de zancudos y otras plagas, en algunos casos el agua de lluvias esta mezclada con los desagües, creando un panorama de aguas negras, verdosas y olores nauseabundos, transformándose después en enormes charcos de barro, estos problemas se ubican en el lado Este de la Carretera Panamericana Norte y son zonas inundables sin drenaje apropiado.

La magnitud de la lluvia torrencial del 18 de enero de 1998, sirvió para demostrar que persiste la vulnerabilidad de la ciudad, aun con la presencia del Canal Vía el mismo que no tuvo la capacidad de evacuar las cargas del agua pluvial desbordando el canal a una altura de 0.90m sobre el borde superior colapsando un tramo de 160 metros lineales a la altura del Cementerio.

El lugar denominado "Nueva Sullana", es una zona habitable y sin peligro de inundación de acuerdo a los planes de extensión urbana de la Municipalidad Provincial, ubicado en el lado Oeste a la altura del km 2.5 de la carretera a Paita.

Las familias damnificadas provenían de los AA.HH: Jesús Maria, Carlos Augusto Salaverry, 15 de Marzo y 17 de Enero, a quienes el Banco de Materiales otorgó crédito para que levantaran sus viviendas evitando así que habitaran a la intemperie.

Sullana deberá extenderse a lo largo de la carretera Panamericana Norte en dirección Sur, por el Oeste en la dirección de la carretera a Paita, y a lo largo de la carretera Tambogrande.

Áreas seleccionadas para la expansión industrial son las más adecuadas.



Al término del presente trabajo se dan recomendaciones que utilizadas en forma adecuada servirán para mitigar los efectos de futuros eventos.

La experiencia de los desastres pluviales de 1982-83 y 1997-98, la expansión urbana, rápida y descontrolada hace que sean imprescindibles considerar dichos fenómenos en los planos de desarrollo económico y social de la ciudad de Sullana además, debe realizarse programas educativos de difusión masiva para mitigar sus efectos y lograr un crecimiento seguro.

Ante la posible ocurrencia de un próximo fenómeno de El Niño, se deben ejecutar acciones preventivas en forma prioritaria. Entre estas tenemos:

#### Obras a corto plazo:

- Ampliación y mejoramiento de drenes existentes para tener el sistema apto para la evacuación, desarenamiento y deshierbos en la entrada de las quebradas: del Alacrán, Cieneguillo y Bellavista.

#### Obras a mediano plazo:

- Continuación de las defensas ribereñas en la margen izquierda principalmente en la desembocadura del Canal Vía.
- Construcción de pases vehiculares y peatonales pues cuando las quebradas son activadas por el fenómeno de El Niño, Sullana y Bellavista quedan divididos por el Canal Vía.
- Construcción de pistas de concreto armado.
- Entubados de drenes y reconstrucción de rejillas (altura del puente que atraviesa la Av. Sta Cruz y el Centro Hípico)

#### Obras a largo plazo o de reconstrucción:

- Esto quiere decir, intervenciones escalonadas cuya reposición requiere mucho tiempo.
- Mediante una adecuada planificación y eliminación o reducción de situaciones de vulnerabilidad, es posible reducir los riesgos producidos por los desastres naturales.
- Deberán aplicar y cumplir con la ordenanza municipal, todos los futuros gobiernos municipales.

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Sullana, a través de su historia, ha sufrido los estragos ocasionados por los efectos del fenómeno de El Niño que originaron múltiples desastres con impactos negativos en la salud, daño a las obras de pavimentación, al sistema de alcantarillado y sobre todo a las viviendas de edificaciones precarias.

Lo sucedido en el año 1982-83, donde las precipitaciones pluviales extraordinarias, reactivaron las quebradas y dividieron a la ciudad en dos, produciendo: inmensas lagunas en la expansión desordenada de su área urbana, erosión de riberas, formación de cárcavas, daños materiales y pérdidas humanas y sin ningún tipo de prevención, la ciudad empezó a mitigar los efectos.

Sin las coordinaciones y respaldo de autoridades, por tal razón El Niño de 1997-98 volvió a tener los mismos efectos causando los mismos desastres.

Por lo tanto es necesario que se recojan las lecciones de éstos dos grandes eventos para que se adopten principios de prevención y mitigación ante el fenómeno natural que inevitablemente volverá a ocurrir y reducir las particulares condiciones de vulnerabilidad que le son características.

## **ALCANCE DE LOS ESTUDIOS**

Los datos obtenidos provienen de diferentes fuentes: Sub-Región Luciano Castillo Colonna, Municipalidad de la ciudad de Sullana y el distrito de Bellavista, Tesis de Grado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Proyecto Especial Chira-Piura, SENAMHI, INDECI, INADUR, etc.

La información estadística proviene de los Censos Nacionales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), donde el último fue realizado en 1993 que al compararlo con los años transcurridos a la fecha, han hecho que la tasa de crecimiento promedio anual varíe considerablemente en dicho periodo 1940-1999.

Los mapas presentados en esta Tesis, han sido adaptados a los obtenidos de INDECI.

La topografía obtenida proviene de mapas del Instituto Geográfico Nacional y del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1994) y los otros mapas, del Servicio Aerofotográfico Nacional (1983), Consejo Transitorio de administración Regional (CTAR - 2002), y de INDECI.

La información de Mecánica de Suelos se obtuvo de los trabajos realizados por el suscrito en el Proyecto Chira-Piura y la Sub-Región Luciano Castillo Colonna.

## OBJETIVOS

El presente estudio esta enmarcado en:

1. Investigar y explicar las causas de lo sucedido en la ciudad de Sullana.
2. Analizar los efectos de El Niño 1997-98 que se presentaron en la ciudad.
3. Formular planes de prevención, mitigación y de desarrollo, para evitar en un futuro inevitable, estragos parecidos con el fin de preservar la seguridad física de los habitantes y de sus inversiones.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN**

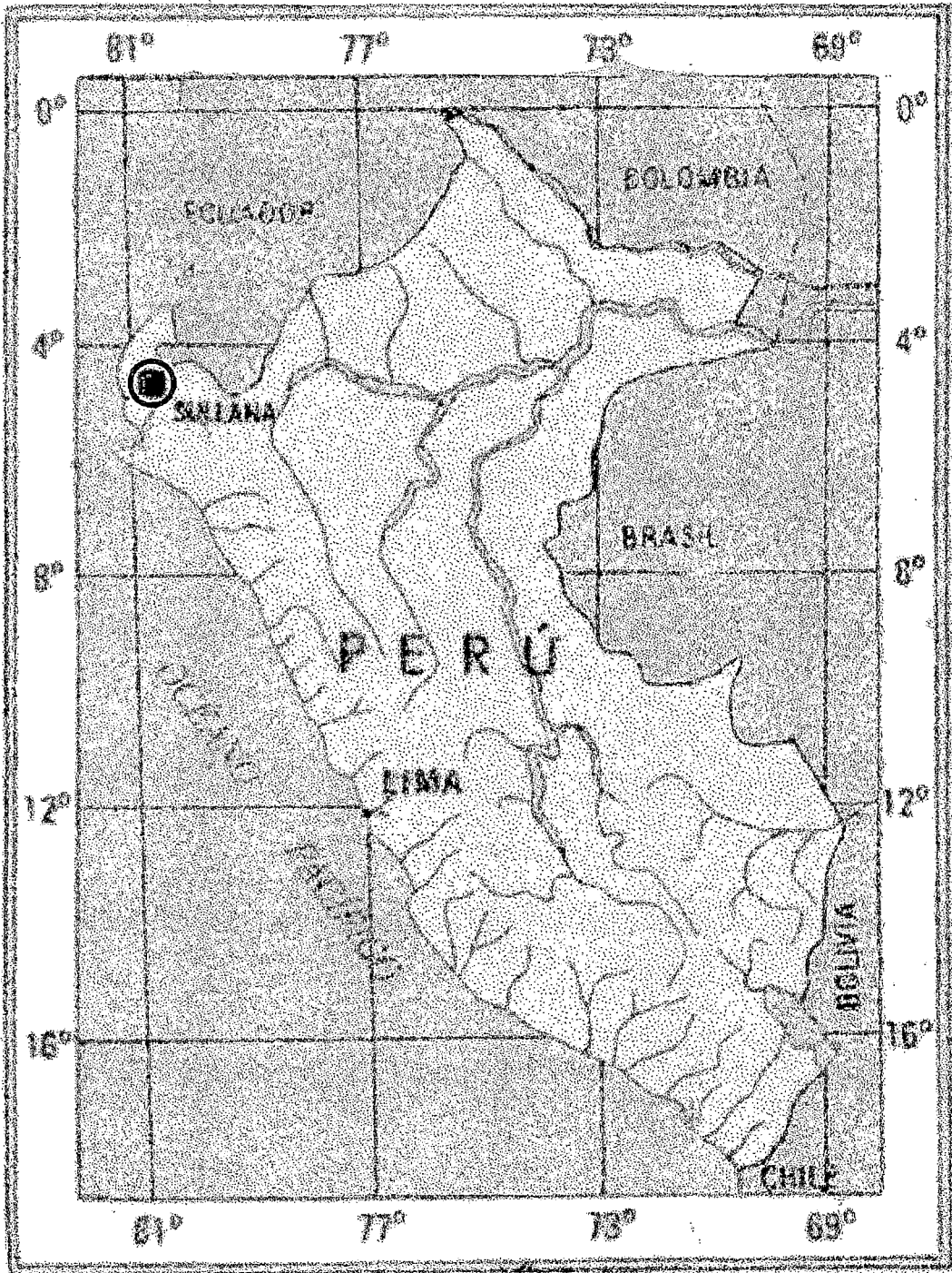
La actual ciudad de Sullana, está conformada por las antiguas áreas urbanas de los distritos de Sullana y Bellavista, forman una sola unidad urbana, está edificada en el valle del río Chira en la margen izquierda y en la zona Nor-Occidental del Perú, ubicada geográficamente sobre la intersección del paralelo 04°53'18" de latitud Sur con el meridiano 80°41'07", de longitud Oeste (en el área urbana del distrito de Sullana) y el paralelo 04°53'57" de latitud Sur con el meridiano 80°40'48" de longitud Oeste (en el área urbana del distrito de Bellavista); ambas referidas al Meridiano de Greenwich. Véase mapa: Ubicación del área en estudio.

Se encuentra a una altura promedio de 60 m.s.n.m. y en el kilómetro 1017 de la Panamericana Norte.

Ocupa una extensión urbana de 1800 Has aproximadamente y limita por el norte con el río Chira, por el sur con el canal lateral de irrigación del Proyecto Especial Chira-Piura (PECHP), por el Este con el dren Boquerón y por el Oeste con áreas agrícolas intangibles.

Sullana se encuentra a 38 km. al Norte de la ciudad de Piura; a 75 Km. al Sur-Este de la ciudad de Talara, y se accede a ella desde estas dos ciudades, mediante la carretera Panamericana Norte. También es accesible a las ciudades de Paita (55 Km. al Nor-Este) y Tambogrande (42 km. al Nor-Oeste). Véase plano: Ubicación de los Valles en Piura.

MAPA: UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO



## 1.2 CATEGORÍA POLÍTICA

La ciudad de Sullana es sede de la provincia de Sullana en el departamento de Piura y capital de la Sub-Región Luciano Castillo Colonna que comprenden las ciudades de Sullana, Talara, Paita y Ayabaca.

El cuadro N° 1 muestra las fechas de creación de las zonas de estudio.

**Cuadro N° 1: FECHAS DE CREACIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO**

CREACIÓN	
Sullana	D.L. N° 1444 04 de Nov. 1911
Bellavista	D.L. N° 12301 03 de Mayo 1955
Región Grau	D.L. N° 24793 03 de Marzo 1988

Fuente: INEI

Esta ciudad es el segundo de los centros más importantes de la Región Grau por su desarrollo demográfico y económico, contando con uno de los espacios agropecuarios más grandes de la región, gracias al río Chira que riega un extenso valle con agua permanente lo cual permite obtener hasta dos cosechas al año.

## 1.3 DESCRIPCIÓN TERRITORIAL

La ciudad de Sullana ocupa en la actualidad una superficie total aproximada de 1800 Has., que constituye la superficie urbana bruta local, sobre las que se desenvuelven las distintas acciones urbanas, entre las que tenemos:

### A. Las Acciones Residenciales

Se desarrollan sobre una superficie de 900 Has aproximadamente y comprende 4 zonas:

- a) **Zona antigua de Sullana:** ocupa 205 Has. aproximadamente, comprende el Malecón hacia el río Chira, el cementerio, el Canal Vía y la Av. Champagnat. Cerca del Malecón está la parte antigua de la ciudad, caracterizada por sus calles angostas, construcciones de uno a dos pisos de quincha y techos de calamina, en la parte Sur se ubica edificaciones de quincha y ladrillo, la más alta es de 5 pisos. Esta zona no tiene

problemas de evacuación de aguas pluviales en la parte superior, pero si en la parte Sur donde se producen lagunas de gran extensión.

- b) **Zona de Bellavista:** ocupa una superficie de 100 Has. aproximadamente, caracterizadas por manzanas alargadas, lotes que van de calle a calle y edificaciones de uno a tres pisos. El ladrillo, el adobe, y las calaminas son los materiales predominantes.

Las principales vías urbanas no cuentan con las pendientes que requiere para la evacuación de aguas pluviales, ni cuenta con los planos de detalle de dichas calles.

- c) **Zona de Urbanización:** ocupa una superficie de 160 Has. aproximadamente, localizadas principalmente al Oeste de la Av. Champagnat. En sus edificaciones el ladrillo y calamina son los materiales predominantes.

- d) **Zona de Asentamientos Humanos:** ocupa la mayor parte de superficie territorial con 435 Has., localizadas al Sur de la ciudad, al Este de Bellavista y hacia el eje izquierdo de la carretera a Paita.

360 Has. son ocupadas por edificaciones de uno a dos pisos, con materiales predominantes de adobe, ladrillo y calamina.

60 Has. son ocupadas por edificaciones de uno a dos pisos, donde el adobe y calamina son los materiales predominantes.

15 Has. son ocupadas por edificaciones de un piso, donde los materiales predominantes son quincha, madera, caña, estera, plástico, etc., y no cuentan con servicios.

## B. Acciones Comerciales

Desarrollados sobre una superficie de 90 Has. aproximadamente, una parte se localiza alrededor de la Plaza de Armas frente al valle del río Chira, entre Jr. Junín, Av. José de Lama, Jr. Callao y el Malecón del río Chira, una segunda parte comprende los mercados y sus alrededores con niveles mayoristas de comercialización, tenemos la región comprendida entre el mercado de Bellavista y el inicio de la Av. José de Lama, caracterizado por el



comercio informal. Otra zona se localiza a lo largo de la Av. José de Lama y de la Av. Buenos Aires, desde la Av. Circunvalación hasta el cuartel.

#### C. Acciones Industriales

Desarrolladas sobre una superficie de 590 Has. aproximadamente, una parte se ubica dentro de la zona urbana y otra se concentra al Sur de la ciudad, llamada ZONA INDUSTRIAL, ubicada al sur de la carretera a Tambogrande y a lo largo de la carretera Panamericana Norte.

#### D. Otros

Se desarrolla sobre 140 Has. aproximadamente, comprende las superficies ocupadas por: cementerios, campo ferial, iglesias, municipalidad, campamento de Energo Project, reservorios, planta de tratamiento de aguas, locales dedicados a la educación, salud, recreación, etc.

En el siguiente plano: Ciudad de Sullana, se muestra la ubicación geográfica de las distintas acciones urbanas.

En este plano dibujado por el suscrito se ha tenido como referencia el plano de Sullana cedido por la Municipalidad de la misma.

## CAPÍTULO II

### ASPECTO SOCIO ECONÓMICO

#### 2.1 POBLACIÓN E ÍNDICE DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LA CIUDAD DE SULLANA

El área urbana de la ciudad de Sullana, ocupa una extensión de 1753.1 Has. que representa el 9.05% de su territorio delimitado; con una población de 153771 habitantes (Censo 1993, INEI); con una tasa de crecimiento demográfico promedio de 2.66% anual (Período 1940-1993).

El siguiente cuadro N° 2, se muestra la cantidad de habitantes:

**Cuadro N° 2. DATOS CENSALES**

Año del Censo	Ciudad de Sullana	Distrito de Bellavista	Total
1940	41 159	-----	41 159
1961	34 501	15 670	50 171
1972	59 858	23 708	83 566
1981	80 709	32 061	112 770
1993	121 894	31 877	153 771

Fuente: INEI (Censos Nacionales)

Estimación de la población probable en los años 2010 y 2020

A) Método Aritmético:

$P_{2010} = 196\ 809$  habitantes.

$P_{2020} = 222\ 126$  habitantes.

B) Método Geométrico:

$P_{2010} = 257\ 106$  habitantes.

$P_{2020} = 347\ 880$  habitantes.

C) Método de los Mínimos Cuadrados

$P_{2010} = 173\,729$  habitantes.

$P_{2020} = 194\,774$  habitantes

D) Método de tendencia exponencial

$P_{2010} = 228\,651$  habitantes.

$P_{2020} = 297\,475$  habitantes

Mediante estos datos se calculó una población prevista hasta el año 2010 y 2020, en el gráfico N° 1 se muestra el resultado de los cuatro métodos.

El 95% de la población del distrito es urbana y el 5% restante es rural.

La población de la ciudad de Sullana es muy joven. El 66% de la población es menor de 30 años y sólo el 8% es mayor de 60 años.

La numerosa población de rangos de 0 a 29 años, representa una alta demanda de servicios de vivienda, agua, alcantarillado, energía eléctrica y empleo. El número de mujeres (52%) es mayor que el número de varones.

La población económicamente activa (PEA) de la ciudad, representa el 65% de la PEA provincial, y se dedican principalmente al sector terciario (comercio y servicios 51%); le sigue el sector primario (agricultura 21%) y finalmente, el secundario (industria 16%).

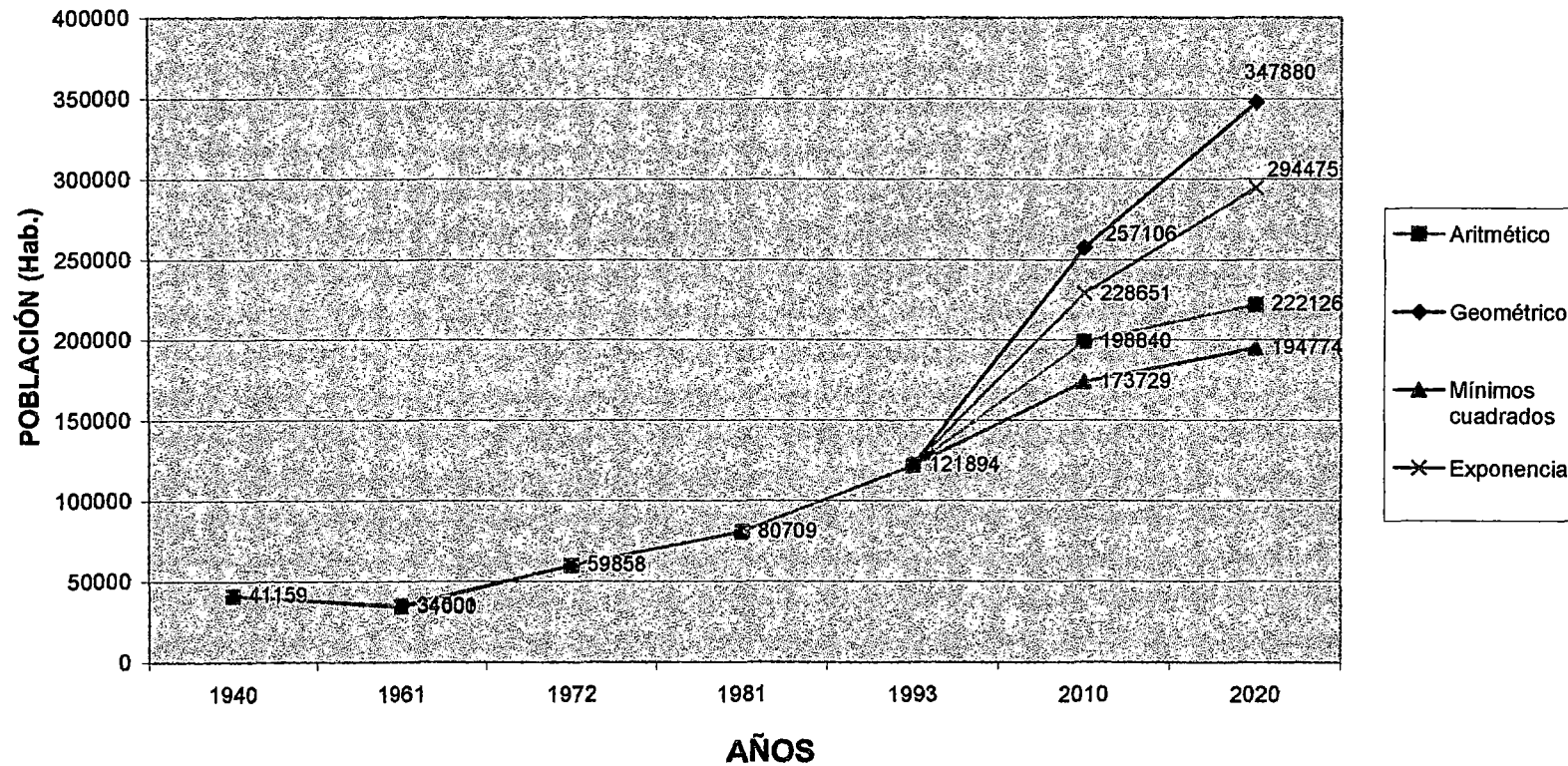
## 2.2 ASPECTO ECONÓMICO A NIVEL DE LA SUB-REGIÓN LUCIANO CASTILLO COLONNA

La ciudad de Sullana es el segundo de los centros más importantes de la Región Grau, en cuanto a su desarrollo demográfico y económico.

Se distingue por ser uno de los espacios costeros agropecuarios más grandes de la Región, gracias al río Chira que riega un extenso valle.

Los principales productos agropecuarios son: arroz, maíz, frutales (limón, plátanos, mangos).

Gráfico N° 1  
**TENDENCIA A LA POBLACIÓN FUTURA**



Sullana por su ubicación forma un nudo carretero donde confluyen la carretera Panamericana Norte (Talara) y Sur (Piura); por el Oeste: La Huaca y Paita, y por el Este: Las Lomas y Tambogrande.

El desarrollo de la actividad industrial se encuentra limitada por la escasa capacidad de energía eléctrica de la Región, concentrada en la ciudad de Piura (95%).

Existe un déficit de vivienda, donde las condiciones de habitabilidad en que vive la población son precarias, tal como lo demuestra el déficit de atención de servicios: agua potable, alcantarillado y energía eléctrica.

Sullana actúa como centro de acopio y redistribución de la Sub-Región, abastece de carne, verdura, frutas y cereales a las ciudades de Talara y Paita.

El valle del río Chira es ubérrimo y con agua permanente, lo que permite obtener hasta dos cosechas al año.

La actividad agrícola de Sullana le ha permitido desarrollar la agroindustria, aunque no alcanza la dinámica necesaria para absorber la mano de obra de la población sub-ocupada o desocupada de su ámbito.

El intercambio de producción de acuerdo a la especialización productiva de cada área ha dado lugar a los siguientes flujos al interior de la Sub-Región:

- Sullana-Talara : La primera aporta su producción agropecuaria agroindustrial, y la segunda, combustible.
- Sullana-Paita : La primera aporta sus productos agropecuarios y agroindustriales, mientras que la segunda aporta pescados y sirve de vía para la importación de maquinaria y artefactos, así como la exportación de la agroindustria.
- Sullana-Ecuador: La primera aporta sus productos agropecuarios y la segunda, productos industriales.

Estos flujos de bienes sumados a los de servicios y personas, se hacen a través de los siguientes ejes:

- Sullana - Talara - Tumbes (carretera Panamericana Norte). a 75 km. y 181 Km. respectivamente.

- Paita - Sullana - Las Lomas
- Nuevos Lancones- Alamor- Ecuador  
Suyo - Ecuador  
Ayabaca  
Tambogrande

## 2.3 PERSPECTIVA DE DESARROLLO

Sullana es muy rica en sus recursos; sin embargo, no existe un adecuado uso de ellos. Son dos los aspectos más urgentes de información: integración vial y desarrollo energético, complementariamente con el turismo ecológico y zonas de frontera.

Se debe priorizar los siguientes proyectos:

- Proyecto Especial Chira-Piura: la puesta en operación del canal lateral de irrigación del PECHP, implica el mejoramiento de riego de las áreas agrícolas existentes y la incorporación de nuevas áreas para el desarrollo de estas actividades, generando condiciones propicias para incrementar la agroindustria.
- Promoción de Turismo Ecológico:
- Programas de Desarrollo Fronterizo: la Pacificación Perú- Ecuador impulsa, el desarrollo económico de Sullana, por su ubicación estratégica, favoreciendo la actividad comercial, servicios e intercambio con dicho país.

## **CAPÍTULO III**

### **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS**

La ciudad de Sullana ocupa la margen izquierda del río Chira, en una meseta con colinas de arena de relleno eólico.

La parte topográfica más importante es el acantilado de la margen izquierda del río Chira. Las mayores elevaciones se encuentran al lado de dicho acantilado, así tenemos:

- Loma de Mambré (donde se encuentra el tanque elevado) de mayor altitud 82 m.s.n.m.
- Loma de la Plaza de Armas
- Monte de la Paloma (donde se encuentra el Hospital del Ministerio de Salud)
- Loma de Teodomiro (donde se ubicaba el Cuartel General de la Primera División E.P.)

El acantilado tiene una altura de 12m. en la desembocadura de la Quebrada Cieneguillo pero alcanza los 35m (desde el río) entre la loma Mambré y el puente Nuevo.

Por otro lado existen quebradas localizadas en diversos puntos, dentro y alrededor de la ciudad:

a) Quebrada Cieneguillo, es el principal dren local, y tiene tres etapas:

Primera: es un amplio abanico colector, al sur de la ciudad, con numerosos afluentes, con cauces secos y superficiales.

Segunda: corre de Sur a Norte, con 2 Km. de longitud, desde el abanico colector hasta su encuentro con Cola del Alacrán. Es de fondo casi plano con 250 m. de ancho, angostándose progresivamente hasta terminar casi en un embudo en su confluencia con Cola del Alacrán.

Tercera: corre de Sur-Oeste a Nor-Oeste y se une en el trayecto a la quebrada Bellavista, hasta su desembocadura en el río Chira, al Este de la Loma de Mambré con una caída de 10 a 12 m. El cauce es sinuoso y actualmente se encuentra canalizado mediante la construcción del Canal - Vía.

- b) Quebrada Cola del Alacrán, es un tributario de la quebrada Cieneguillo que desemboca a la altura de la urbanización FONAVI parecida a la de Cieneguillo, pues en su primera etapa recolecta las aguas de numerosas quebradas de la zona más elevada al Oeste de la ciudad, mas adelante ensancha su cauce hasta llegar al canal transversal de regadío, para luego hacer una curva de casi 90° con dirección Este, cruzando la carretera Panamericana a partir de donde es canalizado por el Canal - Vía.
- c) Quebrada Bellavista, drena las aguas de las partes más altas del Sureste y del Este. Atraviesa el distrito de Bellavista por el lado Norte del Cuartel del Ejército y desemboca en la quebrada Cieneguillo a la altura del Mercadillo. Después de su nacimiento, el cauce se vuelve ancho y superficial. A partir del Cuartel el cauce ha sido invadido por construcciones que han canalizado, reduciendo su cauce a 1 o 2 m. de profundidad y 20 m. de ancho. El AA.HH. Jorge Basadre, ubicado en el mismo cauce poco antes del Cuartel, fue arrasado durante las lluvias de 1983, sin embargo; ha sido reconstruido en el mismo sitio.
- d) El Boquerón, al extremo Este, es una erosión que fue creada artificialmente por la construcción de un dique de defensa contra inundaciones debidas a la quebrada Bellavista y sus afluentes. Tiene casi 30 m. de profundidad y 100 m. de ancho en su desembocadura. Actúa como límite urbano.



## 3.2 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

Según el mapa geológico del "Cuadrángulo de Sullana" (INGEMMET, IGN, Escala: 1:100 000 con equidistancia de curvas de nivel 50 m.), la ciudad de Sullana presenta una topografía con pocos relieves importantes; el accidente topográfico más importante es el acantilado situado en la margen izquierda del río Chira donde se encuentran las mayores elevaciones.

La altitud disminuye con pendiente hacia el Sur con el punto más bajo en el cauce de la quebrada Cieneguillo (65 m.s.n.m.)

La ciudad es modelada sobre material conglomerado, recubierto por arena eólica en superficies llanas y suaves, que alternan con lomadas, prominencias de formas y contornos alargados.

## 3.3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

La conformación del área consiste en una formación de conglomerados en la base. Es la roca firme y consolidada que forma el substratum, aflora en la parte baja de la ladera izquierda del río con 10 a 12 m. de grosor. También aparece en algunos sitios del talweg de la quebrada Cieneguillo y partes altas de la ciudad. Es un conglomerado aluvial del Cuaternario. Encima del conglomerado, a manera de cobertura, se encuentra la arena eólica con grosor variable de un sitio a otro.

En el área urbana de Sullana y en sus contornos inmediatos no se han observado fallas en las rocas consolidadas del substratum; pero el terreno casi llano del lugar está cubierto de arena y modificada superficialmente por las construcciones, dificulta el reconocimiento de esta clase de estructuras. Es probable la existencia de fallas locales, pero dada las condiciones actuales de relativa estabilidad tectónica del área y de la región se consideran a tales fallas locales como inactivas.

En Sullana no hay explotación de aguas subterráneas. Por las condiciones climáticas de la zona, seco y con escasas precipitaciones, se estima que el nivel freático debe ser profundo.

El manto de arena eólica, forma la parte media y alta de la ladera izquierda del río Chira, limitante con la ciudad, es un material suelto y muy deleznable. Se

presenta muy acaravada y con signos de asentamiento. Constituye un peligro para las edificaciones del borde superior de la cuesta.

El substratum de roca firme y consolidada que aflora en Sullana y alrededores es conglomerado, al que localmente se le ha llamado conglomerado de Sullana. Este conglomerado se observa en la base de la pendiente de la ribera izquierda del río Chira donde las rocas por su resistencia a la erosión destacan como una escarpa vertical por debajo del grueso manto de arena eólica.

La naturaleza del conglomerado se reconoce muy bien en las escarpas de la boca de Cieneguillo y pie de la colina de Mambré. En el barranco de la boca de Cieneguillo se aprecia en la parte inferior de 5 a 6 m., conglomerado formado principalmente por cantos pequeños de cuarcita, cuarzo, rocas ígneas de 1 a 3 cm. de sección; en menor proporción cantos rodados de 4 a 7 cm. de sección, en matriz arenoso, compacto y duro; luego aparece un horizonte lenticular de areniscas de 1.50 a 2.00 m. de espesor, amarillentas, blandas, herrumbrosas y con estratificación cruzada.

En la parte superior se presenta de 4 a 5m. de conglomerado compuesto por cantos de 1-10 cm. de sección, en matriz areno arcilloso. Este conglomerado es el que se nota en el lecho y riberas del tramo inferior de Cieneguillo, con coloración amarillenta, marrón a gris y es probable que las partes más altas de este conglomerado aparezcan al pie del cementerio, así como en diversos sitios de las riberas de la zanja de erosión.

La naturaleza litológica del conglomerado descrito varia lateralmente; así a unos 100 m. aguas abajo de la boca de Cieneguillo al pie del Mambré, en los conglomerados de color amarillento a rojizo de la parte inferior, se encuentran capas lenticulares de arenisca de 15 a 20 cm. de espesor, grises a pardos, de grano grueso y muy duro. Todavía por debajo del conglomerado casi cubierto por el río se distinguen gradas verdosas a amarillentas.

En la parte terminal de la quebrada el conglomerado está afectado por varias fracturas más o menos paralelas, de rumbo S55°W y buzamiento de 75 a 80° NE, y la erosión lo a desgastado en forma de suaves escalones.

Conglomerados amarillentos con capas lenticulares de areniscas arcillosas, parcialmente cubiertos de arena, se distinguen en el lecho de la quebrada Bellavista a unos 200 m. aguas arriba del cuartel del Ejército y también a lo largo de la calle Canchaque que pasa por el costado del cuartel.

El conglomerado es de origen aluvial y probablemente de edad Pleistocénica del Cuaternario.

Los depósitos eólicos comprenden las acumulaciones de arena gris, de grano fino a medio, que se presenta recubriendo irregularmente a los conglomerados del substratum. Se trata de un material suelto, muy deleznable, que en algunos sitios está débilmente fijada por una escasa vegetación de hierbas y arbustos.

Las acumulaciones más densas se presentan a todo lo largo del borde Norte de la ciudad. En la pendiente que da hacia el río se observa que la arena eólica queda directamente sobre el conglomerado, con espesores que varían de unos 15 a 30 m.

El Mambré es una colina de arena y probablemente las suaves colinas que aparecen en el mapa hacia el SW de la anterior, enteramente pobladas, son también de arena. Se tiene la impresión que el manto de arena forma una loma alargada y gruesa a lo largo del borde superior de la pendiente, luego su espesor disminuye notablemente hacia el eje de la quebrada Cieneguillo.

Los mantos y bolsones de arena en las capas superiores de las quebradas Cieneguillo y Cola del Alacrán, probablemente son acumulaciones, por una parte; de origen eólico y por otra pluvial, aportadas por las escorrentías esporádicas que circulan durante los períodos de fuertes precipitaciones.

En algunos sectores de la ciudad sobre el manto de arena eólica, se encuentran bolsones y bancos de material de desechos, restos de carbón vegetal, relleno de grava, etc.

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

Desde la entrada del Gran Boquerón aguas arriba, se reconoce una terraza aluvial bastante amplia ocupada totalmente por la agricultura. Entre la base del

Mambré y el puente viejo se presenta una ancha faja de depósitos aluviales que se exportan como material de construcción. Se trata de acumulaciones recientes dejadas durante las inundaciones en épocas de crecida.

El área urbana y sus contornos inmediatos se encuentran sobre un terreno ondulado y llano, cubierto en gran parte por un manto de arena eólica y superficialmente modificado por las construcciones, urbanizaciones, etc., que dificultan la localización y reconocimiento de las fallas.

La ribera izquierda del río Chira, lindante con la ciudad es una cuesta con declive pronunciado y altura de 15 a 30 m. sobre el lecho del río.

### 3.4 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

El área urbana Sullana-Bellavista y el área rural que constituye su entorno en términos generales, es ondulado y sin mayor relieve; está modelado sobre un conglomerado, recubierto con arena eólica. Superficies suaves, hondonadas; alternan con lomadas y prominencias con formas de contornos alargados y/o redondeados que han sido modeladas por acción de escorrentías sobre conglomerados aluviales del Pleistoceno; en las ondulaciones se acumulan arenas eólicas. El paisaje regional tiene un aspecto de extensa planicie cortada por el valle del Chira.

El modelado del área que ocupa la ciudad y sus alrededores corresponde a la cuenca de la quebrada Cieneguillo y sus afluentes Cola del Alacrán y Bellavista, fue elaborado en época geológica pasada y con diferente clima al actual. Los lechos secos de escorrentía están ubicados en suaves hondonadas que atraviesan la ciudad hasta llegar al río Chira en la parte norte de la ciudad.

Hacia el Oeste, la hondonada se levanta con moderado declive y termina al borde de la ribera izquierda del río Chira, en un barranco. El acantilado tiene alrededor de 15 m. de altura de la desembocadura de la quebrada de Cieneguillo, pero entre la Loma de Mambré y el Puente Nuevo, alcanza una altura aproximada de 32 m. 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 ubicaba el cuartel general de la 1ª División de Caballería), a cuya altura se encuentra el eje de la Presa Derivadora Sullana.

La zona de Bellavista es llana, en ella se encuentra la llanura de inundación de la quebrada del mismo nombre. La elevación más notoria en ese sector es la Loma del Cementerio (Mambré).

Hacia el Noroeste, existe una amplia zona de médanos con dunas de hasta 1m. de altura. Al Sur de los médanos se encuentra nuevamente el conglomerado con una pequeña cobertura de arena eólica. En este sector se encuentra la quebrada Cola del Alacrán.

### 3.5 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Los estudios de suelos están limitados a sectores donde se han construido edificaciones hechas por la Sub-Región Luciano Castillo Colonna, estructuras como el Canal Vía y el Desarenador Cieneguillo Norte.

#### DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

A) En la zona alta, donde se ubica el centro Educativo N° 15085, en Villa Primavera, se ha encontrado que el suelo está conformado superficialmente por depósitos de arenas eólicas de grano medio a fino, incluso gravilla de grano variado. Donde se encuentra el río Chira, se presentan suelos aluviales en ambas márgenes, constituidos por suelos arenosos con inclusiones de limos y arcillas; así mismo, se observan capas de conglomerado bastante compactados de edad cuaternaria pleistocénica.

Por debajo de los suelos eólicos y aluviales se presenta una potente capa de arenisca blanca-amarillenta, bastante compactadas intercaladas con bloques de calizas impuras, correspondiente a la Formación Zapallal de edad terciaria medio superior.

#### **Tipos de Suelo**

Con los análisis granulométricos y de plasticidad la observación de las columnas estratigráficas obtenidas de dos calicatas, se tiene lo siguiente:

**0.0 m. - 0.20 m.:** Estratos de arena de grano medio a grueso (SP) conformado por gravilla no plástica, poca compactada, y con materia orgánica.

**0.20 m. - 3.50 m.:** Arena de grano medio a fino (SP) con mayor contenido de humedad, medianamente denso; cuyo material se comporta mejor en terreno de cimentación.

#### Resistencia al Corte Directo

**A 1m.:** Corresponde a suelos de arenas de grano medio a fino (SP), cuyos valores del ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ ) fue de  $31^\circ$  y cohesión (C) de  $0.30 \text{ Kg/cm}^2$ , peso volumétrico de  $1.55 \text{ g/cm}^3$ , humedad natural de 1.2%.

**A 2m.:** De profundidad, corresponde a suelos (SP), cuyos valores del ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ ) fue de  $31^\circ$  y cohesión (C) de  $0.625 \text{ Kg/cm}^2$ , peso volumétrico de  $1.59 \text{ g/cm}^3$  y humedad relativa de 1.2%.

**A 3m.:** Corresponde un suelo (SP), siendo el valor del ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ ) fue de  $31^\circ$  y la cohesión, de  $0.250 \text{ Kg/cm}^2$ , el peso volumétrico de  $1.71 \text{ g/cm}^3$  y 3.5% de humedad natural.

Los tipos de suelo encontrados tales como: el SP, de acuerdo a su densidad y grado de compactación se han identificado como suelos friccionantes.

- B) En la zona Sur de la Urbanización López Albújar (altura de Panamericana Norte y carretera a Tambogrande) se ubica el campo ferial de Sullana donde se construyó el Hangar Campo Ferial Sullana.

Presenta una topografía plana con una ligera inclinación ( $\pm 1\%$ ) de sur a norte. En dicha área se realizó dos calicatas de 1.50 y 1.80 m. de profundidad respectivamente, a fin de determinar su comportamiento y resistencia del terreno de fundación, cuya estratigrafía nos muestra que el subsuelo está compuesto por un horizonte errático hasta de 1m. de profundidad y a partir de dicha profundidad hasta 1.80 m., presenta un estrato de horizonte homogéneo de una arcilla limo-arenosa cuya nomenclatura es un "CL" de la clasificación unificada de suelos (SUCS), con un comportamiento firme y estable.

#### Tipos de Suelo

**0.0 m. a 1.05 m.:** Estrato de arena fina limosa consolidada seca. Clasificación SUCS "SM".

**1.05 m. a 1.30 m.:** Estrato de grava arcillosa, compacto. Clasificación SUCS "GC".

**1.30 m. a 1.80 m.:** Estrato de arcilla limo-arenosa, firme y compacto. De la clasificación SUCS "CL" se obtuvo lo siguiente:

- Densidad del terreno natural  $1.682 \text{ g/cm}^3$ .
- Proctor estándar  $1.86 \text{ g/cm}^3$ .
- Densidad relativa (DR) 58.6%
- Grado de compactación 90.4%
- Angulo de fricción interna ( $\phi$ ) es de  $33.5^\circ$

C) En el proyecto: pavimentación calle Nicolás de Piérola, entre Transversal Lima y Prolongación Capullanas, se ejecutaron 7 exploraciones manuales y/o calicatas de 0.50 m. a 1.00m. y se comprueba que antiguamente la ciudad de Sullana estuvo cubierta por bancos de arenas eólicas (dunas), cuyos espesores son variables entre 5 m. y 40 m. aproximadamente.

Tipos de Suelo

**0.0 m. a 1.70 m.:** Gravas arcillosas, material de afirmado antiguo fatigado y plástico (GC).

**0.30 m. a 1.0 m.:** Se observa arenas finas, semicompactas, con presencia de gravillas (SP).

D) En el estudio "Geotécnico Desarenador Cieneguillo Norte" (1995), se realizó 2 calicatas en cuyo perfil estratigráfico se observó:

Tipos de Suelo

**0.0 m. a 1.70 m.:** Constituido por arenas eólicas de grano fino no plásticos (SP).

**1.70m. a 2.40 m.:** Constan de arenas limosas arcillosas cohesivos (SM-SC) y se obtuvo:

- Densidad Natural:  $1.77 \text{ g/cm}^3$
- Densidad Máxima:  $1.87 \text{ g/cm}^3$

- Clasificación SUCS: SP y (SM - SC) respectivamente.
- Contenido de Humedad: 3% y 8.77%.

### 3.6 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Por la ubicación geográfica, es decir, por encontrarse en plena zona tórrida, al sur de la línea Ecuatorial, el clima predominante es el tropical cuya temperatura oscila entre 19°C en el invierno y 38°C en el verano, siendo su promedio anual 24°C.

Durante el año, las temperaturas mínimas ocurren generalmente entre junio y agosto y las máximas entre diciembre y abril.

Las lluvias son esporádicas y se presentan en los meses de verano (lluvias excepcionales 1982-83 y 1997-98). Ver Cuadro N° 3 con su respectivo gráfico.

Los vientos predominantes son Sur-oeste y Norte-este, arrasando especialmente en las tardes. Ver Cuadro N° 4 con su respectivo gráfico.

### 3.7 HIDROLOGÍA DEL RÍO CHIRA

#### 3.7.1 MORFOLOGÍA DEL VALLE DEL CHIRA

El río Chira constituye el accidente geomorfológico más importante y principal colector de drenaje de la región. Su sección transversal presenta flancos de suave pendiente en el que se distinguen varios niveles de terrazas. En la foto N° 1 se tiene una vista panorámica del Valle del Chira tomada a la altura de la Iglesia donde puede apreciarse la ubicación del Puente Viejo.

La pendiente de su cauce es suave y su curso general es de NE-SO con ligeras inflexiones.

En el valle del Chira afloran rocas de diferente litología que datan desde el Cretáceo hasta el Cuaternario.

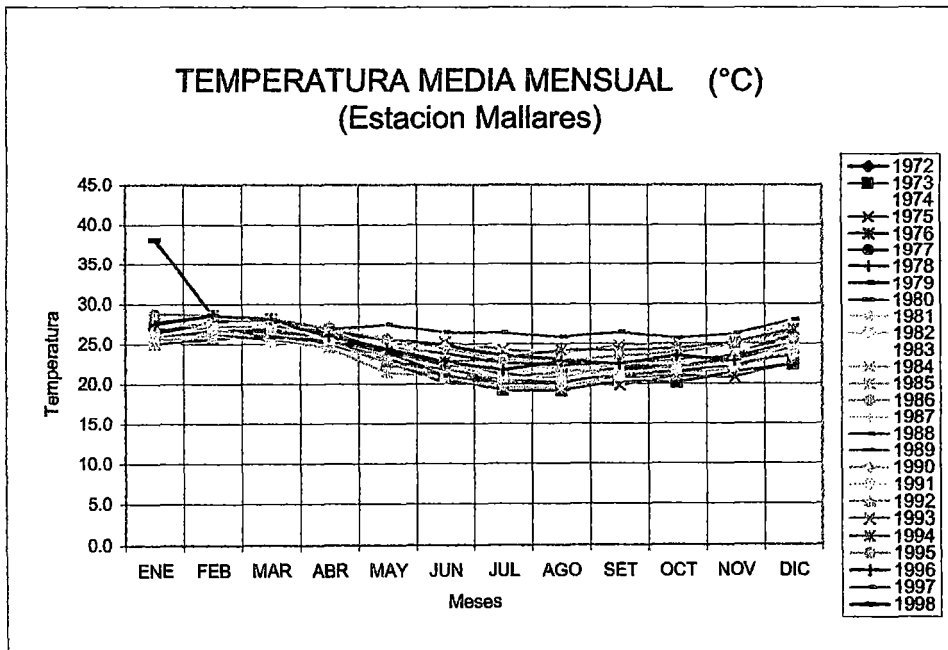
Los fenómenos de geodinámica externa son esporádicos y están relacionados a las temporadas de fuerte precipitación pluvial, los que originan huaicos de pequeña magnitud que afectan mayormente a la cobertura detrítica.



**Cuadro N° 3: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL**

PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA															
DIVISIÓN METEREOLÓGICA															
ESTACIÓN MALLARES															
PARÁMETRO CLIMÁTICO: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (HORARIA) °C															
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MED	MIN
1972	26.5	27.8	27.3	26.6	25.6	24.9	23.5	23.1	22.3	22.9	23.6	26.1	27.8	25.0	22.3
1973	27.2	27.4	27.0	25.2	23.4	20.9	19.2	19.1	20.4	20.1	21.5	22.4	27.4	22.8	19.1
1974	24.6	25.8	25.4	24.7	23.4	21.4	20.3	20.3	20.4	21.1	22.4	23.6	25.8	22.8	20.3
1975	25.3	26.2	26.3	25.4	22.8	21.2	20.1	20.2	19.8	21.0	20.8	22.6	26.3	22.6	19.8
1976	25.1	25.7	26.1	25.5	24.6	23.8	22.6	22.4	22.2	22.1	23.3	25.2	26.1	24.1	22.1
1977	27.0	25.8	26.8	25.9	24.0	22.5	21.1	20.4	21.2	21.4	22.6	24.6	27.0	23.6	20.4
1978	25.3	26.6	26.5	24.8	23.2	21.1	20.6	20.3	20.8	21.0	23.0	24.2	26.6	23.0	20.3
1979	26.1	26.7	26.8	25.1	22.8	20.2	20.6	21.5	21.8	21.9	22.3	23.9	26.8	23.3	20.2
1980	26.2	26.8	26.8	26.2	24.0	22.3	21.3	20.4	21.0	22.0	22.5	24.3	26.8	23.7	20.4
1981	25.2	26.5	26.0	24.8	22.4	21.4	19.9	19.8	21.1	22.1	22.8	24.3	26.5	23.0	19.8
1982	25.2	26.1	25.4	24.4	23.4	22.0	21.8	21.2	22.2	23.8	25.5	27.4	27.4	24.0	21.2
1983	27.1	27.7	27.5	27.2	27.2	26.5	24.8	23.5	22.9	23.2	23.8	25.3	27.7	25.6	22.9
1984	26.2	27.0	26.3	25.8	23.4	21.8	21.0	20.5	21.2	22.3	22.3	25.2	27.0	23.6	20.5
1985	25.3	26.7	26.0	24.5	21.5	20.7	19.6	19.5	20.9	21.2	21.9	24.0	26.7	22.7	19.5
1986	25.6	25.8		25.2	22.8	20.6	20.4	21.5	21.6	21.8	23.1	25.0	25.8	23.0	20.4
1987	27.3	27.6	27.6	26.9	24.5	22.7	22.3	22.0	22.4	22.7	23.8	25.4	27.6	24.6	22.0
1988	26.3	27.4	25.9	25.4	24.0	21.0	20.1	20.5	20.9	21.8	23.1	24.5	27.4	23.4	20.1
1989	26.4	27.1			22.3	21.9	20.5	20.8	20.9	22.1	22.7	23.5	27.1	22.8	20.5
1990	26.1	27.0	27.2	26.0	24.8	22.8	20.7	20.5	21.4	21.7	22.6	24.0	27.2	23.7	20.5
1991	26.0	27.5	27.9	26.5	25.3	22.9	20.8	20.6	21.4	21.8	22.5	24.9	27.9	23.9	20.6
1992	27.2	27.4	27.5	27.2	25.8	23.1		21.0	21.5			23.9	27.5	25.0	21.0
1993						25.3	24.3	23.8	24.8	25.1	25.0	26.6	26.6	25.0	23.8
1994	27.7	28.7	28.2	26.7	24.1	22.7	23.2	24.2	24.2	24.4	25.2	26.9	28.7	25.5	22.7
1995	28.8	28.7	28.3	27.0	25.6	24.5	23.0	22.8	23.5	23.9	25.0	25.5	28.8	25.6	22.8
1996	27.5	28.6	28.1	26.0	24.4	22.7	21.7	22.8	22.5	23.5	22.9		28.6	24.6	21.7
1997		28.0	27.9	26.9	27.4	26.5	26.4	25.9	26.5	25.7	26.3	28.0	28.0	26.9	25.7
1998	38.2	28.6													
MAX	28.8	28.7	28.3	27.2	27.4	26.5	26.4	25.9	26.5	25.7	26.3	28.0	28.8	26.9	25.7
MED	26.3	27.1	26.9	25.8	24.1	22.6	21.6	21.5	21.9	22.4	23.2	24.9	27.2	24.0	21.2
MIN	24.6	25.7	25.4	24.4	21.5	20.2	19.2	19.1	19.8	20.1	20.8	22.4	25.8	22.6	19.1

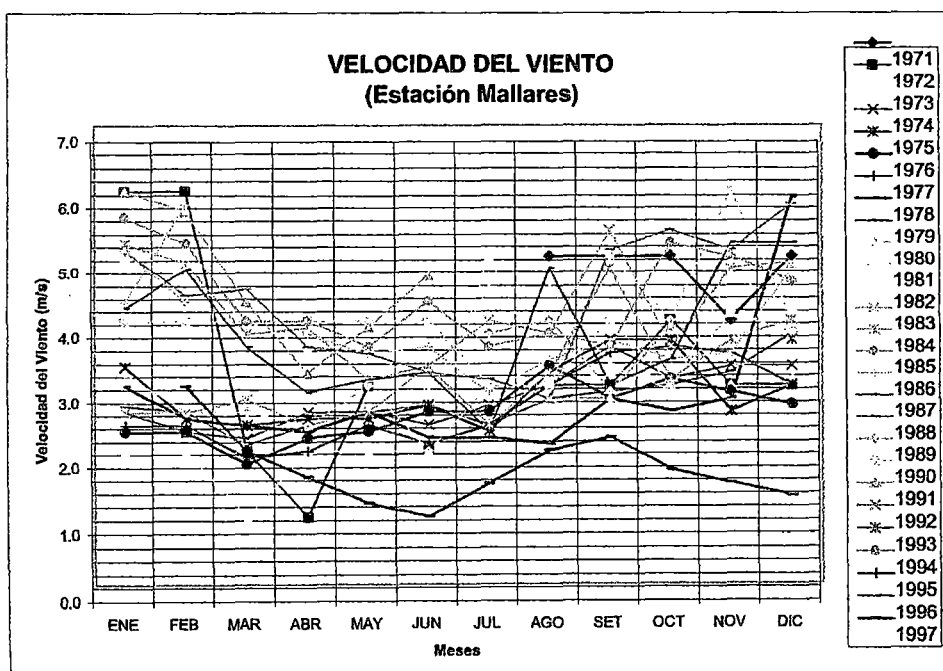
Fuente: PECHP

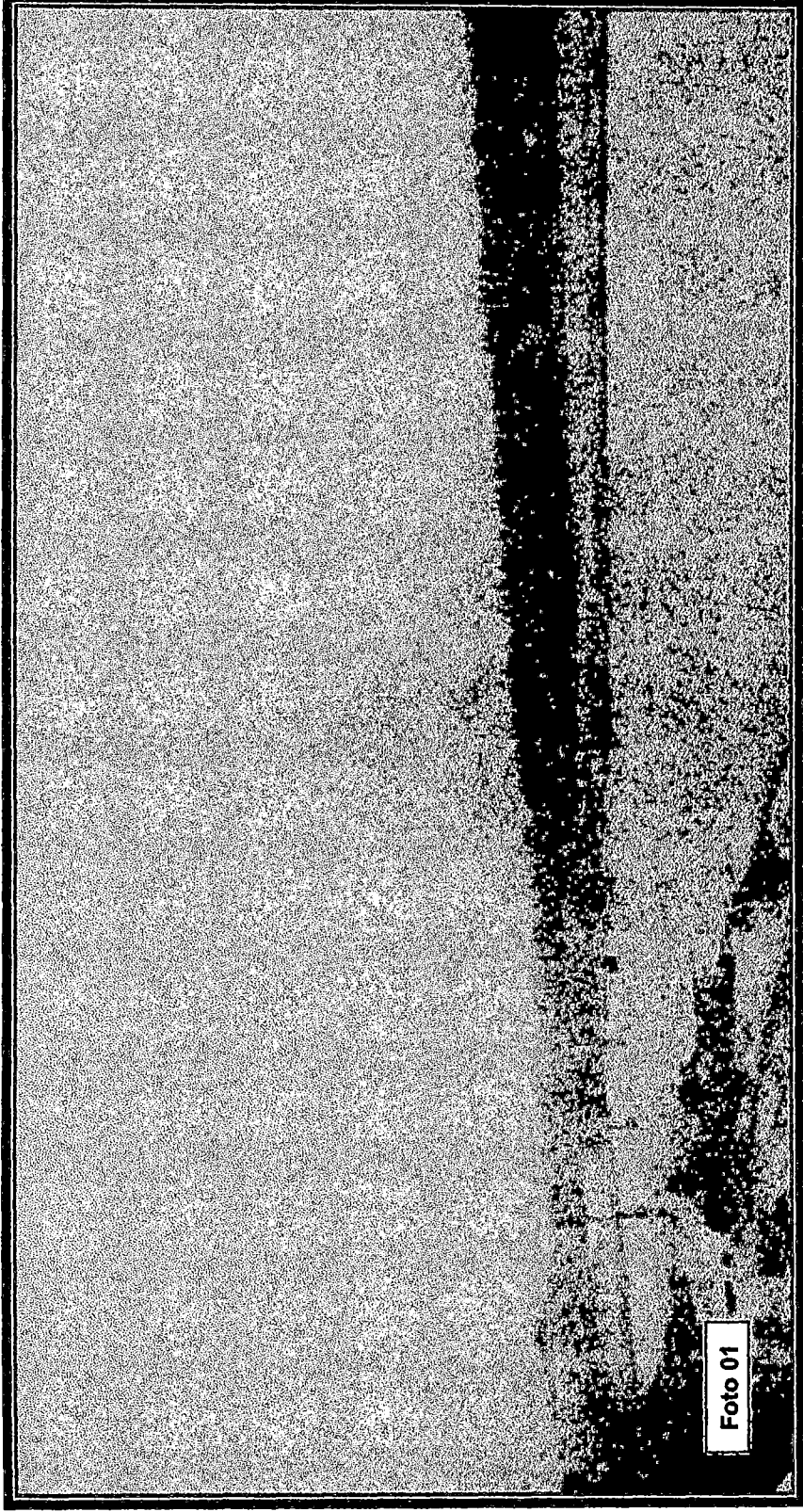


**Cuadro N° 4: VELOCIDAD DEL VIENTO**

PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA DIVISIÓN DE HIDROMETEREOLÓGIA ESTACIÓN MALLARES PARÁMETRO CLIMÁTICO: VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MED	MIN
1971								5.0	5.0	5.0	4.0	5.0			
1972	6.0	6.0	2.0	1.0	3.0	2.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	6.0	3.3	1.0
1973	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	5.0	3.0	3.2	3.1	3.0	3.1	5.0	2.6	1.0
1974	2.6	2.3	2.2	2.6	2.6	2.4	2.7	3.0	3.6	3.1	3.3	3.3	3.6	2.8	2.2
1975	3.3	2.5	2.4	2.5	2.5	2.7	2.3	3.2	3.7	3.7	2.6	3.0	3.7	2.9	2.3
1976	2.3	2.3	1.8	2.2	2.3	2.6	2.6	3.3	2.8	3.1	2.9	2.7	3.3	2.6	1.8
1977	2.4	2.4	1.9	2.0	2.4	2.1	2.4	3.0	3.5	3.6	3.5	3.0	3.6	2.7	1.9
1978	3.0	2.5	2.4	2.3	2.6	2.2	2.2	2.1	2.8	2.6	2.8	5.9	5.9	2.8	2.1
1979	2.7	2.6	2.1	2.4	2.6	2.7	2.4	2.8	2.9	3.0	3.2	3.8	3.8	2.8	2.1
1980	3.2	2.6	2.6	2.4	3.0	2.0	3.0	3.0	5.0	4.0	6.0	4.0	6.0	3.4	2.0
1981	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.1	3.8	4.1	3.7	3.0
1982	5.0	4.7	4.0	3.6	3.6	2.9	4.5	4.5	3.3	2.9	4.7	4.2	5.0	4.0	2.9
1983	2.6	2.6	2.8	2.4	2.6	3.3	4.0	3.8	5.4	3.6	4.8	4.9	5.4	3.6	2.4
1984	5.2	4.9	3.8	3.9	3.1	3.3	2.4	3.2	4.8	3.1	3.7	4.0	5.2	3.8	2.4
1985	5.6	5.2	4.0	4.0	3.6	4.3	3.6	3.8	3.6	5.2	5.0	4.6	5.6	4.4	3.6
1986	4.3	5.8		3.8	3.5	3.6	2.9	3.4	3.7	3.4	3.5	4.8	5.8	3.9	2.9
1987	4.2	4.8	3.6	2.9	3.1	3.2	2.3	4.8	3.0	3.4	5.2	5.2	5.2	3.8	2.3
1988	5.1	4.4	4.5	3.6	3.5	3.2	3.1	2.8	5.1	5.4	5.1	5.8	5.8	4.3	2.8
1989	5.1	4.3					3.8	4.0	2.9	3.9			5.1	4.0	2.9
1990															
1991	6.0	5.7	4.3	3.2	3.9	4.7		2.8	2.8				6.0	4.2	2.8
1992															
1993												3.7	3.7	3.7	3.7
1994															
1995															
1996															
1997		3.0	2.0	1.6	1.2	1.0	1.5	2.0	2.2	1.7	1.5	1.3	3.0	1.7	1.0
1998	0.8														
MAX	6.0	6.0	4.5	4.0	4.0	4.7	5.0	5.0	5.4	5.4	6.0	5.9	6.0	4.4	3.7
MED	3.8	3.7	2.9	2.8	2.9	2.9	3.0	3.3	3.6	3.5	3.8	4.0	4.8	3.4	2.3
MIN	0.8	2.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.5	2.0	2.2	1.7	1.5	1.3	3.0	1.7	1.0

Fuente: PECHP





**Valle del Río Chira**  
**( 500 m aguas abajo se ubica "La presa derivadota de Sullana" )**

El fondo del valle es una planicie extensa constituida por sedimentos cuaternarios. El valle del río Chira, no ha consolidado su lecho, debido a las meandraciones e inundaciones que son muy frecuentes.

Los márgenes del valle, por los límites de la planicie, son constituidas por capas terciarias (de pendientes menores y mayores), frecuentemente cortadas por quebradas y arroyaderos; forma micro-morfológicas, con depósitos coluviales en las desembocaduras, en la parte plana del valle del Chira.

En la margen derecha existen planicies laterales, perpendiculares al valle principal mientras que en la margen izquierda (salvo las quebradas) son por lo general, "ciegas", cerradas por los cortes abruptos.

### 3.7.2 COMPORTAMIENTO DEL RÍO CHIRA EN LAS MÁXIMAS AVENIDAS DURANTE LOS EVENTOS 1982-83 Y 1997-98.

Los años 1983 y 1998 ideológicamente, fueron los años excepcionales, así lo demuestran los valores de descarga y precipitación registrado durante estos períodos (enero-junio); no tenían comparación ni similitud con lo registrado antes y después de 1983 y antes de 1998.

En el cuadro N° 5 se tiene un cuadro comparativo de volúmenes y caudales de los últimos dos grandes eventos extraordinarios, observándose que los dos fenómenos no son iguales.

En 1983 su máximo volumen fue en Abril, incrementándose en 6 veces su estado normal.

En 1998, su máximo volumen también se produjo en el mes de Abril, observándose un incremento de 8 veces de su estado normal.

**Cuadro N° 5: VOLÚMENES Y CAUDALES PUNTALES****RÍO CHIRA**

MES	Volúmenes: MMC			Caudal Máximo m <sup>3</sup> /s	
	NORMAL	1983	1998	1983	1998
Dic	86	480	864	942	3,507
Ene	160	2,009	2,242	4,818	2,993
Feb	370	1,816	3,089	6,940	3,672
Mar	720	2,852	4,491	4,136	7,261
Abr	607	3,662	4,819	5,539	4,707
May	291	2,516		6,992	
Jun	180	1,558		4,889	
<b>TOTAL</b>	<b>2,414</b>	<b>14,893</b>	<b>15,505</b>	<b>34,256</b>	<b>22,140</b>

Fuente PECHP

**3.7.3 RÉGIMEN DE DESCARGA DEL RÍO CHIRA EN LA ESTACIÓN DEL PUENTE ANTIGUO**

En la actualidad, el caudal del río Chira es regulado por la represa de Poechos.

El río Chira tiene un régimen similar a los demás ríos de la costa peruana, un período de avenidas (enero-abril) y otros de estiaje durante los 8 meses restantes.

Actualmente, este río presenta la particularidad de estar regulado en los períodos de avenidas; el reservorio trabaja como "laminador" de avenidas.

La información hidrológica se registra en la estación hidrológica "Puente Sullana", aguas abajo del reservorio y en "Ciruelo" en la entrada del mismo.

Para el caso del río Chira, a pesar de la regulación de Poechos y la operación efectuada en el reservorio, las descargas medias mensuales en casi todos los casos han sido superiores a las descargas medias mensuales registradas, excepto en febrero.

El río Chira transporta material sólido de fondo y suspensión proveniente de la erosión de la cuenca como consecuencia de acción de lluvias.

Se puede generalizar que los gastos sólidos están asociados a las descargas; a grandes descargas mayores cantidades de gasto sólido.

Se observa que a partir del año 1976, las masas de sólidos disminuyen por efecto de la Presa de Poechos. El año 1983 se observa que a pesar de este efecto, la acción de los aportes directos origina transporte de sólidos que supera, inclusive, a algunos valores mensuales que cuando existía el reservorio (abril y marzo).

### 3.7.4 PRECIPITACIONES PLUVIALES 1982-83 Y 1997-98

De acuerdo con el Informe de la Agencia Agraria del Chira, las precipitaciones pluviales, durante el presente fenómeno de El Niño en Sullana, se detalla a continuación en el cuadro N° 6, teniéndose las precipitaciones correspondientes a los meses de diciembre del 97, y enero y febrero del 98, produciéndose la máxima el día 18 de Enero

**Cuadro N° 6: PRECIPITACIONES EN SULLANA**

DICIEMBRE 1997		ENERO 1998		FEBRERO 1998	
FECHA	mm.	FECHA	mm.	FECHA	mm.
		6	20,1	1	51,0
		11	22,0	3	11,0
		12	87,0	7	135,0
16	34,8	13	15,7	8	29,5
25	123,8	17	26,9	14	66,4
29	62,0	18	210,0	19	10,0
30	43,2	22	30,3	21	45,0
		24	108,0	22	11,0
		25	22,0	23	42,0
		26	32,0	24	11,7
		27	13,0	25	17,5
		28	44,0	27	216,0
		29	23,5	28	16,8
		31	16,0		

Fuente: PECHP

### 3.8 HIDROGEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO CHIRA

Limita por el Norte con la cuenca del río Puyango (Tumbes) por el sur con las cuencas de los ríos Piura y Huancabamba, por el Este con las cuencas de los ríos Zamora y Chinchipe y por el Oeste en su desembocadura con el Océano Pacífico.

Su cuenca tiene un área de drenaje de 13 583 km<sup>2</sup> hasta el eje del reservorio de Poechos, y de 16 700 km<sup>2</sup> hasta su desembocadura al mar, área que representa aproximadamente el 1.34% del territorio nacional.

Su sistema de drenaje tiene origen en la cordillera de los Andes a más de 3000 m.s.n.m. con el nombre de río Arenal (Catamayo) y río Espindola (Macará) que recorren en dirección Nor-Oeste, uniéndose a 250 m.s.n.m., donde toma el nombre de río Chira. Recorre 50 Km., sirviendo de límite a Perú y Ecuador, hasta encontrarse con el río Alamor, y continua en dirección Sur-Oeste, íntegramente en territorio peruano., hasta la desembocadura en el mar después de haber recorrido 170 km.

Sus afluentes principales del río Chira son: por la margen derecha el río Alamor y las quebradas de Solana y Samán, cuyos descargos cíclicos son considerables, por la margen izquierda los ríos Macará, Quiroz y Chipillico.

Desde su origen, hasta el eje del reservorio, recorre aproximadamente 263 km., en la parte alta presenta una pendiente bastante pronunciada:

- Entre cotas: 2800 - 1800 : 63 m/Km.
- Entre cotas: 1800 – 200 : 08 m/Km.
- Entre cotas: 200 – 70 : 02 m/Km.

El valle del río Chira, desde la ciudad de Sullana hasta el Pacífico tiene el sentido Este-Oeste. El largo de esta parte del valle (Bajo Chira) es 50 Km.

El río Chira representa la corriente permanente de agua en el terreno estudiado.

Existen numerosas quebradas que desembocan al río Chira. Las quebradas que desembocan por el lado derecho al valle del Chira son considerablemente más largas a aquellos que desembocan desde el lado izquierdo, dado que vienen de la cadena montañosa conectada a los Andes.

## CAPÍTULO IV

### FENÓMENO DE EL NIÑO

#### 4.1 DEFINICIÓN

Desde tiempos inmemorables, los pescadores artesanales de la costa norte de nuestro país, en el puerto de Paita, departamento de Piura, observaron que cada cierto tiempo subía la temperatura de las aguas del Océano Pacífico y los peces que usualmente cogían se alejaban hacia el sur apareciendo otras especies marinas, todo eso asociado a lluvias anormales en las zonas de los valles. Ya en tiempos más recientes y observando que se manifestaba principalmente cuando se celebraba la Navidad, ellos a este fenómeno, le dieron el nombre de "Corriente de El Niño", en honor al nacimiento del Niño Jesús.

Con el tiempo se fue revelando que esta corriente esta asociada a otros eventos: anomalías en el océano y en la atmósfera que afecta a todo el mundo, fue ahí cuando su denominación cambio de "Corriente del Niño a Fenómeno de El Niño". Este fenómeno natural cuando se convierte en extraordinario por sus torrenciales lluvias se convierte en desastre ya que afecta a lo grupos humanos y a sus construcciones.

El Niño es un fenómeno, cuya causa (aún no conocida con exactitud) se atribuye a procesos complejos de interacción entre el Océano Pacífico Ecuatorial y atmósfera.

Según los estudios realizados, hasta ahora lo definen en base a su comportamiento y los efectos que han producido en los años en que se ha presentado.

Según la definición del "Scientific Committe on Oceanic Research" de la UNESCO se habla de El Niño cuando aparecen aguas anormalmente calientes en la costa del Pacífico Sur, por lo menos hasta Lima (12°S).



Tiene su origen en el Pacífico central Ecuatorial debido al debilitamiento de los vientos del Este o a su reemplazo de los vientos de Oeste dando origen a un fenómeno muy intenso, esto último caracterizó a los grandes eventos de 1982-83 y 1997-98, a los que se les ha llamado "Meganiños".

La presencia de estas aguas cálidas durante el fenómeno de El Niño en mención, en la costa occidental de Sudamérica causó grandes alteraciones en el clima, manifestándose con lluvias anormalmente torrenciales en algunas regiones del planeta (originando grandes inundaciones casi nunca vistas, provocando muerte y destrucción) y sequías en otros (produciendo incendios forestales que duran varias semanas).

La gestión del fenómeno se verifica con las observaciones de los indicadores océano-atmosféricos por los cuales se puede caracterizar y tipificar técnicamente a un fenómeno El Niño.

Para medir el desarrollo del episodio se utilizan diversas variables.

1. Anomalías en la temperatura de la superficie del mar.
2. Variaciones en el nivel del mar.
3. La profundización de la termoclina.
4. Índice de oscilación sur.
5. Influencia de zona de convergencia intertropical.

Los fenómenos naturales como tales no dañan al hombre ni sus obras, sino que los desastres ocurren porque se construyen edificaciones débiles. Foto N° 2 (1998), invade cursos que la naturaleza reserva para cumplir su ciclo, Foto N° 3 (1983), como los drenajes que tienen las montañas para entregar el agua de sus deshielos que es usada para la agricultura o para consumo personal; la perjudica destruyendo carreteras o edificios, cuando el cauce de avenidas temporalmente están secas.

## 4.2 INTERPRETACIÓN DEL FENÓMENO

Se sabe ahora que el fenómeno es iniciado por la presencia de aguas a temperatura anormalmente elevada en el Océano Pacífico frente a Ecuador y



**En 1998, el colapso ocurrió porque se construyeron edificaciones débiles.**



**Mercado modelo que fue construido por el estado, en pleno cauce que por décadas estuvieron secas.**

Perú, durando varios meses consecutivos, y tiene su origen en el Pacífico Central Ecuatorial.

Se considera como condiciones anormales cuando el esquema de circulación se debilita o cambia de orientación.

Cuando la circulación Ecuatorial cambia de orientación, los vientos superficiales del Este son reemplazados por los vientos del Oeste, el afloramiento ecuatorial desaparece, las corrientes ecuatoriales Norte y Sur se debilitan considerablemente, la contracorriente ecuatorial que fluye de Este a Oeste, se ubica en el Ecuador se intensifica y la corriente ecuatorial superficial que fluye de este a Oeste por debajo de la contracorriente ecuatorial desaparece. Como resultado se tiene la acumulación de aguas cálidas, hundimiento de la termoclina y aumento del nivel del mar en la costa Oriental del Pacífico.

La temperatura superficial del mar llega a pasar los 4°C por encima de lo normal. (Ver Grafico N° 2) donde su mayor incidencia en los primeros meses del año.

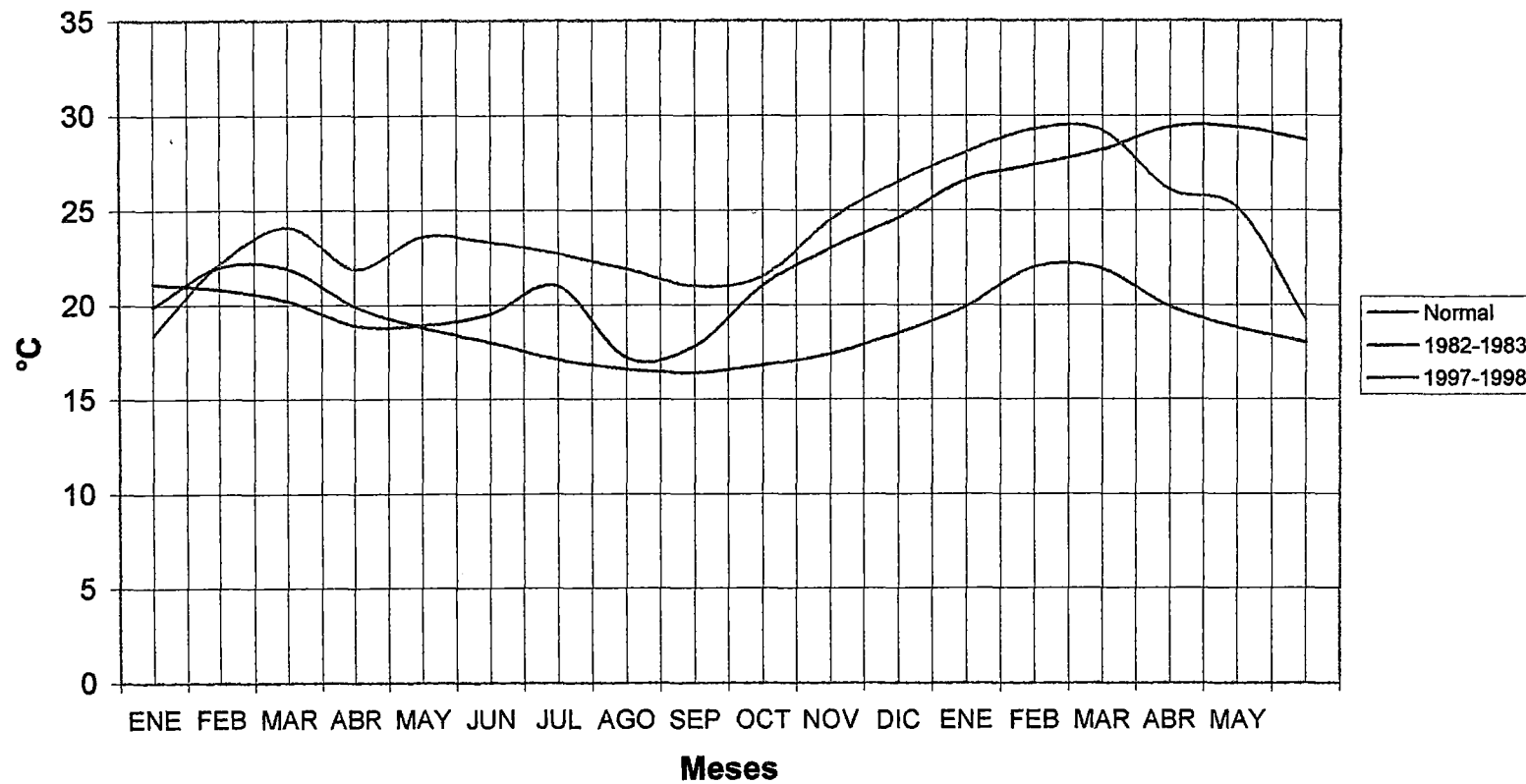
Estas dos situaciones descritas, representan el cambio brusco de un primer estado de circulación anormalmente intenso a un segundo, esto es, cuando los vientos Este y Sur-Este se debilitan o se reducen a cero, generando ondas de Kelvin Ecuatoriales que están asociadas a las variaciones del nivel del mar y que hoy en día se pueden medir con aparatos de radar a partir de satélites.

Las ondas de Kelvin Ecuatoriales son posibles por la fuerza de Coriolis, influenciadas por la rotación de la tierra y se trata de una fuerza que desvía todas las masas de aire en marcha hacia la derecha en el hemisferio Norte, y hacia la izquierda en el hemisferio sur.

La magnitud de la fuerza de Coriolis depende de la latitud geográfica, alcanza un máximo en los polos y desciende alrededor de cero en el Ecuador.

La reducción de la fuerza de Coriolis cerca del Ecuador, hace posible allí un especial movimiento de aire, la llamada circulación de Walter que recoge paralelamente al Ecuador desde una presión alta a una presión baja sin ser desviada por la fuerza de Coriolis.

**Gráfico N° 2: TEMPERATURAS DEL AGUA DEL MAR EN PAITA EN LOS PERIODOS 1982-1983 / 1997-1998**



En una atmósfera estable los procesos de convección vertical desaparecen permitiendo únicamente el desarrollo de una capa de nubes bajas de tipo Stratus, entre la parte superior e inferior de la capa de inversión. En estas condiciones es imposible la formación de cúmulos que permitiría desencadenar las precipitaciones.

Cuando la temperatura superficial del mar pasa los 25°C, la capa de inversión se debilita completamente y la atmósfera resulta estar en una condición inestable, lo que da lugar al desencadenamiento de excesivas lluvias, ésta situación se genera durante el fenómeno que esta acompañado con la invasión de masas de aire húmedo y cálido, asociado a la franja atmosférica de la convergencia intertropical, penetrando en el ámbito de la costa Norte de nuestro país, provocando fuertes lluvias, y alta humedad del aire.

Se puede decir que El Niño es un fenómeno a gran escala, responsable de cambios de efecto global a corto, mediano y largo plazo, que se manifiesta por la presencia de aguas a temperatura anormalmente elevada en el Océano Pacífico frente a Ecuador y Perú, durante un periodo de meses consecutivos, cuyas consecuencias afectan seriamente la producción y la infraestructura socioeconómica cuando es intenso, siendo los sectores: transportes, comunicaciones y vivienda, los potencialmente vulnerables, situación que se hizo evidente durante los fenómenos de 1982-83 y 1997-98

### 4.3 CRONOLOGÍA

En la bibliografía sobre el tema, según da cuenta Carranza (1891), la invasión de estas aguas fue de tal magnitud que pudo arrastrar restos de grandes lagartos de Tumbes, así como troncos de árboles hasta la playa de Pacasmayo tropicalizando el litoral peruano hasta Pisco, es decir en aquella época se produjo un gran calentamiento acompañado con intensas precipitaciones pluviales en la zona norte.

Según Eguiguren (1894) en un estudio sobre "Las Lluvias en Piura" publicado en el boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, da cuenta de calentamientos y de excesivas lluvias en la zona norte del país en determinados años, y calentamientos débiles en otros años.

En el siglo pasado, se ha estudiado con mayor profundidad las características del fenómeno en los distintos años en que se ha presentado, se puede hacer una cronología del fenómeno en el siglo anterior; como se observa en el cuadro N° 7.

**Cuadro N° 7: INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN**

AÑO	CARACTERÍSTICA
1925	Muy intenso
1932	Débil
1940-41	Intenso
1951	Débil
1953	Moderado
1957-58	Intenso
1963	Débil
1969	Débil
1972-73	Intenso
1976-77	Moderado
1982-83	Catastrófico
1997-98	Catastrófico

Fuente: Quinn Etat

Entre los investigadores que dedicaron estudios al fenómeno de 1925, podemos mencionar a Murphy (1926) y Schott (1931) quienes afirman que las lluvias torrenciales comenzaron el 20 de Enero de ese año las que fueron intensas y continuas en toda la zona norte. Durante el mes de febrero prosiguieron las precipitaciones las que continuaron hasta principios de abril, en que lentamente fueron volviendo a la normalidad.

Este fenómeno fue de gran intensidad, siendo su principal característica; la duración e intensidad de sus precipitaciones pluviales que se produjeron ese año, causando una serie de inundaciones y en general una secuela de desastres. Este evento llamo la atención de especialistas de aquella época que lo consideraban como un fenómeno natural sin precedentes hasta la fecha.

En Europa las informaciones periodísticas sobre este fenómeno eran muy alarmantes y algunos opinaron que su origen se debía a erupciones submarinas, teorías que al poco tiempo dejaron de mencionarse

El Niño 1982-83 frente a Perú en el mes de septiembre, se observó un calentamiento a lo largo de la costa con anomalías mayores de 2 °C que el promedio. En enero del 83, se observó la presencia de aguas con temperatura de 26°C que se extendieron hasta la latitud 14°S aproximadamente.

El Niño 97-98, superó la destrucción de todos sus precedentes. El calentamiento de la aguas del mar, mostró anomalías desde julio de 1997. Las lluvias superaron los 200 milímetros cúbicos por segundo, afectando nuevamente la infraestructura pública y privada, y pérdida de vida.

Es de mencionar que los últimos años se ha implementado programas para el estudio del fenómeno. En nuestro país las entidades que estudian el fenómeno de El Niño son:

- Instituto del mar del Perú (IMARPE)
- Dirección de Hidrología y Navegación de la Marina (DHNM)
- Instituto Geofísico del Perú (IGP)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
- Entidades que integran el comité científico del ERFEN: Estudio Regional del Fenómeno El Niño Pacífico Sur Este.

## **CAPÍTULO V**

### **EFFECTOS DEL FENÓMENO EN LA CIUDAD DE SULLANA**

#### **5.1 EFFECTOS DEL FENÓMENO 1982-83**

Entre marzo y abril de 1982-83, torrenciales lluvias con características catastróficas, cayeron sobre las desérticas costas del Nor-Oeste peruano, las inusuales lluvias se habían iniciado en noviembre de 1982 y duraron hasta junio de 1983, acompañados por un incremento elevado de la temperatura ambiental entre 4 y 6 grados centígrados, por encima del promedio de la temperatura de años normales.

La infraestructura desarrollada en aquel entonces en su mayor parte no estaba preparada para las torrenciales lluvias e inundaciones, quedando dispuesto el escenario para el desastre 1983, pues, se habían construido edificaciones (ver fotos N° 4 y 5), redes de agua y desagüe, vías de transporte incluyendo la carretera Panamericana Norte, ocupando fondos de quebradas y cursos de río secos por décadas y que se activaron súbitamente en 1983. Véase plano: Microzonificación de la geodinámica externa de Sullana.

La ciudad de Sullana había cubierto completamente en su expansión urbana la franja denominada "La Quebrada", el fondo de un valle en forma de "V" abierta. La parte alta de esta quebrada, que tiene dos tributarios estaba represada por un lado por la carretera Norte y por el otro lado por la carretera a Tambogrande.

Las súbitas rupturas de esos rellenos artificiales y el consiguiente desembalse del agua causaron la destrucción de viviendas, colegios, un hospital, mercados y sistemas de servicios públicos vitales en un ancho de 200 a





**Parque Héroes del Cenepa destruido por quebradas reactivadas por el fenómeno.**



**Otra vista del mercado inundado por el evento extraordinario.**

300 m. a lo largo de La Quebrada que tiene cerca de 4 Km. de longitud causando la muerte de personas y cuantiosos daños materiales.

En las zonas planas, con drenaje deficiente por falta de pendiente, amplios sectores quedaron sumergidos bajo el agua por largo período de tiempo, y los desagües se colmataron quedando inservibles (Ver foto N° 6 y 7)

En tramos carreteros de la Panamericana Norte, algunas personas perdieron la vida arrastradas por los flujos repentinos que bajaron por las quebradas que osaban en cruzarla.

La ciudad quedó aislada, dentro de la región y con el resto del país y las vías de transporte se cortaron por súbitos flujos de lodo que bajaron por las quebradas secas reactivadas por el fenómeno.

En la carretera Panamericana Norte, la falta de drenaje humedeció en algunos casos saturó la base y sub-base de las plataformas provocando daños estructurales.

La tubería matriz que proveía de agua potable a Paita y Talara, importantes ciudades del Nor-oeste peruano corrieron la misma suerte que las carreteras, siendo destruidas en sus cauces por numerosas quebradas.

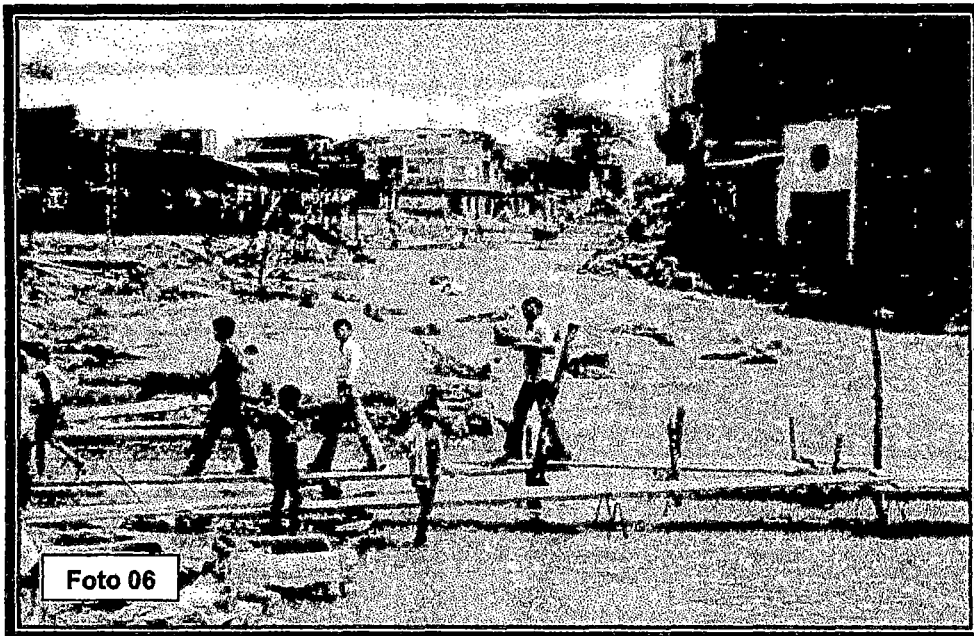
Dichas ciudades se quedaron sin servicios de agua potable por muchos meses.

Noticias llegadas de los cinco continentes indicaban que el clima en 1982-83 afectó a nivel mundial. Largas sequías en África, Oceanía y destructivas inundaciones en otros lugares del planeta, donde no había ocurrido en décadas.

Su efecto devastador se concentro en la ciudad, arrasando al pueblo, dividiéndolo en dos partes.

Este fenómeno transformó el desierto que rodea la ciudad, en pastizales salpicados de lagunas. La vegetación nueva no demoró en atraer enjambre de saltamontes, lo que a su vez produjo una explosión en la población de predadores: ranas y grillos.

En algunas zonas se produjo lagunas extensas, que sirvieron de criaderos de zancudos (insectos transmisores del paludismo).



**Quebrada "Bellavista" reactivada en pleno fenómeno destruyendo pistas, veredas y colmatando las instalaciones de agua y desagüe.**



**Plazuela Ramón Castilla inundada por lluvias torrenciales.**

Las pérdidas en términos de sufrimiento humano, resultan mucho más difíciles de cuantificar.

En la flora se apreció una proliferación de plantas silvestres, así como, el desarrollo de abundante algarrobo.

El fenómeno pluvial de El Niño 83 dio como origen la conformación y posteriormente la construcción del canal vía, cauce ocupado por viviendas que fueron arrasadas por las quebradas de Cieneguillo y Cola del Alacrán, dejando muchas familias damnificadas sin viviendas que fueron reubicadas a las zonas identificadas seguras del sector Oeste, conformándose de esta manera los AA.HH: Villa Primavera, Ramiro Priale; Asociación de viviendas como Mariano Santos, Las Capullanas, Pedro Silva Arévalo, Villa Primavera sector II, Héroes del Cenepa son actualmente el cercado Oeste de la provincia de Sullana por colindar con la urbanización Jardín.

El primer sector creado en el 83, en un gran porcentaje cuenta con los servicios de agua y alcantarillado en redes como conexiones domiciliarias, energía eléctrica, líneas telefónicas, servicios comunales y municipales, obras que se han venido ejecutando de acuerdo a las necesidades y requerimientos de la población, por medio de entidades como FONAVI, Banco de Materiales, Municipalidad de Sullana y Sub-región Luciano Castillo Colonna.

El evento de 1982-83, se convirtió en un foco esencial de investigación interdisciplinario en oceanografía, meteorología y climatología.

Pasado el desastre se preparó el mapa de las zonas inundadas por El Niño 1982-83, en obras de rehabilitación después del 83, La Quebrada fue canalizada, construyéndose el actual canal vía que cruza la ciudad. Dicho canal es de concreto armado de piso plano y sección trapezoidal, sirve como pista durante los períodos secos y como dren pluvial en los lluviosos.

## 5.2 EFECTOS DEL FENÓMENO 1997-98

Este fenómeno comienza a fines de 1996 haciéndose más notoria su presencia a comienzos de 1997 al registrarse variaciones significativas en el clima.

Las cifras de los daños ocasionados por este fenómeno son superiores a los del evento 1982-83 siendo nuevamente el más afectado el departamento de Piura donde se registró 120 637 damnificados y 10 255 viviendas destruidas.

En este evento se considera que los efectos fueron atenuados por las obras de prevención y emergencia ejecutados por el Gobierno Central de aquel entonces.

Los mapas de inundación de 1998 eran prácticamente copia carbón de lo ocurrido en 1983 (plano: Microzonificación de la geodinámica externa de Sullana-INDECI), pero las repercusiones fueron menos severas, por las medidas de prevención que se tomaron. El sistema de transporte quedó interrumpido por menos tiempo. Dos puentes peatonales fueron destruidos parcialmente (ver foto N° 8 y 9). El canal Vía fue destruido en la margen izquierda a la altura del cementerio. Las viviendas de adobe y quincha situadas en los alrededores del canal vía fueron totalmente destruidas. El desborde del canal vía afectó a 3 centros educativos: 2 estatales y 1 particular. (ver foto N° 10 y 11).

En el sector salud un hospital fue inundado. Se presentaron los siguientes casos: males diarreicos, males respiratorios, cólera, neumonía, malaria, dengue, conjuntivitis. La infraestructura de agua y desagüe se interrumpió en varios puntos de la ciudad.

En el sector energía colapsaron postes de alumbrado público.

A pesar de existir el canal vía, soportó una lluvia de gran intensidad (210 mm) que rebasó los caudales de conducción de esta (ver foto N° 12 y 13), arrasando con los AA.HH: 7 de Enero Carlos Augusto Salaverry y a otros sectores perimétricos de la población ocasionando.

En resumen, los efectos devastadores de este evento, ha tenido relación directa con los siguientes factores:

1. El dren de Cieneguillo no ha tenido el trazo ni la capacidad adecuada en función a la seguridad de la ciudad, pues con un adecuado tratamiento previo se pudo haber evitado el tremendo caudal que ingreso a la ciudad, que se estima fue de 400m<sup>3</sup>/seg.

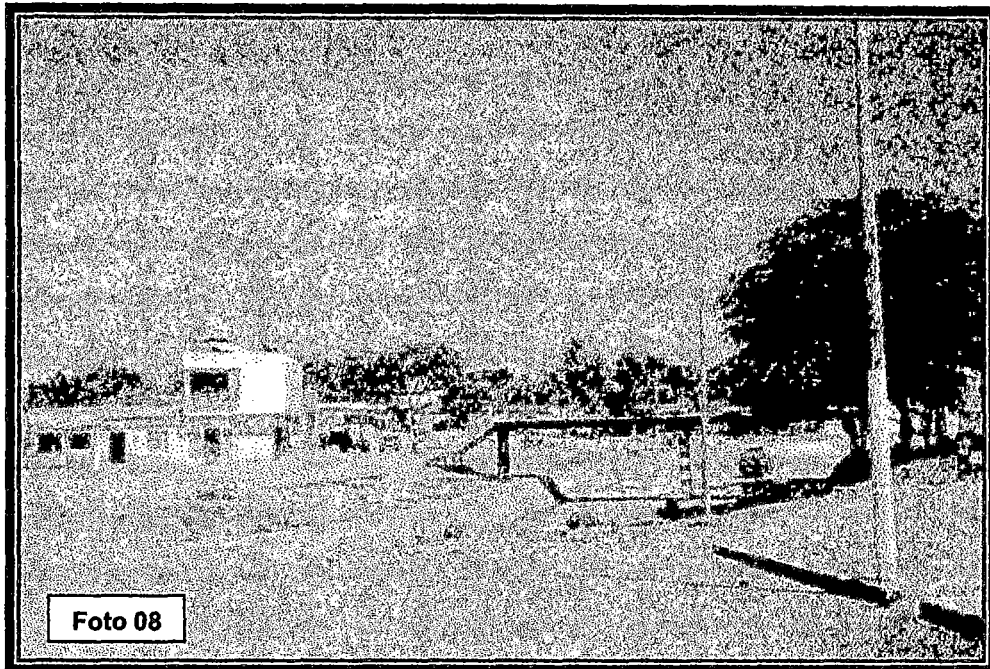


Foto 08

Vista panorámica del canal vía sin agua.

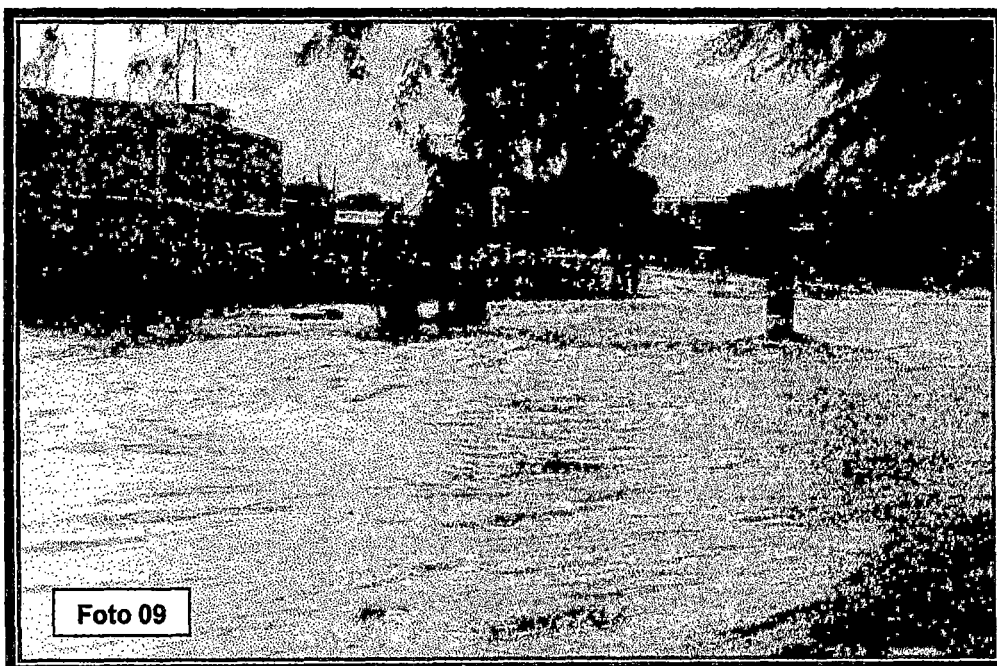
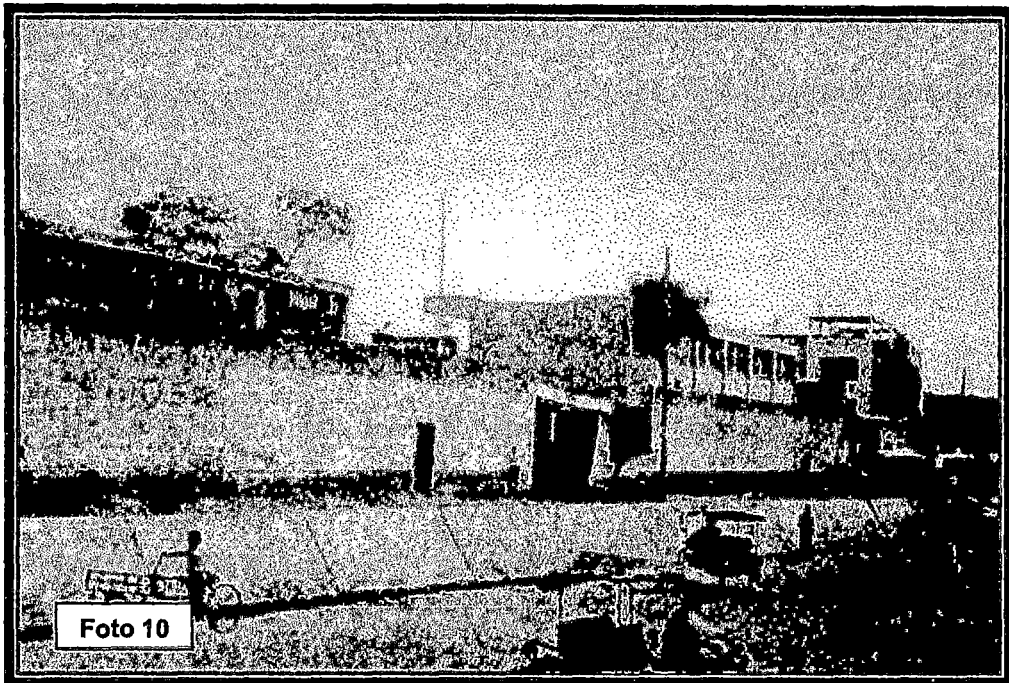
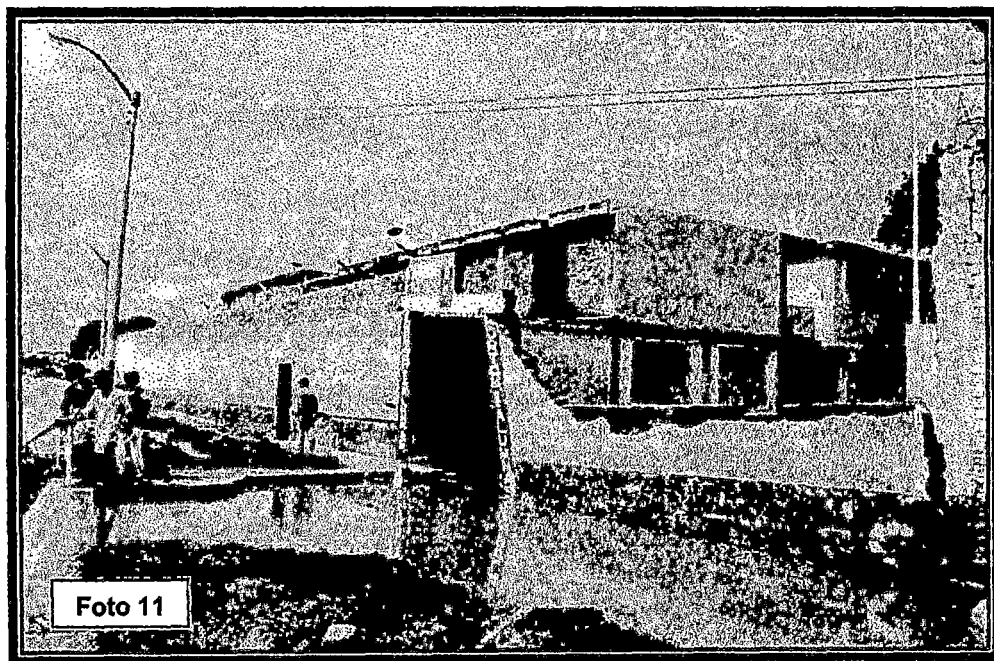


Foto 09

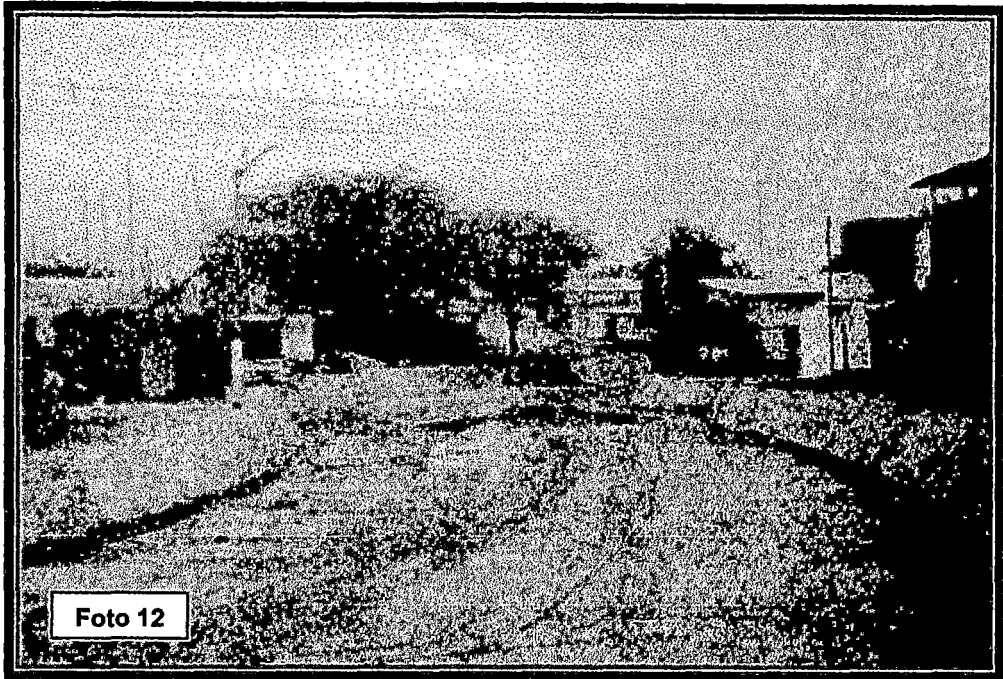
Desborde del canal vía con aguas de lluvia de gran volumen, producto del Fenomemo de el Niño 1997-98.



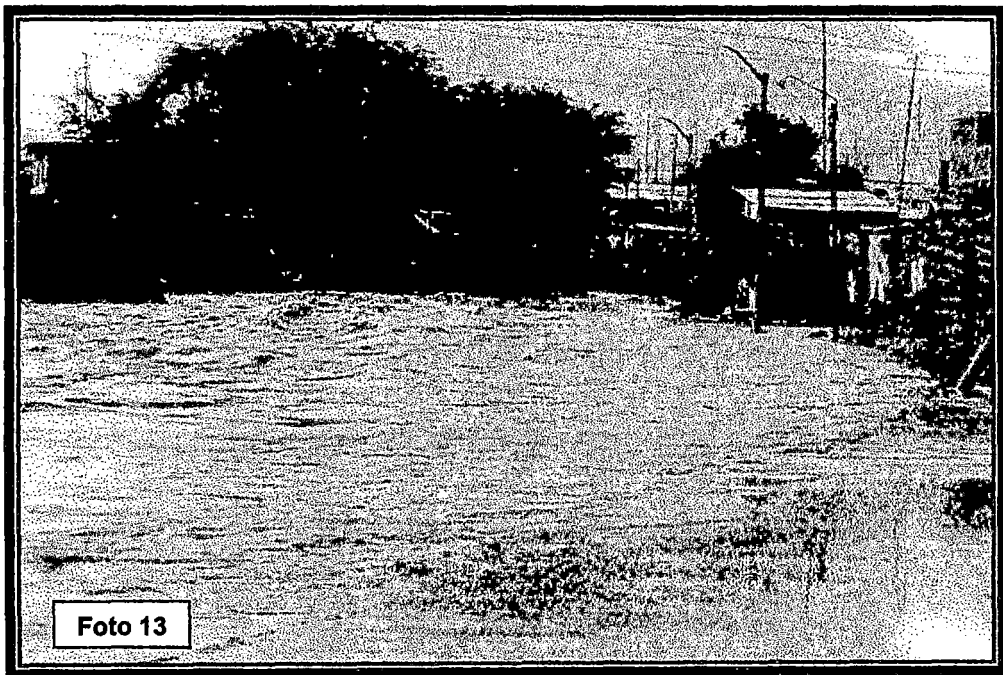
**Colegio inundado en el fenómeno 82-83, nuevamente corrió el mismo riesgo en el fenómeno 97-98.**



**Vista del colegio anterior desde otro ángulo.**



**Canal Vía seco, altura del mercado modelo.**



**Canal Vía con agua de lluvias excepcionales (19/01/98)**



2. No se ha contado con el sistema de evacuación pluvial de todas las cuencas urbanas de la ciudad.
3. Se han ocupado nuevamente áreas inundables y están expuestas a lluvias torrenciales.
4. Las viviendas damnificadas colapsaron por el material no adecuado y por la ubicación en zonas vulnerables.

### 5.3 COMPARACIÓN DE LOS GRANDES EVENTOS

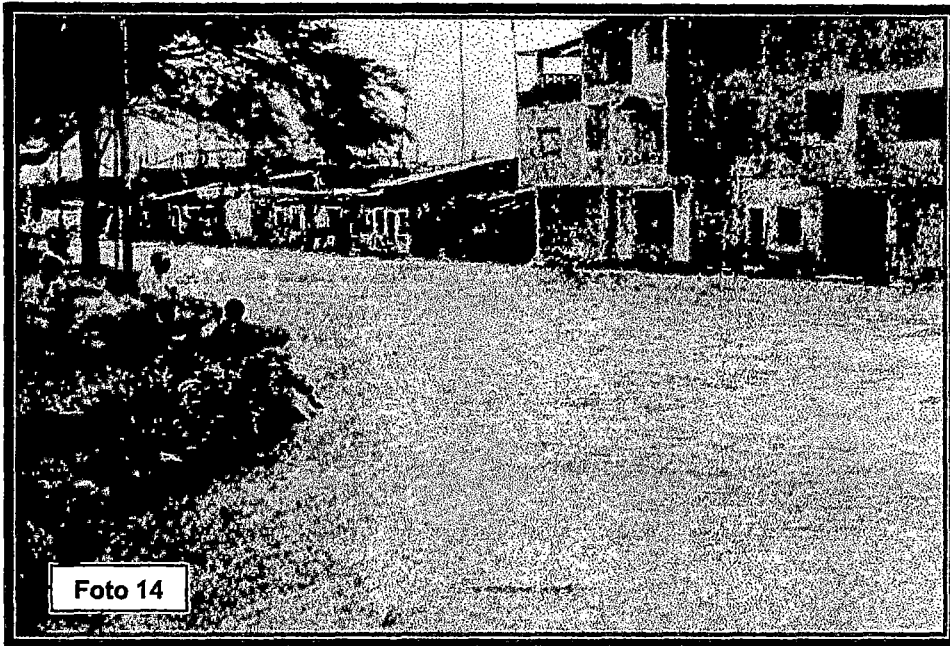
Es probable que no halla dos niños iguales, pero sí parecidos entre algunos. Hoy nos sorprende un Niño que no sólo se ha presentado en una distinta estación (el calentamiento del mar se produjo al finalizar el verano 97, cuando normalmente debiera estar terminado; se ha mantenido durante todo el invierno ingresando al siguiente verano) sino que el régimen de lluvias se extendió prácticamente en toda la costa del país.

Pero nos sorprende un Niño que en realidad, adquiere por ejemplo, rasgos similares a los de El Niño de 1925 y a otros anteriores como el de 1891.

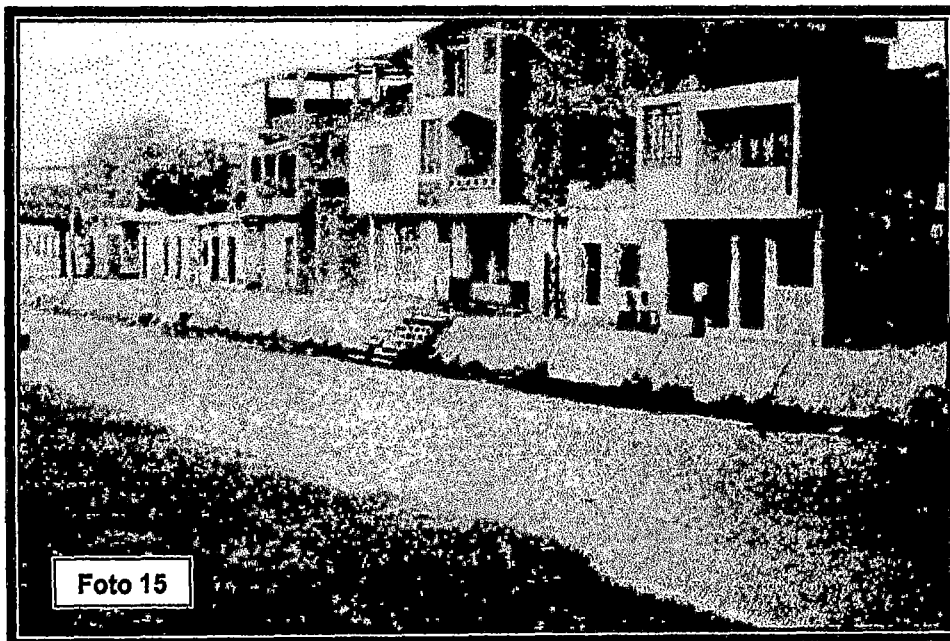
Una vez más los daños del presente no sólo nos conduce al pasado, sino, sobretodo, a preguntarnos el porqué del olvido, para entender lo que sucede, para pensar y decidir el futuro. Sólo si los estudios que se iniciaron en 1983 hubieran continuado con la misma fuerza, quizás hoy no nos encontraríamos tan sorprendidos porque los daños no se producen sólo en el extremo norte.

En 1983, Sullana fue partido en dos, por la quebrada de Cieneguillo. La quebrada reabrió su propio cauce en medio de la ciudad, derrumbando y arrasando casas que se habían construido en su cauce olvidado (ver foto N° 14 y 15). En las obras de Rehabilitación después del 83, la quebrada fue canalizada, construyendo el actual "Canal Vía" que cruza la ciudad, un canal de concreto armado de piso plano y sección trapezoidal, que sirve de pista durante los períodos secos y como dren pluvial en los lluviosos (Ver foto N° 16 y 17).

Ese canal fue previsto para recibir las precipitaciones y los caudales máximos que se produjeron en el año 1983, incluso un poco más. Sin embargo, esta vez el caudal fue sobrepasado. ¿Por la precipitación que se produjo? Aparentemente no. Técnicos locales sostienen que ese caudal fue sobrepasado,



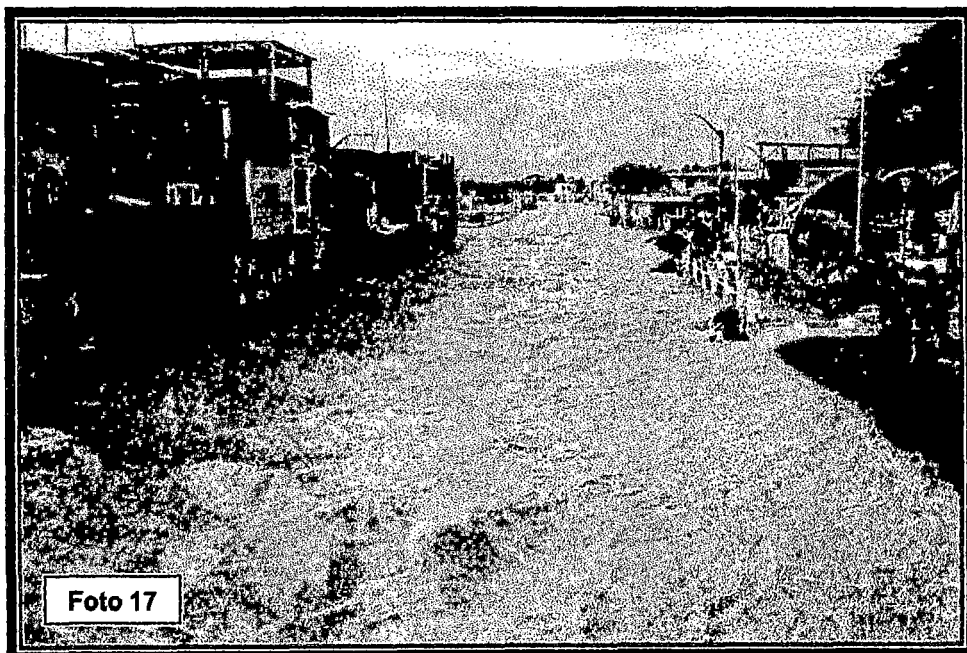
**Quebrada reactivada por el fenómeno 82-83, reabriendo su propio cauce, derrumbando y arrasando casas que se habían construido en su cauce olvidado**



**Canal construido después del Niño 83, sirve de pista durante los periodos secos.**



**Canal de concreto armado de piso plano y sección trapezoidal que sirve de tránsito vehicular normalmente cuando no llueve.**



**Canal que cruza la ciudad y que sirve de dren pluvial en el periodo de lluvias.**

porque ese "Canal Vía" reabre hoy no sólo el caudal proveniente de las precipitaciones estacionales sino del agua que drena normalmente de una zona agrícola cercana a la ciudad y eso no fue calculado. Por otro lado, esa obra no fue terminada.

Las barandas, constituyen bordes que elevan casi un metro más la altura del canal, las veredas que debían cerrar el espacio entre el canal y las casas antiguas no fueron hechas en su totalidad. En enero de 1998 cuando el agua se desbordó, además de no existir las barandas, que hubiera por lo menos, debilitado su fuerza destructiva, y al no encontrar las veredas de cemento entre el canal y las casas sino piso de tierra, erosionó ese suelo hasta comprometer los cimientos de muchas casas, haciéndolas colapsar. Allí en donde existieron veredas, el agua también inundó las casas, pero al retirarse, las casas siguieron en pie y en general habitables. En donde no había veredas, muchas de esas casas colapsaron. Todo eso se debió haber previsto por las acciones de prevención del último período. Se requiere de una explicación de por qué no hubo coordinación capaz de actuar adecuadamente en función de una obra inconclusa en un campo de riesgo en donde se produjeron tantos daños (1983).

El impacto biológico sobre los recursos de importancia económica (en particular los pesqueros y agropecuarios) y la destrucción, deterioro e interrupción de las actividades productivas, obras viales y servicios públicos, determina un impacto socioeconómico muy grande, sobre todo en nuestro país.

Las estadísticas del Instituto Nacional de Planificación y del SEPAL, estiman que el Perú tuvo pérdidas económicas de cerca de dos millones de dólares por impacto del fenómeno de El Niño 1982-83.

También considera que más del 70% del impacto negativo de los eventos de la oscilación Sureña El Niño (ENSO) es controlable; por tanto, la importancia de los programas de monitores de ciencia y tecnología en general es fundamental.

En el fenómeno de El Niño 1982-83, durante los últimos meses del año (1982), desde el mes de octubre, se detectó cambios bruscos de temperatura en la zona Norte central, sur del país y aumentos anormales de 4.6 y 8°C, determinándose temperaturas de 24 a 26°C en sus aguas, como promedio. Este

niño originó un impacto en la desaparición y el retraso del desarrollo de algas marinas.

En cambio, a fines de 1997, se nota la presencia cada vez más intensa la influencia del calentamiento de las aguas, por encima de los 4°C del promedio (costa de Lambayeque).

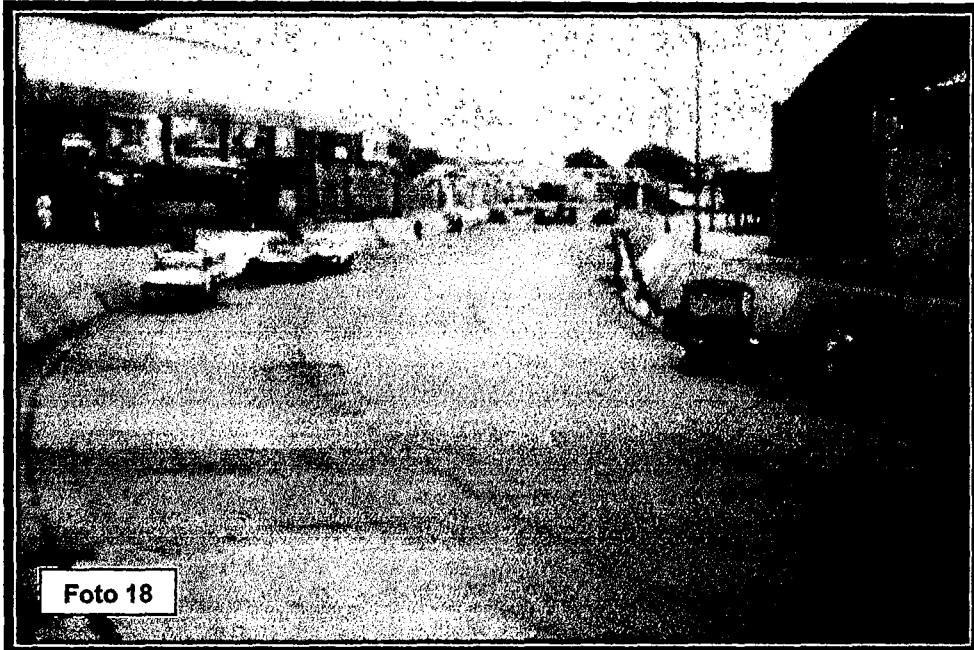
El fenómeno de El Niño se inició muy temprano (diciembre 1982) y se retiró tarde (junio 1983). Se inició en el océano Pacífico ecuatorial occidental, a más de 10000 Km. de las costas tropicales de América del Sur; las aguas calientes se desplazaron hacia el Este afectando las costas del Perú y Ecuador, entre septiembre y octubre de 1983, casi coincidente con la llegada de la perturbación tropical llamada "Zona de Convergencia Intertropical" (ZCIT) que fue activada por las altas temperaturas del mar, intensificándose con la generación de intensas y cuantiosas precipitaciones que desencadenaron el desastre ya conocido en la región de la costa norte.

En el norte peruano llovió intensamente desde diciembre de 1982 hasta junio de 1983, lo que incrementó el volumen de agua de los principales ríos de la costa y produjo severas inundaciones, reactivación y formación de numerosas quebradas. La alteración climática ocasionada por este fenómeno se manifestó también con graves sequías en la región Sur y altiplánica del Perú.

El Fenómeno de El Niño de 1982-83, se inició en diciembre de 1982 y termina en junio de 1983; siendo la lluvia más intensa del 22 de marzo de 1983 con precipitación 148.1mm. Hubo gran carencia de alimentos y combustibles.

El Fenómeno de "El Niño" de 1997-98, se inicia el 25 de diciembre de 1997 y termina en abril de 1998"; la lluvia más intensa fue del 18 de enero de 1998 con precipitación de 210 mm. La carencia de alimentos pasó desapercibida pero los precios subieron más del 100%. No hubo invierno, afectando a la industria textil y la confección.

Las lluvias del 98 han sido hasta ahora las más devastadoras, superó a los registrados en 1983, ya que los efectos sobre la infraestructura urbana fueron desastrosos, destruyeron medio millar de viviendas, dejando a la vez más de mil en peligro de caer, pérdidas en la agricultura, transporte y deterioro de la salud.



**Canal Vía seco usado para transporte liviano y pesado.**



**Canal Vía con aguas torrenciales, inundando las partes laterales.**

El reciente evento 98, comprobó la vulnerabilidad de la ciudad (ver foto N° 18 y 19). Aún con la presencia del Canal Vía, el mismo que no tuvo la capacidad de evacuar la carga de agua pluvial del día 18 de enero de 1998, se produjo un desborde, inundando y destruyendo todo lo que se encontraba en su cauce, igual a lo que sucedió en el 83 donde quedó totalmente destruido el Hospital IPSS, colapsando todas las instalaciones sanitarias, los colegios Eusebio Merino Vences, José Matías Manzanilla, C.E. 505, C.E. 14783, quedaron totalmente inundados los mercados de Sullana y zonal 9 de octubre; pero mitigó gran parte los efectos de dicho caudal, demostrando que el Canal Vía protege la ciudad en lluvias de menor intensidad. Como consecuencia del desborde del Canal Vía, se tuvo que habilitar 15 CCEE como albergues de damnificados así como el parque Héroes del Cenepa.

Se repite la historia, sufren nuevamente los embates de la naturaleza quedando totalmente inundados los Asentamientos Humanos: Sánchez Cerro, El Obrero, 9 de octubre, 4 de Noviembre y Santa Teresita.

Los daños producidos en la ciudad de Sullana, se han estimado en \$ 240 000.00 las más afectadas son la infraestructura urbana, especialmente las vías asfaltadas, las redes de agua potable y alcantarillado, viviendas, edificaciones públicas.

## 5.4 EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS 1997-98

### 5.4.1 DISTRITO DE SULLANA

Las lluvias presentadas en la ciudad de Sullana entre los meses de enero-abril 1998 (Estación Mallares) fueron de una intensidad 180.4 mm., que si bien es cierto no ha sido muy alta comparada con la de otras ciudades de la Región (Tambogrande, Chulucanas, Tumbes), sí fue bastante significativa considerando que el 18 de enero se presentó un verdadero diluvio (210 mm.) que causó efectos desastrosos sobre la infraestructura urbana.

La magnitud de la tormenta del 18/01/98 sirvió para demostrar que persiste la vulnerabilidad de la ciudad, aún con la presencia del Canal Vía, el mismo que no tuvo la capacidad de evacuar la carga de agua pluvial de

dicha tormenta, pero mitigó gran parte los efectos de dicho caudal protegiendo la ciudad en lluvia de menor intensidad.

Las fuertes lluvias que se presentaron desde el 25 de diciembre de 1997 (123 mm.), afectaron 2 292 viviendas, dejando a 13 152 damnificados y 12 fallecidos por efectos de la dinámica de las aguas pluviales; además, afectaron las edificaciones públicas, vías asfálticas, red de agua potable y alcantarillado.

El canal vía colapsó a la altura del Cementerio hasta cerca el Boquerón.

Se considera que de 900 Has. que conforman el área urbana de Sullana, 680 Has. (75.6%) resultaron afectadas por inadecuada evacuación pluvial (formación de pequeñas lagunas y sólo 50 Has. (5.6%) resultaron no afectadas.

Durante el evento pluvial se formaron lagunas que afectaron a 30 Has. (3.3%) y se ubicaron en los siguientes sectores urbanos: AA.HH. Villa Primavera, Asociación Vivienda Pedro Silva Arévalo, Urb. Santa Rosa Sur y Norte, Parque Industrial, AA.HH. Zapata Silva y AA.HH. 15 de marzo.

El área urbana de Sullana fue también afectada por quebradas urbano-rurales en 100 Has. (11.1%), por quebradas urbanas en 30 Has. (3.3%) y por erosión de riberas en 10 Has. (1.1%). Al casco urbano de Sullana ingresan las quebradas que provienen de dos cuencas rurales: Cieneguillo y Cola del Alacrán.

La quebrada de Cieneguillo ingresa a la ciudad por el Sur, afectando en su recorrido a los siguientes sectores: Parque Industrial, Centro Hípico del Ejército Peruano, AA.HH. Carlos Augusto Salaverry, AA.HH. 4 de noviembre, Urb. Sullana, Barrio Buenos Aires y cascos urbanos.

La quebrada Cola del Alacrán se inicia por el sector Sur-Oeste de la Urb. Santa Rosa, prosigue por los AA.HH.: Sánchez Cerro, Pilar Nores, y Pompei Bell. Esta quebrada, al ingresar en el primer tramo en la Urb. Santa Rosa hasta el puente de la carretera Panamericana Norte, no está canalizada con caja de concreto.



Durante los últimos meses de 1997, dentro de las acciones de prevención se colocaron sacos de polietileno, a fin de canalizar las aguas, a partir de dicho puente, la quebrada siguió el cauce del evento 83 y se une al canal vía Cieneguillo a la altura de la Urb. Sullana.

Además, durante el evento lluvioso, se formaron quebradas que se iniciaron dentro del espacio urbano, afectando 20 Has. de la ciudad y se ubicaron en los siguientes sectores:

Quebrada Sur Este	:	AA.HH: 15 de marzo, Santa Teresita, Jesús María y 9 de Octubre
Quebrada Sur	:	AA.HH: El Obrero y César Vallejo
Quebrada Sur-Oeste	:	AA.HH: Santa Rosa, Sánchez Cerro y Mariátegui
Quebrada Norte	:	Casas urbanas

Durante el evento pluvial se han formado erosiones en la terraza de la margen izquierda del río Chira, dicha terraza está formada por depósitos eólicos que son arenas deleznable, y afecta a los siguientes sectores: Casco Urbano (zona del Hospital, Paseo Turicará, Canal Municipal y Malecón Isaías Garrido); AA.HH Víctor Raúl (zona de Mambré), Urb. Nueva Santa Rosa (zona de Teodomiro, comandancia del Ejército) y AA.HH. Villa Primavera.

Se pudo comprobar que la parte más antigua de la ciudad, no resultó afectada. Presentó un comportamiento eficiente y corroboró que, en sus inicios los primeros pobladores de Sullana se ubicaron en la zona más segura la cual abarca 50 Has.

#### 5.4.2 DISTRITO DE BELLAVISTA

En este distrito ocurrió algo similar a lo acontecido en el distrito de Sullana, pues sufrió fuertes lluvias y severos daños en sus infraestructuras, porque la quebrada Bellavista fue activada durante el evento de El Niño 98.

El evento pluvial propició la formación de diversas lagunas estancadas en el área urbana; la de mayor importancia y proporciones fue la formada

entre la Av. Brasil y el Jr. Transversal Canchaque, que invadió siete manzanas incluyendo un centro educativo.

Otra laguna se formó en una extensión de 3 cuadras de la Av. Brasil y 7 cuadras del Jr. Transversal Amazonas; también otras, en la parte Occidental del Cuartel de Caballería "Teniente Miguel Cortez", en la calle Ancash, en el Jr. Transversal Micaela Bastidas y alrededor e interior del Estadio Melanio C. Calderón.

El alcantarillado resultó afectado en 3 cuadras del Jr. Morropón (al lado de la Plaza Principal) y en parte del Jr. Francisco Pizarro.

Las aguas del canal vía, en el período de Emergencia, desbordaron e inundaron el mercado de Bellavista (altura 0.90m sobre el borde superior del canal vía), las primeras cuadras de las calles Arequipa y La Libertad, además de un Centro educativo colapsando a esta altura una parte del canal vía. En el cuadro N° 8, se muestra el número de viviendas afectadas, población damnificada y población reubicada.

**Cuadro N° 8: DAÑOS DEL FENÓMENO DE EL NIÑO 97 - 98**

Ubicación (Distrito)	Dest.	Viviendas afectadas		Tot. De Viv. Afec.	Pob. Damn.	Pob. Tot. 1993	Pob. Reub.
		Dañ. Parc.	Inund.				
Sullana	514	594	2192	3300	16500	121894	1406
Bellavista	167	239	364	770	3850	31877	

Fuente: Municipalidad Provincial de Sullana, INEI

### 5.4.3 VALLE DEL CHIRA

En el Valle del Chira, se han producido considerables daños en los sectores Miguel Checa, Poechos, Cieneguillo, El Arenal, margen izquierda y derecha del río Chira, afectando a toda la población de agricultores y campesinos residentes en los distritos de Querecotillo, Marcavelica, Ignacio Escudero y Pueblo Nuevo de Colán.

La infraestructura de riego y drenaje del Sector Miguel Checa sufrió daños, traducidos en roturas de bermas, taludes, desbordes de canales principales, de los drenes troncales y colectores, lo que significó ejecutar la descolmatación, reparación de taludes y obras de arte erosionadas; así como rehabilitar los

caminos de servicio. El monto estimado de S/. 457 152.00 nuevos soles se refiere tan sólo a la infraestructura menor (drenes troncales y colectores).

En el Sector Poechos se pudo observar la colmatación de los canales laterales y los drenes troncales. El total de los daños se estimó en S/. 3 235 218.00 nuevos soles.

En Cieneguillo, fue necesaria una reparación total del revestimiento del canal lateral Km. 29+90, así como desaguar los canales sub-laterales. El monto de los daños en este sector fue de S/. 1 466 126 nuevos soles.

En el Arenal se apreciaron erosiones de taludes y desbordes de canales. Los drenes troncales afectados, necesitaron desbroce.

La margen derecha del río Chira presentó una valorización de daños por S/. 5 730,176.00 nuevos soles, debido al mal estado en que se encuentran los canales de aducción y los drenes troncales. En la margen izquierda el monto considerado fue menor (S/. 507 488 nuevos soles).

La valorización de daños registrados en los diferentes sectores del valle del río Chira son mostrados en el cuadro N° 09.

**Cuadro N° 09: EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO Y DRENAJE EN EL VALLE DEL CHIRA**

SECTORES	ÁREA BAJO RIEGO (Has)	ZONA AFECTADA (Km.)	VOLUMEN MOV. TIERRAS (m <sup>2</sup> )	PRESUPUESTO ESTIMADO
<b>TOTAL</b>		*	*	
<b>a) Sector Miguel Checa</b>		-	-	<b>12 645 189.00</b>
- Canal Principal				457 152.00
- Drenes Troncales y Colectores	(2 800)	48.5	142 860	457 152.00
<b>b) Poechos</b>	<b>3 190</b>	-	<b>286 305</b>	<b>3 235 218.00</b>
- Pelados	3 190	3.8	166 305	2 851 218.00
- Drenes Troncales	2 000	Variable	120 000	384 000.00
<b>c) Cieneguillo</b>	<b>5 894</b>		<b>130 043</b>	<b>1 466 126.00</b>
- Canal Lateral 29,90 y Sub Laterales	2 494	11,8	420	114 313.00
- Canal Sub lateral 4219 A	370	3,3	50	47 887.00
- Canal Sub lateral 4219 B y 10 Canales de tercer orden	1 736	4,5	6 174	367 002.00
- Canal Sub lateral 4219 C y 05 Canales de tercer orden	1 294	13,9	30 899	182 024.00
- Dren Troncal Cieneguillo	(1 500)	0,8	-	458 900.00
- Drenes Colectores	(1 000)	Varios	92 500	296 000.00

<b>d) Margen izquierdo</b>	<b>1 500</b>	<b>-</b>	<b>158 590</b>	<b>507 488.00</b>
- 17 Canales de Aducción	1 500		63 750	296 000.00
- 13 Drenes Troncales	(1 500)		94 840	303 488.00
<b>e) El Arenal</b>	<b>4 500</b>			<b>1 249 029.00</b>
- Canal Principal	4 500	8,8		1 140 081.00
- Drenes Troncales	(4500)	43	301 078	108 948.00
<b>f) Margen Derecha</b>	<b>5 500</b>	<b>138,5</b>	<b>1 790 680</b>	<b>5 730 176.00</b>
- Canales de Aducción	5 500	66,5	406 470	1 300 704.00
- Drenes Troncales y Colectores	(5500)	72	1 384 210	4429472.00

Fuente: Dirección Regional de Agricultura Piura. Información al 20-04-98

( ) Área de influencia sólo de drenaje

\* Variables diferentes (drenes y canales)

En la margen izquierda, el monto considerado es menor (S/.507 488 nuevos soles). La valorización de las hectáreas perdidas en el valle del Chira, constituye el 37.2% del total de Has. no aprovechables en la costa de Piura (Datos proporcionados por la Oficina de Información Agraria de la Dirección Regional Agraria de Piura)

Los cultivos en su mayoría, se encontraban en la fase vegetativa de crecimiento y producción; los sembríos de espárragos y plátanos han sufrido las mayores pérdidas (444 y 474 Has. no aprovechables respectivamente) que representa haber perdido S/.2 548 650 nuevos soles, en el cultivo de plátanos y S/.1 740 054 nuevos soles, en el cultivo de espárragos.

#### 5.4.4 PROYECTO ESPECIAL CHIRA PIURA

##### a) Presa de poechos

Se formaron cangrejeras en terraplenes y caminos de acceso. Las cangrejeras más grandes se ubicaron en el camino de acceso a la bocatoma del Canal Miguel Checa y en la rampa del dique principal, Caseta de Auscultación que no permitió el tránsito vehicular.

El problema álgido presentado en el Sistema de Drenaje fue el deslizamiento y arrastre de sedimentos, ocasionando: la colmatación total de los drenes de la margen derecha y la obstrucción del Dren N° 04 en la margen izquierda, el cual fue necesaria su rehabilitación.

Entre los daños está la obstrucción por deslizamiento de material de cunetas y alcantarillas a vertederos Thompson.

Para superar los daños producidos y escorrentía superficial producidos por las elevadas precipitaciones, durante los tres primeros meses del año se ha tenido que implementar medidas de mantenimiento extraordinarias. Se efectuó la reposición del relleno erosionado, limpieza de estructura, extracción de agua (por bombeo) y sedimentos en los drenajes. Se reparó el sistema eléctrico del sistema de izaje (grúa), y el mantenimiento de equipo electromecánico.

#### b) Obras de III etapa

Los canales Norte y Sur, los diques El Arenal, Amotape, Tamarindo, La Huaca y el Sistema de Drenaje han sentido grandemente el impacto del fenómeno lluvioso.

Los trabajos de emergencia, correspondientes a la III Etapa estuvo a cargo del Consorcio ENERGO PROJECKT-CUV, con la supervisión externa de la Asociación SISA-VICHI S.A.-MOTLIMA. Existió un programa tentativo de trabajo para el período enero-abril, siendo reajustado en función de los hechos presentados en los primeros 60 días.

Iniciado el periodo lluvioso en diciembre 1997, se dispuso inmediatamente que ENERGO PROJECKT intensificara las acciones de protección para evitar que los daños se incrementen.

Los trabajos han sido muy diversos, se puede precisar como los más importantes los siguientes:

- Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
- Construcción de tapas en Canal Norte y Sur para facilitar almacenamiento de agua y evitar efecto de supresión.
- Protección de estructuras de salida del Sifón Samán y del Canal Norte aguas abajo del Sifón.
- Reconstrucción de caída en Dren ND-10 o Quebrada de Peroles.
- Protección de alcantarillas que cruzan Canal Norte
- Protección de zonas colindantes con las roturas de Canal Sur.
- Trabajos de fortalecimiento y protección de Diques.

En el presente informe se ha utilizado solamente la información de las estaciones ubicadas en el sector Peruano de la cuenca y éstas han sido:

- Del puente Sullana (río Chira) con registros desde el año 1937.
- La Solana (río Chira) con información desde el año 1966.
- De Paraje Grande (río Quiroz) con registros desde el año 1935.
- La Lagartera (río Chipillico) con registros del año 1955.
- El Pardo de Zela (canal Miguel Checa) con registro desde el año 1949.

Las descargas naturales del río Chira, gradualmente, iban cambiando con la construcción de las obras para la regulación de los flujos y su derivación a otras cuencas.

El cambio del régimen hídrico del río Chira comenzó ya en el año 1905 cuando fue construido el canal Miguel Checa. En el cuadro N° 10 se muestra el valor de las obras: afectadas, terminadas y en construcción.

**Cuadro N° 10: VALORIZACIÓN ESTIMADA DE DAÑOS EN LAS OBRAS**

OBRA AFECTADA	VALOR US \$	VALOR S/.
<b>TOTAL</b>	<b>15 137 812.00</b>	<b>43 142 765</b>
<b>OBRAS TERMINADAS</b>	<b>4 387 812.00</b>	<b>12 505 266</b>
PRESA POECHOS	52 030	148 286
PRESA DE EJIDOS	6 320	18 012
CANAL DE DERIVACIÓN "DANIEL ESCOBAR"	776 616	2 213 356
CANAL PRINCIPAL "BIAGGIÓ ARBULU"	487 361	1 388 979
CANAL MIGUEL CHECA	*	6 430 469
DIQUES RÍO PIURA	2 256 305	2 306 163
	809 180	
<b>OBRAS EN CONSTRUCCIÓN</b>	<b>**</b>	<b>30 637 500</b>
	<b>10 750.00</b>	
PRESA DE SULLANA	150 000	427 500
CANAL NORTE	2 500 000	7 125 000
CANAL SUR	250 000	712 500
SISTEMA DE DRENAJE	5 150 000	14 677 500
DIQUES DE RÍO CHIRA	1 750 000	4 987 500
OBRAS PRELIMINARES	950 000	2 707 500

Fuente: Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Chira - Piura  
Información Proporcionada el 28-04-98

\* No se incluye valorización de daños de marzo.

En la figura N° 1, se muestra las tres etapas del proyecto especial Chira Piura, apreciándose en la tercera etapa, la distribución de los canales con sus respectivas longitudes, caudales y áreas beneficiadas.

### c) Canal de derivación Chira - Piura

Fue diseñado y construido para derivar agua embalsada del río Chira, en el reservorio de Poechos hacia el valle del Medio y Bajo Piura, margen izquierda del Valle del Chira y zona de Cieneguillo. Entro en operación en 1976 cuando se empezó a derivar agua desde la Represa de Poechos.

La longitud del canal es de 53.3 km. iniciándose la obra de toma en la represa de Poechos y terminando en la rápida de Curumuy (Río Piura). Diseñado para una capacidad inicial de 80m<sup>3</sup>/seg. hasta el Km. 29+900, y desde aquí hasta el final 70m<sup>3</sup>/seg. Básicamente el trazo del canal atraviesa 3 tipos de suelos: permeables arenosos (25.1 Km.), poco permeables y rocas (12.8 Km.) y expansivos (15.4 Km.)

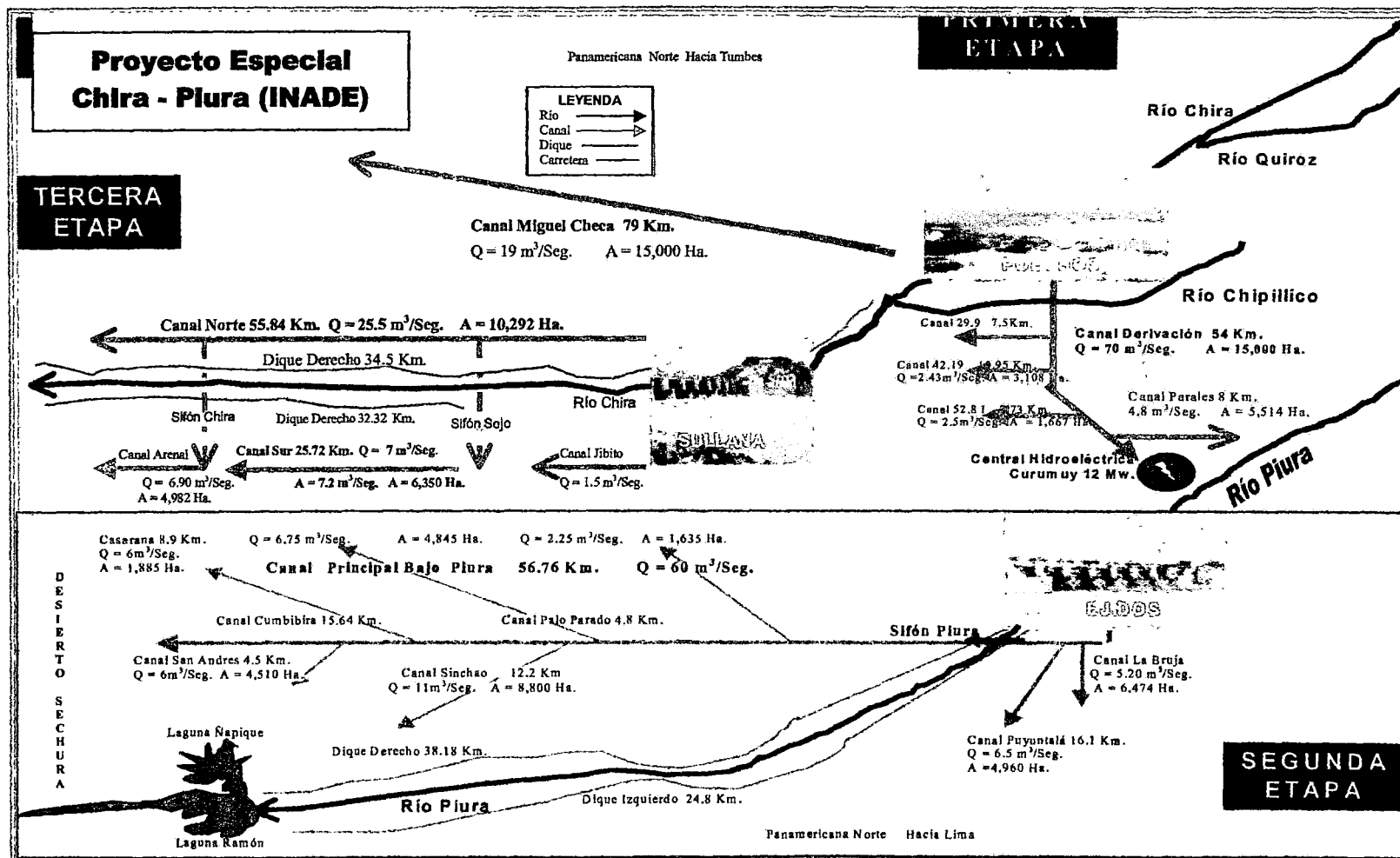
Durante el evento de precipitación extraordinaria de 1982-83, el canal fue afectado por una superficie de escurrimiento ubicada a lo largo de toda su longitud en la margen izquierda. Todos los cursos de agua son quebradas secas, excepto el río Chipillico sin embargo; las lluvias extraordinarias hicieron que en las corrientes de agua y en algunos casos se produjeran lagunas pequeñas en la margen izquierda del canal. Todo ello provoco los daños en el mismo.

El daño fue mayor en los tramos donde el suelo arenoso esta sobre el suelo arcilloso con la superficie de contacto en los taludes o en el fondo del canal.

Esta configuración produjo el efecto de una napa freática alta, en las partes exteriores del canal como producto de las fuertes lluvias, escorrentía superficial, o lagunas próximas que se formaron; el agua saturo los taludes y produjo presión en el revestimiento y los terraplenes.

Las causas de los daños se debieron a tipos de fallas: (1) Las quebradas, producto de la escorrentía superficial que rompieron el terraplén y el

**Figura N° 1: OBRAS EN LAS TRES ETAPAS**





revestimiento, y (2) Fallas en la estabilidad de taludes en el terraplén y el revestimiento.

El mayor daño ocurrió en la quebrada “La Abuela” Km. 19 + 360, el 21 de mayo de 1983 cuando el canal llevaba aproximadamente un caudal de  $40\text{m}^3/\text{seg}$ . Aquí había una alcantarilla de dos ojos ( $2 \times 4.00 \times 2.70$ ) diseñada para una capacidad de  $72 \text{ m}^3/\text{s}$ ; esta resulto demasiado pequeña para el caudal de la quebrada, y al parecer se obturo por los árboles, arbustos y basura que arrastraba la misma, el agua penetro al canal, lo rebaso, y rompió completamente el terraplén del mismo en un tramo de 703 m, la rotura causo un cese inmediato del flujo de agua en el canal aguas abajo.

El efecto de vaciado rápido causo deslizamiento de taludes y la consiguiente rotura del revestimiento.

La causa de la falla de las partes laterales del canal fue la saturación de los terraplenes, la presión del agua en los mismo, y el efecto del vaciado rápido del agua del canal por la rotura de la quebrada “La Abuela”, hay muchos casos donde se formaron pequeñas lagunas atrás de los terraplenes, los cuales contribuyeron a una saturación de los mismos.

Hubo también casos donde el agua de lluvia se introdujo detrás del revestimiento, causando deslizamiento de las losas del canal.

Cuando los terraplenes se saturaron, el suelo perdió resistencia, el peso del suelo y el agua incrementaron las fuerzas de empuje en los taludes, es decir cuando las fuerzas que tienden a deslizar el talud aumentaron y las fuerzas resistentes disminuyeron, ocurrieron los deslizamientos.

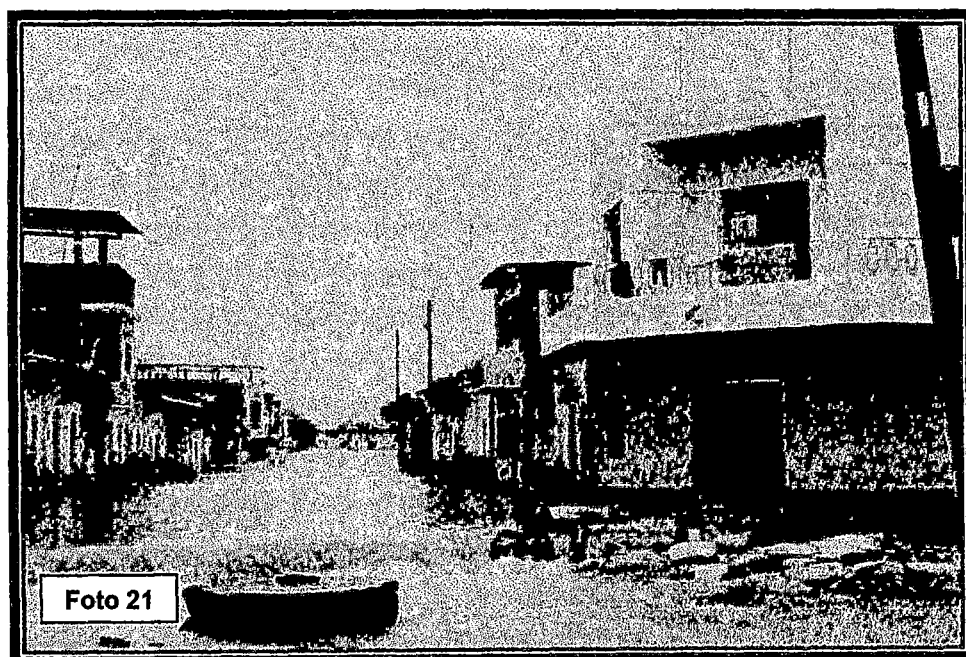
## 5.5 ENSEÑANZAS DEL FENÓMENO EL NIÑO 1983-1998

Como los fenómenos naturales intensos o extremos, se pueden presentar en cualquier año, con mayor o menor intensidad, los eventos de 1983 y el reciente de 1998, que causaron intensas lluvias, afectando a la ciudad, nos deja valiosas enseñanzas que es necesario difundirlas y aplicarlas, para lograr reducir los efectos negativos en futuros desastres.

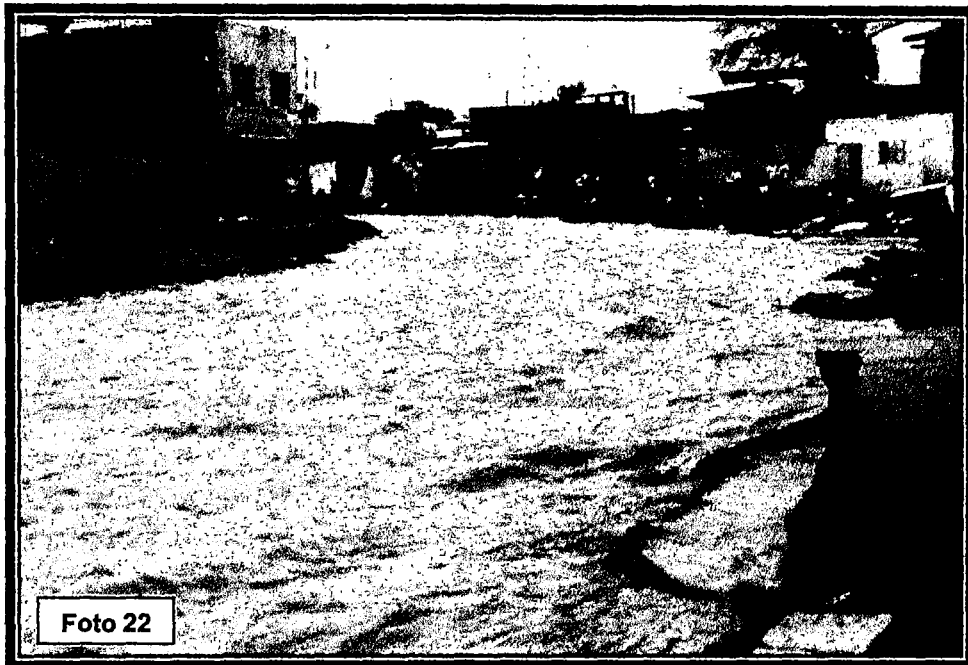
Así, las desgracias en El Niño 1982-83 (que no fue pronosticado) ver fotos N° 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27, ocurrieron porque se construyeron viviendas,



**Colapso de viviendas de adobe. Construidas en un pleno cauce de una tercera quebrada seca por décadas.**



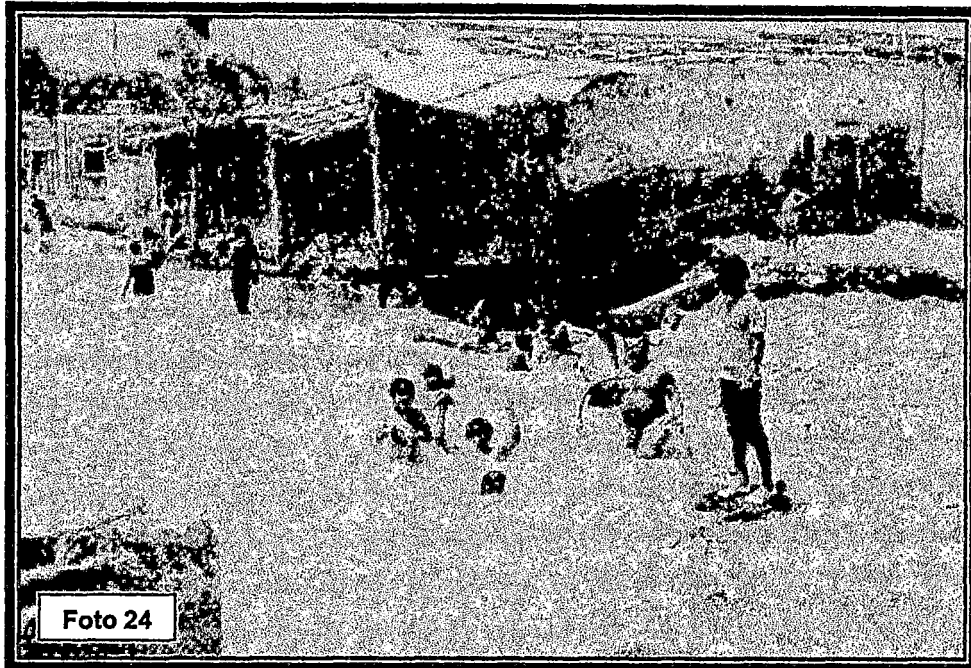
**Manzanas completas totalmente inundadas. Carpeta asfáltica ya no existe.**



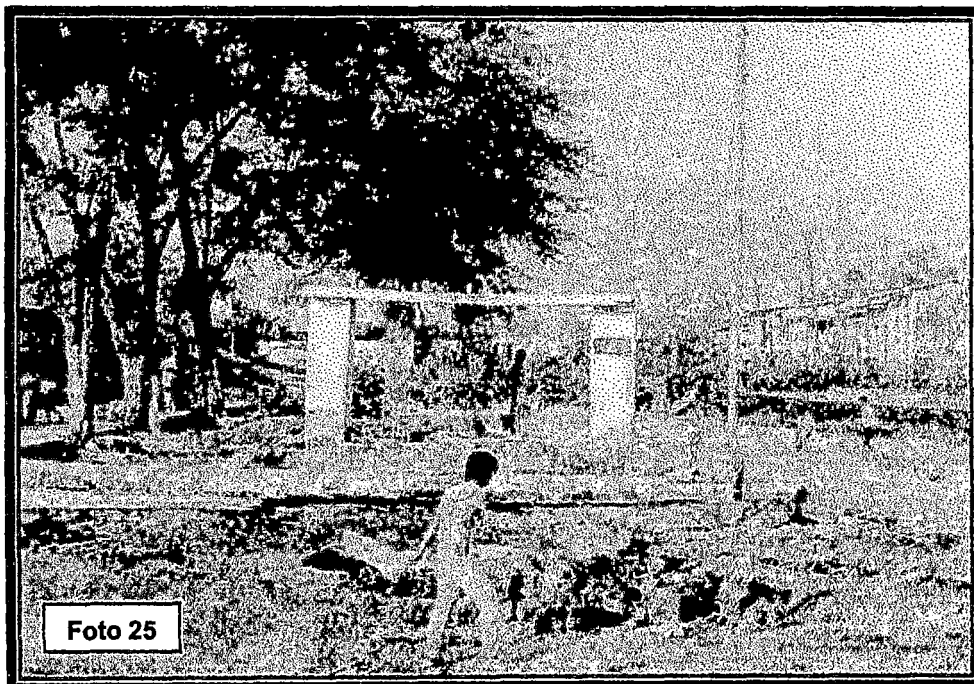
**Quebrada Bellavista: destrucción de viviendas de todo tipo.**



**Quebrada Bellavista activada por dicho fenómeno**



**Las fuertes inundaciones y destrucciones motivaron una migración hacia la parte norte.**



**Destrucción de monumento, veredas y pistas del parque Ramón Castilla**

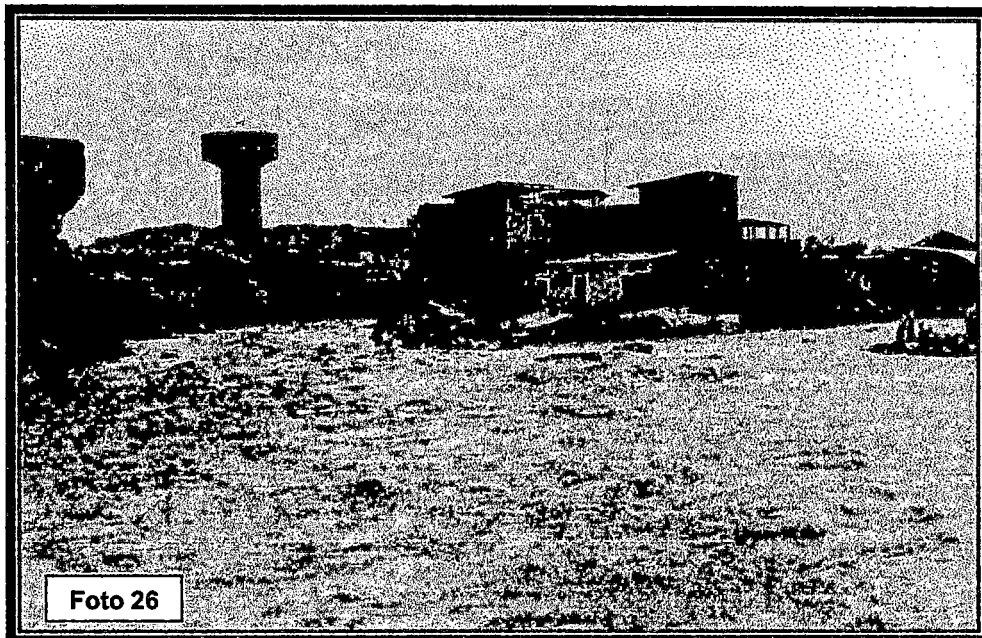


Foto 26

**Quebrada Bellavista: altura de la Loma Mambré**

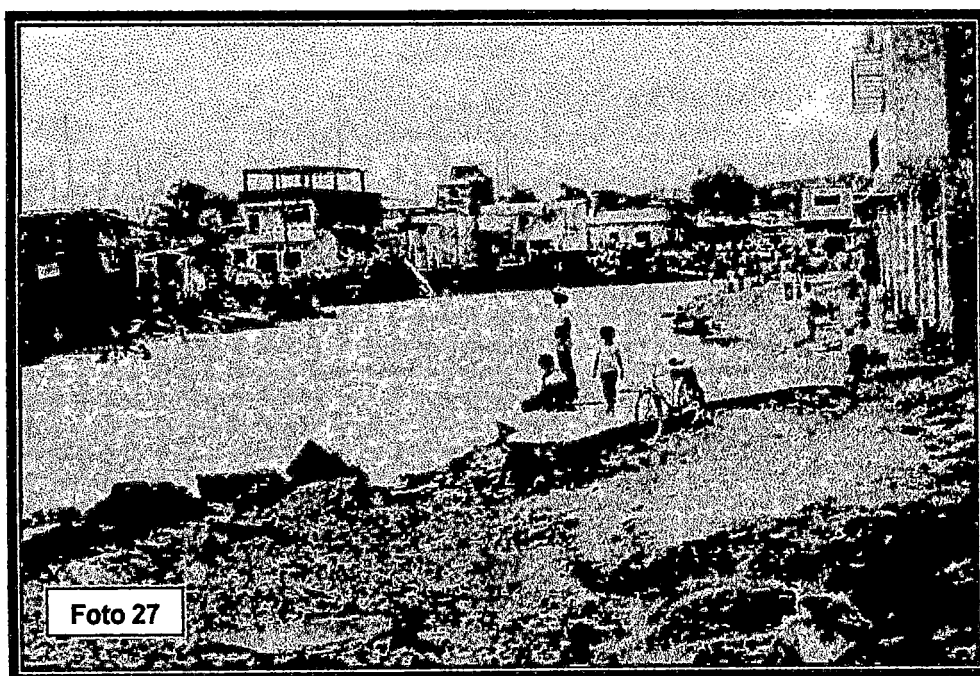


Foto 27

**Quebrada Bellavista: colapso de viviendas, pistas y viviendas.**

colegios, mercados, un hospital, y un parque en pleno cauce de quebradas que temporalmente estaban secas por décadas, todos estos daños debidos al crecimiento no planificado y falta de conocimiento del Fenómeno para su manejo.

Quince años después, en 1997-98, la situación fue diferente: los avances científicos y tecnológicos permitieron detectar con anticipación la evolución de El Niño, donde la respuesta de las autoridades para mitigarlo fue oportuno. Entonces es necesario para futuros eventos, mantener investigaciones sostenidas, para mejorar el conocimiento del fenómeno y, predecir su comportamiento, así como reglamentar el uso del suelo y ordenamiento territorial.

En ambos eventos se formaron lagunas de agua en el mismo sitio, donde parte de la ciudad permaneció bajo el agua varios días en unas zonas y varios meses en otros, donde se colmataron totalmente el sistema de desagüe y las viviendas de material rustica se deshicieron, para acciones futuras se deben incorporar nuevas normas en los diseños de ingeniería, así como hacer uso de mapas de peligro

Los perfiles técnicos que se elaboren serán para evacuar las aguas pluviales, evitando que se formen lagunas y como consecuencia de ellas, brote de epidemias; el cólera, paludismo y otros; replantear los actuales sistemas de drenaje, especialmente el Dren Agrícola de Cieneguillo, hacer los estudios necesarios para conocer las cuencas urbanas, que se activan cuando se presenta el Fenómeno, determinándose así los cursos pluviales, a fin de no crear obstáculos en su recorrido y facilitar las condiciones para que siga su curso.

Las autoridades actuales y futuras deben coordinar mutuamente en la ejecución de planos, proyectos de reconstrucción y rehabilitación de obras Públicas, principalmente las ejecutadas por los municipios, la Sub-región Luciano Castillo Colonna, el Proyecto Chira Piura, Sedapal, Telefónica, etc. y ser firmes en la decisión de no permitir la construcción especialmente de viviendas y edificaciones públicas, en áreas que son inundables, tomándose como referencia las Tesis Profesionales de: Rafael Lama y Eduardo Lino, hechas para tal fin, en que se señala las zonas de riesgo.

En el 83 la construcción de la carretera panamericana norte interrumpió el drenaje natural de un curso de agua temporalmente seco por décadas, represando gran cantidad de agua y, colapsando e inundando gran parte de la ciudad.

En el 98 hubo dificultades de acceso a los centros de salud y los sitios de albergue pues el canal vía solo disponía de puentes peatonales; dado que las calles, avenidas y tramos carreteros serán afectados por algún fenómeno natural, es necesario disponer de stock de equipos y maquinarias que se utilizaran en las reparaciones viales, a fin de garantizar la restitución de la vía en el corto plazo.

En los eventos existieron daños en las edificaciones de todo tipo, donde la población tubo que hacer uso de albergues. Defensa Civil con el Sector Educación y la Municipalidad deben coordinar el uso de planteles escolares y posible uso de edificaciones estatales.

Las inundaciones debido a las torrenciales lluvias a lo largo del canal vía ocurrirán siempre en ambas márgenes de un metro a cincuenta metros en algunas zonas por estar cerca y ocupar los planos de inundación que son áreas adyacentes que tendrá el canal vía como reserva, para evacuar el exceso de agua o como zona de expansión cuando ocurran estos eventos extraordinarios.

## **CAPÍTULO VI**

### **SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES**

#### **6.1 SULLANA**

El tema que expongo, está referido al proyecto ya ejecutado: Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana y Bellavista (1983) que es complementario al estudio de Evacuación Pluvial de Sullana (1998).

Haciendo historia en el año 1983, las precipitaciones pluviales producidas en la Región Norte fueron conocidas en los registros de la zona como las de mayor intensidad, superando en forma sustancial a la totalidad de los mismos quedando claramente definido que dicho año fue extraordinario. Ahora, si quisiéramos hacer una comparación cuantitativa con respecto a lo que sería otro año extraordinario, el año 1998 superó a las precipitaciones presentadas en el año 1983.

Las inundaciones en las zonas bajas de la ciudad se manifestaron rápidamente, sobretodo en aquellas zonas con cotas iguales o inferiores a la cota 60 m.s.n.m. (según el plano topográfico) en 1983, justo donde se ubica actualmente el canal vía que permitió la inundación de las viviendas a una altura hasta de 0.90 m, sin poder evacuar las aguas por cauces de gravedad o bombeo.

Ocurridos los dos eventos extraordinarios, existen sectores críticos en los cuales se forman lagunas de gran magnitud o por donde atraviesan quebradas reactivadas por el fenómeno.

Algunos Asentamientos Humanos están establecidos sobre el cauce de quebradas, estos lugares han sido duramente castigados por las grandes masas de agua del año 1998, siendo totalmente destruidos. Entre estos tenemos: Carlos A. Salaverry y 17 de Enero.



Nuevamente en 1998, las calles se ven afectadas por aniegos y acumulación de grandes masas de agua en cuencas ciegas que comprometen a un gran número de viviendas.

Producida la catástrofe pluvial 1982-83 se ejecutan los estudios: "Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana y Bellavista". En 1984, se contaba con el financiamiento respectivo.

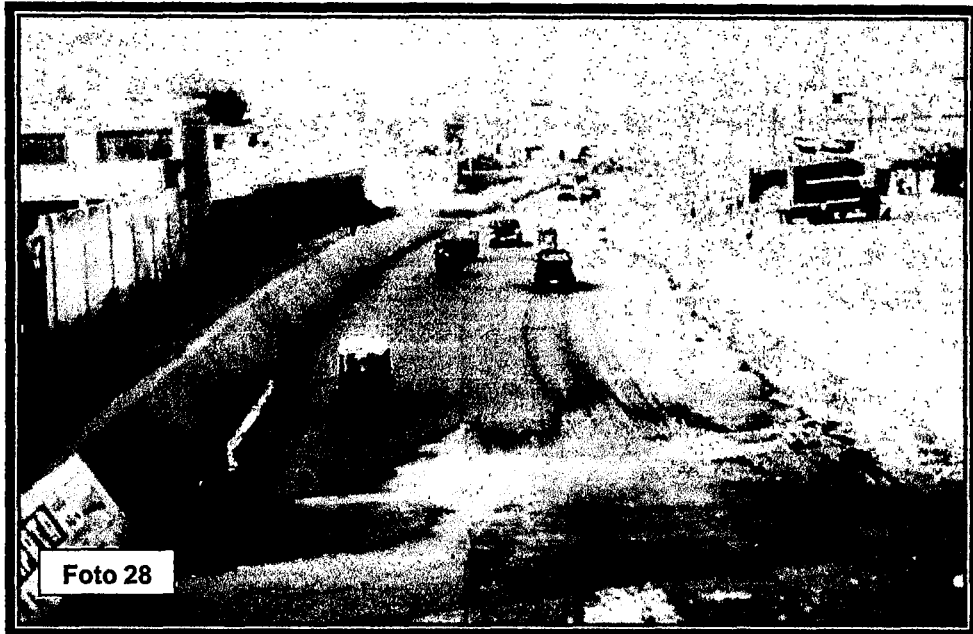
En los términos de referencia del estudio se dejó establecido, que la eliminación de las aguas pluviales de la ciudad se haga superficialmente, para cuyo fin se definió las cuencas que tiene el área de estudio, se toma los niveles de intersecciones, determinando las pendientes y los planos de rasantes de todas las arterias.

En el año 1984, se construye el Canal Vía, siendo su desarrollo longitudinal al río Chira. Dicho Canal es el eje del sistema de evacuación pluvial de las quebradas Cieneguillo y Cola del Alacrán, colecta a su paso por la ciudad de Sullana, gran parte de agua pluvial.

En el evento 1997-98, el canal vía se desborda el 18 de enero de 1998, inundando todas las áreas que bordean al Canal (Ver foto N° 28 y 29). Asimismo colapsa un tramo de 160 m (altura del cementerio) Ver foto N° 30. Últimamente se ha construido un puente vehicular en la transversal Lima, para evitar el aislamiento de dos grandes sectores de la ciudad en épocas de lluvias.

El objeto del último estudio, es la terminación de niveles de flujo en las intersecciones de la zona urbana, con cuyo resultado se estimará: el sentido de los flujos pluviales, la determinación de zonas críticas por acumulación y concentración de flujos provenientes del exterior y del interior de la zona urbana, evaluándose las posibilidades de su evacuación al eje principal del Canal Vía, estableciéndose los criterios de diseño de la red normativa de niveles y rasantes viales que se utilizarán para ordenar la pavimentación de las vías actuales de Sullana, así como los términos de referencia para las obras de canalización de aguas pluviales secundarias de primera prioridad.

Este estudio complementa lo realizado en 1983-84 para la ejecución del Canal Vía y comprende los siguientes trabajos:



**Canal Vía sin agua usada para el transporte vehicular.**



**Canal Vía colmatadas con agua de lluvias (19/01/98)**



Foto 30

Parte del Canal Vía colapsado cercano al cementerio de la localidad.

- Determinación de las vías en base al plano catastral de la Municipalidad Provincial de Sullana.
- Análisis y determinación de flujos pluviales del sistema de redes de la ciudad.
- Identificación de las zonas críticas de primer y segundo orden, compatibilizando dichas zonas con relación al Canal Vía y a los cursos de agua que forman parte de las quebradas Cieneguillo y Cola del Alacrán.
- Establecimiento de criterios de diseños para establecer red normativa de rasantes viales, que formarán parte de un futuro estudio que efectuará la Municipalidad de Sullana, orientado a ordenar la pavimentación de vías urbanas de Sullana.
- Propuesta de un conjunto de proyectos de obras de evacuación, de primera y segunda prioridad, recomendándose los términos de referencia para dichos proyectos.

El proyecto se concibe en conjunto como un sistema de jerarquía que contiene básicamente los siguientes elementos: Troncal Colector de primer orden, Colector de segundo orden, Colector de tercer orden y Vías locales de evacuación.

Las condiciones de trazado están fuertemente condicionadas por la topografía del terreno.

El total de proyectos es 26 unidades, las cuales localizan 20,709.97 ml. de longitud con un área de evacuación de 543.11 Has. con una inversión estimada total en 6'295,617.88 dólares.

El estudio "Evacuación Pluvial de Sullana", desarrolla una red de evacuación pluvial considerando cinco sectores tales como:

- Sector 1: Cercado
- Sector 11: Sánchez Cerro
- Sector 111: Santa Rosa
- Sector IV: El Obrero, Buenos Aires

o Sector V: Santa Teresita - 09 de Octubre

Se establece un sistema de evacuación pluvial formado por el canal vía como eje troncal, un conjunto de colectores de segundo orden que evacuan amplias zonas de cada sector y un conjunto de colectores de tercer orden que permite la evacuación de las áreas locales.

La longitud total de las vías colectoras es de 20,709.97 m.

Los colectores de primer y segundo orden aseguran la evacuación pluvial de toda la ciudad, beneficiando a un total de 79,283 habitantes.

Es necesaria la coordinación con la empresa de agua potable y alcantarillado para la ejecución de los estudios definitivos y la construcción de las obras de saneamientos. Es indispensable culminar las obras del troncal Canal Vía.

La Municipalidad Provincial de Sullana, tiene un proyecto de "Rehabilitación del Canal Vía", cuya finalidad es la rehabilitación y ampliación, además comprenderá la ampliación de 8.00 m. a cada lado del Canal Vía para ejecutar obras de protección como un pavimento de concreto y muro de contención. Se considera también un porcentaje del costo que se necesitarán para las expropiaciones respectivas:

Ancho de la sección mínima de diseño: promedio de 30 m. por sección igual a 10 m. de pavimento de concreto.

Longitud de vía:	3 700 m. al eje.
Área mínima de calzada:	60 000 m <sup>2</sup>
Área mínima de veredas:	20 000 m <sup>2</sup>
Costo total: Estudio	\$ 28 268
Obra:	\$ 2 112,676

## 6.2 BELLAVISTA

Las inundaciones ocurridas entre diciembre 1982 y junio de 1983 fue catastrófico, donde cerca del 36% de las viviendas quedaron derrumbadas y destruidas, un porcentaje de las viviendas inutilizadas les correspondió a los

barrios populosos como el Porvenir, AA.HH. Jorge Basadre cuyas masas de agua discurrieron por los cauces de quebradas, en el mismo lugar que se habían asentado dichas poblaciones. En 1997 el distrito no estaba preparada para resistir otro evento, las principales vías urbanas no contaban con las pendientes que requieren para la evacuación de aguas, ni con los planos a detalle de las calles evacuadoras.

Ante esta situación, la municipalidad encargó el estudio: "Evacuación de aguas pluviales, AA.HH. Jorge Basadre Bellavista - Sullana", con el objeto de ejecutar la construcción de una VÍA COLECTORA - EVACUADORA de las aguas del AA.HH. Jorge Basadre y de las aguas provenientes del sector agrario de Sullana y Cieneguillo Norte con el propósito de proteger a las viviendas.

El diseño de la vía evacuadora parte desde la calle Los Jardines hasta empalmar con la calle Canchaque, con un talud en los laterales y con una pendiente máxima del orden del 7%, de acuerdo al reglamento de carreteras para una evacuación rápida y segura de las aguas pluviales.

Esta vía colectora - evacuadora coleccionará las aguas locales provenientes de 09 de octubre, 15 de marzo (Sullana), y las provenientes del asentamiento humano Santa Teresita (Sullana).

El costo total de dicha obra es de S/ 561 655.85 (1997)

### 6.3 COMPORTAMIENTO DEL CANAL VÍA

La acción de la Geodinámica Externa, durante las intensas precipitaciones ocurridas entre enero y junio de 1983, estuvo representada por la inundación de considerables áreas urbanas debido principalmente a la activación de las quebradas: Cieneguillo, Cola del Alacrán, Bellavista, lo que produjo considerables erosiones a su paso, destruyó: casas, mercado Modelo, centros educativos ocasionando serios daños en la infraestructura y producción, por un monto total de 726 millones de dólares, de los cuales 482 millones fueron dados para los daños a la infraestructura.

Luego de las lluvias del año 1983, durante la Rehabilitación de la ciudad, se construyó el canal vía de concreto armado, de sección trapezoidal, base variable (e: 0.15m) y altura constante en todo el largo de 1.50 m., el mismo que

fue diseñado para un caudal de 124 m<sup>3</sup>/s, la lluvia del 22 de marzo de 1983 tuvo un registro de 148.1 mm. (PECHP - Estación Mallares) siguiendo el curso de las aguas pluviales del 83.

En dicha oportunidad no se concluyó la obra, pues quedó pendiente la construcción de la baranda con parapeto de 50 cm. y el retiro de 3m. en ambos lados a lo largo del canal vía, el Badén del cementerio y el puente Junín; además quedó pendiente el diseño y construcción del Sistema de Evacuación Pluvial de la zona de influencia del canal vía.

El canal, desde su inauguración hasta la fecha, se emplea como vía rápida urbana para el transporte de vehículos pesado y liviano cuando no hay lluvias o cuando se tiene lluvias de poca intensidad.

Cuando se activan las quebradas: Cieneguillo, Cola del Alacrán y Bellavista, el canal se colmata con aguas de lluvia, y queda aislado Sullana y Bellavista a lo largo del canal vía, salvo 4 puentes peatonales y los puentes situados en los extremos del canal (Inicio: Cola del Alacrán, puente sobre la Panamericana Norte y Cieneguillo, puente Santa Cruz, aguas abajo en la desembocadura al río Chira: Boquerón, puente El Cucho).

A lo largo del canal vía, los 3 colegios afectados en el 98, tuvieron los mismos daños en el 83, por lo que es necesario que estos centros educativos sean reubicados en una zona menos vulnerable. El hospital IPSS necesita un estudio de protección para el caso de otra eventualidad.

Los efectos devastadores del Fenómeno de El Niño 98, en la ciudad de Sullana han tenido relación directa con los siguientes factores:

- a) El Dren de Cieneguillo no ha tenido el trazo ni la capacidad adecuada en función a la seguridad de la ciudad, pues con un adecuado tratamiento previo se pudo haber evitado el tremendo caudal que ingreso a la ciudad.
- b) El canal vía no ha tenido el retiro adecuado, le falta baranda.
- c) El badén del cementerio y el puente Junín.
- d) La rehabilitación canal vía en dos vías paralelas permitiría otorgarle mayor seguridad a las áreas colindantes.

- e) No se ha contado con el sistema de evacuación pluvial de todas las cuencas urbanas de la ciudad.

Es necesario un estudio y ejecución de un sistema de evacuación pluvial para reducir al máximo la vulnerabilidad de la ciudad evitando:

- El deterioro de las vías pavimentadas con asfalto.
- Inundación de viviendas de material rústico por la formación de lagunas acompañando a estos daños el deterioro de la salud a consecuencia de epidemia.
- Sobrecarga del canal vía imposibilitando con ello inundaciones contiguas o aledañas. desaguar y/o limpiar el canal en la zona frente al cementerio.



## **CAPÍTULO VII**

### **FORMULACIÓN DE PLANES DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y DESARROLLO**

#### **7.1 PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LA CIUDAD DE SULLANA**

Las lluvias torrenciales acompañadas de truenos, rayos y relámpagos, que afectaron a la ciudad en 1982-83., fue una catástrofe para la ciudad, que dejó víctimas y daños materiales por millones de soles en esa época, pero significó también el inicio de estudios multidisciplinarios y sistemáticos de este evento en Sullana, con el objetivo de tratar de prevenirlos y mitigar sus efectos.

Estos estudios fueron iniciados por dos egresados de la facultad de Ingeniería Civil de la UNI, trabajaron en el área afectada, bajo la dirección del Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi, investigando los daños causados por el evento, preparando proyectos de reparación y reforzamiento de edificaciones y asesorando la ejecución de dichos trabajos, determinando las influencias de las condiciones naturales de sitio en la severidad y distribución de los daños, y colaborando en los estudios de microzonificación de estos centros poblados, para aplicarlos en su construcción.

Dos son las conclusiones más importantes que se llegaron, como resultado de dichas actividades:

- Las condiciones naturales de sitios dadas por las características del suelo, geología y topografía, son determinantes en el grado de daños y su distribución geográfica

- Que las viviendas de adobe construidas sobre suelos desfavorables eran la mayor amenaza en el alto porcentaje de la ciudad.

Estas conclusiones han servido de guía para el desarrollo de métodos para prevención y mitigación de desastres en la ciudad de Sullana en los últimos años.

La primera conclusión impulso el desarrollo de métodos y técnicas de microzonificación, su aplicación al planeamiento urbano para mitigar el efecto de los desastres naturales, a inicios de la década de los años 80.

Por otra parte, la segunda conclusión sirvió de base para preparar los proyectos de reparación y reforzamiento de viviendas de albañilería, de ladrillo y adobe, dañados por los eventos excepcionales.

Estos proyectos tenían como objetivo principal eliminar las causas por las que fallaron dichas construcciones

El desarrollo de los métodos y técnicas de prevención y mitigación se han hecho de manera sistemática por los estudiantes que trabajaron entre uno a dos años, desarrollando su tesis de grado de Ingeniería Civil en la UNI, y entregan sus resultados e interrogantes que surgen a nuevos grupos que toma la posta. De esta manera estos egresados han dado una significativa contribución a los objetivos arriba señalados.

Esta acción fue reforzada adecuadamente con la participación de las especialidades mas calificadas de la región.

De las víctimas del evento de 1982-83, mas de 20 mil perdieron sus viviendas de adobe, surgiendo la necesidad de reubicarlos en una zona segura y en otras a reconstruirlas en el mismo sitio, surgiendo la necesidad de mejorar la resistencia de este tipo de construcción.

Tres instituciones hicieron esfuerzos en ese sentido, entre ellas la UNI, que desarrollo un sistema modular de adobe estabilizado con asfalto, fue concebido para ser ejecutado y realizarlo para autoconstrucción, con mano de obra no calificada, para programa de rehabilitación en zonas devastadas por el desastre.

Entre las conclusiones mas importantes de estos estudios, se tiene que los mayores riesgos los tenían los pobladores de asentamientos humanos.

Los resultados se derivan luego en dos direcciones:

- La prevención que comprende programas a largo plazo, medidas y normas constructivas.
- La planificación que comprende planes de emergencia, legislación, pronóstico, evaluación, etc.

La planificación para casos de desastres comienza por la identificación y comprensión del peligro natural, que se entiende como la probabilidad de que se produzca dentro de un periodo y zona determinada, un evento potencialmente dañino. El análisis debe continuar con el cálculo y evaluación de la vulnerabilidad, que no es mas que el grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos en riesgo (población, edificaciones, servicios, etc.) y finalmente obtener el riesgo propiamente dicho, o sea, el número previsto de muertos, lesionados, daños a la propiedad y perturbación de las actividades económicas.

## 7.2 NORMAS REGIONALES INTEGRADAS PARA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES PARA LA REGIÓN GRAU

En la propuesta de normas para la prevención y mitigación de desastres naturales para la región, se considera de manera integrada todos los fenómenos que las amenazan: terremotos, inundaciones, Tsunamis, temporales tropicales, deslizamientos y fallas de suelos.

En las normas regionales integradas para prevención y mitigación de desastres para la región Grau fue presentada en el VIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil realizada en Piura del 25 a 29 de septiembre de 1990.

En resumen consta de dos partes principales:

En la primera parte, se incluyen limitaciones en cuanto a las zonas de expansión urbana y ubicación de obras de Ingeniería Civil.

Se consideran inadecuados para dichos fines, las áreas donde las ondas sísmicas sufren excesivas amplificaciones, franjas costeras que pueden ser afectadas por tsunamis y temporales tropicales. Zonas bajas que pueden ser inundadas. Al borde de Barrancos con pendientes fuertes inestables, o en áreas adyacentes a ellos que pueden ser afectadas por deslizamientos.

Finalmente sobre suelos colapsables, expansibles o de muy baja capacidad portante que incrementan considerablemente los costos de construcción.

La segunda parte se refiere a la resistencia mínima que deben tener las construcciones y por razones de orden práctico se recomienda adoptar las "Normas Sismorresistentes del Perú" para la zona I.

La herramienta principal utilizada es la microzonificación.

El gobierno central, manejo el llamado periodo de prevención (junio-diciembre de 1997), como la situación de emergencia, que no se pudo evitar a pesar de las inversiones y obras realizadas.

Las dificultades que encontraron las medidas de prevención del gobierno central han sido: escasa información elaborada sobre peligros naturales y vulnerabilidad, poca identificación precisa de Los riesgos, insuficiente conocimiento sobre El Niño y sus impactos. En este proceso se dio debilidades que se tiene que mencionar: cuando se inicio el periodo de prevención en la hasta poco región Grau, el CTAR convoco a los alcaldes para que presentaran sus proyectos a incorporar en el Plan de Emergencia Regional, solo algunos lo pudieron hacer, buena parte de ellos no tenían la capacidad – fundamentalmente técnica, pero también financiera- de formular proyectos. A veces ni siquiera pudieron presentar las llamadas "fichas técnicas", de formato sencillo. Y no existió las relaciones interinstitucionales necesarias para subsanar esas debilidades.

Las tareas de prevención y mitigación se realizaron en equipo, con la mayor participación posible de instituciones, personas, y las autoridades asumieron las responsabilidades que les competen.

### 7.3 LOGROS EN LA ETAPA DE PREVENCIÓN

Durante el suceso 1997-98, por primera vez en nuestro país, el gobierno nacional inicio desde la formación del Fenómeno, procesos institucionales orientados a la prevención. El anuncio, seis meses antes, de un muy probable período lluvioso extremo en el norte del país, y como respuesta a la alerta emitida por la Organización Mundial de Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), a través de Internet (marzo 97), identificada por SENAMHI (desde fines de 1996), IMARPE y el INDECI, el gobierno nacional crea el 20 de Junio de 1997, el Comité Nacional de Acciones de Emergencia (CONAE), compuesta por un conjunto de ministros de estado y presidida por el Ministerio de la Presidencia. La CONAE era quien debía de llevar a cabo un Plan Nacional de Prevención y Atención, entre julio y diciembre de 1997, así como la coordinación del manejo de la emergencia.

El 09 de julio de 1997, el INDECI entro a formar parte del CONAE, a su vez el gobierno declaro en emergencia por 120 días a 9 departamentos y solicito a cada institución nacional que hiciera el seguimiento de los efectos y que formularan un plan de acción para la mitigación de los riesgos sectoriales frente al fenómeno de El Niño. En septiembre de 1997 el gobierno nacional, tuvo conocimiento, por informes científicos, que la magnitud de las alteraciones climáticas sería mayor de lo considerado en junio.

Un Decreto de Emergencia expedido el 14 de setiembre deja sin efecto al CONAE, que tuvo una vigencia de solo 2 meses, pasando sus funciones y responsabilidades a la Presidencia del Consejo de Ministros.

Este paso constituye una modificación del esquema institucional inicial de la fase de prevención. El papel del Sistema Nacional de Defensa Civil en esta nueva fase resulto colateral, aun cuando la institucionalidad recién creada se apoyaba en el INDECI y en algunos comités regionales, llegando a finales de 1997 a comprometer los esfuerzos de numerosas instituciones. Del mismo procedieron la CTAR, a presentar sus planes y propuestas de trabajo al ministerio de la presidencia.

La construcción de muchas obras de mitigación estuvo a cargo del Ministerio de la Presidencia a través del CTAR, del Ministerio de Agricultura, del Ministerio de Transporte y del INDECI.

Para este fin, se dispuso de S/.67 779 610.31 nuevos soles que se invirtieron en un conjunto de proyectos y acciones que sirvieron para proteger las zonas más vulnerables de la Región, lo que se logró evitar que los efectos del fenómeno El Niño 98 sean devastadores, causen mayor destrucción y muerte.

Los recursos invertidos se desagregaron por Sub-Regiones, de acuerdo a una estrategia de defensa y considerando su amplitud y volumen poblacional, la inversión se muestra en el cuadro N° 11:

**Cuadro N° 11: RECURSOS FINANCIEROS INVERTIDOS POR SUB-REGIONES**

Sub-región Piura	S/.	48 386 414.11
Sub-región Luciano Castillo	S/.	10 574 222.86
Sub- Región Tumbes	S/.	8 818 973.34
<b>Total</b>	<b>S/.</b>	<b>67 779 610.31</b>

Fuente: Sub Región LC

En Desarrollo Urbano, los proyectos estuvieron dirigidos a la construcción de drenes pluviales urbanos en diferentes áreas estratégicas de la ciudad que permitieran evacuar hasta donde fue posible los inmensos volúmenes de agua que se acumularon en diversos puntos de la ciudad, evitando inundaciones, también se llevó a cabo la adquisición e instalación de motobomba para cámaras de bombeo que apoyan la evacuación de agua pluviales y el drenaje de las cuencas ciegas que se conocían.

Las actividades ejecutadas del programa de prevención fenómeno de el niño 97-98 por el consejo transitorio de administración regional – Región Grau 1997 - fueron básicamente de saneamiento básico: Limpieza de drenes pluviales existentes, Encauzamiento y limpieza de drenes, Transportes y otras actividades Multisectoriales. Ver cuadro N° 12.

**Cuadro N° 12: ACTIVIDADES EJECUTADAS DEL PROGRAMA DE  
PREVENCIÓN FENÓMENO DE EL NIÑO 97-98 POR EL CONSEJO  
TRANSITORIO DE ADMINISTRACIÓN REGIONAL – RG 1997**

**SANEAMIENTO BÁSICO**

<b><u>Limpieza de drenes pluviales existentes</u></b>	<b>Monto ejecutado (nuevos soles)</b>
Canal vía – Cieneguillo – Sullana	9716
<b><u>Encauzamiento y limpieza de drenes</u></b>	
- AA.HH. César Vallejo	23308
- AA.HH. 17 de Enero	34722
- C.E. Chanel - Urb. Santa Rosa (cola alacrán)	72719
- Cuartel Militar Tnte. Miguel Cortes	78502
- Adquisición de motobombas	374 605
- Muro de encauzamiento y defensa quebrada Cieneguillo	835 383
- Limpieza Dren Parque Industrial – Sullana	4 962
- AA.HH. Carlos A. Salaverry – Sullana	32 740
- Sist. Drenaje Pluv. Transversal Canchaque etapa Bellavista	229 760
<b><u>Transportes</u></b>	
- Carretera Sullana- Poechos- Alamor	225 464
<b><u>Multisectorial</u></b>	
- Protección de local de Gerencia Sub-regional L.C.C.	35 931
- Estudios y supervisión de obras de emergencia	297 306
- Adquisición material, herramientas de trabajo y otros	1 478 314
- Rehabilitación local PRONAA – Sullana	27 464

Fuente: Sub Región LC

El banco de materiales lanzo un programa de préstamos para reforzamiento de techos con material liviano, orientado hacia familias de bajos ingresos. Una de las características predominantes en esta etapa fue la velocidad en la construcción de muchas obras, las cuales normalmente hubieran tardado tres o cuatro veces mas tiempo. No obstante, la misma celeridad en la ejecución hizo que muchas de ellas no fueran realizadas con los expedientes técnicos que requerían. La gran mayoría de las obras ejecutadas fueron contratadas y supervisadas por los organismos nacionales sin la participación de los gobiernos locales y las organizaciones sociales.

El plan de obras de prevención iniciado por el gobierno con fondos del tesoro público fue apoyado a partir de diciembre por el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial, los cuales aprobaron líneas de crédito a utilizarse en la prevención, en la emergencia, y en la reconstrucción

#### 7.4 MEDIDAS DURANTE EL DESASTRE: OBJETIVOS, ESTRATEGIA FOCALIZADA Y LINEAMIENTOS DE ACCIÓN EN LA ETAPA DE EMERGENCIA

La fase de emergencia corresponde al periodo de ocurrencia del fenómeno, caracterizada por el periodo de intensas lluvias en el lapso de enero – abril de 1998, donde se da auxilio inmediato a los afectados.

Se reforzó el seguimiento mediante el establecimiento de turnos de 24 horas en el SENAMHI, elaborando un plan de monitoreo y alerta hidrometeorológica del fenómeno con el fin de lograr, una mayor confiabilidad de la información.

Distribución de aguas potable en camiones cisternas, instalación de tanques portátiles, adquisición de equipos de limpieza de tuberías de desagüe de alcantarillas y el mejoramiento de la calidad de agua mediante la aplicación de químicos como la adquisición de insumos: hipoclorito de calcio, cal apagada, etc.

Se abrieron trochas para dar pasos, en aquellos casos donde se consideraba que, debido a la dimensión del problema, la interrupción no era de solución inmediata, se recurrió al transporte aéreo para garantizar las conexiones en ciertos tramos de la panamericana norte.

Vigilancia y mejoramiento de la calidad de agua del consumo humano, construcción e instalación de letrinas sanitarias y drenaje de aguas estancadas.

Obras de limpieza y encauzamiento de quebradas secas, INADUR hizo una evaluación de daños y formulación de propuestas para resolver los problemas de vivienda, provisión de albergues temporales, alimento y ayuda humanitaria, reforzamiento de viviendas en coordinación con el banco de materiales, acciones de rescate y de socorro para los habitantes en peligro.



Anulación de las canaletas de los techos, para facilitar el flujo de agua de lluvias, ya que su gran volumen superaba su capacidad y se filtraba por debajo de los sobretechos colocados, habilitación de los centros educativos como albergue provisional a los damnificados, los que nuevamente se volvieron a habilitar para el inicio de las labores escolares, apoyo en la distribución de calaminas y en la construcción de letrinas y carpas.

Las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional, en coordinación con Defensa Civil constituyeron el principal soporte de la atención de las emergencias.

Correspondió al PRONAA, la distribución de alimentos a los comedores populares, los cuales fueron distribuidos a través de los comités de Defensa Civil y de la Fuerzas Armadas.

Se realizaron acciones como la evacuación de los damnificados, rescate, búsqueda de heridos, así como la entrega de ayuda material, principalmente provisión de cobija, alimento, atención de salud y saneamiento, advirtiéndose descoordinaciones entre los niveles central, regional y local

La atención de las necesidades de la población afectada, estuvo a cargo del personal de Defensa Civil, de los organismos locales, regionales y central, incluyendo a brigadistas voluntarios, ONG, iglesias y organizaciones de bases.

## 7.5 ACCIONES TOMADAS: REUBICACIÓN DE DAMNIFICADOS, ALBERGUES PROVISIONALES.

Se llevo a cabo la construcción y adquisición de módulos temporales para población reubicada, en áreas designadas con este fin. En esta actividad participaron Defensa Civil y el Banco de Materiales.

Defensa Civil también hizo una provisión de carpas y el acondicionamiento de refugios temporales, principalmente de los colegios

El Banco de Materiales continuó con los préstamos para reforzar techos, construyendo módulos para el funcionamiento de comedores de emergencia y locales comunales, así como el aprovisionamiento de agua.

Paralelo a la puesta en marcha de los albergues temporales, el PRONAA se implemento, otorgando la ración alimenticia a los comedores populares que

se formaron alrededor de refugios temporales y los campamentos de damnificados. Muchos de los productos alimenticios que fueron almacenados en Sullana, sufrieron deterioro por el mal acondicionamiento de los sitios y por no ser aptos para almacenar ciertos tipos de productos. Adicionalmente, los canales de distribución de los alimentos a los damnificados no estaban bien establecidos, en vista de la magnitud de los problemas, se implemento un programa de intercambio de trabajo por alimento a través de organizaciones locales

### 7.5.1 ANTECEDENTES

Muchos países, en algunas ciudades han adoptado y publicado programas de operaciones en casos de urgencia. Estos programas por lo general definen la organización de los servicios de emergencia, en una jurisdicción dada, asignan responsabilidades a municipios y organizaciones. Además, muchas jurisdicciones han preparado planes específicos cuyo fin es volver expedita la respuesta local de un desastre en particular.

Proporcionar albergue a las víctimas de un desastre es un aspecto que se incluye en el anexo correspondiente a la atención masiva de la mayoría de los programas de emergencia. Un albergue de atención masiva es "una instalación adecuada para brindar refugio temporal a grupos de víctimas de la catástrofe que no pueden continuar viviendo en unidades familiares independientes".

En muchas situaciones los refugios los establece, coordina y opera alguna autoridad junto con Defensa Civil. Esta última, es una institución con normas aprobadas y proporcionan auxilio a víctimas de desastres y a través de los años se ha convertido en una de las organizaciones más importantes cuando ocurre alguna calamidad.

Los locales escolares, Defensa Civil e INFES frecuentemente celebran algunos acuerdos respecto al empleo de instalaciones como refugios masivos. Se han efectuado arreglos similares con iglesias para utilizar sus instalaciones, con los gobiernos de la ciudad para emplear edificios como centros comunitarios, parques y zonas de recreo. La gran aceptación de

tales acuerdos es comprensible, puesto que Defensa Civil asume las responsabilidades de diverso tipo, siempre que dichas instalaciones se utilicen como refugios masivos bajo su control. Las iglesias tienen la instalación, el equipo y el personal adiestrado para establecer un albergue.

### 7.5.2 REUBICACIÓN DE POBLACIÓN DAMNIFICADA

Mención importante merece la reubicación de la población damnificada, aquella que por acción de la virulencia de las aguas y por encontrarse en zonas vulnerables, perdieron sus viviendas y bienes incluso vidas humanas.

Igual que en el evento de 1982-83, la gran cantidad de damnificados, obligó al Gobierno Municipal, ubicar una zona (dentro del sector Oeste) segura para los damnificados, a 1.8 Km. de Sullana en la carretera a Paita, sector Oeste de Sullana y a medio kilómetro más al Oeste (camino a Jibito) de Villa Primavera y Héroes del Cenepa, habilitándose terrenos y se construyeron módulos de viviendas prefabricadas creándose el 16 de Febrero 1987 la Urb. Popular Nuevo Sullana.

Posteriormente Canadá en convenio con la Municipalidad de Sullana desarrolló y ejecutó el proyecto Habitacional Perú-Canadá con 460 lotes, módulos de vivienda para albergar más damnificados, colindantes a 100m Oeste de la Urb. Popular Nuevo Sullana. Las familias reubicadas en albergues, según fecha, lugar de procedencia, lugar de albergue, número de miembros y número de familias reubicadas aparecen en el siguiente cuadro N° 13.

**Cuadro N° 13: FAMILIAS REUBICADAS EN ALBERGUES**

FECHA	LUGAR DE PROCEDENCIA	LUGAR DE ALBERGUE	N° DE MIEMBROS	N° FAMILIAS REUBICADAS
19/01/1998	AA. HH. 17 DE ENERO	Campo Ferial	64	77
		Parque España	3	
		Colegio N° 14777	2	
		Colegio N° 14788	2	
		Carretera Vial Sullana	5	
		Ampliación Nuevo S.	1	

19/01/1998	AA.HH SÁNCHEZ CERRO	Colegio Amauta	5	258
		Colegio Capullanas	69	
		Campo Ferial	27	
		Colegio C.A. Salaverri	2	
		Colegio Ricardo Palma	35	
		Colegio Santa Ursula	20	
		Costado del IPSS	19	
		Trans. Santa Aura	17	
		Salón C. Sánchez Cerro	26	
		Antigua C.Á. Sojo	2	
		Calle Santa Julia	15	
		Ampliación Nuevo S.	7	
		Colegio Santa Ursula	14	
		19/01/1998	AA.HH. EL OBRERO	
Colegio N° 14777	10			
Salón Comunal	33			
Colegio N° 14788	9			
Colegio N° 14782	33			
Colegio Otoya	3			
AA.HH. El Obrero	81			
Ampliación Nuevo S.	3			
Colegio Santa Ursula	1			
Relleno Sanitario	6			
19/01/1998	AA.HH 4 DE NOVIEMBRE	Colegio Amauta	90	128
		Colegio Capullanas	26	
		Campo Ferial	3	
		Colegio N° 14777	1	
		Ampliación Nuevo S.	3	
		Colegio Amauta	5	
19/01/1998	AA.HH MARIÁTEGUI	Campo Ferial	28	33
		Colegio Ricardo Palma	3	
		Ampliación Nuevo S.	2	
19/01/1998	AA.HH. CÉSAR VÁLLEJO	Campo Ferial	2	129
		Relleno Sanitario	2	
		Salón Comunal	1	
		AA.HH César Vallejo	113	

		ÁA. HH. El Obrero	1	
		AA.HH Eloy G.	10	
19/01/1998	AA.HH. 15 DE MARZO	Campo Ferial	17	28
		Relleno Sanitario	11	
19/01/1998	AA.HH. SANTA TERESITA	Relleno Sanitario	3	94
		AA.HH. Sta. Teresita	73	
		Campo Ferial	2	
		Ampliación Nuevo S.	16	
19/01/1998	AA.HH. 9 DE OCTUBRE	Campo Ferial	6	70
		Relleno Sanitario	0	
		AA.HH. Jesús María	1	
		AA.HH 9 de Octubre	58	
		Ampliación Nuevo S.	5	
19/01/1998	AA.HH. PILAR NORES	Colegio Amauta	1	34
		Colegio Capullanas	1	
		Complejo Educativo	32	
19/01/1998	AA.HH VILLA PRIMAVERA	Campo Ferial	2	44
		AAHH. V. Primavera	21	
		Antigua C. A. Sojo	9	
		Ampliación Nuevo S.	12	
19/01/1998	BARRIO BUENOS AIRES	Colegio C.A. Salaverry	2	7
		Parque España	5	
19/01/1998	AA.HH. FRANCISO BOLOGNESI	Campo Ferial	3	13
		Colegio C.A. Salaverry	6	
		Colegio N° 14777	1	
		Complejo Educativo	2	
		Salón Comunal	1	
19/01/1998	AA.HH. C.A. SALAVERRY	Colegio Capullanas	1	90
		Campo Ferial	89	
19/01/1998	AA.HH. JESÚS MARÍA	Colegio Amauta	1	215
		Campo Ferial	23	
		Relleno Sanitario	15	
		AA.HH. Jesús María	175	
		Ampliación Nuevo S.	1	

Fuente: Concejo Provincial de Sullana.

## **CAPÍTULO VIII**

### **MODELO DE DIAGNÓSTICO SUGERIDO**

#### **8.1 ANTECEDENTES**

Con la elaboración de la presente tesis, se pudo obtener tablas de datos hidrometeorológicos, es decir registros de aproximadamente 30 años de distintas variables, entre ellas: Temperatura Media Mensual, Heliofanía, Humedad Relativa, Evaporación, Nubosidad, Presión Atmosférica, todas ellas tomadas de la estación Miraflores ubicada en Sullana bajo la latitud 05°10'00", longitud 80°36'51" y una altitud de 30 m.s.n.m.

El objetivo que con este capítulo se quiere lograr es buscar un método de predicción, el cual nos ayude a calcular valores futuros de dichas variables.

En la ocurrencia de un fenómeno de El Niño, éstas variables toman valores característicos, entonces mediante un método de predicción adecuado se puede buscar la fecha probable donde estos valores coincidan con los valores que se tienen en la ocurrencia del Fenómeno de El Niño.

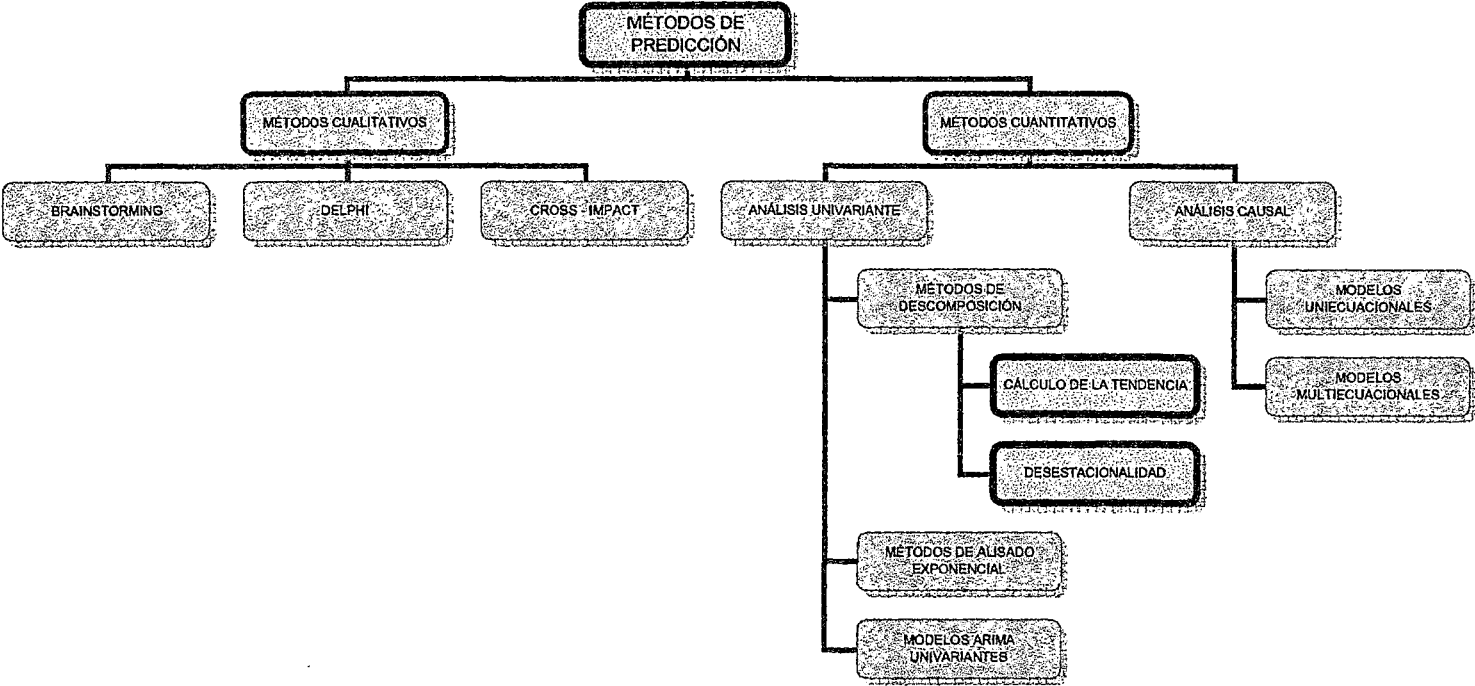
Primero demos una vista general a los métodos de predicción mas usados, dentro de los cuales se encuentra el método que usaremos (ARIMA) y el que será tema de estudio en los próximos acápite.

Los métodos de predicción pueden clasificarse en dos grandes bloques: métodos cualitativos y los métodos cuantitativos (ver gráfico N °3).

Los métodos cualitativos se utilizan en aquellos casos en los que el pasado no proporciona una información directa acerca del fenómeno en estudio.

Entre los diversos métodos cualitativos se expondrán brevemente los métodos del Braninstorming, Delphi y el Cross Impact.

**Grafico N° 3: ESQUEMAS DE LOS MÉTODOS DE PREDICCIÓN EXISTENTES**



El método del Brainstorming (tormenta de cerebros) se efectúa a partir de la discusión entre un grupo de expertos creando un ambiente en el cual puedan aflorar nuevas ideas.

El método Delphi se basa en la utilización sistemática e iterativa de juicios de opinión de un grupo de expertos hasta llegar a un acuerdo, evitando la influencia de individuos o grupos dominantes.

El Cross Impact (Impacto Cruzado) es un método que presenta mayor uso de procedimientos estadísticos y se utiliza para evaluar la función de distribución de escenarios de anticipación, en los que se tienen en cuenta simultáneamente diversos sucesos. En el método Delphi se evalúan de forma individual uno o varios sucesos; en cambio la característica del método Cross Impact es el tratamiento conjunto.

En las predicciones de carácter cuantitativo, se parte del supuesto de que se tiene registrada información sobre el pasado acerca del fenómeno que se quiere estudiar. Generalmente la información sobre el pasado aparece en forma de serie temporales. De forma descriptiva, puede decirse que una serie temporal consiste en un conjunto de observaciones acerca de una variable, observada a intervalos regulares de tiempo.

En los métodos cuantitativos la misión del estadístico consiste en extraer toda la información posible contenida en los datos, y en arreglo al patrón de conducta seguida en el pasado, realizar conjeturas sobre el futuro. Un punto muy importante es la cantidad de información contenida en una serie temporal, según puede verse en dos ejemplos contrapuestos.

En primer lugar se considerará una serie temporal constituida por las observaciones sobre la hora de salida del sol de todos los días durante 50 años. El problema sería predecir a qué hora va a salir el sol mañana. Con una serie de este tipo es muy fácil realizar esta predicción. En un fenómeno de este tipo a partir de la observación del pasado se puede hacer una buena previsión de cuál va a ser el futuro. ¿Por qué sucede esto? Sencillamente porque los valores pasados son de gran utilidad para predecir el futuro.

Como segundo ejemplo, puede considerarse una serie temporal en la que se ha registrado el primer premio de la lotería de los sorteos que se han



celebrado en los últimos 50 años. Con esta información disponible se presenta el problema de predecir cuál va a ser el primer premio en el próximo sorteo de la lotería. Aun siendo del mismo tamaño –supóngase que los sorteos son diarios – y habiéndose registrado formalmente de la misma manera, está claro que la serie del primer premio de lotería es de poca utilidad para la predicción. En realidad, esta información no sirve absolutamente de nada para hacer la predicción del futuro, suponiendo que se cumplen todas las normas y principios que debe seguir un sorteo aleatorio.

En definitiva, se han puesto dos casos extremos de serie temporales. En el primer caso, la variable observada tiene un esquema o patrón de comportamiento fijo, mientras que en el segundo caso no existe ningún patrón de comportamiento.

En términos estadísticos se dice que la primera serie es determinista, mientras que la segunda es puramente aleatoria.

En general, las series que estudiaremos son series que contienen componentes deterministas y componentes aleatorios. Si designamos por  $D_t$  al componente determinista en el momento o período  $t$  y por  $N_t$  al componente aleatorio en  $t$ , una serie temporal  $Y_t$  podría expresarse de la siguiente forma:

$$Y_t = D_t + N_t$$

En la expresión anterior los dos componentes están relacionados de forma aditiva, aunque pueden concebirse otras formas distintas en la integración de ambos componentes como la multiplicativa.

Una vez planteado el problema, con los métodos de predicción cuantitativos se pretende conocer los componentes subyacentes de una serie y su forma de integración, con objeto de realizar previsiones del futuro. Respecto a estos métodos, se pueden considerar, según puede verse en la figura 1, dos grandes enfoques alternativos a los que denominaremos análisis univariante y análisis casual.

En el análisis univariante, en una primera aproximación, se pueden considerar tres grandes grupos: métodos de descomposición, método de alisado exponencial y modelos ARIMA univariantes.

En los métodos de descomposición se parte de que el patrón o esquema de generación de una serie temporal se puede descomponer en varios sub-esquemas. Generalmente se distinguen los siguientes componentes: tendencia, factor cíclico, movimiento estacional y movimiento irregular.

La serie  $Y_t$  en el contexto de los métodos de descomposición, se puede obtener de la siguiente forma:

$$Y_t = T_t \times C_t \times E_t \times I_t \quad (1)$$

Donde:

$T_t$  = Tendencia en  $t$

$C_t$  = Factor cíclico en  $t$

$E_t$  = Movimiento estacional en  $t$

$I_t$  = Movimiento irregular en  $t$

El esquema de integración de los cuatro componentes para formar la serie que se refleja en (1) es multiplicativo.

Otra alternativa sería obtener la serie mediante suma de los cuatro componentes citados, es decir:

$$Y_t = T_t + C_t + E_t + I_t \quad (2)$$

En los métodos de descomposición se parte de un esquema previo y se trata de aislar cada uno de los componentes. En lo que se refiere al cálculo de la tendencia, un procedimiento consiste en ajustar una curva a los datos mediante una ecuación matemática y después hacer proyecciones en el futuro mediante esta ecuación. Las funciones matemáticas más empleadas son la recta, parábola, función exponencial, curva logística, curva de Gompertz, etc.

Los métodos de desestacionalización tienen por objeto aislar el factor estacional:  $E_t$ . Una vez aislado, si en la identidad (1) se dividen ambos miembros por  $E_t$ , se obtiene el siguiente resultado:

$$Y_{Dt} = \frac{Y_t}{E_t} = T_t \times C_t \times I_t$$

A la serie formada por los valores sucesivos de  $Y_{Dt}$  se le denomina serie desestacionalizada.

Cuando se ajusta una función matemática para el cálculo de la tendencia se dice que se ha estimado una tendencia global. Con este término se indica que la función matemática empleada es válida para todos los momentos del tiempo y que los parámetros permanecen constantes.

Los métodos de alisado exponencial permiten también calcular los valores de la tendencia, pero a diferencia de la tendencia de carácter global, en cada punto se hace una revisión en función de las observaciones más recientes. Por esta razón se dice que los métodos de alisado exponencial proporcionan una tendencia de carácter local.

Tanto en los métodos de descomposición como de alisado exponencial, el análisis establece un esquema a priori y después procede a los cálculos estadísticos correspondientes.

En los modelos ARIMA univariantes, se hace un planteamiento inicial de carácter general. Se considera que la serie temporal objeto de estudio ha sido generada por un proceso estocástico. Las técnicas de elaboración de los modelos ARIMA van dirigidas precisamente a identificar el modelo generador de las observaciones, para después, en un proceso iterativo, estimar y verificar el modelo, que una vez aceptado se utiliza para predecir valores futuros de la serie temporal.

Los modelos ARIMA se popularizaron a partir de 1970 merced a la obra de los estadísticos Box y Jenkins (1976). Conviene señalar que los métodos de alisado exponencial son casos particulares de los modelos ARIMA.

Dentro de los modelos cuantitativos el otro gran bloque está integrado por el análisis causal, denominado así porque en la explicación de la variable o variables objeto de estudio interviene factores externos. Quizás el término de causalidad, por las connotaciones de todo tipo que puede tener, sea demasiado fuerte para describir la forma en que inciden los factores externos en la explicación de una variable. Sin embargo este término ha adquirido su carta de naturaleza especialmente en el análisis estadístico de variables relacionadas temporalmente. El análisis de intervención, propuesto en Box y Tiao (1975), marcaría la frontera entre los modelos ARIMA univariantes y los modelos

causales. Mediante esta técnica se puede analizar la influencia de factores externos sobre la dinámica de una serie temporal.

Volviendo a la distinción entre métodos univariantes y métodos causales puede surgir el siguiente interrogante: en una investigación concreta, ¿Qué línea es conveniente seguir? Cuando se dispone de un modelo teórico adecuado, de información estadística suficiente y de una previsión precisa de los factores externos o variables explicativas es preferible utilizar un modelo causal como instrumento para la previsión. No obstante en muchas ocasiones no se dan simultáneamente esas circunstancias, siendo necesario recurrir al análisis de carácter univariante. En cualquier caso, siempre es útil, como una primera aproximación a un fenómeno, efectuar un análisis univariante de las variables involucradas en el modelo. Para la utilización de la metodología ARIMA univariante, como en los demás métodos de análisis univariante, solamente se requiere información, en forma de serie temporal, de la variable objeto de estudio. Ahora bien, cuando el número de observaciones es pequeño (para tener una referencia, aunque un tanto arbitraria, puede considerarse que es pequeña si el número de observaciones es inferior a 60) no sería recomendable la utilización de la metodología ARIMA.

## 8.2 MARCO TEÓRICO: SERIES TEMPORALES.

Del punto anterior se pudo llegar a la conclusión que el método de predicción mas adecuado a utilizar sería la metodología de Box-Jenkins, el Modelo ARIMA.

Este modelo se aplica sobre series temporales que fueron generadas por procesos estocásticos. Una serie temporal se puede considerar como un conjunto de observaciones (datos) de una variable, tomadas en intervalos regulares de tiempo.

En esta parte del capítulo veremos algunos puntos de importancia para la buena comprensión y aplicación de la metodología de Box-Jenkins. Entre los puntos que se verán están: procesos estocásticos, procesos estacionarios y ergódicos y los procesos lineales.

## PROCESOS ESTOCÁSTICOS

Un proceso estocástico se define como una familia de variables aleatorias que corresponden a momentos sucesivos de tiempo.

La determinación de las características de un proceso estocástico puede hacerse mediante dos formas alternativas, bien a partir de funciones de distribución conjunta o bien a partir de los momentos.

Se dice que un proceso estocástico está perfectamente caracterizado cuando se pueden determinar las funciones de distribución conjunta para cada conjunto finito de variables del proceso.

La determinación de las características del proceso a partir de las funciones de distribución es en general un procedimiento complicado, por lo que se acostumbra a utilizar preferentemente el método de los momentos. En una distribución de probabilidad se pueden calcular momentos de diverso orden, aunque son los momentos de primer y segundo orden los más utilizados.

En un proceso estocástico al que se designará, para simplificar la notación, por  $Y_t$ , la media o momento de primer orden se define de la siguiente forma:

$$\mu_t = E(Y_t)$$

El subíndice  $t$  señala que la media será en general distinta para cada período de tiempo.

Como momento de segundo orden respecto a la media es preciso considerar, además de la varianza, las covarianzas entre variables referidas a distintos momentos de tiempo o autocovarianzas a las que se designarán por

$$\gamma_{t,s} = \text{Var}(Y_t) = E(Y_t - \mu_t)^2$$

Cuando  $s = t$  se define la varianza:

$$\gamma_{t,s} = \text{COV}(Y_t, Y_s) = E(Y_t - \mu_t)(Y_s - \mu_s)$$

Como forma alternativa de caracterización de un proceso estocástico se utilizan los coeficientes de autocorrelación:

$$\rho_{t,s} = \frac{\text{COV}(Y_t, Y_s)}{\sqrt{\text{Var}(Y_t)\text{Var}(Y_s)}}$$

La caracterización de un proceso estocástico mediante los momentos de primer y segundo orden es en principio más incompleta que cuando se hace con funciones de distribución.

En el contexto de los procesos estocásticos, ¿Cómo se conceptualizaría una serie temporal? Aunque en una serie temporal se dispone de una observación para cada período de tiempo, no se obtiene en general de forma determinista como sería el caso en una función exacta del tiempo. Una serie temporal en general tendrá un carácter aleatorio, y se puede interpretar como una muestra de tamaño 1 tomada en períodos sucesivos de tiempo en un proceso estocástico. En ese sentido, a una serie temporal se le considera como una realización de un proceso estocástico. A diferencia de un muestreo aleatorio simple donde cada extracción es independiente de las demás, en una serie temporal el dato extraído para un período concreto no será, en general, independiente de los datos extraídos para períodos anteriores.

## PROCESOS ESTACIONARIOS Y ERGÓDICOS

Se dice que un proceso estocástico es estacionario en sentido estricto cuando al realizar un mismo desplazamiento en el tiempo de todas las variables de cualquier distribución conjunta finita, resulta que esta distribución no varía.

También en este caso es más complejo el análisis de la estacionariedad a partir de las funciones de distribución que si se efectúa a partir de los momentos. Se dice que un proceso es estacionario de primer orden, o media, si se verifica que:

$$E(Y_t) = \mu_t \quad \forall t$$

Por tanto en un proceso estacionario en media, la esperanza matemática, o media teórica, permanece constante a lo largo del tiempo.

Se dice que un proceso es estacionario de segundo orden (o en sentido amplio) cuando se verifican las dos condiciones siguientes:

- La varianza es finita y permanece constante a lo largo del tiempo, es decir:

$$E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 < \infty \quad \forall t$$

- La autocovarianza entre dos periodos distintos de tiempo únicamente viene afectada por el lapso de tiempo transcurrido entre esos dos periodos. Así:

$$E(Y_{t+k} - \mu)(Y_t - \mu) = \gamma_k \quad \forall t$$

Que sería una autocovarianza de orden  $k$ , por ser éste el lapso de tiempo que separa a  $Y_t$  de  $Y_{t+k}$ . Su valor  $\gamma_k$  es independiente de cuál sea el periodo  $t$  que se considere.

En un proceso estacionario las autocorrelaciones quedan definidas de la siguiente manera:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad k \geq 0$$

La representación gráfica de  $\rho_k$  para  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ , recibe el nombre de correlograma.

Además de la estacionariedad, es necesario que el proceso estocástico goce de la propiedad de ergodicidad, con objeto de que el proceso de inferencia pueda realizarse de una forma adecuada.

Una condición necesaria, aunque no suficiente, de la ergodicidad es que:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \rho_k = 0$$

## PROCESOS LINEALES

Una clase especial de los procesos estacionarios y ergódicos son los procesos lineales. Estos procesos se caracterizan porque se pueden representar como una combinación lineal de variables aleatorias. Entre los tipos de procesos lineales tenemos: procesos puramente aleatorios, procesos autorregresivos, procesos de medias móviles y los obtenidos con la combinación de estos dos últimos.

El proceso puramente aleatorio es el más simple de todos. Podría expresarse de la siguiente forma:

$$Y_t = \varepsilon_t$$

Donde  $\varepsilon_t$  satisface las siguientes propiedades:

$$E[\varepsilon_t] = 0 \quad \forall t$$

$$E[\varepsilon_t^2] = \sigma^2 \quad \forall t$$

$$E[\varepsilon_t \varepsilon_{t'}] = 0 \quad \forall t \neq t'$$

Un proceso puramente aleatorio se caracteriza porque su media – igual a 0 – y su varianza son constantes a lo largo del tiempo y porque no existe relación entre valores referidos a momentos distintos del tiempo.

En el tratamiento de series temporales, se suele asignar a un proceso puramente aleatorio con la denominación de “ruido blanco”.

Naturalmente, al no existir relación entre valores referidos a momentos distintos del tiempo, el “ruido blanco” está alejado de la concepción intuitiva que se ha dado de un proceso estocástico. Sin embargo el “ruido blanco” es una pieza clave en la construcción de procesos estocásticos más complicados como pueden ser los procesos autorregresivos y los procesos de medias móviles.

El proceso autorregresivo de orden p, o utilizando la notación usual, un proceso AR(p) se expresa de la siguiente forma:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Se puede ver que en este tipo de procesos aparece un ruido blanco referido al momento actual y la variable desfasada para distintos períodos, siendo p el retardo máximo que aparece en el proceso. La denominación de autorregresivo procede de que  $Y_t$  se obtiene mediante regresión sobre valores desfasados de la propia variable.

Un proceso de medias móviles de orden q, o un proceso MA(q) viene dado por:

$$Y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

La expresión de medias móviles hace referencia a que la variable  $Y_t$  se obtiene como un promedio de variables de “ruido blanco” (en este caso q + 1), siendo las  $\theta_t$  los coeficientes de ponderación; como las variables que forman parte de este promedio varían a lo largo del tiempo, reciben el apelativo de móviles.

Finalmente, mediante una combinación de un proceso autorregresivo, y un proceso de medias móviles se obtiene un proceso ARMA(p,q), donde p indica el retardo máximo de la parte autorregresiva y q señala el correspondiente a las medias móviles. La divulgación y popularización de este tipo de procesos se



debe fundamentalmente a la obra de Box y Jenkins (1976). La expresión de un proceso ARMA(p,q) es la siguiente:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

### 8.3 PREDICCIÓN DE PARÁMETROS – MÉTODO ARIMA

Los procesos Arima son una clase particular de procesos estocásticos, pero sin embargo pueden ser utilizados para describir el comportamiento de la mayor parte de las series. Por ello se considerará que una serie temporal dada es una realización de un proceso estocástico específico ARIMA.

Con una estructura ARIMA se pueden obtener infinitas realizaciones del proceso. En cada realización la muestra de “ruidos blancos” será diferente, y por consiguiente, también será diferente la serie temporal generada.

Las fases que se pueden considerar para la elaboración de un modelo Arima son: identificación, estimación, validación y predicción.

En la fase de identificación, en una primera etapa se procede a efectuar un análisis de estacionariedad de la serie. En el caso de que se trate de una serie no estacionaria se aplican transformaciones adecuadas con el objeto de convertirla en estacionaria.

En la segunda etapa de la fase de identificación se procede a determinar el orden de la parte autorregresiva y el orden de la parte de medias móviles del proceso ARMA que se considere haya podido generar a la serie estacionaria.

En el proceso de estimación será necesario utilizar procedimientos no lineales.

La fase de validación va dirigida precisamente a establecer si se produce o no esa adecuación entre datos y modelo.

Finalmente, en la fase de predicción, se realizan pronósticos en términos probabilísticas de valores futuros de la variable. La predicción es el verdadero banco de prueba de un modelo: en el caso de existir discrepancias de carácter sistemático entre los valores pronosticados y los que se observen realmente, se deberá cuestionar la validez del modelo identificado.

En la práctica los datos que se utilizan para la predicción tienen en muchas ocasiones un carácter estacional.

En la elaboración de un modelo ARIMA se suelen tener en cuenta dos principios:

- a) Selección del modelo de forma iterativa
- b) Principio de parametrización escueta: consiste en postular un modelo generador con el mínimo número de parámetros posibles, y proceder a su ampliación únicamente en caso de que sea estrictamente necesario para explicar el comportamiento de la serie de objeto de estudio.

## IDENTIFICACIÓN DE MODELOS ESTACIONARIOS

### Instrumentos de identificación de los modelos estacionarios

Como instrumentos básicos de identificación de los modelos estacionarios se utilizarán la función de autocorrelación estimada (FACE) y la función de autocorrelación parcial estimada (FAPCE). En esta parte se examinará en qué medida los coeficientes de autocorrelación estimados a partir de una muestra, y cuya secuencia constituye la FACE, son útiles para identificar el proceso generador.

Por otra parte, la función de autocorrelación parcial estimada es un instrumento desarrollado específicamente para la identificación de modelos ARMA.

Según cual sea el tamaño de la muestra, la identificación del proceso generador puede revestir distinto grado de dificultad. Por ello será analizada también la incidencia del tamaño de la muestra sobre algunos procedimientos de identificación.

### El tamaño de la muestra

La identificación del modelo generador será tanto más fácil cuanto mayor sea el tamaño de la muestra. Para analizar la incidencia de este factor, a partir de su estructura:

$$Y_t = 0.7Y_{t-1} + \epsilon_t \quad (Y_0 = 0)$$

Se han generado muestras de distinto tamaño, desde T=30 hasta T=1000.

Cuando el tamaño de la muestra es 30, el comportamiento de la FACE y de la FACPE no guarda ninguna similitud con el comportamiento de las correspondientes funciones teóricas. Además, prácticamente ninguno de los coeficientes es significativamente distinto a 0 para un nivel de confianza del 95%. Por esta razón tanto la FACE como la FACPE pueden provenir hipotéticamente de un proceso de ruido blanco.

Para un tamaño igual a 50 se esboza el parentesco de las funciones estimadas con las funciones teóricas. Así, en la FACE se advierte un cierto decrecimiento exponencial mientras que en la FACPE se produce un corte brusco después del primer coeficiente.

A partir de muestras de tamaño 100, aparece claro el decrecimiento exponencial en la FACE y el corte brusco en la FACPE después del primer coeficiente.

Al evaluar los resultados obtenidos conviene advertir que el comportamiento de las series será distinto en cada experimento que se efectúe. Algunos consideran pequeño un tamaño de muestra inferior a 50 o 60 observaciones, aunque siempre hay que tener en cuenta las características particulares de la serie que se está analizando.

## 8.4 LIMITACIONES

El presente capítulo es un resumen de la parte teórica necesaria para poder comprender y aplicar la predicción mediante la metodología de ARIMA. Dicha metodología es muy laboriosa si se pretende realizar los cálculos matemáticos necesarios, es por esto que se optó por proponer el uso de un software estadístico llamado el SPSS versión 12.

Los datos hidrometeorológicos obtenidos presentaban datos faltantes, los cuales mediante la aplicación de una regresión lineal (la que resulta de sencilla aplicación mediante el software usado: SPSS12) pudieron completarse sin ninguna dificultad.

Lo ideal en la elaboración del presente capítulo es la obtención de una mayor historia de datos, es decir tener registro de mas de 50 años.

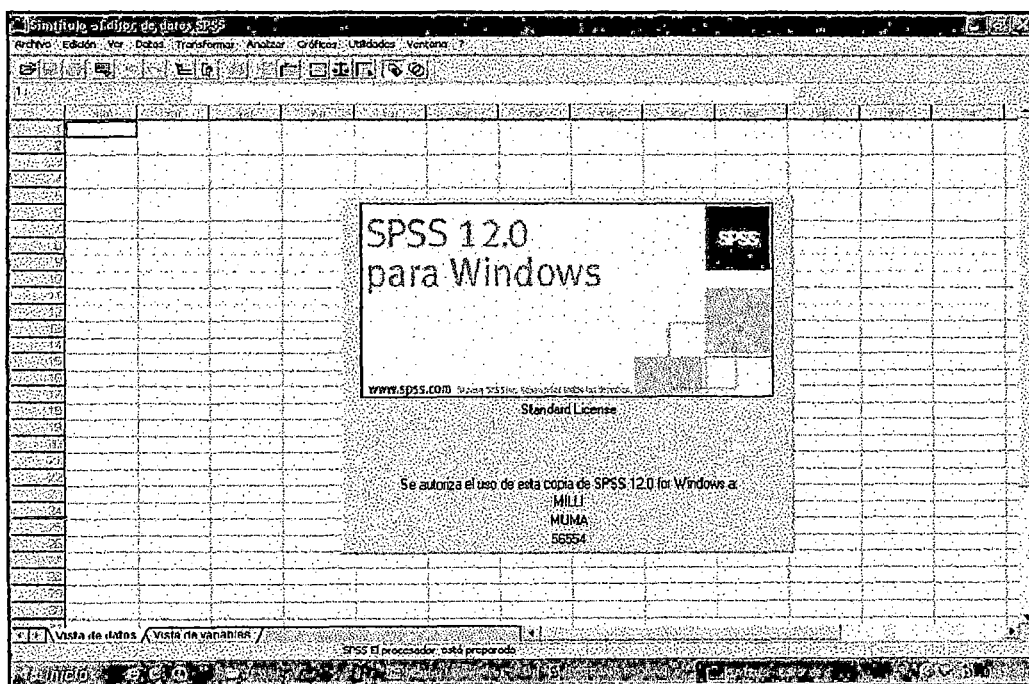
La metodología de Box – Jenkins presenta un porcentaje de acierto en la predicción de valores dentro de un periodo no muy amplio, por lo que esta metodología se estaría realizando para una previsión de aproximadamente 1 año

## EL SPSS (Statistical Package for Social Sciences)

Veremos una pequeña introducción al programa SPSS (Paquete Estadístico para Ciencias Sociales) versión 12.0. Actualmente la versión vigente o la más actualizada es la 14.0. La versión 12.0, a utilizar, es una versión que cuenta con un traductor incorporado, lo cual hace más sencillo el trabajo.

Este programa ofrece un rápido entorno de modelación visual desde lo más simple hasta lo más complejo, para crear modelos de manera interactiva y realizar cambios utilizando técnicas analíticas probadas y acreditadas. Permite sacar provecho a los datos utilizando una completa gama de herramientas.

En la siguiente figura se puede ver la pantalla o entorno de trabajo de este paquete, el cual como se puede ver presenta un entorno Windows y una similitud en presentación al Microsoft Office Excel, pero debo hacer presente que el SPSS no es un programa de hoja de cálculo.



PANTALLA PRINCIPAL DEL SPSS V. 12.0

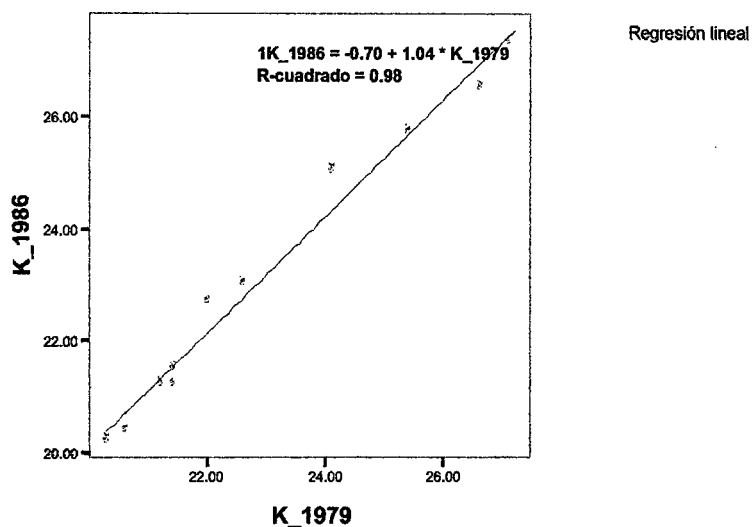
## COMPLETACIÓN DE DATOS

En la siguiente figura se verá los valores mensuales de la variable TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, desde el año 1972 hasta el 2003. Las filas corresponden a los 12 meses del año, mientras que las columnas corresponden a los años, que para el programa son las VARIABLES PROPIAMENTE DICHAS, donde los valores de esta matriz corresponden a los valores de esta variable. Vemos que los nombre de las variables (columnas) empiezan con la letra "K" (ejemplo: K\_1972), esto ya que el nombre de las variables no puede empezar con un número.

Estos datos se encuentran incompletos (faltan MARZO DE 1986 y ABRIL DE 1989), entonces se completarán los datos haciendo uso del SPSS, mediante una REGRESIÓN LINEAL entre los mismos meses de cada año, es decir MARZO DE 1986 con MARZO DE 1972, 1973, .... , 1985, 1987, 1988, 1990, 1991,....., 2002, 2003. Para cada uno de los 30 pares se obtienen, 30 COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN ("r" cuadrado) donde se escoge el par donde dicho coeficiente sea el más alto. Esto se repite tanto para MARZO DE 1986 como para ABRIL DE 1989.

	CASF-1 (r)	K_1972	K_1973	K_1974	K_1975	K_1976	K_1977	K_1978	K_1979	K_1980	K_1981	K_1982	K_1983
1	ENE	26.30	27.50	24.50	25.30	25.60	26.70	25.80	26.60	26.30	25.30	25.00	27.10
2	FEB	27.80	27.60	26.30	26.30	26.30	27.20	27.10	27.10	26.90	27.30	27.20	26.10
3	MAR	27.70	27.60	26.70	26.60	27.10	27.10	26.90	27.20	27.20	26.40	26.70	27.60
4	ABR	28.60	25.40	24.90	26.00	26.00	26.10	25.00	25.40	26.20	25.20	24.90	27.20
5	MAY	24.70	23.00	23.00	23.00	24.40	23.90	23.20	22.00	23.60	22.20	24.00	27.10
6	JUN	24.30	20.30	21.30	21.00	23.20	22.10	21.10	20.60	21.90	20.80	22.20	26.30
7	JUL	23.30	18.90	20.20	19.90	22.10	20.90	21.40	20.30	21.00	19.60	21.60	24.40
8	AGO	23.10	18.50	20.00	19.70	22.10	19.80	20.00	21.20	20.20	19.10	21.00	22.80
9	SET	22.20	19.80	20.00	19.10	21.70	20.50	20.90	21.40	20.60	20.20	21.90	21.90
10	OCT	22.90	19.30	20.00	20.20	21.00	20.00	20.90	21.40	21.30	21.40	23.30	22.50
11	NOV	23.40	20.60	22.00	20.30	23.00	22.00	23.20	22.00	22.30	22.00	26.20	23.20
12	DIC	26.30	22.00	23.30	22.60	25.10	24.60	24.60	24.10	23.90	24.40	27.20	24.60

DATOS DE TEMPERATURA INGRESADOS AL SPSS

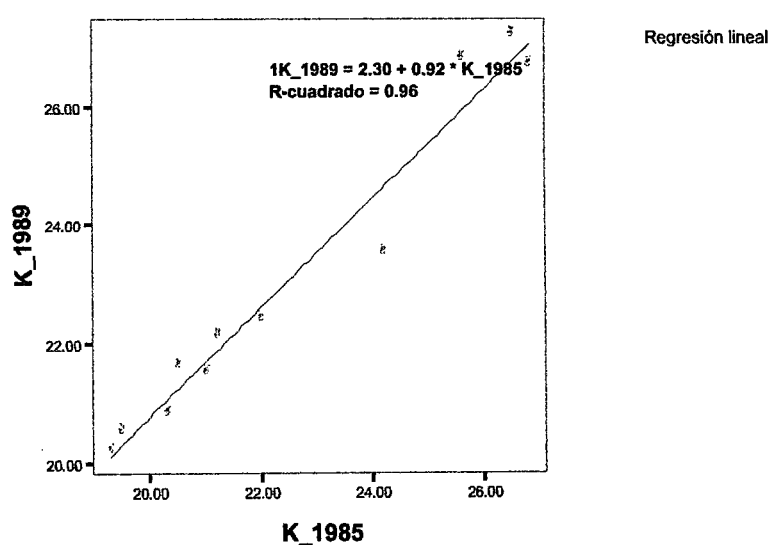


En esta figura podemos ver que el par MARZO DE 1986 y MARZO DE 1979 presenta un valor de r-cuadrado igual a 0.98, siendo la ecuación de regresión:

$$(\text{Temperatura Marzo 1986}) = -0.70 + 1.04 \times (\text{Temperatura Marzo 1979}),$$

Teniendo esta ecuación pasamos a reemplazar el valor de la temperatura en marzo de 1979 obteniendo así que el valor de la temperatura en marzo de 1986 es de 27.59.

Análogamente se procede para el mes de abril.



De la misma manera hacemos para el par ABRIL DE 1989 y ABRIL DE 1985 presenta un valor de r-cuadrado igual a 0.96, siendo la ecuación de regresión:

$$(\text{Temperatura Abril 1989}) = 2.30 + 0.92 \times (\text{Temperatura Abril 1985}),$$

Obteniendo así que el valor de la temperatura en abril de 1989 es de 24.84.

## MODELOS ARIMA EN EL SPSS.

A continuación enunciaremos las distintas etapas de la cual se compone la metodología a seguir en la construcción de un modelo ARIMA.

- Inspeccionar, mediante el gráfico de la serie, la varianza, la media y la estacionalidad.
- Analizar si la serie es estable en varianzas. En caso contrario, buscar una transformación que la estabilice.
- Analizar si la serie es estable en medias. En caso contrario, diferenciar regularmente hasta que la serie obtenida presente media constante.
- Analizar si la serie es estacional. En dicho caso, diferenciar estacionalmente hasta que la serie obtenida no presente estacionalidad.
- Si la serie no es estable en medias y es estacional, probar si diferenciando sólo estacionalmente, se estabiliza la media.
- Estimar los órdenes de las partes autorregresivas y de medias móviles regulares. Si la serie es estacional estimar los órdenes de las partes autorregresivas y de medias móviles estacional.
- Ajustar el modelo elegido y los obtenidos al sobreajustar los órdenes del elegido.
- Seleccionar aquellos modelos tales que las estimaciones de los parámetros sean significativamente distintas de cero y, tras compararlos, elegir el mejor modelo. Si el mejor corresponde a uno de los sobreajustes, considerarlo como modelo elegido, sobreajustarlo y compararlo con los modelos sobreajustados. Repetir la misma operación hasta que ningún modelo mejore el ajuste del modelo elegido.

- Validar el modelo elegido. Si los residuos no corresponden a un ruido blanco, tratar de mejorarlo.
- Evaluar la capacidad predictiva del modelo elegido considerando un periodo histórico y un periodo de validación. Si el modelo es adecuado en ese sentido, obtener predicciones para el futuro con el modelo ajustado.

Todos los pasos anteriormente mencionados son los que normalmente se deben seguir tanto en un análisis tradicional como en uno usando el paquete estadístico SPSS.

Como un ejemplo para este punto y además como una muestra de lo potente y relativamente sencillo (asumo como sencillo sólo el procedimiento en el software, ya que éste debe estar acompañado previamente de una base sólida en la parte teórica) que resulta el cálculo con el SPSS de los órdenes (p, d, q, P, D, Q) del modelo ARIMA, construiremos el modelo para la variable TEMPERATURA MEDIA MENSUAL en C°, donde los datos corresponden a la estación Miraflores (Latitud 05°10'00", Longitud 80°36'51", Altitud 30 msnm.) de la División de Hidrometeorología del Proyecto Chira – Piura.

En las próximas figuras se verán algunos de los pasos del procedimiento a seguir en la construcción del modelo ARIMA (p, d, q) (P, D, Q)S.

The screenshot shows the SPSS interface with a data view of monthly temperature data from 1972 to 1974. A dialog box titled 'Seleccionar casos para el análisis' is open, allowing the user to select cases for analysis. The dialog box has the following fields:

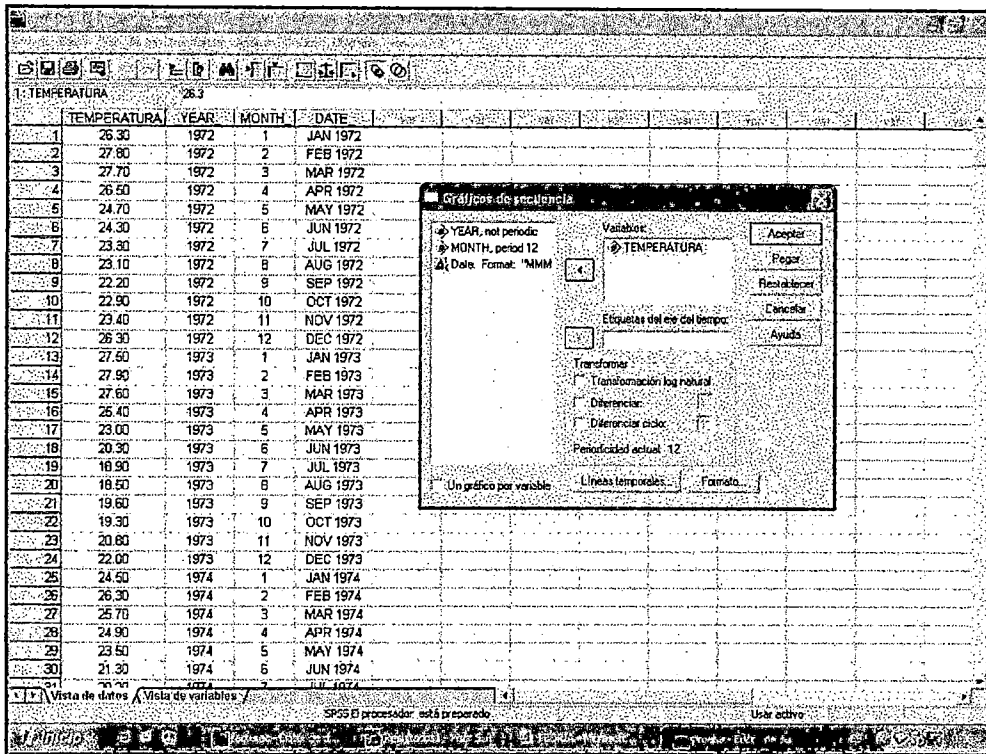
- Seleccionar: TEMPERATURA
- Seleccionar: TEMPERATURA
- Seleccionar: YEAR, no período
- Seleccionar: MONTH, período 12
- Seleccionar: Si se satisface la condición
- Mostrar detalles de casos
- Basándose en el rango del tiempo o de los casos
- Rango...
- Usar variables de filtro
- Los casos no seleccionados son
- Excluidos
- Excluidos

The data view shows the following data:

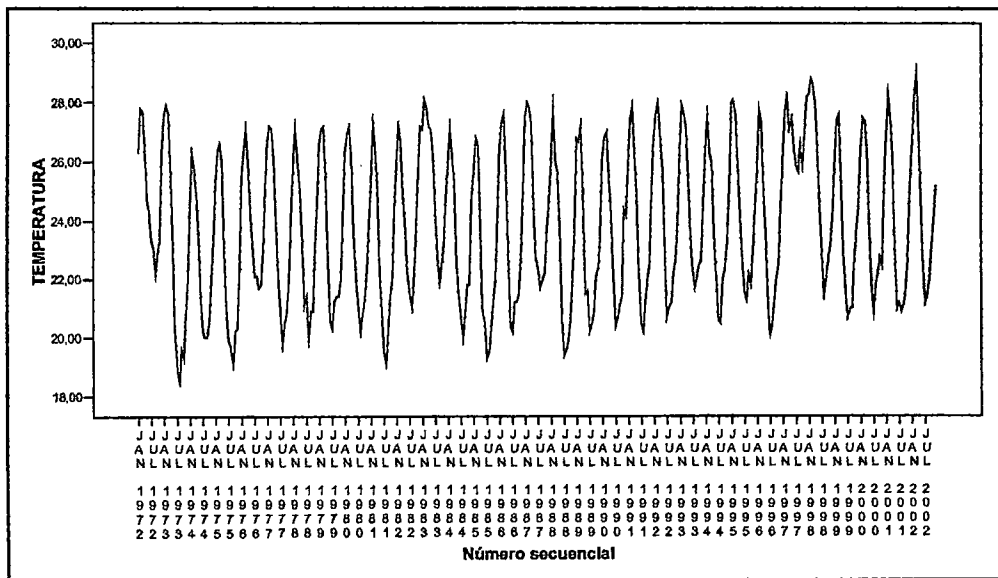
TEMPERATURA	YEAR	MONTH	DATE
26.30	1972	1	JAN 1972
27.80	1972	2	FEB 1972
27.70	1972	3	MAR 1972
26.60	1972	4	APR 1972
24.70	1972	5	MAY 1972
24.30	1972	6	JUN 1972
23.90	1972	7	JUL 1972
23.10	1972	8	AUG 1972
22.20	1972	9	SEP 1972
22.90	1972	10	OCT 1972
23.40	1972	11	NOV 1972
26.30	1972	12	DEC 1972
27.50	1973	1	JAN 1973
27.90	1973	2	FEB 1973
27.60	1973	3	MAR 1973
28.40	1973	4	APR 1973
23.00	1973	5	MAY 1973
21.90	1973	6	JUN 1973
18.30	1973	7	JUL 1973
18.60	1973	8	AUG 1973
18.30	1973	9	SEP 1973
18.30	1973	10	OCT 1973
20.60	1973	11	NOV 1973
22.00	1973	12	DEC 1973
24.60	1974	1	JAN 1974
26.30	1974	2	FEB 1974
26.70	1974	3	MAR 1974
24.30	1974	4	APR 1974
25.50	1974	5	MAY 1974
21.30	1974	6	JUN 1974

SELECCIONAR CASOS PARA POSTERIOR VALIDACIÓN

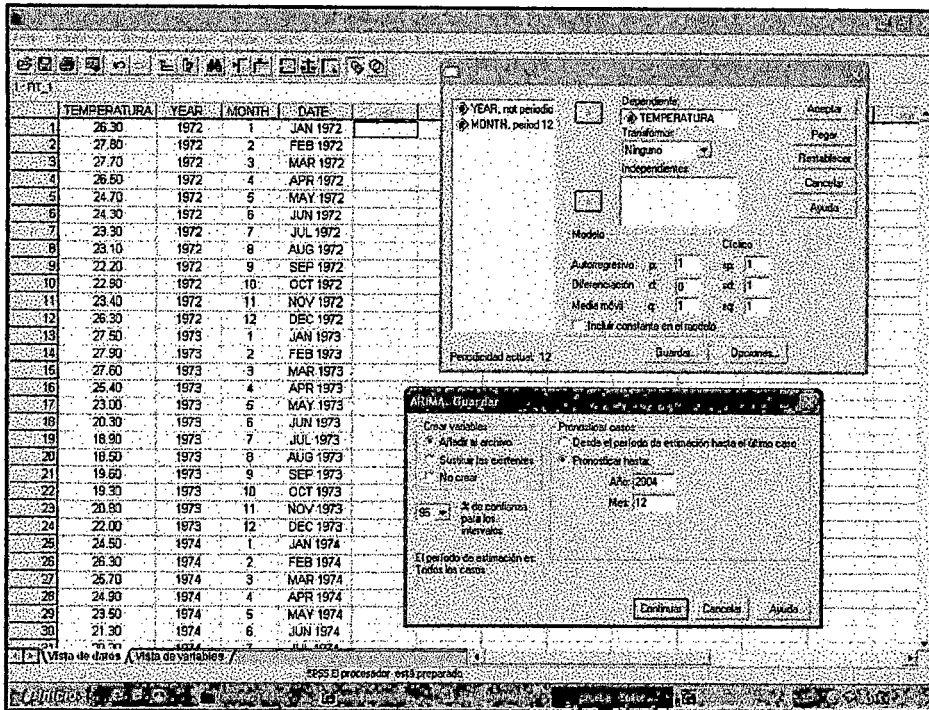




GENERAR EL GRÁFICO DE SECUENCIA DE LA SERIE TEMPERATURA



RESULTADO OBTENIDO DEL PASO ANTERIOR



INTRODUCCIÓN DE LOS ÓRDENES DEL MODELO ARIMA Y PREDICCIÓN

	TEMPERATURA	YEAR	MONTH	DATE	FIT_1	ERR_1	LCI_1	UCI_1	SEP_1
367	21.20	2002	7	JUL 2002	21.65605	-45605	20.34924	22.96286	56456
368	21.50	2002	8	AUG 2002	21.17094	32906	19.86413	22.47776	56456
369	22.00	2002	9	SEP 2002	21.92544	-07456	20.61863	23.23226	56456
370	23.20	2002	10	OCT 2002	22.47843	-72157	21.17162	23.78524	56456
371	24.00	2002	11	NOV 2002	23.80774	-19226	22.50093	25.11456	56456
372	25.20	2002	12	DEC 2002	25.61645	-41645	24.30964	26.92326	56456
373	27.31	2003	1	JAN 2003	26.86597	44046	25.55916	28.17276	56456
374	26.95	2003	2	FEB 2003	28.47976	-12976	27.17297	29.78659	56456
375	26.05	2003	3	MAR 2003	28.30594	-24142	26.99813	29.61275	56456
376	26.24	2003	4	APR 2003	29.69103	-45437	25.36423	27.99784	56456
377	24.21	2003	5	MAY 2003	24.36144	-15499	23.05483	25.66826	56456
378	22.95	2003	6	JUN 2003	22.14590	40076	20.83910	23.45271	56456
379	21.75	2003	7	JUL 2003	21.47095	26056	20.16415	22.77776	56456
380	21.44	2003	8	AUG 2003	21.58366	-24193	20.37706	22.99067	56456
381	21.55	2003	9	SEP 2003	21.96963	-41953	20.65272	23.27633	56456
382	22.69	2003	10	OCT 2003	22.33014	36696	21.02339	23.63694	56456
383	23.65	2003	11	NOV 2003	23.40795	24205	22.10114	24.71476	56456
384	25.70	2003	12	DEC 2003	25.16292	54031	23.85611	26.46972	56456
385		2004	1		27.33264		26.02593	28.63945	56456
386		2004	2		28.46203		26.91907	30.10499	63550
387		2004	3		28.25203		26.39470	30.10897	94452
388		2004	4		26.75299		24.74860	28.75737	1.01930
389		2004	5		24.71151		22.60266	26.82037	1.07243
390		2004	6		22.74443		20.55982	24.92903	1.11095
391		2004	7		21.76158		19.52136	24.00180	1.13523
392		2004	8		21.63133		19.34992	23.91274	1.16018
393		2004	9		22.01308		19.70119	24.32537	1.17576
394		2004	10		22.73254		20.39750	25.06758	1.18745
395		2004	11		23.52419		21.17192	25.67644	1.19621
396		2004	12		25.23163		22.65652	27.59703	1.20279

RESULTADO DE LA PREDICCIÓN HASTA EL AÑO 2004

En el ejemplo, se hizo predicción hasta el 2004 por que se tomaron datos desde Enero del 1972 hasta el 2003, entonces cualquier modificación en los parámetros que sucedan en forma inusual nos estaría indicando la presencia del fenómeno en estudio.

Hay que tener en cuenta que se puede monitorizar los parámetros características de este fenómeno y poner en alerta ante la presencia del evento.

Cabe resaltar que lo mismo que se mostró en el ejemplo anterior es aplicable a todos los parámetros que intervienen en la predicción del fenómeno.

Es importante señalar que este tipo de predicción todavía no se ha aplicado a la Ingeniería Civil, este software, el SPSS vs. 12, es aplicado generalmente por los economistas, sin embargo se está demostrando que es una herramienta importante en la ingeniería civil en el área de Hidráulica e hidrología, y puede llegar a ser usado como el SAP, AutoCAD, etc.

## **CAPÍTULO IX**

### **SELECCIÓN DE LAS ÁREAS DE EXPANSIÓN URBANA Y LINEAMIENTO DE DESARROLLO**

#### **9.1 FACTORES A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE ÁREAS DE EXPANSIÓN URBANA**

La expansión urbana constituye la concreción física de los requerimientos especiales de personas y actividades asentadas en las áreas urbanas, es decir, la racionalización de las relaciones entre los factores: población, espacio, tiempo, y actividades, a través de una normatividad conveniente en coherente relación con las actividades sociales, económicas y espaciales que son parte integrante del desarrollo. Las zonas de expansión urbana elaboradas por INDECI son mostradas en el plano: Zona de expansión urbana.

Los factores necesarios para seleccionar áreas adecuadas para el desarrollo urbano son: físicos, legales y socioeconómicos.

Los Factores Físicos: se refieren a la ubicación geográfica y condiciones ambientales, principalmente de: suelos, clima, topografía existente que permiten su atracción o repulsión, seguridad, uso de suelos, accesibilidad y factibilidad de servicios. La densidad de ocupación del suelo es un indicador que relaciona el número de habitantes de una determinada área y la superficie de ese espacio, por consiguiente indica el grado de ocupación del espacio. Ofrece una topografía llana, propia de los fenómenos del desierto costanero que fue cubierto por médanos. Según el plano topográfico, estas zonas por lo general son altas con respecto al casco central antiguo, constituyendo áreas de menores riesgos ante un evento pluvial intenso.

En cuanto a los tipos de suelos en las zonas mencionadas, ellos, están cubiertos, mayormente, por arenas limosas de grano fino (SP) de color gris semicompacto.

Es necesario saber el uso que se está dando al suelo, para así no utilizar los terrenos de uso agrícola; se debe en lo posible, considerar terrenos eriazos a los que posteriormente se evalúe según los otros factores.

Se deben ubicar terrenos que sean fácilmente accesibles y puedan mantener estrecha relación con los asentamientos humanos ya consolidados.

Con respecto a la factibilidad de dotación de servicios de agua, desagüe, energía, transporte y comunicaciones, está restringida, dada la actual deficiencia de los abastecimientos de estos servicios básicos.

Para los Factores Legales: se debe tener en cuenta quién es el propietario de los terrenos, así como quién los usufructúa, porque se pueden presentar problemas si el área es: zona militar, reserva ecológica o propiedad privada. Otros terrenos están en proceso de adjudicación a favor de los damnificados del fenómeno de El Niño 1998.

Para los Factores Económicos: la influencia de este factor está dada principalmente por los costos de la habilitación urbana; porque se sabe que muchas veces el factor económico es un factor determinante para realizar la elección. Los costos para las habilitaciones urbanas son altos. La tenencia del suelo es objeto de la concentración o subdivisión de la propiedad, originando la especulación, la participación en el mercado de la vivienda y servicios, originando un plusvalor. El sobre crecimiento de la ciudad, el creciente flujo migratorio, inducen a una urbanización desordenada y explosiva si no es debidamente reglamentada,

Los Factores Sociales: están representados por el uso social del espacio y la demanda. El uso social del espacio está dado generalmente por los excedentes de los asentamientos humanos aledaños al área de estudio.

En cambio, la demanda de una determinada área se da como consecuencia de una evaluación apresurada y no especializada que realiza la misma población, presionada por la necesidad. La idiosincrasia del poblador

determina su permanencia o salida hacia otras áreas con mayores o menores facilidades. En general, podemos decir que son los factores socio económico los que han ido cobrando mayor fuerza en la determinación de la ocupación del suelo urbano. La ciudad de Sullana presenta extensas áreas de expansión urbana que se describen a continuación:

- *Hacia el Nor-Oeste (2.5 Km. de la pista hacia Palta).*

Actualmente, la tendencia de crecimiento urbano se está desarrollando hacia el sector en los cuales hay habilitaciones urbanas en ejecución y/o proyecto arquitectónico.

- *Hacia el Sur-este*

Se encuentran los terrenos en habilitación para uso industrial y proyectos parcialmente ejecutados por la Sub-región "Luciano Castillo Colonna".

Las tendencias de expansión urbana se están dando sobre terrenos eriazos, la más importante se localiza al oeste de la ciudad, a lo largo del eje a Paíta, cuyo principal límite es el abastecimiento de agua potable y los suelos arenosos.

Los terrenos libres del oeste, hacia el límite con el Boquerón (quebrada artificial), están siendo progresivamente ocupados en forma incipiente. Existe una menor tendencia hacia la carretera Tambogrande. Las propuestas de áreas para expansión urbana han encontrado limitantes, ya que no existe estudios integrados en relación a aspectos geomorfológicos, geodinámicos, sismológicos e hidrológicos a nivel de la ciudad que son de mucha importancia para localizar las áreas óptimas.

## 9.2 SELECCIÓN DE ÁREAS ADECUADAS PARA EL DESARROLLO URBANO

La selección de áreas adecuadas para el desarrollo urbano se hacen según ordenanza municipal N° 001-2000/MPS (Ver Anexo N° 5). La cual nos indica el uso de suelo que nos llevará no sólo a lograr el desarrollo urbano sino llegar a proponer medidas preventivas ante riesgo de cualquier fenómeno natural, lo cual favorecerá a mejorar la calidad debida.

La política más importante es la selección apropiada de los lugares para su desarrollo: es decir, seleccionar las áreas de más bajo riesgo, disponible para ubicar los componentes urbanos más importantes de la ciudad tales como áreas residenciales de alta densidad, áreas industriales, usos de educación, salud, centro de reunión y otros donde se albergue gran cantidad de personas, mientras que los sectores más peligrosos serán para recreación, desarrollo agrícola y otros usos adecuados.

Los planes de desarrollo están basados en el concepto de Microzonificación, que es un método de planificación que consiste en estudiar de manera multidisciplinaria un área de interés (que en general abarca unos pocos kilómetros cuadrados), tomando en consideración todos los fenómenos naturales que puedan ocurrir en ella, como movimientos sísmicos, lluvias torrenciales, etc., de manera que se pueda evitar posibles consecuencias de éstos como son: deslizamientos, avalanchas, inundaciones, etc., y minimizar cuantitativamente la pérdida de vidas humanas, así como los perjuicios económicos de la ciudad y población, para lo cual se determinan los lugares más seguros para la construcción de las edificaciones del hombre a la vez se determina el tipo de edificación más adecuada para esas zonas.

La principal limitación para obtener mayores beneficios de los estudios de microzonificación radica en que depende de la acogida que éstos tengan en las autoridades y la población de la zona objeto de estudio, porque éstos no garantizan unas mejoras en las vidas ni los bienes de las personas, sino la aplicación de sus resultados como parámetros en los planes de desarrollo urbano.

### 9.3 PROBLEMAS DETECTADOS Y FUTURAS INVESTIGACIONES

El trabajo de campo, realizado en la ciudad de Sullana - Bellavista, para el presente estudio, consistió en el reconocimiento del terreno, recopilación de datos e información.

Se detectó diversos problemas que requieren estudiarse para ser analizados e interpretados con mayor detalle.

### Investigación Geotécnica

En aspectos técnicos, la información existente es escasa y está concentrada en el aspecto de mecánica de suelos.

Por ser zona sísmicamente activa, se requiere de un conocimiento cuantitativo de las condiciones del suelo.

### Características Dinámicas

Para lograr una zonificación más detallada, se deben conocer las propiedades dinámicas del subsuelo, para lo cual se deben realizar en Sullana y Bellavista ensayos de Microtrepidaciones.

Se define como Microtrepidación, la respuesta dinámica del suelo a la acción de cualquier perturbación externa y su objetivo es encontrar el período predominante del suelo.

### Estudio del Sistema de Drenaje de la Napa Freática

Es otro punto importante que requiere mayor atención, para lo cual se debe medir su nivel a través de pozos de observación e instalarlos en los pueblos jóvenes o alrededores del casco urbano, con el fin de conocer la evolución del flujo y poder predecir su comportamiento.

Es importante recalcar el conocimiento de las profundidades del nivel freático para determinar una correlación con las intensidades sísmicas y períodos predominantes del suelo.

### Estudio de la Vulnerabilidad de Sullana - Bella Vista

Se requieren más estudios para determinar los posibles efectos de lluvias torrenciales, así como de un sismo severo y las medidas necesarias para mitigar sus efectos.

Los tipos de vulnerabilidad, que se debe tener en cuenta, son de acuerdo a las características físicas y socioeconómicas de la ciudad.

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad física tenemos los siguientes factores:

- Tipos de materiales de construcción



- Estructuración deficiente, grado de deterioro, altura, estado de servicio básico.
- Urbanización
- Áreas consolidadas
- Asentamientos en proceso de consolidación.

Así por ejemplo, en el casco urbano, existe un cierto grado de vulnerabilidad por lo tanto, hay tareas a realizar como:

- ❖ Demolición de casas antiguas de quincha y adobe, cuya estructura presenta grave peligro para los peatones, con riesgo a desplomarse en caso de presentarse otro evento severo siendo este un sismo o un fenómeno El Niño.
- ❖ Reforzamiento estructural y reparación de las instalaciones de las viviendas.
- ❖ Creación de áreas libres.
- ❖ Aperturas de vías para dar fluidez al tráfico de emergencia y/o hacia áreas de refugio en casos de desastre.

Respecto a viviendas, como previsión de desastres es necesario tomar las siguientes acciones:

- ✓ Capacitar a la población y a maestros albañiles en lo referente a técnicas de construcción asísmica, mediante convenios con SENCICO u otras instituciones afines o en casos extremos con universidades en la especialidad de Ingeniería Civil y Arquitectura.
- ✓ Brindar asesoramiento técnico permanente en la reconstrucción de viviendas.
- ✓ Reforzamiento estructural y adecuada reparación de las instalaciones de las edificaciones.

En conclusión, mediante una adecuada planificación y eliminación o reducción de situación de vulnerabilidad, es posible reducir los riesgos producidos por los desastres naturales más frecuentes en esta ciudad, como son las lluvias torrenciales y en el segundo orden, los sismos.

### Contaminación Ambiental

Este problema se presenta a la altura de los dos puentes que cruzan al río Chira percibiéndose malos olores, debido al arrojado de aguas servidas de la ciudad de Sullana, que contribuye a la afectación del ecosistema del río. Se nota la proliferación del lirio acuático (planta que crece en ríos tropicales), estimándose en más de 100 hectáreas del río que han sido cubiertos por esta planta.

## 9.4 NECESIDAD DE APLICAR UN PLAN DE DESARROLLO HACIA EL AÑO 2010

El desarrollo urbano, se define como un proceso de transformación de los Asentamientos Humanos, que mejora el nivel de bienestar de los habitantes y consolida una base para promover el desarrollo económico.

Sirve como herramienta de trabajo, para dirigir el crecimiento de la ciudad.

Un Plan de Desarrollo, al año 2010 es un instrumento de gestión del territorio, que tiene por finalidad el acondicionamiento del espacio físico de la ciudad y ayudará también al control concertado del desarrollo del territorio.

Un Plan de Desarrollo Urbano para Sullana, debe contener la expresión de las necesidades y aspiraciones de los Sullanenses, por tanto su vigencia y la gestión de las propuestas contenidas en él van más allá de las actuales gestiones de los gobiernos: central y municipal.

En el escenario de desarrollo de Sullana al 2010, las propuestas por presentar deberán ser redactadas en términos de objetivos por alcanzar, los mismos que serán formulados con la participación ciudadana y técnica. Estas propuestas plantearán objetivos y estrategias para el desarrollo físico de la ciudad de acuerdo a los ejes de desarrollo

El Plan de Desarrollo es una respuesta a un problema actual, que se ejecutará en base a sus metas, dando soluciones a problemas concretos, racionalizando el uso del suelo e identificándose con la realidad cualitativa y cuantitativa, solucionando en este caso el problema contemplado en la meta de consolidar Sullana – Bellavista y los Asentamientos Humanos, según las normas y reglamentos establecidos de acuerdo a la zonificación que ellos requieran.

Es necesario que se tomen en cuenta al aplicar un plan de desarrollo hacia el año 2010 los elementos que estoy considerando y que no han sido desarrollados por las investigaciones precedentes, tales como la inclusión de mejoramiento de la recolección de la información hidrometeorológica para su posterior monitoreo y para que pueda aplicarse la metodología de Box-Jenkins de predicción utilizando el método ARIMA.

Es importante tener presente que los datos ofrecidos por el Proyecto Chira – Piura y los datos de SENAMHI concuerdan lo que permite asegurar que los datos utilizados en el presente trabajo son válidos y confiables.

## CONCLUSIONES

- El crecimiento poblacional de Sullana y Bellavista en un principio se dio desordenadamente, las invasiones se produjeron desmesuradamente por todos los lados de la zona poblada hasta saturarlos, escapando de una adecuada gestión de planificación urbanística y ambiental de desarrollo urbano. Antes del año 1983, la ciudad de Sullana no presentaba sectores vulnerables a fenómenos pluviales, siendo este año, en que se produjo el entonces desconocido fenómeno de El Niño, que además de dejar a la ciudad en una situación caótica y lamentable, sirvió para que se conociera los sectores vulnerables de la población, obligando a las autoridades a identificar zonas seguras donde se puedan reubicar la gran cantidad de damnificados.
- Como consecuencia del fenómeno pluvial del año 83, nace la zona Oeste como expansión urbana, incrementándose de manera vertiginosa en el evento 1997, donde la infraestructura básica de saneamiento no crece al mismo ritmo de la expansión demográfica.
- En el 83 las familias damnificadas que fueron reubicados en el sector Oeste la conforman los AA.HH: Villa Primavera, Ramiro Priale; Asociación de Viviendas: Mariano Santos, Las Capullanas, Pedro Silva Arévalo, Carlos Augusto Salaverry. En el 97 fueron reubicados los damnificados de los AA.HH: 7 de Enero y Carlos Augusto Salaverry en la zona Oeste, creándose la urbanización popular Nuevo Sullana.
- El Niño 1982-83 no fue pronosticado por los científicos internacionales. En 1997-98, la situación fue diferente; los avances científicos y tecnológicos permitieron detectar con anticipación la evolución de este fenómeno. Los impactos del evento se pudieron predecir con varios meses de anticipación y la respuesta del gobierno para mitigarlos fue oportuna. Desde marzo de 1997

- casi todos los distritos de la ciudad establecieron planes específicos de contingencia, preparando proyectos orientados a mitigar y a responder de la mejor forma posible los efectos de El Niño.
- En 1982-83 fueron afectadas dos capitales departamentales: Piura y Tumbes. El Niño 1997-98 ha sido el más intenso y destructivo del siglo pasado, afectando cinco capitales departamentales: Piura, Tumbes, Chiclayo, Trujillo e Ica.
- En marzo del 97 se hicieron evidentes ciertas anomalías oceanográficas como fue la elevación de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Sur-Este. Con dicha anomalía podía decirse que el fenómeno El Niño 1997-98 inicio su desarrollo visible. Las lluvias torrenciales de 1983 y 1998, nos pueden servir de base para el diseño de puentes y alcantarillas.
- En el evento 1997-98 se pudo comprobar que la mayor extensión del área urbana presentaba una marcada deficiencia de evacuación pluvial, formándose lagunas afectando las vías asfaltadas, viviendas de material rústico utilizando una zona de 680 Has aproximadamente.
- Durante el evento se formaron lagunas afectando 30 Has, ubicándose los siguientes sectores urbanos: Asociación de Viviendas (Pedro Silva Arévalo, Urb. Santa Rosa Sur Norte, Parque Industrial) y AA.HH (Villa Primavera, César Vallejo, El Obrero, Zapata Silva y 15 de Marzo).
- Se erosionaron nuevamente las terrazas de la margen izquierda del Río Chira (dichas terrazas están formadas por depósitos eólicos que son arenas deslizables), afectando a 10 Has, y se ubican los siguientes sectores:
  - ❖ Casco Central: Loma Hospital, Paseo Turicará, Camal Municipal, Malecón Isaías Garrido.
  - ❖ AA.HH Víctor Raúl: Loma de Mambré.
  - ❖ Urb. Nuevo Santa Rosa: Loma de Teodomiro, Comando del Ejército.
  - ❖ AA.HH: Villa Primavera.

- Durante el evento se formaron quebradas que se iniciaron dentro del espacio urbano, afectando a un total de 20 Has aproximadamente, que se ubicaron en los siguientes sectores:
  - ❖ Quebrada Sur Este.- AA.HH: 15 de Marzo, Santa Teresita, Jesús María y 9 de Octubre.
  - ❖ Quebrada Sur.- AA.HH: El Obrero, Cesar Vallejo.
  - ❖ Quebrada Sur Oeste.- AA.HH: Santa Rosa, Sánchez Cerro y Mareategui.
  - ❖ Quebrada Norte.- Casco Urbano.
- Según los cuadros de precipitaciones del PECHP los eventos no son iguales:
  - 1982-83:**  
Inicio: 15 de diciembre 1982                      Termino: 16 de junio 1983
  - 1997-98:**  
Inicio: 08 de diciembre 1997                      Termino: 05 de mayo 1998
- Según el PECHP, la descarga puntual máxima en el Río Chira fue:
  - 1983:** 6,995 m<sup>3</sup>/seg.                      **1998:** 7,301 m<sup>3</sup>/seg.
- Según IMAPE la temperatura máxima del agua de mar en Paita fue:
  - 1983:** 29.4° abril y mayo                      **1998:** 29.3° febrero
- Según CTAR el mayor porcentaje de daños fue en el sector transportes 58% (S/. 409'251,755).
- La represa Sullana, previene contra inundaciones de tierras fértiles, garantiza el suministro de agua para riego y puede favorecer el nacimiento de áreas para el turismo local. El embalse permite evitar la crecida de los ríos, controlando el flujo de agua, del mismo modo permiten redistribuir el agua para cultivos a los cuales, sin embargo, es necesario añadir fertilizantes químicos, puesto que los naturales quedan retenidos en

- la represa.
- En los dos grandes eventos sucedidos, en los alrededores de la ciudad, se desarrollan aparte de la vegetación de vida breve también los brotes de
- muchos árboles de las semillas que se encontraban en el suelo, entre ellos el algarrobo, palo santo, zapote y vichaya, así como un sin número de nombres sonoros como gualtaco, palo blanco, etc.
- Los sistemas de abastecimiento de agua o de alcantarillado son vulnerables a los desastres, así lo demuestra los dos grandes eventos sucedidos.
- Muchas veces la población se olvida de que cada cierto tiempo el mismo fenómeno vuelve a repetirse y en el mismo lugar.
- El Niño 1997-98 ha sido un buen ejemplo para mostrar la necesidad de que las ciudades incorporen los componentes de prevención, mitigación y preparación para desastres en sus agendas de desarrollo social y económico.
- Si bien es urgente reconstruir las zonas afectadas, esta tarea debe ceñirse a conceptos técnicos adecuados que sirvan para las inversiones correspondientes, y no estén expuestas a nueva destrucción por la reiteración de las alteraciones meteorológicas que pueden suceder dentro de "n" años.
- Las implicancias económicas de estos efectos llegan a ser severos si no se toman las prevenciones debidas; por eso el gobierno debe constituir grupos de estudio y control de este fenómeno, intercambiando información científica entre ellos y con otros organismos de este género en todo el mundo.
- Cada evento deja enseñanzas, las cuales deben estudiarse con el mayor detalle posible ya que su conocimiento permite el desarrollo de la zona afectada con la debida seguridad, protegiendo de esta manera las inversiones que el país realiza evitando a las futuras generaciones dolor y pérdidas de sus propiedades.
- Debe existir una adecuada planificación en la ubicación de las futuras ciudades, tanto en el aspecto integral, para evitar su aislamiento en caso de

que se inhabilite alguna carretera como en lo que concierne el uso del suelo, no realizar construcciones en zonas vulnerables a fenómenos de geodinámica externa.

- Del capítulo VIII vemos que el análisis y la generación del modelo ARIMA para las series temporales (como las variables hidrometeorológicas), resulta en cierta forma más sencilla al aplicar un software como el SPSS. Pero no se debe olvidar que este programa o paquete es SÓLO UNA HERRAMIENTA donde para obtener resultados satisfactorios y correctos es necesario tener una amplia y sólida base teórica.
- Dentro de la ingeniería civil, existen especialidades en las cuales es amplio el uso de la estadística, pero es muy escaso el uso de un software en esta parte, entonces se debería buscar facilitar el análisis estadístico haciendo uso de herramientas computacionales.
- La respuesta de emergencia a los desastres requiere técnicas de logística, velocidad, acciones decisivas y una estructura disciplinada.
- Se debe comprender que la prevención y un adecuado planeamiento regional, se convierte a largo plazo en economía de nuestro país.



## RECOMENDACIONES

- Las pautas a considerar en el planeamiento urbano es un estudio de la microzonificación de la ciudad.
- Si Sullana y Bellavista quieren reducir su vulnerabilidad estructural a los riesgos mas peligrosos, primero deben adoptar ordenanzas municipales y crear instituciones específicas para la prevención, mitigación y preparación para desastres en sus agendas de desarrollo social y económico.
- Planear a mediano plazo en una zona seleccionada de la ciudad, la creación de un gran parque público cuyos fines serán atender los déficits de recreaciones: culturales y deportivos, en tiempos ordinarios, pero; el caso de un desastre se convierta en un área de evacuación al que se proveerá de servicios públicos necesarios, incluyendo facilidades de bienestar y educación (colegios y cunas maternas).
- A largo plazo, la zona del malecón deben ser tratados con obras de defensa utilizando Gaviones para evitar el avance de cárcavas y la rápida erosión de los taludes, cuyos materiales se depositan en la partes bajas, e interrumpen el tráfico vehicular hacia el puente viejo.
- Debe modificarse la evacuación de las aguas de desagüe hacia el río a la altura de los dos puentes, porque actualmente producen olores nauseabundos, al cruzar ambos puentes.
- La creación de un mapa de riesgo también se debe realizar a nivel de asentamientos, donde se basan no en información de satélites, sino en observaciones hechos por madres, escolares, profesores y trabajadores sociales, en tanto que las herramientas utilizadas para elaborarlos son lápices de colores, no computadoras. Los pobladores de una comunidad o asentamiento son los primeros en responder cuando ocurre un desastre y la

- creación de un mapa de riesgo puede ser un paso importante hacia la autosuficiencia.
- El estudio de la vulnerabilidad de la ciudad, también debe basarse en fotografías aéreas y en imágenes satelitales.
- Debe realizarse un estudio de análisis de vulnerabilidad en aquellas instalaciones y obras de infraestructura, cuyo mal funcionamiento o ruina (debido a los efectos esperados de los desastres considerados) pueda generar situación de emergencia o demanda que excedan la capacidad de atención.
- Si queremos que la ciudad sea menos vulnerable a desastres ya sucedidos, se recomienda educar y formar ciudadanos preparados para desastres a fin de minimizar las potenciales pérdidas y daños:
- Mejorar los parques para que se pueda usar provisionalmente de refugios.
- Hacer uso de la zona de refugios para damnificados designada por el municipio de la ciudad, ubicada en la Nor-Oeste, en la dirección a la carretera a Paita
- Para la reconstrucción debe evitarse la ejecución de expedientes técnicos donde se consideran precios y plazos muy ajustados, lo que hará que se induzca a sacrificar estudios, ensayos de laboratorio, gastos de control, desmejorando la calidad.
- Si se construye sobre suelos arenosos se deberá tener en cuenta el efecto que tiene el agua sobre los mismos en época de lluvias.
- En la selección de zonas de expansión de centros poblados, debe considerarse el costo de instalación de servicios de agua, alcantarillado y energía.
- La creación de campamentos pueden tener por secuela situaciones secundarias de emergencia y es preciso facilitar como mínimo los servicios siguientes: alojamiento adecuado para las personas desplazadas, abastecimiento de agua potable suficiente y accesible, instalación de evacuación de excretos y desechos ligados, protección de los alimentos contra la contaminación, protección de la población afectada contra las

enfermedades de transmisión bacterial, preparar personal y capacitarlos para estar en condiciones óptimas de atender las necesidades urgentes creadas.

- Dado el carácter súbito de los desastres naturales y la importancia de la rápida adopción de medidas para prevenir: daños de viviendas, formación de lagunas, inundación por desborde del canal vía, derrumbamiento de postes de luz, es preciso que la ciudad disponga de una tecnología apropiada y utilizar sus propios recursos humanos durante el período inmediato de emergencia.
- El análisis de Series Temporales mediante la metodología ARIMA es una técnica que se puede mejorar si es que se profundiza en el tema. Es por eso que como recomendación general daría que el próximo interesado en este amplio tema busque aplicar quizás un análisis CAUSAL.
- Buscar repetir este análisis pero haciendo uso de otra herramienta computacional, tal como el MINITAB, que también es un software estadístico.
- Los autores claves, encargados de la prevención y mitigación de desastres a nivel nacional son: Municipios, Ministerio de Economía, Ingenieros en sus distintas ramas, los planificadores urbanos, los especialistas en logística y el personal de actividades de campo (Defensa Civil, policía, enfermeras, Ejército, bomberos, etc). que responden a las situaciones de emergencia:

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Alva Hurtado Jorge (1991) *"El Fenómeno de Licuación de Suelos y los casos ocurridos en el Perú"*. Seminario Taller de Dinámica de Suelos CISMID – Lima.
- ✓ Bellido Bravo Eleodoro (1983) Proyecto *"Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana – Bellavista"*. Municipalidad de Bellavista.
- ✓ Berdillana Rivera Adrian (1995) *"Propuesta de Uso Generalizado de Suelo para la ciudad de Talara"*. Tesis de Grado UNI.
- ✓ Carrillo Gil Arnaldo. *"Arcillas Expansivas, el Problema de las Cimentaciones Livianas"*. CONCYTEC – Lima.
- ✓ César Lama, Constructores (1994) *"Estudio de Evacuación de Aguas Pluviales de Sullana - Bellavista"*.
- ✓ CISMID: FIC – UNI (1987) *Memoria del 1er Simposium Nacional de Prevención y Mitigación de Desastres Naturales*.
- ✓ IV Congreso Nacional de Mecánica de Suelos de Ingeniería de Fundación (1983) *Comité Peruano de Mecánica de Suelos, Fundaciones y Mecánica de Rocas*. Piura.
- ✓ Consejo Provincial de Sullana (1996) *"Plan Director de la Ciudad de Sullana al año 2010"*

- ✓ Dante Llanos Edinson Sánchez. Estudio de Mecánica de Suelos para la Cimentación de Aulas en el Sector Villa Primavera, Sullana – Piura, Sub-Región Luciano Castilla.
- ✓ DIRDN (1997) Boletín para América Latina y el Caribe
- ✓ Hidrológica del Río Piura y Chira (1972) *Dirección Ejecutiva Proyecto Chira Piura*.
- ✓ INEI. Compendio Estadístico – Región Grau.
- ✓ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) Mapa Geológico del Cuadrángulo de Sullana, Edición 14 Hojas 10-b.
- ✓ Lama More Rafael (1989) “*Efectos de la Lluvias Torrenciales de 1983 en la Obras de Ingeniería Civil en Piura, Sullana y Áreas Agrícolas Aledañas*”. Tesis UNI-FIC. Lima.
- ✓ Julio Kuroiwa Horiuchi “*Prevención de Desastres: Viviendo en Armonía con la Naturaleza*” Editorial Bruño - 2003
- ✓ Quezada Lucio, Empresa Editora “*Estadística con SPSS 14*”, Nel MACRO, Perú, 560 Pág., 2005.
- ✓ Ezequiel Uriel, Amado Peiró “*Introducción al análisis de Series Temporales*”, Editorial AC, libros científicos y técnicos, Madrid, 343 Pág., 2000
- ✓ José M. Otero, Editorial “*Econometría. Series Temporales y Predicción*”. AC, libros científicos y técnicos, Madrid, 343 Pág., 2000
- ✓ Pedro Alberto Morettin, Clélia Maria de Castro Toloí “*Previsao de Séries Temporais*”, , Atual Editora LTDA., Sau Paulo, 1985.

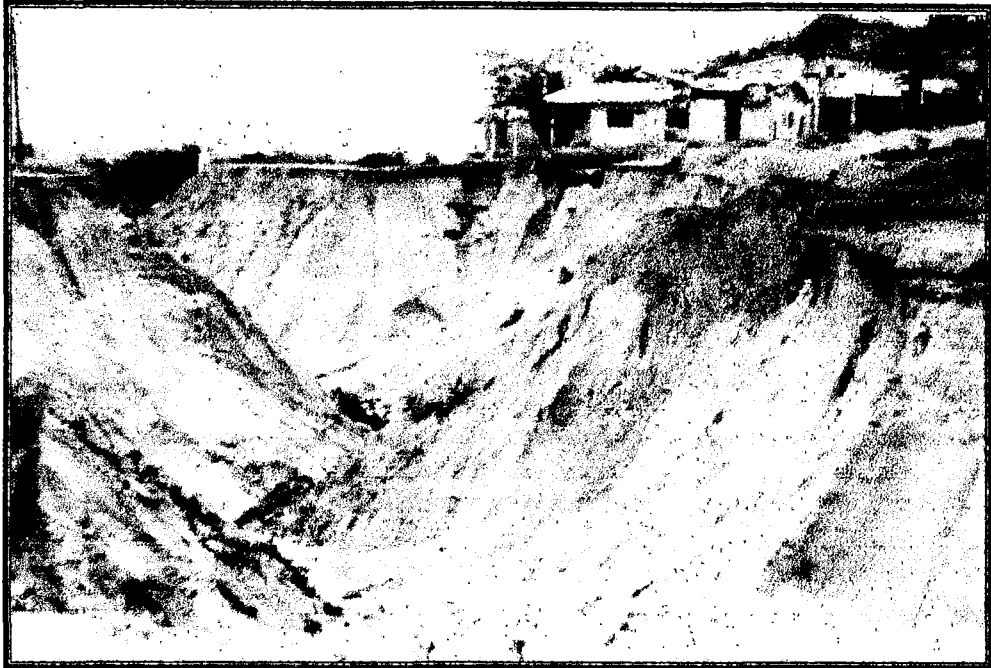
**ANEXOS**

## **Anexo 1**

### **Impresiones fotográficas**

- ***Fenómeno de el Niño 1982-83.***
- ***Fenómeno de el Niño 1997-98.***

## **FENÓMENO DE EL NIÑO 1982-83**



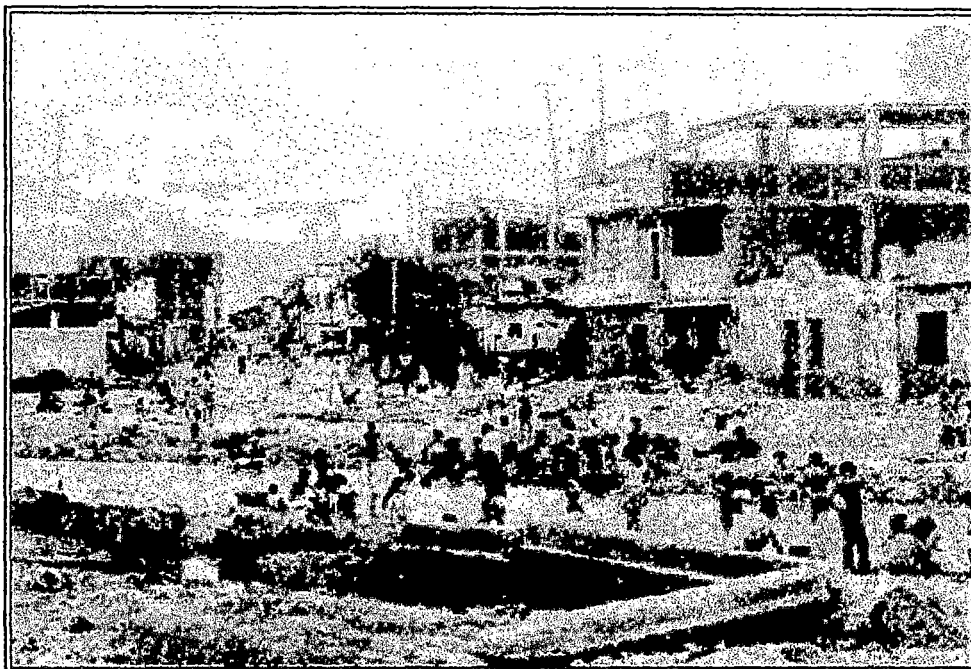
**Grandes cárcavas producidas por este fenómeno excepcional.**



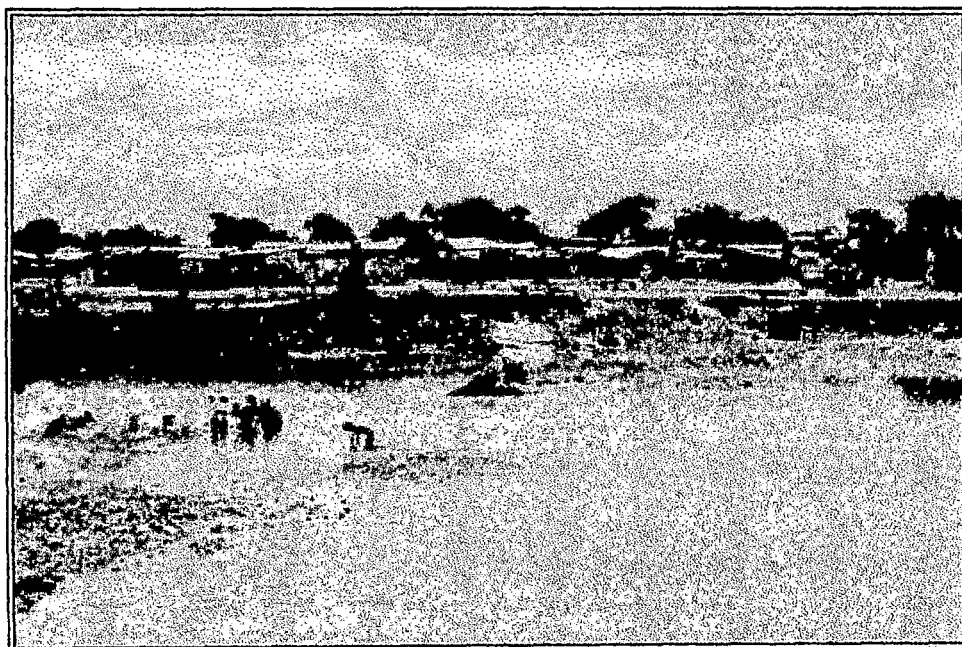
**Otra vista de la zona anterior.**



## **FENÓMENO DE EL NIÑO 1982-83**

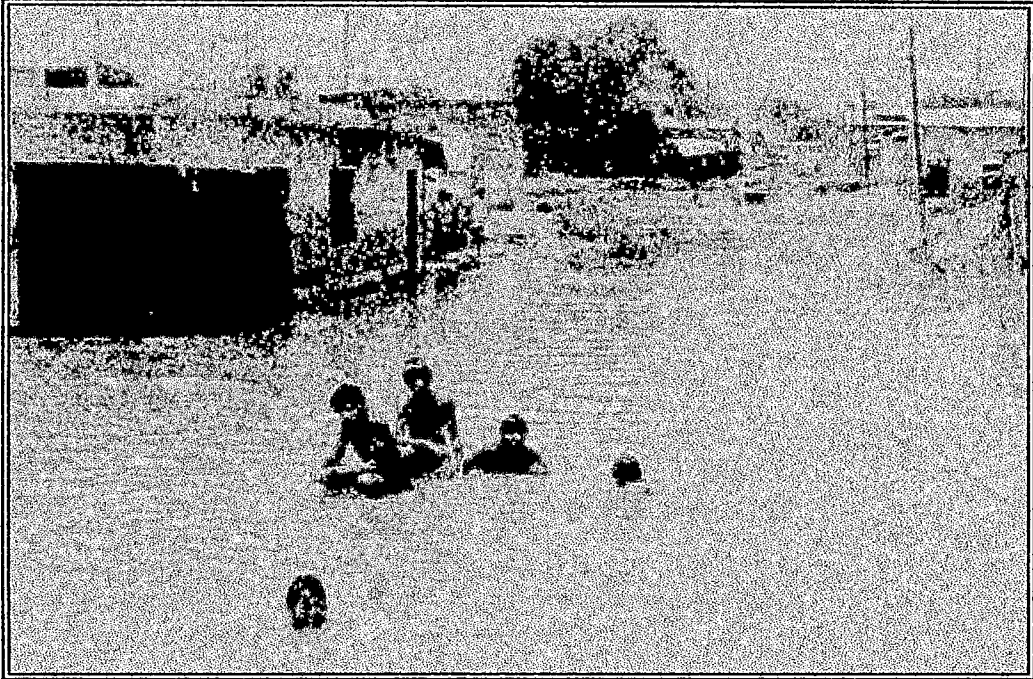


**Viviendas de material noble, quincha y adobe destruidas por ubicarse en pleno cauce debido al crecimiento no planificado**

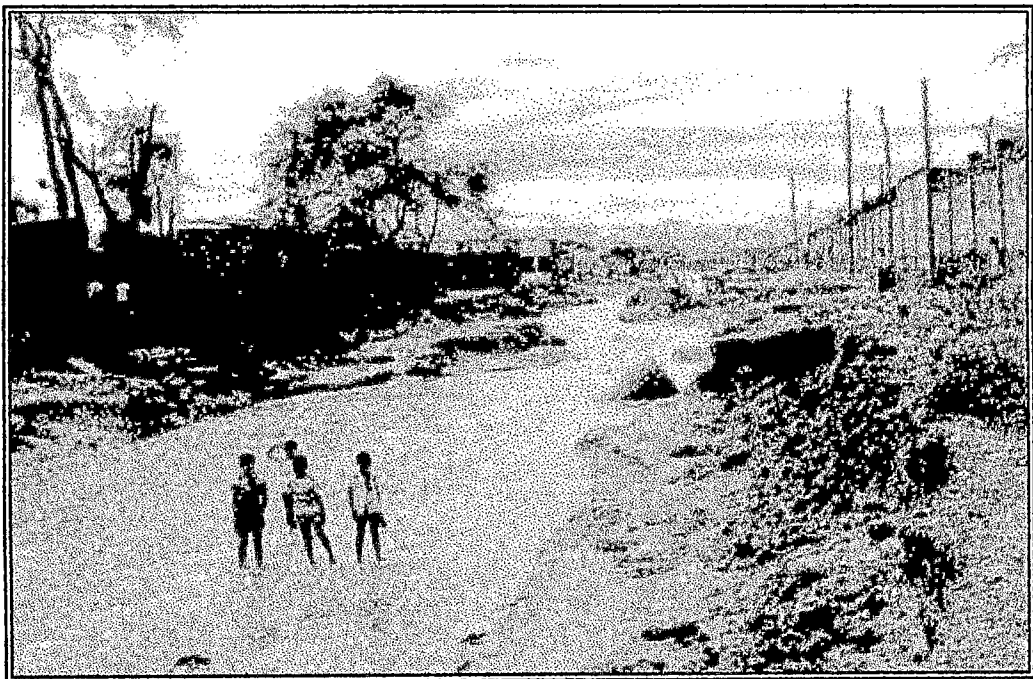


**Acumulación de grandes masas de agua por falta de conocimiento del fenómeno para su manejo.**

## FENÓMENO DE EL NIÑO 1982-83



**Viviendas de quincha afectadas por aguas estancadas**



**Salida de quebrada arranco las viviendas desde sus bases.**

## **FENÓMENO DE EL NIÑO 1982-83**



**Quebrada "Bellavista" reactivada en pleno fenómeno.**



**Plazuela Ramón Castilla inundadas por lluvias torrenciales.**

## **FENÓMENO DE EL NIÑO 1982-83**



**Quebrada: Cieneguillo y El Alacrán (mercado modelo colapsado)**



**Cieneguillo y El Alacrán: destrucción de viviendas en el recorrido de su cauce**

## **FENÓMENO DE EL NIÑO 1982-83**

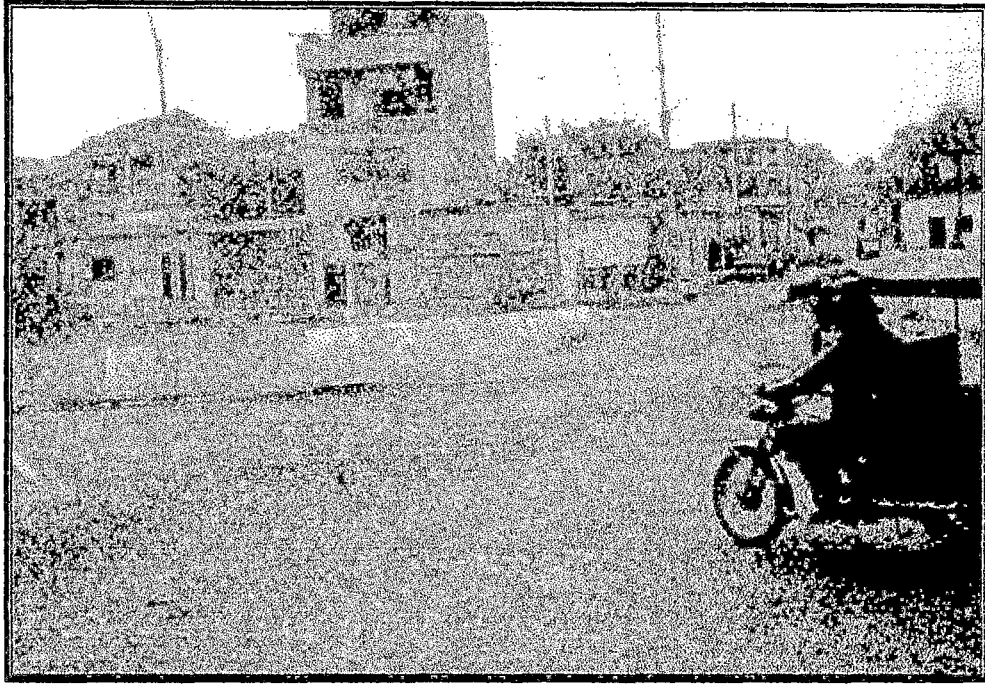


**Magnitud de destrucción del fenómeno, a la altura del estadio municipal.**

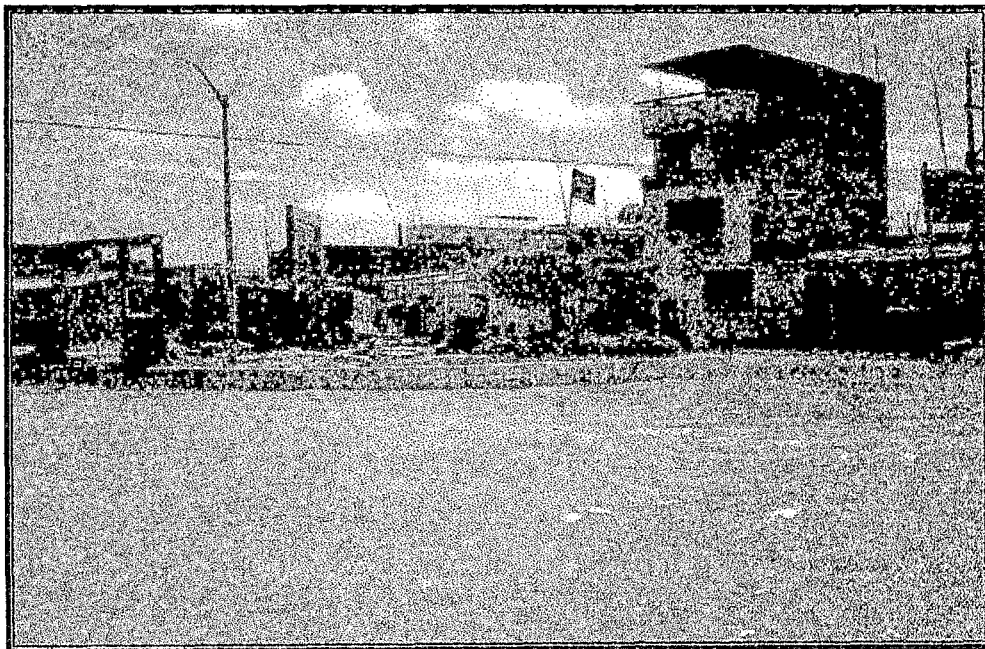


**Vista de la misma zona desde otro angulo**

## **FENÓMENO DE EL NIÑO 1997-98**



**Canal Vía sin agua de lluvias torrenciales.**



**Canal Vía con agua de lluvias del fenómeno.**

## FENÓMENO DE EL NIÑO 1997-98



Desembocadura Canal Vía colapsado. Ubicación: Boquerón de Nuñez. puente El Mambré (El Cucho)

## **Anexo 2**

**Fotos aéreas de la ciudad de  
Sullana.**





**Vista Aérea de la ciudad de Sullana 1965**



**Vista Aérea de la ciudad de Sullana 1983**



**Vista Aérea de la ciudad de Sullana 1983**

### **Anexo 3**

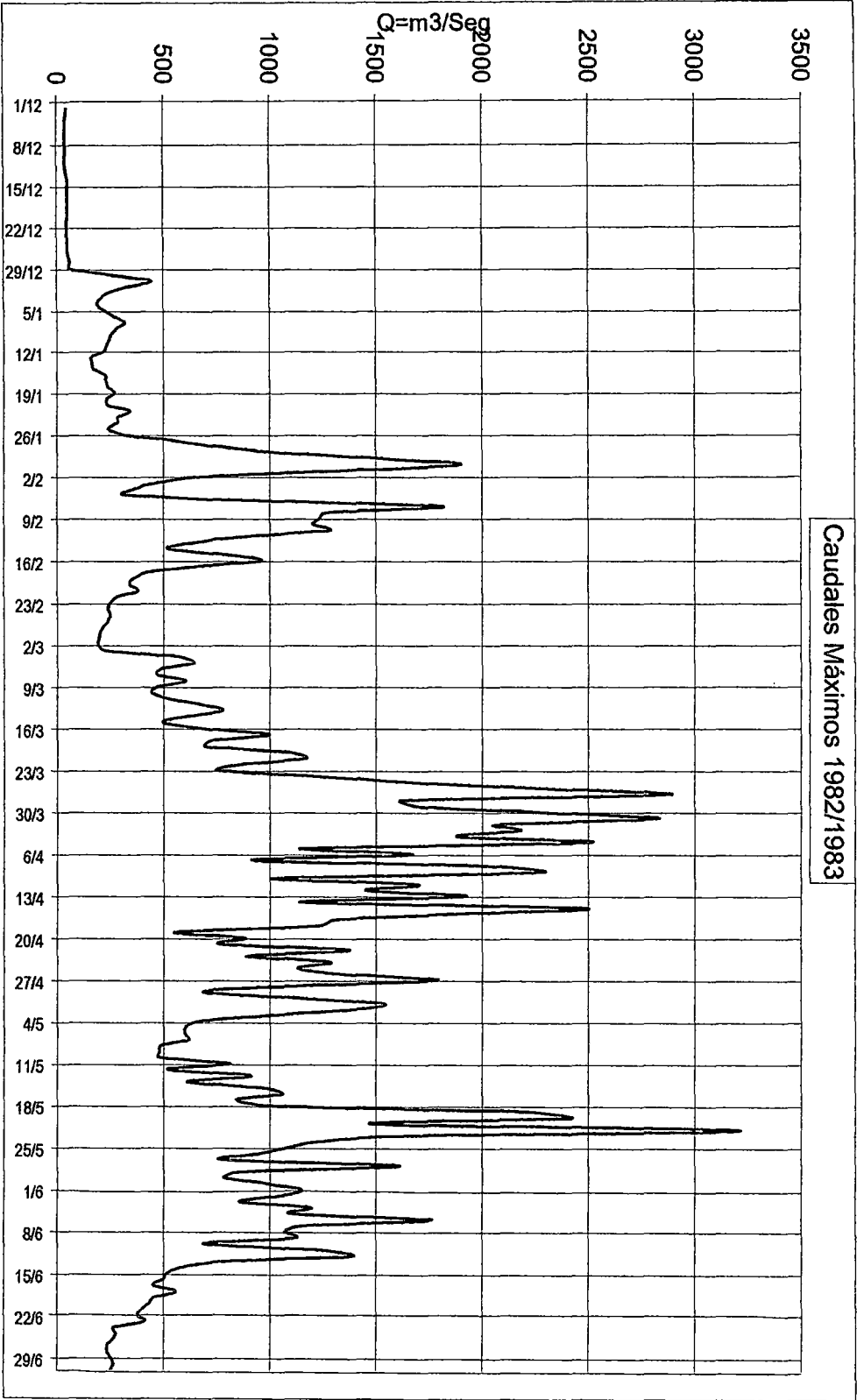
#### **Planos:**

- ***Sectores críticos de riesgo.***
- ***Microzonificación de la geodinámica.***
- ***Zonas erosionables.***
- ***Caracterización urbana.***
- ***Mapa de peligros.***
- ***Área de expansión urbana 1999-2012.***

## **Anexo 4:**

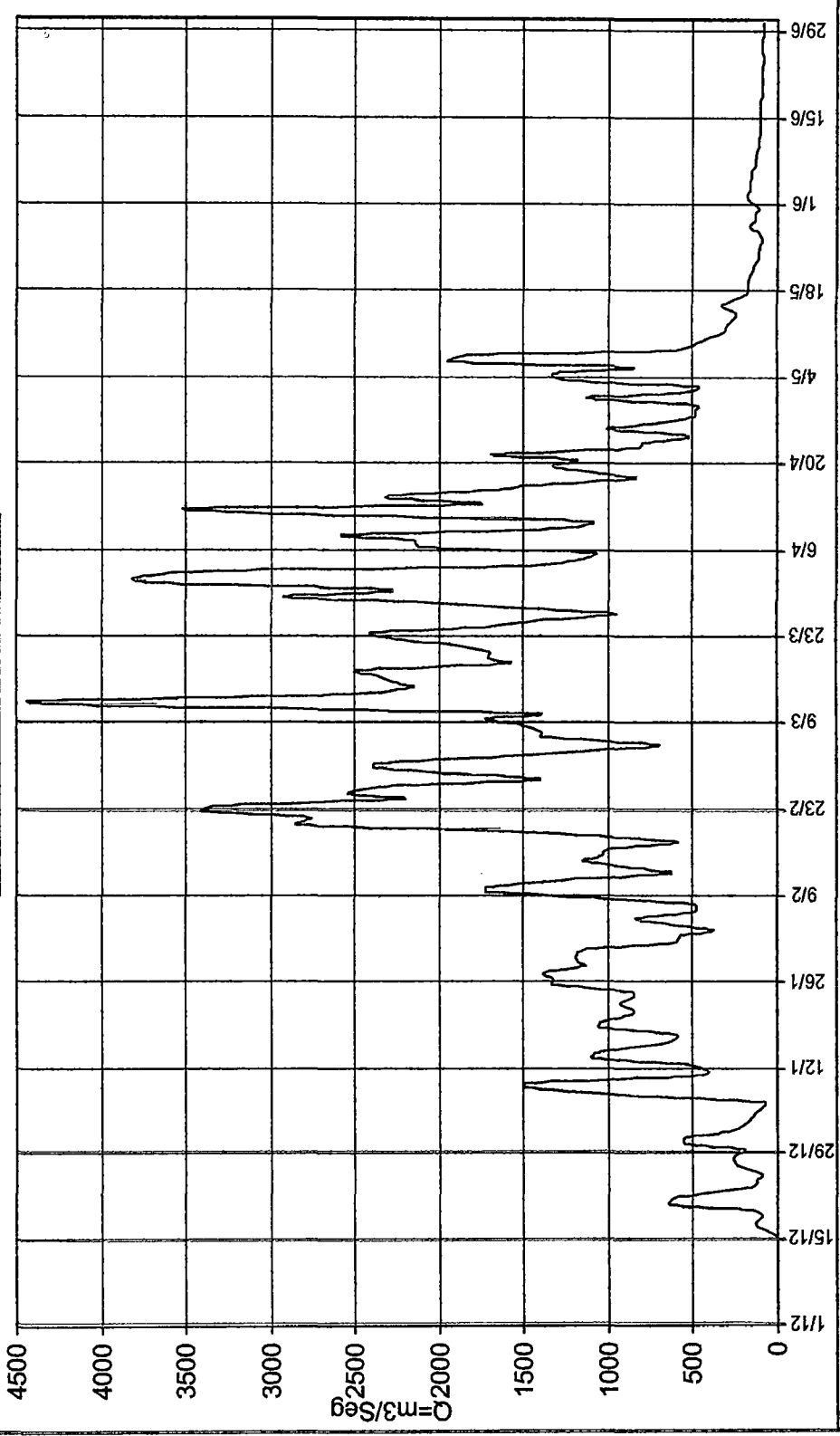
### **Caudales máximos:**

- **1982-83.**
- **1997-98.**



Caudales Máximos 1982/1983

Caudales Máximos 1997-1998



## **Anexo 5**

**Documentos de Ordenanza  
municipal**





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
DE SULLANA

ORDENANZA MUNICIPAL N°001-2000/MPS.

Sullana, 13 de enero del 2000

EL CONCEJO PROVINCIAL DE SULLANA, en Sesión Extraordinaria de fecha 13 de Enero del 2000;

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo con lo dispuesto por el artículo 191° de la Constitución Política del Perú, los Gobiernos Locales tienen autonomía económica, política y administrativa en los asuntos de su competencia;

Que, de acuerdo con lo dispuesto por el inciso 3) del artículo 192° de la Constitución Política del Perú, es competencia de las municipalidades la planificación del desarrollo urbano y rural de sus circunscripciones, y de ejecutar los planes y programas correspondientes;

Que, debido al crecimiento caótico de las ciudades, grandes masas poblacionales han ocupado terrenos considerados de alto peligro para fines habitacionales, creando sectores marginales de alto riesgo para la vida y la salud de los pobladores;

Que, de acuerdo con lo dispuesto por el inciso 5) del artículo 64° de la Ley 23853, Ley Orgánica de Municipalidades el Concejo Provincial de Sullana ha dispuesto determinar las áreas inhabitables o de inseguridad por su demostrado peligro, estableciendo la necesidad de dedicarlas a fines forestales o mantenerlas como áreas verdes;

Que, el inciso 2) del artículo 65° de la Ley 23853 establece que es función de las Municipalidades la aprobación y supervisión de los Planes de Desarrollo de los Asentamientos Humanos en concordancia con los Planes Nacionales y Regionales de Desarrollo respectivos y con los Planes Urbanos, siendo posible determinar los sectores de la ciudad donde los efectos de los desastres naturales ocasionarán menores daños;

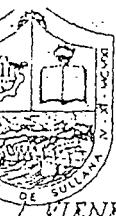
Que, la Municipalidad Provincial de Sullana ha recepcionado en acto protocolar dentro del Convenio Marco Interinstitucional, suscrito con el Instituto Nacional de Desarrollo - INADUR, Comité Ejecutivo de Reconstrucción de El Niño - CEREN y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD; el Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo y Plan de Mitigación de los efectos producidos por los Desastres Naturales en la ciudad de Sullana, los mismos que han sido difundidos dentro de nuestra provincia;

Que, los Mapas de Peligro, Plan de Uso de Suelos y Plan de Mitigación de Desastres Naturales de la ciudad de Sullana, constituyen elementos muy importantes para la preparación de programas de prevención y mitigación de desastres, concordante con lo dispuesto en el Decreto Ley 19338 del Sistema Nacional de Defensa Civil y Decretos Legislativos 442 y 735, - D.S. N°005-84-SGMD-Reglamento del SINADECI en salvaguarda de la vida y patrimonio de la población;

En ejercicio de las facultades conferidas al Concejo Provincial de Sullana por la Ley 23853, y con el voto unánime de los señores Regidores, se expide la siguiente:

ORDENANZA

Artículo Primero.- Apruébese el MAPA DE PELIGROS, EL PLAN DE USO DE SUELO Y SU REGLAMENTO Y EL PLAN DE MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS DESASTRES NATURALES EN LA CIUDAD DE SULLANA, documentos que forman parte de la presente Ordenanza como Anexos N°s. 1, 2 y 3 respectivamente.



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
DE SULLANA

TIENE DE ORDENANZA MUNICIPAL Nº001-2000MPS.

Artículo Segundo.- Prohíbese el establecimiento de pobladores, asentamientos humanos y grupos similares en las zonas geográficas consideradas como de "alto peligro" detalladas en el Anexo 3 de la presente Ordenanza Municipal, las mismas que se encuentran clasificadas como Zona de Protección Ecológica (ZPE) en el Plan de Usos del Suelo.

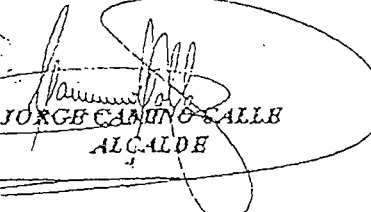
La Municipalidad Provincial de Sullana no se responsabiliza por los perjuicios que pudieran ocasionar a los ocupantes e infraestructura por efectos de los desastres naturales ubicados en aquellas zonas calificadas como de "alto peligro", que se encuentren debidamente señaladas.

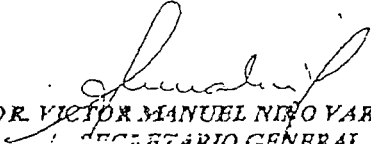
Artículo Tercero.- Declárese de necesidad y seguridad pública la correcta aplicación de lo dispuesto por la presente Ordenanza Municipal, encargando a la Comisión de Desarrollo Urbano la ejecución, supervisión, fiscalización y la evaluación del cumplimiento del Plan de Usos de Suelo, comprometiéndose a todas las autoridades de la ciudad de Sullana a realizar las acciones pertinentes necesarias.

Artículo Cuarto.- Encargar al Alcalde Provincial la promulgación de las disposiciones que fueran necesarias para el mejor cumplimiento de lo dispuesto en la presente Ordenanza Municipal; así como los Estudios Complementarios para determinar la Zona de Expansión urbana de Sullana.

Artículo Quinto.- Precisar que la presente Ordenanza entrará en vigencia al día siguiente de su publicación.

REGISTRESE, COMUNIQUESE, PUBLIQUESE Y CUMPLASE.

  
JORGE CAMINO CALLE  
ALCALDE

  
DR. VÍCTOR MANUEL NIÑO VARGAS  
SECRETARIO GENERAL

C.C.:  
Legist. Pari.  
X RR.PP.  
Dirac. Munic.  
Dirac. Obras  
X Defensa Civil  
Xros  
d.P.

## **Anexo 6**

**Datos hidrometeorológicos del  
proyecto Chira Piura.**

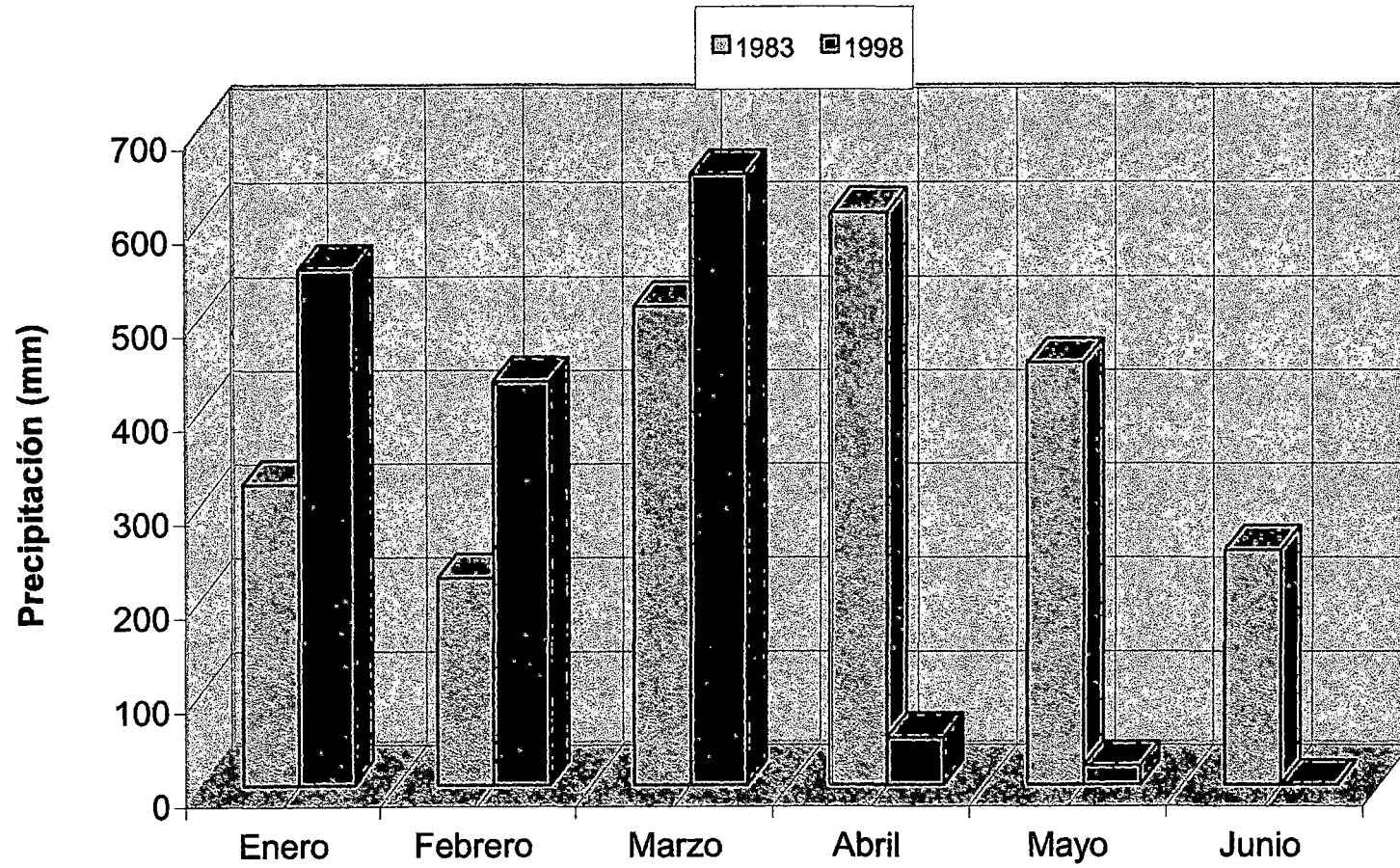
**PROYECTO CHIRA-PIURA**  
**DIVISIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA**  
**ESTACIÓN: MALLARES**

PARÁMETRO CLIMÁTICO: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1971							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1972	0.0	0.2	151.5	18.0	1.6	0.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	7.6	179.4
1973	50.3	17.3	29.8	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2	0.3	1.0	105.3
1974	2.3	7.6	0.9	0.6	0.3	0.4	0.0	0.0	1.4	2.7	0.8	0.0	17.0
1975	2.7	4.3	32.1	0.9	0.1	0.5	0.0	3.5	0.1	0.4	0.6	0.0	45.2
1976	24.6	99.7	3.1	4.9	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.0
1977	1.0	43.5	9.8	5.0	1.1	0.2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	61.4
1978	0.0	0.2	41.1	0.4	1.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.4
1979	2.4	0.2	5.2	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.2	11.1
1980	0.0	0.0	17.2	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.2
1981	0.0	4.1	19.9	0.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.9
1982	0.0	0.6	0.0	1.1	1.6	0.0	0.0	0.0	1.1	2.6	2.3	22.7	32.0
1983	321.0	218.2	500.0	608.7	460.8	234.1	4.0	0.0	0.0	5.4	0.2	3.1	2,355.5
1984	1.5	61.3	11.4	12.7	0.0	0.2	0.7	3.2	0.9	0.3	0.6	0.0	92.8
1985	0.3	0.0	5.1	0.2	3.2	0.0	0.0	1.3	0.0	0.7	0.0	1.8	12.6
1986	2.3	7.7		12.6	2.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	0.1	25.6
1987	9.6	184.0	92.2	33.4	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.9	0.7	0.0	321.1
1988	9.6	2.4	1.4	20.2	0.1	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	1.7	0.0	37.2
1989	9.5	63.3			0.0	0.7	0.0	0.0	0.4	4.3	0.0	0.0	78.2
1990	0.1	0.9	1.4	1.1	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3	2.1	4.3	12.5
1991	3.3	5.9	26.9	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	4.9	41.6
1992	8.8	42.5	202.4	230.8	4.2	1.4	0.0	0.0	0.0			0.3	490.4
1993						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
1994	1.2	9.7	0.0	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	6.5	19.5
1995	0.0	2.1	1.8	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	12.3
1996	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.1	0.0						1.4
1997		11.5	25.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	18.0	199.3	276.1
1998	548.0	434.6	681.4	60.6	34.1	2.7	0.1	0.0	0.0	1.4	1.0	0.3	1,764.2
1999	8.0	130.8	11.2	17.5	4.6	2.0	0.0	0.0	0.2	2.2	0.0	5.4	181.9
2000	0.0												0.0
2001	0.0	2.6	238.1										240.7
2002	0.0	5.0	71.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			76.7
2003													
2004													
2005													
MAX	548.0	434.6	681.4	608.7	460.8	234.1	4.0	3.5	1.8	8.4	18.0	199.3	2,355.5
MED	34.7	46.9	80.8	40.3	18.8	8.4	0.2	0.3	0.3	1.1	1.1	9.2	217.7
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin Nife	5.1	26.2	40.0	16.8	1.2	0.3	0.0	0.3	0.3	0.9	1.2	9.8	90.6

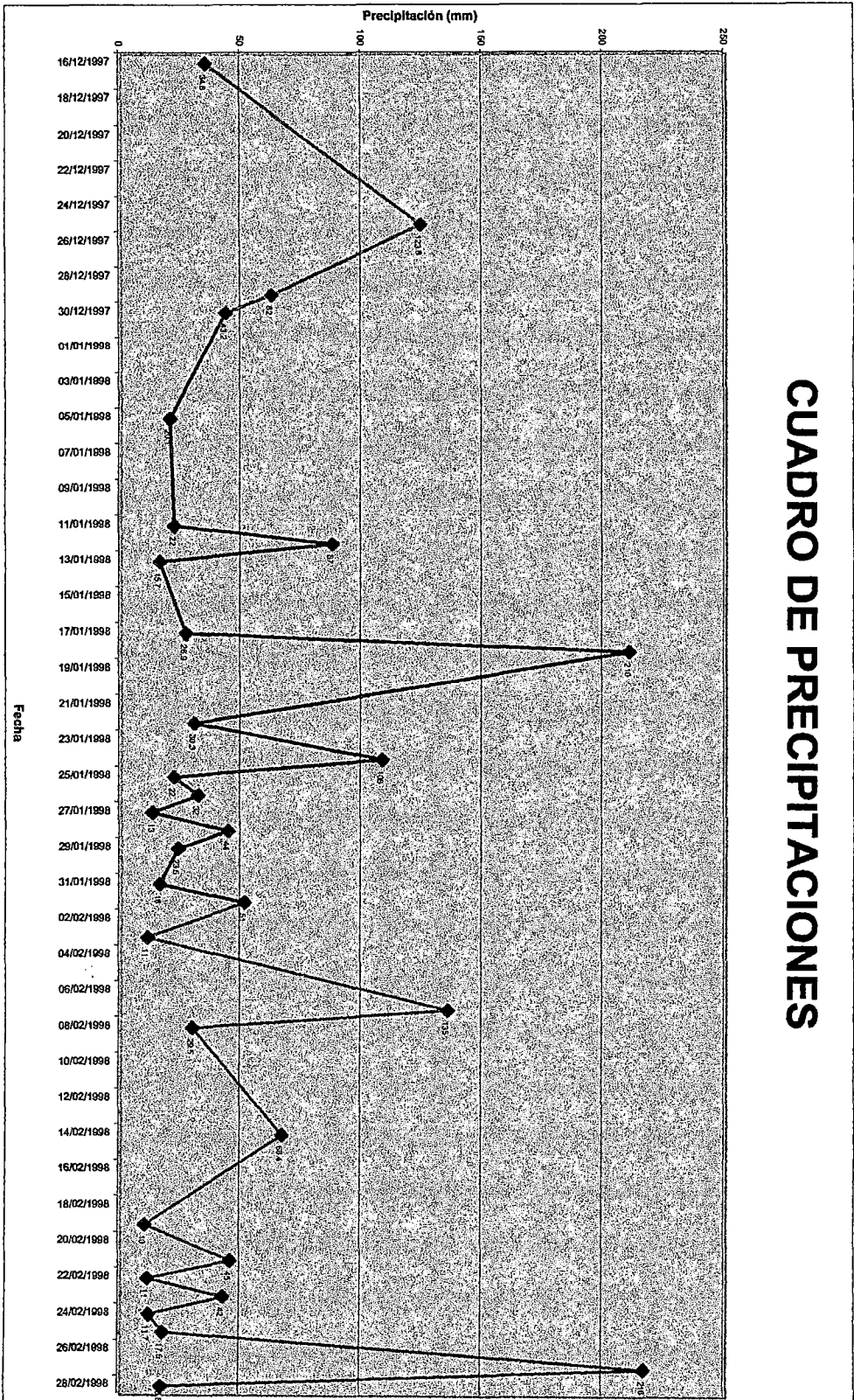
Fuente: PECHP

## ESTACIÓN MALLARES (SULLANA)



Fuente: SENAMHI

# CUADRO DE PRECIPITACIONES



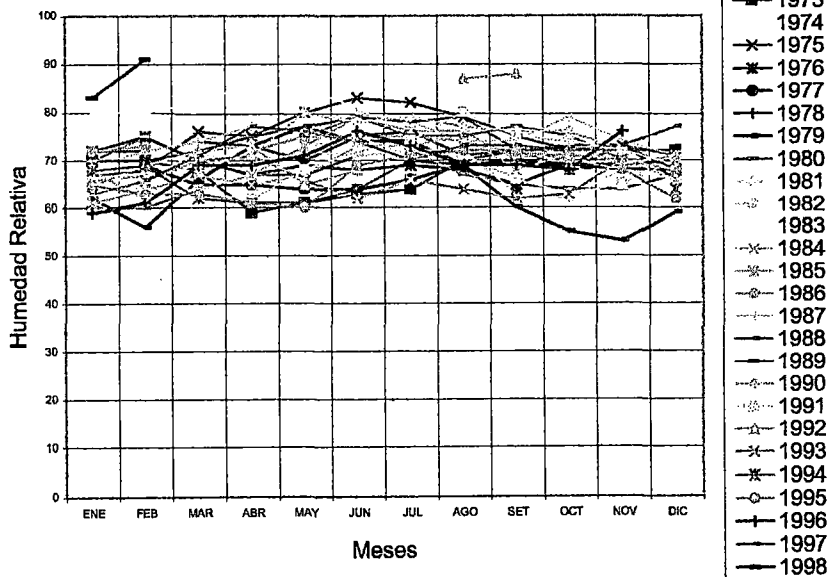
**PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA  
DIVISIÓN METEOROLÓGICA  
ESTACIÓN MALLARES**

**PARÁMETRO CLIMÁTICO: HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL %**

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MED	MIN
1972							70	69	70	68	69	70			
1973	70	70	68	59	61	63	64	70	72	72	72	72	72	68	59
1974	66	66	68	74	79	79	75	74	74	72	67	71	79	72	66
1975	67	68	76	75	80	83	82	79	72	68	73	71	83	75	67
1976	72	75	70	67	69	68	69	68	65	69	69	70	75	69	65
1977	65	69	65	65	64	64	66	69	70	69	68	68	70	67	64
1978	72	72	74	73	70	75	76	71	72	73	73	66	76	72	66
1979	62	56	66	73	77	74	74	69	60	55	53	59	77	65	53
1980	60	60	64	67	67	71	72	67	65	64	64	67	72	66	60
1981	60	66	72	68	72	71	72	72	63	62	68	66	72	68	60
1982	66	64	64	67	73	75	71	71	66	63	65	70	75	68	63
1983	80	80	82	86	85	81	75	76	76	69	65	65	86	77	65
1984	61	64	67	65	67	73	73	75	68	71	70	66	75	68	61
1985	68	62	64	67	73	79	76	76	70	73	69	71	79	71	62
1986	72	73		72	75	75	75	74	71	71	70	68	75	72	68
1987	69	72	74	77	76	80	78	74	74	79	74	71	80	75	69
1988	70	70	72	75	77	79	78	79	75	72	73	68	79	74	68
1989	70	75			75	79	75	75	77	75	70	68	79	74	68
1990	66	67	69	71	80	78	79	77	76	76	72	69	80	73	66
1991	65	63	63	62	68	72	74	80	75	74	72	69	80	70	62
1992	65	69	72	73	65	68		87	88			70	88	73	65
1993	63	66	70	71	66	62	66	64	62	63	70	68	71	66	62
1994	68	69	62	61	61	64	70		64			64	70	65	61
1995	65	63	63	61	60	69	71	72	72	70	68	62	72	66	60
1996	59	61	69	69	71	76	73	69	69	68	76		76	69	59
1997		66	71	77	76	74	70	73	73	72	73	77	77	73	66
1998	83	91													
MAX	83	91	82	86	85	83	82	87	88	79	76	77	88	77	69
MED	67	68	69	70	71	73	73	73	71	70	69	68	77	70	63
MIN	59	56	62	59	60	62	64	64	60	55	53	59	70	65	53

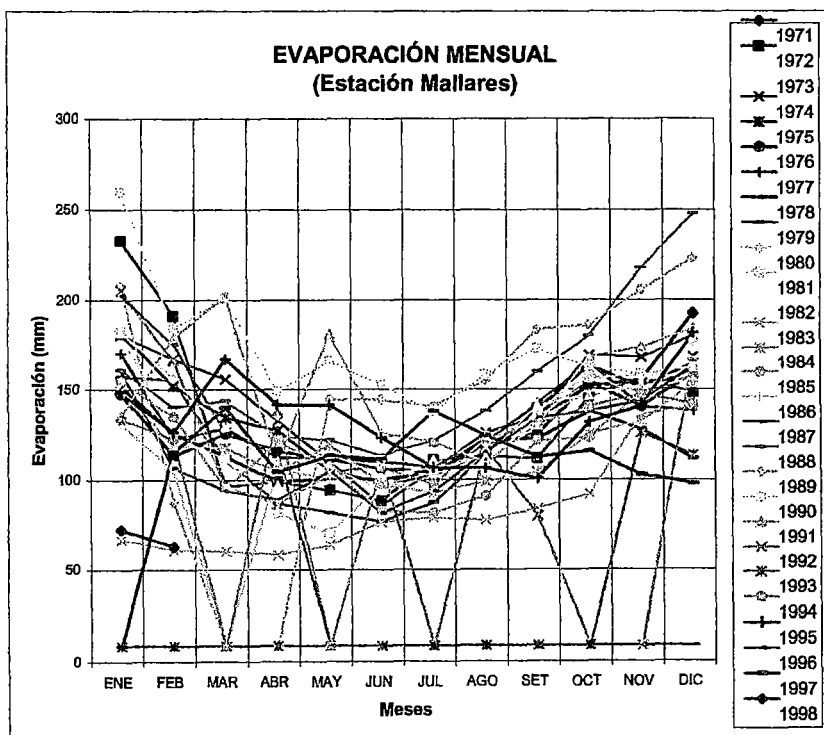
Fuente: PECHP

**HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL  
(Estación Mallares)**



PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA															
DIVISIÓN DE HIDROMETEREOLÓGIA															
ESTACIÓN MALLARES															
PARÁMETRO CLIMÁTICO: EVAPORACIÓN PICHÉ (mm)															
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MED	MAX
1971							95.8	111.6	124.7	142.9	146.7	183.8			
1972	224.3	182.7	87.7	90.5	85.5	79.7	102.4	104.6	103.0	137.1	147.8	139.3	1484.6	123.7	224.3
1973	120.3	109.9	118.1	110.7	110.3	98.8	102.4	106.2	119.3	131.0	145.8	153.2	1426.0	118.8	153.2
1974	172.2	158.2	147.4	124.1	101.2	76.9	97.1	117.1	126.1	160.7	159.3	171.4	1611.7	134.3	172.2
1975	173.1	143.5	125.9	118.6	96.8	89.2	93.6	106.1	130.3	154.4	142.7	155.6	1529.8	127.5	173.1
1976	139.2	104.8	117.0	107.5	102.8	97.5	95.3	110.6	116.7	145.0	131.9	149.9	1418.2	118.2	149.9
1977	161.6	114.1	119.8	103.8	103.6	101.2	98.2	112.3	133.3	156.1	131.7	129.5	1465.2	122.1	161.6
1978	143.1	117.1	104.6	90.3	92.0	91.5	94.3	114.3	113.8	129.2	119.1	102.8	1312.1	109.3	143.1
1979	148.6	146.9	102.3	78.2	72.8	68.3	78.6	105.4	127.4	145.3	140.3	152.4	1366.5	113.9	152.4
1980	173.7	147.6	119.4	99.5	97.9	85.9	93.7	98.7	128.9	150.1	136.9	168.7	1501.0	125.1	173.7
1981	173.7	114.9	103.3	72.9	61.6	88.8	94.9	99.9	125.5	147.2	149.5	148.2	1380.4	115.0	173.7
1982	116.2	100.5	98.5	88.6	105.8	94.0	97.8	103.7	132.7	138.0	143.6	146.2	1365.6	113.8	146.2
1983	58.1	52.4	51.8	49.8	55.2	67.9	70.3	68.9	75.2	83.6	127.5	131.9	892.6	74.4	131.9
1984	140.9	110.4	109.1	96.0	110.9	88.9	84.2	90.4	95.4	116.6	123.7	144.4	1310.9	109.2	144.4
1985	146.2	126.3	86.7	112.1	98.8	73.8	72.9	82.3	112.8	114.7	140.0	148.8	1315.4	109.6	148.8
1986	122.1	96.9	0.0	97.0	92.5	90.2	84.0	111.2	125.5	139.5	141.6	146.5	1247.0	103.9	146.5
1987	151.9	98.0	85.4	80.3	96.2	72.9	84.9	106.7	125.3	129.3	135.0	154.0	1319.9	110.0	154.0
1988	152.4	131.9	135.3	115.6	113.4	104.9	113.1	129.6	151.1	171.6	209.2	239.2	1767.3	147.3	239.2
1989	199.6	79.0	0.0	0.0	135.8	135.9	132.2	146.5	175.0	177.7	197.3	214.6	1593.6	132.8	214.6
1990	251.1	175.8	192.9	140.6	157.5	144.4	129.0	149.6	164.6	154.1	149.8	153.4	1962.8	163.6	251.1
1991	126.8	170.5	193.0	101.5	172.5	117.2	112.1	101.0	121.5	159.6	165.3	175.7	1716.7	143.1	193.0
1992	196.7	157.5	87.9	78.0	95.2	99.7	0.0	108.8	71.3	0.0	0.0	159.7	1054.8	87.9	196.7
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.2	104.8			
1994	124.9	114.1	0.0	127.1	0.0	97.9	88.8	113.7	122.1	131.8	138.5	133.2	1192.1	99.3	138.5
1995	139.7	117.8	156.1	133.0	132.8	114.7	98.0	97.8	91.8	123.0	132.3	172.9	1511.9	126.0	172.9
1996	194.0	166.8	117.1	106.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	584.8	48.7	194.0
1997	0.0	106.6	131.4	95.8	104.8	102.9	129.3	115.7	104.0	107.1	94.0	89.1	1180.7	98.4	131.4
1998	63.8	54.3													
MAX	251.1	182.7	193.0	140.6	172.5	144.4	132.2	149.6	175.0	177.7	209.2	239.2	1962.8	163.6	251.1
MED	141.3	118.5	99.7	93.0	92.2	87.8	86.8	100.5	111.8	123.9	132.1	147.0	1380.5	115.0	171.2
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	584.8	48.7	131.4

Fuente: PECHP



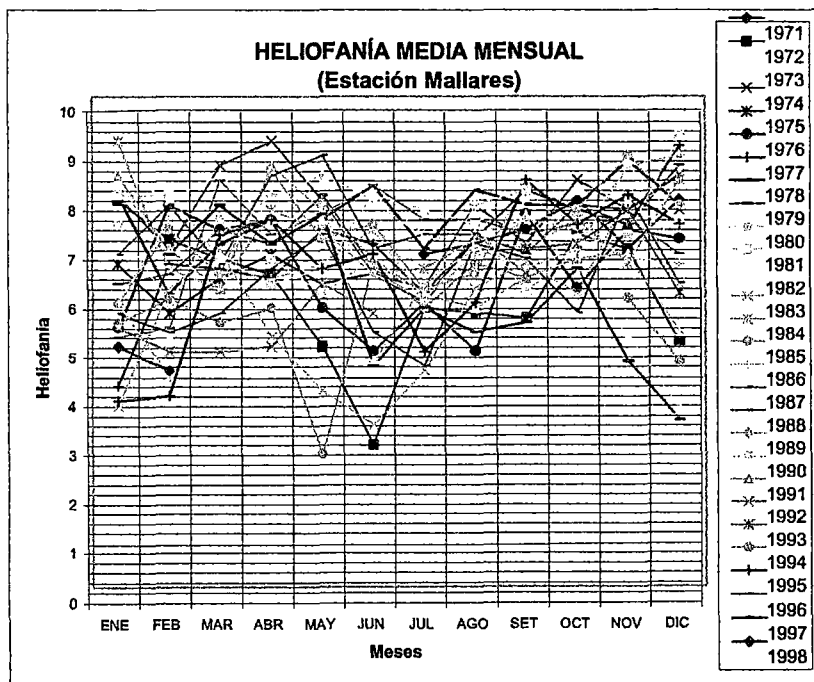


**PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA  
DIVISION DE HIDROMETEREOLOGÍA  
ESTACIÓN MALLARES**

**PARÁMETRO CLIMÁTICO: HELIOFANÍA MEDIA MENSUAL (HORAS)**

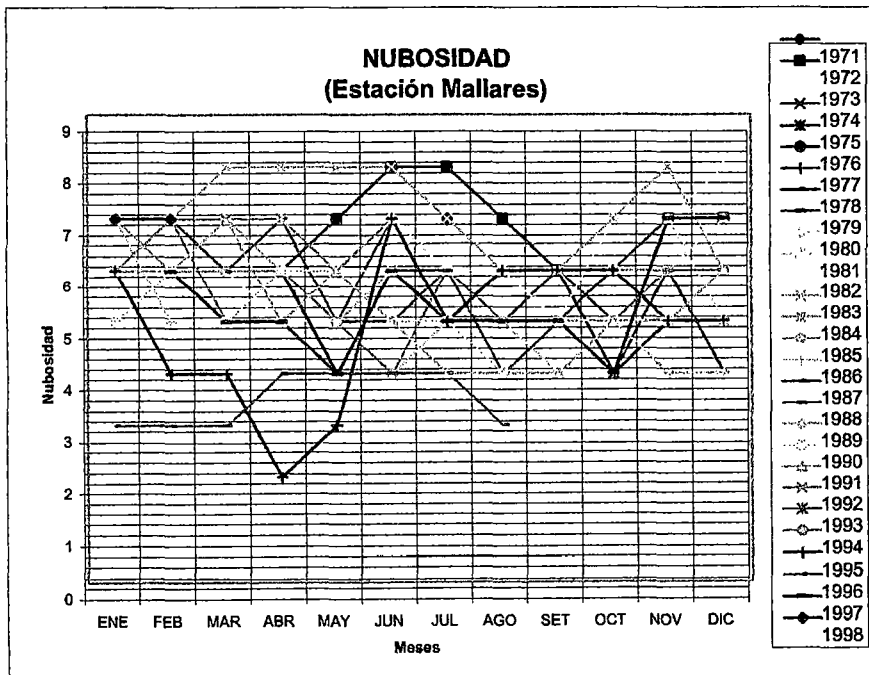
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MED	MIN
1971							6.8	7	7.3	7.9	6.9	7.9			
1972	7.9	7.1	6.7	6.4	4.9	2.9	5.7	5.6	5.5	7.2	6.9	5.0	7.9	6.0	2.9
1973	3.7	5.1	6.4	7.5	8.3	8.0	7.2	7.6	7.9	8.1	7.9	7.0	8.3	7.1	3.7
1974	8.0	6.9	8.6	9.1	7.9	6.4	6.1	7.8	7.0	8.3	7.7	7.7	9.1	7.6	6.1
1975	6.6	5.6	6.3	6.8	6.2	6.4	5.8	7.1		7.8	7.7	8.4	8.4	6.8	5.6
1976	5.3	7.3	7.3	7.5	5.7	4.8	5.8	4.8	7.6	6.1	7.3	7.1	7.8	6.4	4.8
1977	4.1	6.6	6.5	6.3	7.3	7.0	6.0	7.1	8.1	7.7	7.4	9.0	9.0	6.9	4.1
1978	8.0	6.0	7.0	7.5	7.5	8.2	6.9	8.1	7.8	7.8	8.7	7.8	8.7	7.6	6.0
1979	6.2	6.4	7.3	7.0	8.0	6.5	5.8	7.2	6.8	7.8	7.4	8.6	8.6	7.1	5.8
1980	8.3	6.8	7.2	8.0	8.4	7.9	7.1	7.2	7.5	7.6	6.6	8.4	8.4	7.6	6.6
1981	8.0	8.0	6.7	6.2	6.5	8.0	7.7	7.4	6.0	7.0	7.2	9.2	9.2	7.3	6.0
1982	8.5	7.9	8.4	7.5	7.5	6.4	5.9	7.0	7.6	6.4	5.1	3.6	8.5	6.8	3.6
1983	3.7	6.1	6.9	5.1	4.0	3.3	4.4	6.1	6.6	6.0	8.0	6.2	8.0	5.5	3.3
1984	9.1	6.5	6.1	7.7	7.3	6.4	6.5	7.1	6.9	7.5	6.6	8.3	9.1	7.2	6.1
1985	5.8	7.3	6.4	8.5	7.1	7.4	6.1	6.4	8.2	7.7	8.8	7.8	8.8	7.3	5.8
1986	5.8	7.5		6.3	6.6	7.3	5.9	6.8	7.5	7.3	6.7	6.6	7.5	6.8	5.8
1987	5.6	5.2	5.6	6.5	7.2	5.2	4.5	7.0	6.7	5.8	8.0	6.2	8.0	6.1	4.5
1988	5.1	5.3	8.3	7.2	7.6	8.2	7.5	7.5	7.2	7.4	7.5	6.8	8.3	7.1	5.1
1989	5.8	4.3			7.8	4.6	6.2	6.9	6.5	6.9	8.6	8.8	8.8	6.6	4.3
1990	7.4	5.8	7.5	6.7	6.0	6.7	5.9	7.8	8.1	7.1	8.6	7.4	8.6	7.1	5.8
1991	8.4	6.9	6.1	8.6	7.7	6.7	6.0	5.7	6.3	6.7	6.8	5.2	8.6	6.8	5.2
1992	5.3	4.8	4.8	4.9	6.2	5.6		7.2	6.4			8.4	8.4	6.0	4.8
1993									6.9	7.0	7.7	6.0	7.7	6.9	6.0
1994	5.4	5.9	5.4	5.7	2.7	6.6	5.7	6.6	6.3		5.9	4.6	6.6	5.5	2.7
1995	3.8	3.9	7.2	7.5	6.5	6.8	4.8	5.8	8.3	7.4	8.0	7.4	8.3	6.5	3.8
1996	6.8	7.8	6.6	8.4	8.8	6.9	7.2	7.2					8.8	7.5	6.6
1997		6.8	7.8	7.0	7.6	4.5	5.7	5.2	5.4	6.5	4.6	3.4	7.8	5.9	3.4
1998	4.9	4.4													
MAX	9.1	8.0	8.6	9.1	8.8	8.2	7.7	8.1	8.3	8.3	8.8	9.2	9.2	7.6	6.6
MED	6.3	6.3	6.8	7.1	6.9	6.3	6.1	6.8	7.1	7.2	7.3	7.0	8.4	6.8	4.9
MIN	3.7	3.9	4.8	4.9	2.7	2.9	4.4	4.8	5.4	5.6	4.6	3.4	6.6	5.5	2.7

Fuente: PECHP



PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA DIVISIÓN DE HIDROMETEREOLÓGÍA ESTACIÓN MALLARES PARÁMETRO CLIMÁTICO: NUBOSIDAD MEDIA MENSUAL EN OCTAVOS															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MED	MIN
1971							7	6	6	6	6	4	7	6	4
1972	6	6	7	6	7	8	8	7	6	6	7	7	8	7	6
1973	7	7	6	5	5	5	4	4	5	6	6	7	7	6	4
1974	6	7	6	6	5	7	6	5	6	5	5	6	7	6	5
1975	6	7	6	6	6	6	6	6	6	4	5	6	7	6	4
1976	7	7	7	6	6	7	5	6	5	6	5	6	7	6	5
1977	7	6	6	6	5	5	5	5	5	4	6	4	7	5	4
1978	6	6	6	6	4	4	4	4	5	5	5	6	6	5	4
1979	6	7	6	6	6	5	6	5	6	6	7	5	7	6	5
1980	7	7	7	7	6	5	5	6	6	7	7	5	7	6	5
1981	6	7	7	6	6	7	6	6	5	6	6	6	7	6	5
1982	7	7	6	5	6	6	6	6	5	7	7	8	8	6	5
1983	7	7	8	8	8	8	7	6	6	7	8	6	8	7	6
1984	7	7	7	6	5	6	5	5	5	6	6	6	7	6	5
1985	7	6	6	6	5	4	5	5	5	5	6	6	7	6	4
1986	7	5		6	5	4	5	5	4	5	5	6	7	5	4
1987	7	7	6	7	5	6	6	4	5	6	5	5	7	6	4
1988	7	7	5	6	5	4	6	5	5	5	6	6	7	6	4
1989	6	7			5	6	5	5	5	5	4	4	7	5	4
1990	5	6	5	6	6	5	5	4	4	5	5	5	6	5	4
1991	6	6	7	5	6	5	4	4	4	5	5	6	7	5	4
1992	6	7	7	7	6	7		5	5			5	7	6	5
1993															
1994															
1995	6	4	4	2	3	7	5	6	6	6	5	5	7	5	2
1996	3	3	3	4	4	4	4	3					4	4	3
1997		6	5	5	4	6	5	5	5	4	7	7			
1998	7	7													
MAX	7	7	8	8	8	8	8	7	6	7	8	8	8	7	6
MED	6	6	6	6	5	6	5	5	5	6	6	6	7	6	4
MIN	3	3	3	2	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	2

Fuente: PECHP



**PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA  
DIVISIÓN DE HIDROMETEREOLÓGIA  
ESTACIÓN MALLARES**

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA MENSUAL EN MILIBARES (OBSERVACIONES: 07, 13, 19)**

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MED	MIN
1971							15.5	16.5	15.0	15.8	15.7	13.9			
1972	13.0	12.9	12.5	13.3	13.9	14.4	13.8	15.3	15.6	15.9	16.2	15.2	16.2	14.3	12.5
1973	14.8	15.9	15.3	16.1	17.9	18.8	18.8	19.4	19.5	18.7	18.2	18.8	19.5	17.7	14.8
1974	16.9	16.0	16.8	16.3	17.7	18.5	20.0	19.1	20.0	19.6	18.1	17.7	20.0	18.1	16.0
1975	17.0	17.9	17.3	17.4	19.1	19.7	20.9	20.1		19.8	19.7	19.2	20.9	18.9	17.0
1976	17.7	17.9	16.2	17.5	18.4	18.7	19.0	19.4	19.5	20.7	18.7	17.1	20.7	18.4	16.2
1977	17.2	17.9	16.2	18.2	19.2	19.8	19.6	20.4	20.5	20.9	20.0	19.0	20.9	19.1	16.2
1978	19.6	17.4	19.2	18.9	19.5	20.9	20.3	20.8	20.8	20.7	19.6	19.8	20.9	19.8	17.4
1979	19.2	18.1	18.5	18.5	20.0	21.5	21.7	20.4	20.8	21.0	19.9	20.0	21.7	20.0	18.1
1980	19.7	18.8	17.5	18.6	20.1	20.7	21.2	21.8	21.2	21.3	21.1	20.4	21.8	20.2	17.5
1981	20.7	19.5	19.8	19.8	21.4	22.2	22.4	22.3	22.0	21.7	21.3	20.2	22.4	21.1	19.5
1982	20.6	18.4	19.2	17.8	18.6	19.1	18.7		11.6	10.2	8.1	7.8	20.6	15.5	7.8
1983	7.1	7.6	7.6	7.7	7.3	9.0	10.1	12.2	12.5	12.0	12.4	11.6	12.5	9.8	7.1
1984	10.5	11.2	12.0	14.2	15.5	15.0	14.3	14.8	14.5		14.5	10.6	15.5	13.4	10.5
1985	13.0	10.5	10.8	12.1	13.9	14.6	15.9	15.8	14.8	14.4	14.4	14.1	15.9	13.7	10.5
1986	12.3	12.5		11.5	13.7	14.9	15.7	15.3	15.8	17.1	14.6	14.0	17.1	14.3	11.5
1987	12.4	11.0	11.8	12.4	13.7	15.2	15.2	15.9	16.3	16.3	14.9	14.2	16.3	14.1	11.0
1988	14.0	12.4	13.5	13.9	14.7	17.2	17.6	17.1	16.8	15.9	15.1	14.3	17.6	15.2	12.4
1989	12.3	12.2			10.7	11.7	11.0	10.4	9.9	9.9	8.7	9.6	12.3	10.6	8.7
1990	6.0	8.1	6.4	6.5	8.1	8.7	8.0	10.4	9.5	10.2	9.2	8.1	10.4	8.3	6.0
1991	7.7	6.7	6.4	7.8	8.1	9.7	10.5	10.4	10.4	9.1	9.1	7.3	10.5	8.6	6.4
1992	7.8	6.9	6.1	6.1	7.5	8.7		11.0	10.2			8.1	11.0	8.0	6.1
MAX	20.7	19.5	19.8	19.8	21.4	22.2	22.4	22.3	22.0	21.7	21.3	20.4	22.4	21.1	19.5
MED	14.3	13.8	13.8	14.2	15.2	16.1	16.7	16.6	16.1	16.6	15.7	14.6	17.4	15.2	12.5
MIN	6.0	6.7	6.1	6.1	7.3	8.7	8.0	10.4	9.5	9.1	8.1	7.3	10.4	8.0	6.0

Fuente: PECHP

