

**SENAMHI**



**INFORME TÉCNICO**

**SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA EL  
RIO PIURA**

**PARTICIPANTES**

**ING° LUIS METZGER TERRAZAS  
FISICO MAURICIO CARRILLO CRUZ**

**CENTRO DE PREDICCIÓN NUMÉRICA**

**Lima, 15 de Noviembre 2001**

**I. ANTECEDENTES**

El SENAMHI con fecha 05 de junio del 2001 suscribió el Addendum N° 001 del Convenio de Cooperación Interinstitucional que celebra el CTAR Piura, el PECHP, la Región de Salud de Piura, la UDEP, el CCCTEP y el CTAR PIURA-GTZ con la finalidad de Implementar un Sistema de Alerta Temprana para avenidas en el río Piura por un periodo de un año.

Con OFICIO N° 0647 /SENAMHI/JSS-DGM/2001; del 22.10.2001 se nos autoriza a viajar a la ciudad de Piura del 29 al 31 de octubre del 2001.

**II. OBJETIVOS**

1. Realizar una exposición sobre los Modelos hidrológicos HFS y EHF que actualmente el SENAMHI está empleando como herramienta de análisis para el pronóstico de caudales.
2. Realizar una exposición sobre los Modelos meteorológicos ETA y CCM3 que actualmente el SENAMHI está empleando como herramienta de análisis para el pronóstico de precipitaciones.
3. Participar de la capacitación brindada por el Dr. Ulrich Maniark (Alemania) sobre el uso del modelo hidrológico Naxos.

**III. PARTICIPANTES**

- Ing° Luis Metzger Terrazas ( Especialista en Hidrología )
- Fisico Carlos Mauricio Carrillo Cruz

**IV. ACTIVIDADES PROGRAMADAS**

**29/10/01**

- 08:00 - 10:00 Aspectos Básicos de hidrología
- 10:00 - 10:30 Refrigerio
- 10:30 - 12:30 Módulo y áreas de aplicación del Modelo NAXOS
- 12:30 - 13:00 Refrigerio
- 13:00 - 15:00 Diseño del Modelo NAXOS

**30/10/01**

- 08:00 - 10:00 Aplicación del Modelo NAXOS
- 10:00 - 10:30 Refrigerio
- 10:30 - 12:30 Ejemplos prácticos
- 12:30 - 13:00 Refrigerio
- 13:00 - 15:00 Diseño de los archivos

**31/10/01**

08:00 - 10:00 Aplicación del Modelo NAXOS, ejercicios  
10:00 - 10:30 Refrigerio  
10:30 - 12:30 Comparación entre SWAT y NAXOS  
12:30 - 13:00 Refrigerio  
13:00 - 15:00 Exposición SENAMHI: Modelos Hidrológicos HFS y EHF  
Modelo Meteorológico ETA – Climático CCM3

#### **V. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SIAT)**

El Sistema de Alerta Temprana permitirá programar e implementar actividades de prevención y mitigación de inundaciones en la cuenca del río Piura. El SIAT permitirá pronosticar las zonas inundables de la cuenca, al recoger información de precipitaciones a tiempo real a través de la Red de Telemetría.

La red de telemetría actualmente en ejecución, conecta 28 estaciones instaladas en puntos estratégicos de la cuenca del río Piura, equipadas con material de medición pluviométrica e hidrométrica, una antena retrasmisora y una estación central ubicada en la ciudad de Piura donde se analiza, procesa y difunde la información con el Modelo Hidrológico NAXOS.

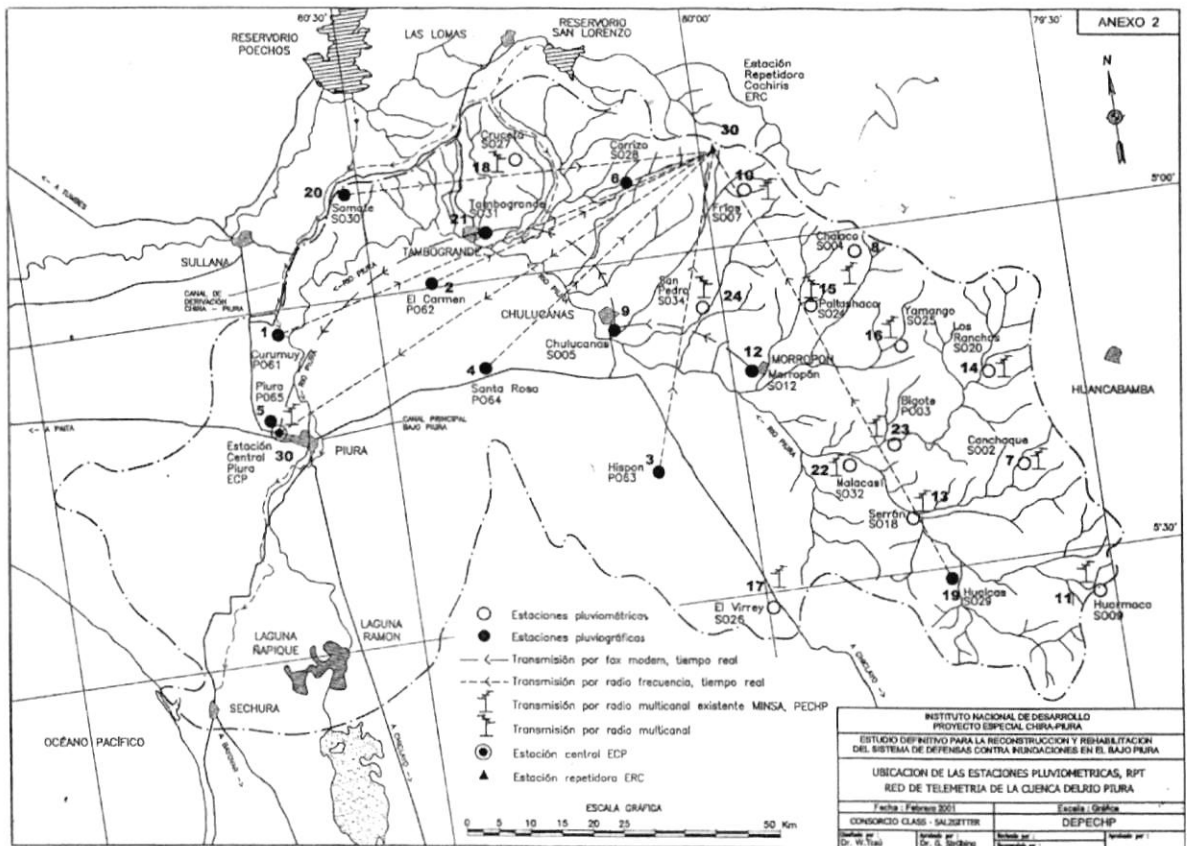
La información generada por el SIAT mejorará la toma de decisiones en la protección a la población y a la infraestructura urbana, logrando reducir los impactos negativos de las crecidas a lo largo del cauce del río Piura. Así mismo, generará insumos para realizar investigación de la variabilidad climática asociada a los principales sectores, entre ellos, el sector agropecuario y salud.



**FOTO 1 : PUENTE CARRASQUILLO**

Este proyecto es el primero en ejecutarse en el Perú y cuenta con el apoyo del gobierno de Alemania. La política de uso de datos del SIAT será la de libre acceso a los datos en tiempo cercano al real para la prevención y con fines de investigación.

El mapa 1 muestra la ubicación de las estaciones "Red de Telemetría", de esta red 10 estaciones se emplearán para transmitir información en tiempo real al Centro de Operaciones instalado en el Proyecto Chira-Piura., más la estación repetidora Cachiris.



MAPA 1 : UBICACIÓN DE ESTACIONES

La Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Chira-Piura, encargó al Consorcio Salzgitter, dentro de los estudios de defensas ribereñas, la adecuación del Modelo Hidrológico NAXOS, para el pronóstico de avenidas en el río Piura.

Los datos de precipitaciones serán recepcionados, analizados y procesados con el Modelo Hidrológico NAXOS, este modelo trabaja con la información meteorológica a tiempo real y sobre la base de un modelo digital de la cuenca, siendo capaz de pronosticar avenidas con 50 horas de anticipación.

A continuación se muestran los cuadros que indican las coordenadas de las estaciones pluviométricas e hidrológicas que se instalarán en la cuenca del río Piura.

N°	Código	Estación	Coordenadas WGS_84		Altura (msnm)	Carta Nacional 1 : 100 000	
			Norte	Este			
1	P061	Curumuy	9,443,341	540,737	70	Piura	11-B
2	P062	El Carmen	9,448,175	565,820	160 e	Chulucanas	11-C
3	P063	Hispón	9,412,865	596,444	180 e	Chulucanas	11-C
4	P064	Santa Rosa	9,431,949	571,909	100	Chulucanas	11-C
5	P065	Piura	9,427,007	538,559	30	Piura	11-B
6	P066	Carrizo	9,458,440	596,209	400 e	Olmos	10-C
7	S002	Canchaque	9,405,652	654,798	1,200	Morropón	11-D
8	S004	Chalaco	9,442,388	633,579	2,250	Morropón	11-D
9	S005	Chulucanas	9,435,838	591,874	95	Chulucanas	11-C
10	S007	Frías	9,454,464	617,181	1,700	Ayabaca	10-D
11	S009	Huarmaca	9,384,036	663,080	2,180	Olmos	12-D
12	S012	Morropón	9,426,677	613,806	140	Morropón	11-D
13	S018	Serrán	9,399,610	635,108	200	Morropón	11-D
14	S020	Los Ranchos	9,422,283	650,212	800	Morropón	11-D
15	S024	Paltashaco	9,435,647	623,400	900	Morropón	11-D
16	S025	Yamango	9,426,960	638,415	1200 e	Morropón	11-D
17	S026	El Virrey	9,388,292	612,810	230	Olmos	12-D
18	S027	Cruceta	9,465,028	581,228	150	Las Lomas	10-C
19	S029	Hualcas	9,390,454	643,397	360	Olmos	12-D
20	S030	Somate	9,474,412	553,425	150	Sullana	10-B
21	S031	Tambogrande	9,454,798	572,651	65	Las Lomas	10-C
22	S032	Malacasí	9,409,407	626,817	130	Morropón	11-D
23	S033	Bigote	9,412,073	634,444	200	Morropón	11-D
24	S034	San Pedro	9,436,511	607,174	250	Chulucanas	11-C

e = estimado

**CUADRO 1. Red de estaciones pluviométricas, RTP, coordenadas GPS y alturas**

N°	Código	Estación	Coordenadas WGS_84		Altura (msnm)	Carta Nacional 1 : 100 000
			Norte	Este		
1	H005	Estación remota (25) Puente Nácara río Piura A = 4510 km <sup>2</sup>	9,434,788	591,676	99	Chulucanas 11-C
2	H003	Estación remota (26) Tambogrande río Piura A = 5910 km <sup>2</sup>	9,454,309	572,659	63	Las Lomas 11-C
3	H103	Estación remota (27) Puente Bolognesi río Piura A = 7810 km <sup>2</sup>	9,425,119	539,109	22	Piura 11-B
4	H102	Estación remota (28) Puente Grau río Piura A = 7880 km <sup>2</sup>	9,422,300	539,115	25	Piura 11-B
5	ERC	Estación repetidora (29) Cachiris	9,462,700	616,800	3,360	Ayabaca 10-D
6	ECP	Estación central (30) Piura	9,426,893	538,550	30	Piura 11-B

**CUADRO 2. Red de estaciones hidrométricas, repetidora y central, RTP, coordenadas GPS y alturas**

Considerando un total de 22 estaciones en la cuenca del río Piura con un área de 7 740 Km<sup>2</sup>, resulta una densidad de la red de estaciones pluviométricas de 350 Km<sup>2</sup> /estación, quedando así dentro del margen según las recomendaciones de la OMM, de 500 Km<sup>2</sup> /estación.

En acuerdo con los términos de referencia (TdR), un total de 50 estaciones hidrometeorológicas están previstas para conformar la red de estaciones operativas en tiempo real, sin embargo considerando los costos de inversión y mantenimiento y sobre todo la cantidad de estaciones utilizadas en sistemas de pronóstico, se estima que un total de 20 estaciones hidrometeorológicas son una cantidad adecuada para lograr el objetivo del pronóstico de crecidas para el Bajo Piura.

## VI. OPERACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO NAXOS

- **CONCEPTO DEL MODELO**

Para la cuenca del río Piura con un área de 7 740 Km<sup>2</sup> hasta la ciudad de Piura se desarrolló el modelo hidrológico NAXOS como modelo conceptual distribuido para modelizar el proceso hidrológico precipitación escurrimiento de la cuenca, con el fin de realizar un pronóstico de caudales y crecidas.

El modelo hidrológico tiene como base un modelo digital de terreno, MDT, generado para la cuenca del río Piura. De tal manera que un total de 715 microcuencas fueron determinadas, donde se realizan los procesos hidrológicos conforme a las condiciones hidrológicas determinadas para cada una de ellas.

La adaptación de un MDT permite establecer una amplia base de datos, modelizar en la forma más adecuada la fisiografía de la cuenca, procesar la información hidrológica, topográfica y fisiográfica muy detallada y generar caudales y crecidas en las estaciones hidrométricas o en cualquier punto de interés de la cuenca en función de la precipitación areal de la cuenca.

- **INGRESO MANUAL DE DATOS**

La presente versión del modelo hidrológico usa como principales datos de entrada las precipitaciones y las descargas establecidas y actualizadas en los respectivos archivos por ingreso manual en cuanto estén disponibles. Por consiguiente, la organización de la adquisición sin demora de los datos pluviométricos a nivel diario y posiblemente horario es muy importante para calcular un pronóstico confiable mediante el modelo hidrológico.

- **TRANSMISIÓN EN TIEMPO REAL DE DATOS**

Para disponer de los datos de precipitación en el centro de procedimiento de la información hidrológica en el mismo tiempo de su observación se requiere un sistema de transmisión en tiempo real de datos. Este objetivo es logrado mediante la implementación de la Red de Telemetría de la cuenca del río Piura, RTP, cuya instalación se está preparando.

Las estaciones remotas con enlace a la red enviarán su información pluviométrica en horas predeterminadas en forma automatizada a la estación central en Piura, donde están inmediatamente disponible para los cálculos mediante el modelo hidrológico y de tal modo asegurando una elaboración más rápida, eficiente y confiable del pronóstico.

Los datos de precipitación de las estaciones remotas de la Red de Telemetría de la cuenca del río Piura con conexión por fax modem y radio frecuencia serán transmitidos en tiempo real diariamente en horas predeterminadas a la estación central de Piura, donde los datos serán automáticamente ingresados a la base de datos en el terminal A.

Los datos de precipitación de las estaciones remotas sin telemedición automatizada de la Red de Telemetría de la cuenca del río Piura serán comunicados por radio multicanal diariamente a primera hora, según una rutina rígida, a la estación central en Piura, donde los datos serán inmediatamente ingresados en la base de datos en el terminal A.

La base de datos de tal manera será importada por medio de una interface del terminal A al terminal B donde se efectuará el pronóstico de los caudales y crecidas de acuerdo a la disponibilidad de los datos pluviométricos actualizados.

Una vez que esté operativa la red de telemetría será ampliado el modelo hidrológico por los módulos necesarios para poder procesar en forma automatizada los datos hidrometeorológicos transmitidos en tiempo real.

## VII. APLICACIONES

### • PRONOSTICO DE CRECIDAS

Para la modelización de una nueva crecida el modelo hidrológico puede ser usado en base a la crecida 3 del año 1998, es decir se considerarán los mismos parámetros obtenidos de la calibración de la crecida 3 para el inicio de los cálculos en la nueva crecida. Se debe generar nuevos archivos \*.GGN (precipitaciones) y \*.GGQ (descargas), manteniendo los archivos de datos topográficos y procesos hidrológicos \*.PCD como archivos fijos, relacionando cada vez nuevos nombres que correspondan a la nueva crecida. La generación de los nuevos archivos se hace bajo el sistema DOS o formato WINDOWS.

Para realizar cálculos mediante el modelo hidrológico NAXOS se debería prever un periodo inicial de unos 10 días con condiciones hidrológicas regulares lo que es necesario para establecer niveles promedios con respecto a los procesos hidrológicos que se desarrollan en el modelo hidrológico en base al concepto del reservorio lineal.

### • CALCULO DE CRECIDAS EN PUNTOS DE INTERES

Un cálculo de caudales y crecidas es posible en cualquier punto de la cuenca si se indica la respectiva microcuenca en el archivo TAB usando un código relacionando el punto de interés, preferiblemente el



mismo de la microcuenca. Sin embargo si la subcuenca compuesta de todas las microcuencas ubicadas aguas arriba del punto de interés es pequeña, deberá también considerar un intervalo de cálculo menor y relacionado al tiempo de concentración hasta la salida de la subcuenca o microcuenca considerada.

- **CALIBRACION**

Los parámetros del modelo hidrológico NAXOS fueron calibrados usando las crecidas 1 del año 1972, la crecida 2 del año 1983 y la crecida 3 del año 1998, las cuales presentan casi las mismas condiciones hidrológicas extremas caracterizadas por la presencia del fenómeno de EL NIÑO.

Los parámetros determinados pueden servir para cálculos a realizarse mediante el modelo hidrológico usando datos actualizados de periodos o crecidas posteriores.

#### **VIII. CONCLUSIONES**

- El modelo hidrológico NAXOS fue adaptado a la cuenca del río Piura y permite un análisis del proceso precipitación escurrimiento en puntos seleccionados de la cuenca considerando en el cálculo microcuencas muy pequeñas de unos 10 Km<sup>2</sup> e incrementos de tiempo muy cortos de hasta una hora y por lo tanto no puede ser aplicado a otra cuenca.
- El modelo Hidrológico NAXOS actualmente sólo realiza simulaciones del caudal del río Piura, para lo cual se escogieron tres eventos NIÑO de los años 1972, 1983 y 1998.

#### **IX. RECOMENDACIONES**

- Los pronósticos de lluvias obtenidos del modelo meteorológico ETA podrían ser usados por el modelo hidrológico NAXOS para realizar pronóstico de caudales con más tiempo de anticipación.
- Utilizar la información de la Red de Telemetría de Piura (RTP) para que el Centro de Predicción numérica del SENAMHI realice pronósticos con el modelo hidrológico Sacramento HFS para la cuenca del río Piura.
- Las estaciones automáticas servirían para inicializar los modelos del tiempo en la cuenca de Piura , siempre que estos proporcionen las variables meteorológicas adecuadas (Temperatura, vientos, humedad, etc).