CDA - 25
1988

MOP

DIRECCION GENERAL DE AGUAS

SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE CRECIDAS

NOVIEMBRE, 1988.-

DGA
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
SUB-DEPTO. ESTUDIOS HIDROLOGICOS

CDH-2473
c 2

BIBLIOTEC
de la
DIRECCION GENERAL

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
SUB-DPTO ESTUDIOS HIDROLOGICOS

SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE CRECIDAS

SNAC

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación

Informe Preparado por:

Ing. Humberto Peña T.
Ing.E. Fernando Vidal J.

Santiago, Noviembre de 1988

SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE CRECIDAS

SNAC

INDICE

1.- INTRODUCCION

2.- IDENTIFICACION DE LOS LUGARES AMAGADOS Y SELECCION DE LOS PUNTOS DE INTERES PARA EFECTUAR PREVISIONES HIDROLOGICAS

3.- ESTUDIOS HIDROLOGICOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRONOSTICO

4.- CONCEPCION GENERAL DEL SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE CRECIDAS (SNAC)

4.1.- ORGANIZACION

4.2.- SISTEMA OPERATIVO

4.3.- SIMULACION DEL SISTEMA

5.- BENEFICIOS DEL SISTEMA DE ALERTA DE CRECIDAS

6.- COSTOS DEL SISTEMA DE ALERTA DE CRECIDAS

6.1.- ALTERNATIVAS DE DISEÑO

6.2.- COSTOS DE SUMINISTROS E INSTALACION

6.3.- COSTOS DE MANTENCION Y OPERACION

6.4.- ANALISIS DEL VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS

7.- CONCLUSIONES

SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE CRECIDAS PLUVIALES

1.- INTRODUCCION

La Dirección General de Aguas como Servicio del Estado encargado de la operación del Servicio Hidrométrico Nacional, y del estudio de los recursos hídricos del país, consciente del grave daño que han causado las inundaciones producidas en una importante zona del territorio nacional en los últimos años, ha venido desarrollando desde el año 1986 el estudio del **Sistema Nacional de Alerta de Crecidas Pluviales**. La zona incluída en el estudio abarca el territorio nacional comprendido entre la V Región y la X Región.

En aquellos lugares donde las soluciones estructurales resultan poco factibles o de alto costo, la previsión hidrológica ha sido reconocida a nivel mundial como altamente rentable y beneficiosa, dado que los costos de operación y mantención son muy reducidos en relación a los daños evitables.

Un sistema de previsión hidrológica consta de los siguientes elementos, los cuales se representan también en la Figura #1. :

- Red de medición y transmisión.
- Centro de Pronóstico donde se desarrollan:
  - Relaciones entre variables hidrometeorológicas y niveles o caudales en los ríos.
  - Relaciones entre niveles o caudales en los ríos y daños potenciales.
- Oficina de Emergencia encargada de implementar un programa de actividades ligado a los caudales esperados.

Un sistema de previsión además debe cumplir la siguiente condición básica:

$$Ta + Tb + Tc <= Tr$$

Donde:

Ta: Tiempo que demora la recolección y transmisión de datos hidrometeorológicos.
Tb: Tiempo que emplea el procesamiento.
Tc: Tiempo que se requiere para adoptar las medidas previstas.
Tr: tiempo de retardo de la cuenca.

De acuerdo a lo anterior los objetivos centrales del estudio son: determinar los lugares para los cuales resulta necesario y técnicamente posible conocer los caudales de crecidas pluviales con un tiempo de antelación adecuado; y definir los sistemas de alerta en los lugares seleccionados, considerando la infraestructura existente y los requerimientos de los sistemas propuestos.

Las técnicas hidrológicas para abordar el problema de previsión de crecidas dependen de las características hidrológicas de cada zona, de la disponibilidad de información e instrumentación, y de la capacidad técnica de desarrollar, implementar y operar estos sistemas.

El presente estudio se plantea en términos de disponer para los distintos lugares amagados, un sistema de alerta de fácil aplicación, operable por las oficinas regionales y que entregue la información necesaria para ser usada por las entidades involucradas en las situaciones de emergencias.

Para alcanzar estos objetivos el desarrollo del estudio se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Identificación de los lugares amagados por crecidas pluviales y selección de los puntos de interés para efectuar las previsiones hidrológicas.

- Estudio hidrológico de los procedimientos de pronóstico.

- Concepción general de los sistemas de alerta de crecidas.

- Evaluación de los beneficios de los sistemas de alerta de crecidas.

- Costos de los sistemas de alerta de crecidas.

ESQUEMA DE UN SISTEMA DE PREVISION HIDROLOGICA

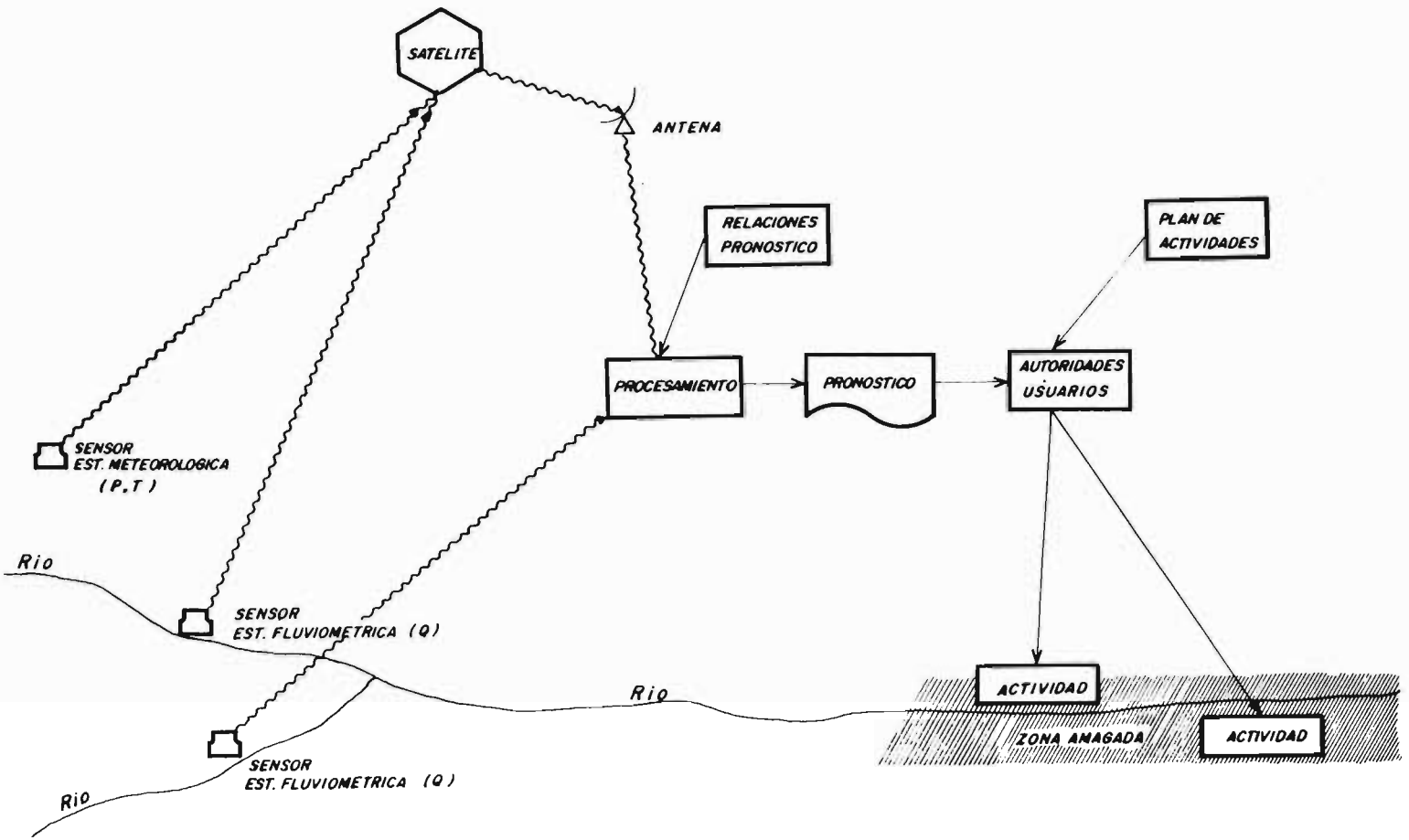

FIGURA N° I

2.- IDENTIFICACION DE LOS LUGARES AMAGADOS Y SELECCION DE LOS PUNTOS DE INTERES PARA EFECTUAR LAS PREVISIONES HIDROLOGICAS

Esta identificación es producto de la revisión de antecedentes periodísticos, históricos, informes técnicos y antecedentes proporcionados directamente en terreno por las autoridades regionales y comunales encargadas de labores de previsión y emergencias.

De esta forma se estructuró un completo catastro de los diferentes lugares amagados comprendidos en la zona definida como de interés para el estudio.

De los lugares amagados se procedió a seleccionar aquellos donde es recomendable efectuar previsiones hidrológicas, considerando las características de la cuenca, los tiempos de antelación que se obtienen para tomar medidas por parte de la autoridad correspondiente, y la magnitud y frecuencia con que se presentan los daños.

Posteriormente, se realizó una segunda selección, donde a la luz de los antecedentes meteorológicos e hidrológicos existentes, se analizó la factibilidad de implementar en el corto plazo un sistema de previsión hidrológica.

Estas selecciones sucesivas obligaron a efectuar un análisis hidrológico de las cuencas comprometidas y de la información existente.

A continuación en el Cuadro #1 se presentan los lugares amagados, indicandose aquellos en que resulta recomendable efectuar una previsión hidrológica, y aquellos en que resulta factible.

En el Mapa # 1 se entrega esquemáticamente la misma información anterior.

Del Cuadro # 1 que sigue a continuación se extrae el siguiente resumen:

Total Lugares Amagados.....86

Total lugares Amagados con Recomendación de efectuar Previsión Hidrológica.....37

Total Lugares Amagados donde resulta factible implementar un Sistema en el Corto Plazo.....26

CUADRO #1: LUGARES AMAGADOS IDENTIFICADOS Y SELECCIONADOS

REGION	CUENCA	CAUCE	LUGAR	PREVISION HIDROLOGICA RECOMENDABLE	FACTIBLE
V	PETORCA	R. PETORCA	L. ARTIFICIO		
V	PETORCA	R. PETORCA	L. CABRERIA		
V	PETORCA	R. PETORCA	P. ANDINO ORTIZ		
V	LA LIGUA	E. GUAYACAN	Ca. CABILDO - GUAYACAN		
		E. LOS ANGELES			
V	LA LIGUA	R. LA LIGUA	C. LA LIGUA		
V	LA LIGUA	R. LA LIGUA	L. EL QUEMADO		
		E. LOS ANGELES			
V	ACONCAGUA	R. PUTAENDO	L. TRES PUENTES		
V	ACONCAGUA	E. LIMACHE	C. LIMACHE		
V	ACONCAGUA	E. LLIU - LLIU	L. LO CHAPARRO		
		E.PELUMPEN			
V	ACONCAGUA	E.PELUMPEN	L. OLMUE		
V	ACONCAGUA	R. ACONCAGUA	C. SAN FELIPE	X	X
		E. POCURO			
V	ACONCAGUA	R. ACONCAGUA	S. LA CALERA - QUILLOTA	X	X
V	ACONCAGUA	R. ACONCAGUA	S. CONCON		
V	ACONCAGUA-MAIPO	E. RENACA	L. RENACA		
V	ACONCAGUA-MAIPO	E. MARGA-MARGA	C. VINA DEL MAR	X	
V	ACONCAGUA-MAIPO	E. QUILPUE	L. QUILPUE - V. ALEMANA Y		
			EL BELLOTO		
V	ACONCAGUA-MAIPO	E. AREVALOS	C. SAN ANTONIO		
M	MAIPO	R. MAPOCHO	C. SANTIAGO	X	X
M	MAIPO	R. MAPOCHO	L. PENAFLOR - TALAGANTE Y		
			EL MONTE	X	X
M	MAIPO	Q. AL ORIENTE	S. ORIENTE DE SANTIAGO		
		DE SANTIAGO			
M	MAIPO	E. LAMPA	L. LAMPA Y COLINA		
		E. COLINA			
M	MAIPO	R. MAIPO	L. ISLA DE MAIPO	X	X
M	MAIPO	R. MAIPO	S. LO HERRERA		
M	MAIPO	R. MAIPO	L. SAN JUAN - LO GALLARDO Y		
			SANTO DOMINGO		
M	MAIPO	E. PUANGUE	L. CURACAVI		
M	MAIPO	R. MAIPO	L. VALDIVIA DE PAINE	X	X
		R. ANGOSTURA			
VI	MAIPO	E. CODEGUA	L. GRANEROS	X	
VI	RAPEL	R. CACHAPOAL	S. OLIVAR - PEUMO	X	X
VI	RAPEL	R. CACHAPOAL	S. PUENTE CODAO		
VI	RAPEL	R. CLARO	C. RENGO	X	
VI	RAPEL	R. CLARO	L. LOS MIGUELES		
VI	RAPEL	R. TINGUIRIRICA	C. SAN FERNANDO		
		E. ANTIVERO			
VI	RAPEL	R. TINGUIRIRICA	L. PLACILLA Y MANCAGUA		
VI	RAPEL	CANALES DEL RIO	L. CHIMBARONGO		
		TINGUIRIRICA			
VI	RAPEL	E. CHIMBARONGO	L. SAN JOSE DE LO TORO		
VI	RAPEL	E. CHIMBARONGO	L. AUQUINEO Y LA ORILLA		
VI	RAPEL	E. CHIMBARONGO	L. SANTA CRUZ		
VI	RAPEL	R. RAPEL	S. RAPEL - LA BOCA	X	X

CONTINUACION CUADRO #1: LUGARES AMAGADOS IDENTIFICADOS Y SELECCIONADOS

REGION	CUENCA	CAUCE	LUGAR	PREVISION HIDROLOGICA RECOMENDABLE	FACTIBLE
VI	RAPEL-MATAQUITO	E. NILAHUE	L. NILAHUE		
VII	MATAQUITO	R. TENO	L. LOS QUENES		
VII	MATAQUITO	R. TENO	L. VENTANA DEL BAJO - VILUCO Y RINCON		
VII	MATAQUITO	R. TENO	S. PIEDRA BLANCA - PUNTA DEL MONTE		
VII	MATAQUITO	R. TENO	L. TUTUVEN BAJO		
VII	MATAQUITO	R. LONTUE	C. CURICO		
		E. GUAIQUIVILO			
VII	MATAQUITO	R. LONTUE	L. LONTUE	X	
VII	MATAQUITO	R. LONTUE Y CANALES	S. BUENA PAZ - LA LUZ - PICHINGAL Y MOLINA		
VII	MATAQUITO	R. MATAQUITO	L. LICANTEN	X	X
VII	MATAQUITO	R. MATAQUITO	L. HUALANE		
VII	MATAQUITO	R. MATAQUITO	S. VILLA PRAT - CULEMAR		
VII	MATAQUITO	R. MATAQUITO	L. TRICAO - LOS ARRAYANES - MAJADILLA - PALQUIBUDI - EL MOLINO Y LA HIGUERA		
VII	MAULE	R. CLARO	L. PORVENIR		
VII	MAULE	R. CLARO	C. TALCA	X	X
		E. PIDUCO			
VII	MAULE	R. MAULE	C. CONSTITUCION	X	X
VII	MAULE	R. LONCOMILLA	C. SAN JAVIER		
VII	MAULE	R. LIRCAY	L. SAN CLEMENTE - SANTA TERESA - STA RITA Y BJOS DE LAS HIJUELAS		
VII	MAULE	R. ACHIBUENO	C. LINARES	X	X
		R. ANCOA			
VII	MAULE	R. ANCOA	L. GUAPI ARRIBA Y SAN ANTONIO		
VII	MAULE	R. ACHIBUENO	L. SANTA ANA Y PALMILLA		
VII	MAULE	R. PERQUILAUQUEN	L. ISLA DE PENCAHUE		
VII	MAULE	R. CAUQUENES	C. CAUQUENES		
VIII	ITATA	R. NUBLE	S. PUENTE RUTA 5	X	X
VIII	ITATA	R. NUBLE	L. CONFLUENCIA	X	X
VIII	ITATA	R. DUQUECO	S. PUENTE VILLUCURA	X	X
VIII	ITATA	R. ITATA	L. GENERAL CRUZ - CERRO NEGRO Y NUEVA ALDEA	X	X
VIII	BIO-BIO	R. MULCHEN	C. MULCHEN	X	X
		R. BUREO			
VIII	BIO-BIO	R. LAJA	C. LAJA	X	X
		R. BIO-BIO			
VIII	BIO-BIO	R. VERGARA	L. NACIMIENTO	X	X
		R. BIO-BIO			
VIII	BIO-BIO	R. BIO-BIO	L. SANTA BARBARA	X	X
VIII	BIO-BIO	R. BIO-BIO	L. HUALQUI	X	X
VIII	BIO-BIO	R. BIO-BIO	C. CONCEPCION	X	X
IX	IMPERIAL	R. LUMACO	Ca. LUMACO - PUREN		
IX	IMPERIAL	R. TRAIGUEN	L. VICTORIA Y TRAIGUEN	X	
IX	IMPERIAL	R. QUILLEN	L. GALVARINO		
IX	IMPERIAL	R. CHOL-CHOL	L. CHOL-CHOL Y RENACO	X	X
IX	IMPERIAL	R. CHOL-CHOL	L. NUEVA IMPERIAL	X	X
IX	IMPERIAL	R. CHOL-CHOL	L. PADRE LAS CASAS		

CONTINUACION CUADRO #1: LUGARES AMAGADOS IDENTIFICADOS Y SELECCIONADOS

REGION	CUENCA	CAUCE	LUGAR	PREVISION HIDROLOGICA RECOMENDABLE	FACTIBLE
IX	IMPERIAL	R. CAUTIN	L. LAUTARO		
IX	IMPERIAL	R. CAUTIN	C. TEMUCO	X	X
IX	IMPERIAL	R. IMPERIAL	L. CARAHUE	X	X
IX	TOLTEN	R. TOLTEN	S. NUEVA TOLTEN - TOLTEN Y HUALPIN	X	
X	VALDIVIA	R. CRUCES E. LONCOCHE	S. LANCO - LONCOCHE	X	
X	VALDIVIA	R. CALLE-CALLE	C. VALDIVIA	X	
X	VALDIVIA	R. CALLE-CALLE	L. HUELLELHUE Y PISHUINCO	X	
X	BUENO	R. LLOLLELHUE R. RAOIMAOI	C. LA UNION	X	
X	BUENO	R. RAHUE R. DAMAS	C. OSORNO	X	

C. : Ciudad L. : Localidad S. : Sector Ca.: Camino
P. : Poblacion R. : Rio E. : Estero Q. : Quebrada

3.- ESTUDIOS HIDROLOGICOS DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRONOSTICO

Metodológicamente la implementación de un procedimiento de pronóstico se puede realizar á traves de Métodos de Síntesis (modelos de simulación), los cuales buscan reproducir matemáticamente los distintos fenómenos físicos que constribuyen a la formación de la escorrentía. Este enfoque no fue seguido en este estudio, ya que es más complejo y presenta mayores exigencias de equipamiento computacional y de personal técnico para su implementación y operación. El camino alternativo lo constituyen los modelos de "caja negra" o métodos de análisis, que se limitan a establecer ciertas relaciones matemáticas entre unas variables de entrada y el caudal o nivel en el punto de interés. Estos procedimientos son sencillos de aplicar y de fácil implementación.

Los métodos de análisis utilizados tradicionalmente son el método del hidrograma unitario, la mayoría de los procedimientos de propagación de crecidas, y otros. En el presente estudio se utilizaron los modelos de función de transferencia, que es una metodología más moderna y que elimina varias de las dificultades de los métodos tradicionales.

Los modelos de función de transferencia del tipo caudal-caudal, permiten predecir caudales en una sección de río, en función de los caudales que se han observado en ese mismo punto en tiempos anteriores, y los caudales observados en una sección aguas arriba; asimismo los modelos de función de transferencia del tipo precipitación-caudal permiten predecir los caudales en la sección de salida de una cuenca en función de la precipitación que se ha producido sobre ella; y por último se tienen los del tipo precipitación-temperatura-caudal que se conciben con el objeto de ser aplicados en cuencas de régimen mixto pluvio-nival, en la que no existe información fluviométrica que permita directamente formular un modelo cuya variable predictora sea el caudal observado en un hidrograma de entrada a la zona de interés.

En la Figura # 2 se esquematiza la metodolgía general de pronóstico.

Después de examinar la información hidrológica e hidrometeorológica existente y suceptible de utilizar con estos fines, se han determinado procedimientos de pronóstico en los lugares que fueron indicados en el Cuadro # 1; y en el Cuadro # 2 se indican las estaciones que aportan los datos de entrada a dichos procedimientos.

De los 37 lugares amagados donde a juicio de este estudio deberia implementarse un modelo de pronóstico hidrológico, éstos se han definido para 26 lugares. La limitante para satisfacer este requerimiento en un 100% radica en la falta de antecedentes adecuados para estos propósitos en algunos lugares seleccionados, situación que debe ser resuelta efectuando las implementaciones básicas y generando las estadísticas del caso.

En el Cuadro # 3 se entrega una lista de las implementaciones básicas a considerar para llegar a definir modelos de pronósticos en los lugares en que el nivel de la información, o simplemente la ausencia de ella en la zona, no permite actualmente esta definición en forma aceptable.

METODOLOGIA GENERAL DE PRONOSTICO

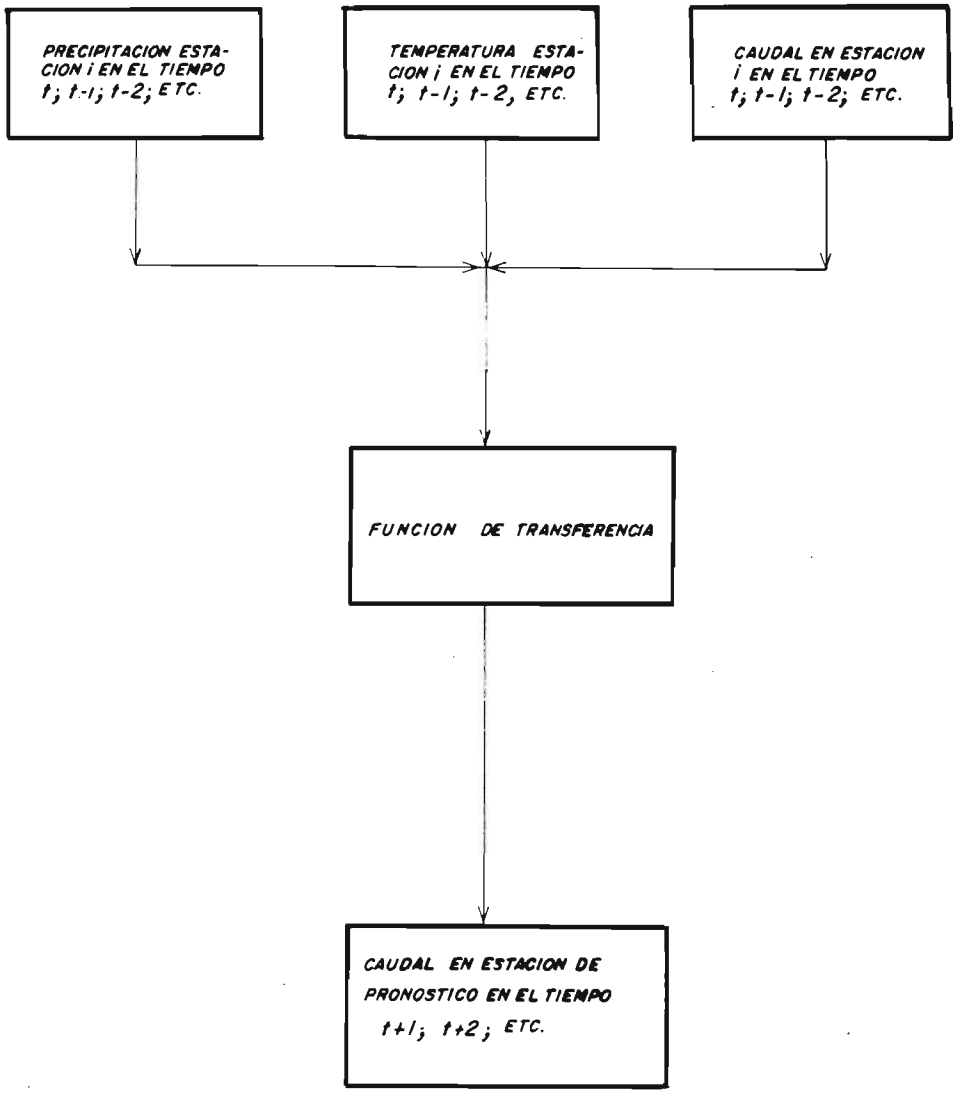

FIGURA Nº2

CUADRO # 2: LUGARES CON PRONOSTICO HIDROLOGICO Y ESTACIONES BASES

LUGARES	ESTACIONES BASES		
	PRECIPITACION	TEMPERATURA	CAUDAL
C. SAN FELIPE	VILCUYA SAN FELIPE		ACONCAGUA EN CHACABUQUITO
S. LA CALERA-QUILLOTA	VILCUYA o SAN FELIPE QUILLOTA		ACONCAGUA EN CHACABUQUITO ACONCAGUA EN ROMERAL
C. SANTIAGO	CERRO CALAN QUINTA NORMAL	CERRO CALAN D.C.P.ECHAURREN	MAPOCHO EN LOS ALMENDROS ARRAYAN EN LA MONTOSA
L. PENAFLOR-TALAGANTE Y EL MONTE	CERRO CALAN QUINTA NORMAL	CERRO CALAN D.C.P.ECHAURREN	MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPU MAPOCHO EN LOS ALMENDROS
L. VALDIVIA DE PAINE E ISLA DE MAIPO	..INTA NORMAL		MAIPO EN EL MANZANO MAIPO EN ROSARIO
L. VALDIVIA DE PAINE	PIRQUE		ANGOSTURA EN VALDIVIA DE PAINE
S. OLIVAR - JUNTA R.CLARO	RENGO	RENGO	CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS
S. AGUAS ABAJO JTA R. CLARO	RENGO	RENGO	CACHAPOAL EN PUENTE ARQUEADO CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS
S. RAPEL - LA BOCA			OPERACION CENTRAL RAPEL RAPEL EN RAPEL
L. LICANTEN	TALCA	TALCA	MATAQUITO EN LICANTEN TENO DESPUES DE JUNTA UPEO EN UPEO PALOS ANTES COLORADO COLORADO ANTES PALOS
C. TALCA	TALCA	TALCA	CLARO EN TALCA CLARO EN CAMARICO LIRCAY EN LAS RASTRAS
C. CONSTITUCION	TALCA	TALCA	MAULE EN FOREL MAULE EN LONGITUDINAL CLARO EN TALCA LONCOMILLA EN BODEGA ACHIBUENO EN LOS PENASCOS
C. LINARES	ANCOA		ANCOA EN EL MORRO
S. PUENTE RUTA 5 (NUBLE)	COIHUECO		NUBLE EN LONGITUDINAL NUBLE EN SAN FABIAN
L. CONFLUENCIA	COIHUECO		NUBLE EN LONGITUDINAL

CONTINUACION CUADRO # 2: LUGARES CON PRONOSTICO HIDROLOGICO Y ESTACIONES BASES

LUGARES	ESTACIONES BASES		
	PRECIPITACION	TEMPERATURA	CAUDAL
L. GENERAL CRUZ - C. NEGRO Y NUEVA ALDEA	COIHUECO		ITATA EN GENERAL CRUZ ITATA EN CHOLGUAN ITATA EN NUEVA ALDEA
L. SANTA BARBARA	QUILACO		BIO BIO EN RUCALHUE
C. MULCHEN	QUILACO		BUREO EN MULCHEN MULCHEN EN MULCHEN
S. PUENTE VILLUCURA	QUILACO		DUQUECO EN VILLUCURA
L. NACIMIENTO	QUILACO		BIO BIO EN RUCALHUE VERGARA EN TIJERAL MALLECO EN COLLIPULLI
C. LAJA	QUILACO		BIO BIO EN RUCALHUE DUQUECO EN CERRILLOS LAJA EN PUENTE PERALES LAJA EN TUCAPEL
C. CONCEPCION Y L. HUALQUI	QUILACO		BIO BIO EN RUCALHUE DUQUECO EN CERRILLOS LAJA EN PUENTE PERALES BIO BIO EN DESEMBOCADURA
L. CHOL-CHOL	LUMACO		CHOL-CHOL EN CHOL-CHOL CHUFQUEN EN CHUEFQUEN LUMACO EN LUMACO
L. NUEVA IMPERIAL	LUMACO		CHOL-CHOL EN CHOL-CHOL
C. TEMUCO	TEMUCO		CAUTIN EN CAJON CAUTIN EN RARI-RUCA
L. CARAHUE	TEMUCO LUMACO		QUEPE EN QUEPE CHOL-CHOL EN CHOL-CHOL CAUTIN EN CAJON

CUADRO #3: IMPLEMENTACIONES COMPLEMENTARIAS REQUERIDAS PARA E DESARROLLO FUTURO DE SISTEMAS DE PREVISION

LUGAR AMAGADO	TIPO DE IMPLEMENTACION
Viña del Mar	Lg Marga-Marga en El Salto
Graneros	Lg Codegua en La Leonera Pm-Pg La Punta
Rengo	Lg Claro en Tunca Lm Claro en Rengo
Lontué	Lg Lontué en Lontué
Traiguén	Lg Traiguén en Traiguén Pm-Pg Victoria
Toltén, Nueva Toltén, Balsas y Hualpín	Lg Toltén en T. Smith Lg Donguil en Laureles Lm Lugares amagados
Valdivia y Sector de Huellelhue y Pishuinco	Lg(2) Calle-Calle en Valdivia Lg San Pedro en Los Lagos Lg Callileufu en Los Lagos Pm-Pg Desague Lago Riñihue
Sector Lanco-Loncoche	Lg Cruces en Rucaco Lg Cruces en Leufucade Pg Loncoche
Osorno	Lg Damas en Tacamo Pg Victoria
La Unión	Lg Llollelhue en la Unión Pg Pichirropulli

Lg: Limnígrafo Lm: Limnímetro
Pg: Pluviógrafo Pm: Pluviómetro

El costo por instrumental para esta implementación básica asciende a U.S.$50.000.-

4.- CONCEPCION GENERAL DEL SISTEMA NACIONAL DE ALERTA DE CRECIDAS (SNAC)

4.1.- Organización

El **SNAC** está concebido para obtener la información de terreno, procesarla y preparar los boletines de previsión dirigidos a **ONEMI**.

La transmisión de los informes a las autoridades gubernamentales y público en general dependerá del organismo pertinente (ONEMI), y por lo tanto es exógena al **SNAC**.

El **SNAC** consta basicamente de una red de medición y transmisión de datos hidrológicos y meteorológicos en tiempo casi real y de Centros de Pronóstico.

Estos Centros tienen como misión recepcionar y procesar (aplicación de los modelos de pronósticos) la información básica proveniente de los puntos de control, y están encargados de emitir los informes a la Oficina Regional de Emergencia.

De acuerdo a la organización administrativa del país los Centros de Pronóstico tendrán un caracter regional atendiendo, según las necesidades, una o más regiones.

En un primer análisis se visualiza la necesidad de creación de cuatro Centros de Pronóstico que estarían radicados en las Oficinas Regionales de la Dirección General de Aguas (Red de Comunicación del Ministerio de Obras Públicas), o bien en las Oficinas de las Intendencias Regionales (Red de Comunicación del Ministerio del Interior) en las ciudades: Santiago, Talca, Concepción y Temuco. Estos Centros atenderían las cuencas que se indican en el Curadro # 4 y Figura # 3, y las que se incorporen en el futuro comprendidas en su radio de acción.

CUADRO # 4: CENTROS DE PRONOSTICO SISTEMA DE ALERTA DE CRECIDAS

CENTRO DE PRONOSTICO	CUENCAS
Santiago	Aconcagua
	Maipo
	Rapel
Talca	Mataquito
	Maule
Concepción	Itata
	Bio-Bio
Temuco	Imperial

CENTROS DE PRONOSTICOS

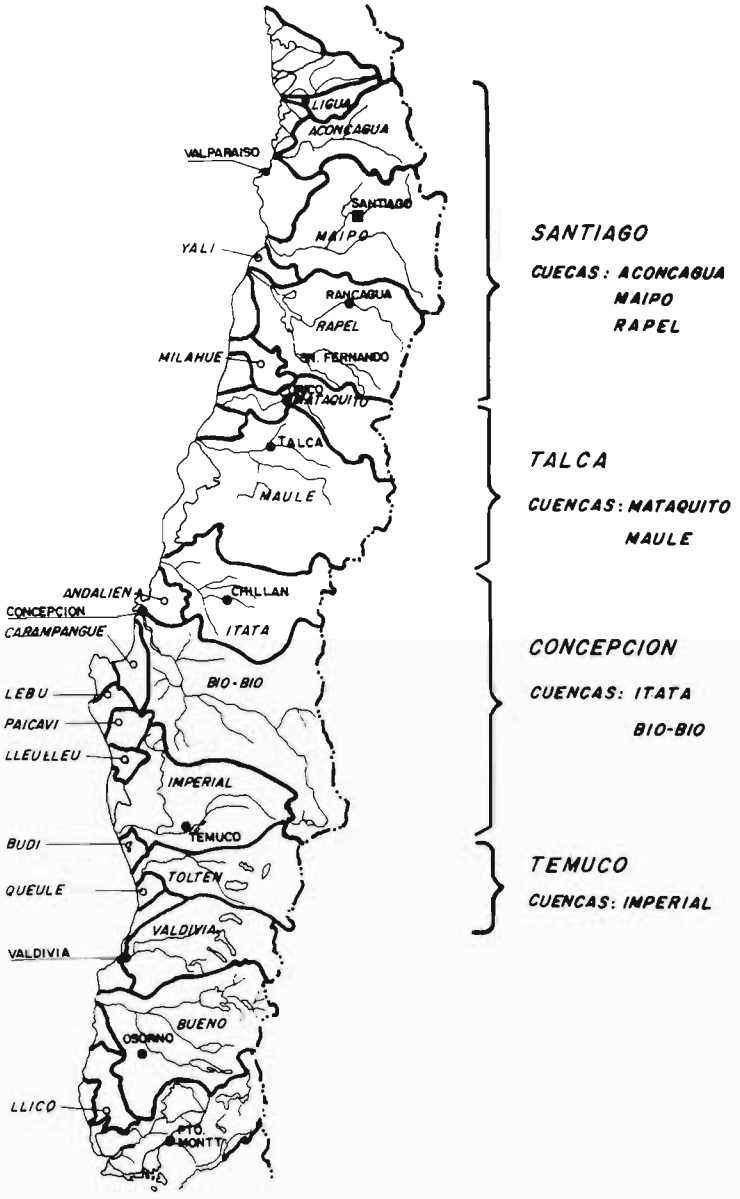

FIGURA Nº 3

4.2.- Sistema Operativo

La operación del **SNAC** está diseñada distinguiendo las siguientes fases:

- Alerta para activar el sistema.
- Operación del sistema.
- Detención de la alerta.

Alerta del Sistema

El sistema entrará en alerta cuando los indices hidrometeorológicos, determinados para cada punto, superen ciertos umbrales ya definidos.

Estos indices hidrometeorológicos estan constituidos por agregaciones de la precipitación y temperatura en los puntos seleccionados. De este modo, en términos generales, se definen umbrales de indices de precipitación antecedentes asociadosa cierta temperatura.

De esta forma una vez superados los umbrales respectivos, se dará la alerta para comenzar a operar el sistema.

Operación del Sistema

Una vez dada la alerta respectiva, se comienza a monitorear en forma automática cada uno de los puntos de control, de caudal, de precipitación y de temperatura correspondiente, y efectuar los pronósticos requeridos para cada punto amagado, cada dos horas.

Si el pronóstico efectuado supera el 50% del caudal que causa daños en el punto amagado, el monitoreo y pronóstico se realiza cada hora, si en algún punto amagado el pronóstico excede el 80% del caudal umbral de daños, entonces, se da una segunda alerta a la autoridad correspondiente (ONEMI) y se mantiene un canal abierto de comunicación.

Lo expuesto se esquematiza en la Figura # 4.

Si continua la operación se entrará en el grado de alarma de inundación en dos niveles:

- El primer nivel es **Posible Inundación**
  Cuando el pronóstico para el punto amagado supere el 90% del caudal umbral de daños.
- El segundo nivel es **Alerta Roja**
  Cuando se supera el caudal umbral causante de daños en el punto amagado.

Durante la operación del sistema se debe continuar con el monitoreo de los indices hidrometeorológicos.

Detención de la Alerta

Una vez que en la red alertada se detecte que los indices hidrometeorológicos, ya no superan el umbral definido, el sistema es interrogado para poder determinar si se suspende o no la alerta. Este proceso es esquematizado en la Figura # 5.

4.3.- Simulación del Sistema

Con el propósito de evaluar la bondad de los indices y de los modelos de pronóstico se efectuó una simulación de los sistemas, utilizando la información hidrológica y meteorológica comprendida entre los últimos 15 a 25 años.

Los resultados se consideran razonables, ya que los sistemas permitieron detectar sin mayores problemas las crecidas que ocasionaron daños en estos últimos años.

En términos generales se entra en el grado de alerta una vez cada dos años, manteniendose en operación durante tres dias, en promedio.

OPERACION AUTOMATICA DEL SISTEMA

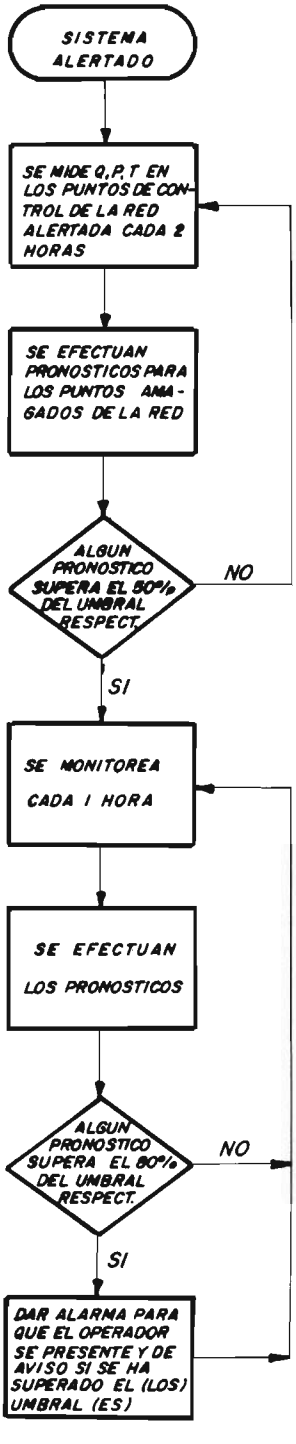

FIGURA Nº 4

DETENCION DE LA ALERTA DEL SISTEMA

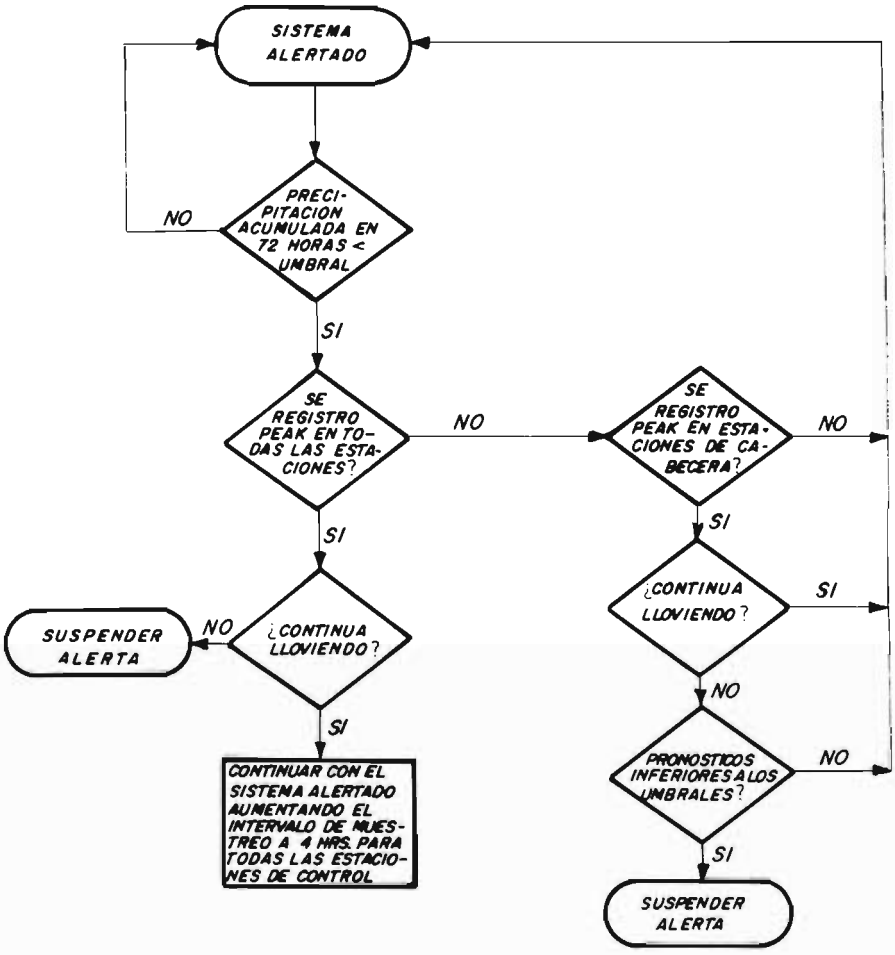

FIGURA Nº 5

5.- BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE ALERTA DE CRECIDAS

Los beneficios de contar con un sistema de alerta de crecidas, pueden ser identificados en lo esencial à traves de los daños evitables que se puedan atribuir a la existencia del sistema. No obstante, una cuantificación de las pérdidas económicas asociadas a las inundaciones por desborde de los ríos resulta altamente compleja, a lo que se agraga una falta de información más o menos precisa.

Los efectos que ocasionan las inundaciones son, en general de muy diversa naturaleza; consecuentemente también son muy distintos los daños que se producen.

Para los efectos de señalar en forma cualitativa un orden de importancia de los lugares seleccionados, se han identificado los daños considerando su tipo, magnitud o frecuencia y la posibilidad de que pudieran repetirse.

A continuación se presenta una lista de las situaciones más frecuentes que ocurren entre la **V Región y la X Región**, ordenadas cualitativamente en forma aproximada de <u>menor a mayor</u> importancia:

A:Inundación temporal de caminos que quedan fuera de servicio.

B:Inundación temporal de zonas agrícolas, con pérdidas menores de producción agrícola.

C:Inundación de zonas agrícolas con destrucción de cultivos, pérdidas de suelo, destrucción de infraestructura y maquinaria.

D:Inundación de zonas agrícolas con destrucción y pérdida de animales.

E:Destrucción de obras viales.

F:Inundación de zonas de viviendas rurales debiendo evacuarse a los habitantes.

G:Inundación de zonas de viviendas rurales con destrucción parcial o total de algunas viviendas.

H:Inundación de zonas urbanas en las que principalmente permanecen inundadas las vias de tránsito.

I:Inundación de zonas urbanas donde se incluye la inundación de viviendas con pérdidas de bienes materiales y evacuación de los habitantes.

J:Inundación de zonas urbanas con destrucción parcial o

total de viviendas.

K: Pèrdidas de vidas humanas.

Cabe hacer presente que, en toda la información analizada entre la VIII y X Región, no se hace mención a la ocurrencia de pèrdidas de vidas humanas.

En base a estos antecedentes y a los indicados en los parrafos precedentes se puede agrupar los lugares amagados en distintos niveles o categorias, los que se representan en el Cuadro # 5.

Si la información lo permitiera, habría que extraer de èsta los valores económicos de los daños "evitables" y de los gastos "evitables", que serían atribuibles como beneficio del sistema. Luego, con estos valores de beneficios, y curvas de frecuencias de las inundaciones, deberían calcularse los beneficios esperados de contar con el sistema de alerta.

Una estimación acabada resulta imposible, más aún si se tienen pèrdidas de vidas humanas.

Sin embargo; se han hecho estimaciones preliminares considerando los daños tipo **F**, **G** , **H** e **I**, referentes a las pertenencias de las familias que eventualmente pudieron ser puestas a salvo de la inundación.

Estas estimaciones se efectuaron se efectuaron para un período de retorno de 10 años y una tasa de actualización del 10%para las zonas que disponían de los antecedentes económicos factibles de utilizar para esta evaluación:

CUENCA:	**BENEFICIOS (US$)**
Aconcagua	800.000
Mapocho	4.300.000
Maipo	570.000
Rapel	40.000
Mataquito	35.000
Imperial	845.000

CUADRO #5: LUGARES AMAGADOS SELECCIONADOS Y CARACTERIZACION DE DAÑOS

LUGAR AMAGADO	TIPOS DE DAÑOS										
Primer Nivel	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
- Sector entre La Calera y Quillota			X			X			X		
- Santiago									X	X	X
- Valdivia de Paine	X		X	X	X		X			X	
- Sector entre Rapel y La Boca							X			X	
- Rengo							X		X	X	X
- Licantèn	X		X	X	X	X	X			X	X
- Sector Puente Ruta 5 Rio Nuble									X		
- Sector Confluencia	X		X		X	X	X				
- Mulchèn								X	X		
- Santa Bàrbara	X						X				
- Nacimiento				X							
- Laja							X	X			
- Hualqui				X				X	X		
- Concepciòn										X	
- Temuco								X	X	X	
- Nueva Imperial y Chol - Chol								X	X	X	
- Carahue								X	X	X	
- Valdivia y Sector de Huellelhue y Pishuinco						X		X	X	X	
Segundo Nivel	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
- San Felipe	X								X		
- Viña del Mar								X	X	X	
- Localidades de Peñaflor, Talagante y El Monte						X	X				
- Isla de Maipo			X	X		X	X				
- Graneros								X			
- Sector entre Olivar y Peumo			X	X	X	X	X				
- Talca									X	X	
- Constitucion								X	X	X	
- Lontuè			X				X			X	X
- Linares			X	X	X	X	X	X	X	X	
- Sector Puente Villucura	X				X						
- Sector Nueva Aldea, Cerro Negro y General Cruz	X	X	X			X					
- Toltèn, Nueva Toltèn,y Hualpin	X	X						X	X		
- Accesos a Chol-Chol y Renaco	X				X						
- Sector entre Lanco y Loncoche	X	X			X	X					
- Victoria y Traiguèn	X	X				X		X	X	X	
- Osorno								X	X	X	
- La Union								X	X		

6.- COSTOS DE LOS SISTEMAS DE ALERTA DE CRECIDAS

Aqui se entregan los costos globales para las diferentes alternativas de diseño . Estos costos incluyen los valores FOB y CIF, y otros relacionados con los derechos de internación, aranceles, etc., así como también, los costos de instalación, puesta en marcha, operación y mantención.

No se incluyen los costos para la adecuación interna del Servicio (DGA).

También se incluye un análisis comparativo de los costos globales de las distintas alternativas.

6.1.- Alternativas de Diseño

Para cada punto determinado se analizaron las alternativas posibles de implementar en cuanto a la red de instrumentación y transmisión.

Este análisis llega a proponer tres tipos posibles de diseño de la red:

- Todas las estaciones con radio automática.
- Todas las estaciones con Plataforma de Colección de Datos.
- Sistema mixto,radios automáticas y manuales.

El análisis incluyó también la posibilidad de utilización de red telefónica (línea dedicada y común) y de radios manuales.

6.2.- Costos de Suministros e Instalación

Los costos globales de esta partida se indican a continuación.

TABLA #7: COSTOS DE SUMINISTROS E INSTALACION

CUENCA	ALTERNATIVAS (US$):		
	R.Autom.	D.C.P.	S.Mixto
Aconcagua	80.000	65.000	52.000
Mapocho	80.000	65.000	65.000
Maipo	69.000	52.000	60.000
Mapocho-Maipo	120.000	104.000	105.000
Rapel	94.000	63.000	78.000
Mataquito-Maule	247.000	164.000	235.000

Itata-Bio Bio(1)	227.000	216.000	194.000
Imperial	116.000	132.000	102.000

(1):R.Manual:132.000

Los costos marginales de agregar o eliminar una estación son los siguientes:

- Radio automática: US$ 10.994
- D.C.P. : 11.687
- Radio Manual : 5.640

6.3.- Costos de Mantención y Operación

En este punto se entregan los costos anuales de mantención y operación de las distintas alternativas de diseño.

TABLA #8: COSTOS DE MANTENCION Y OPERACION

CUENCA	ALTERNATIVAS (US$):		
	R.Autom.	D.C.P.	S.Mixto
Aconcagua	1.650	6.530	1.650
Mapocho	1.710	6.045	1.710
Maipo	1.500	5.230	1.500
Rapel	1.960	8.060	1.645
Mataquito-Maule	5.080	22.880	4.830
Itata-Bio Bio(1)	4.948	69.661	5.415
Imperial	2.667	21.528	2.500

(1):R.Manual:6.227

6.4.- Análisis del Valor Presente de los Costos

Con el fin de poder comparar, en cuanto a costos globales, las distintas alternativas expuestas, se procedió a calcular el valor presente de la inversión inicial, mantención y operación de cada uno de los sistemas, considerando un periodo de análisis de 10 años y una tasa de actualización del 10% anual. Los resultados son los siguientes.

TABLA #9: VALOR PRESENTE DE LA INVERSION

CUENCA	ALTERNATIVAS (US$):		
	R.Autom.	D.C.P.	S.Mixto
Aconcagua	89.514	104.604	61.280
Mapocho	89.882	101.330	76.332
Maipo	78.075	83.657	68.775
Rapel	103.365	112.035	87.463
Mataquito-Maule	275.810	303.891	264.523
Itata-Bio Bio(1)	261.823	704.993	231.226
Imperial	139.336	327.343	-------

(1):R.Manual:174.875

7.- CONCLUSIONES

Los antecedentes proporcionados muestran que los problemas derivados de las inundaciones afectan a un gran número de localidades y zonas, causando daños y pérdidas de magnitud, frecuencia y naturaleza muy distinta.

Los resultados de los estudios han permitido comprobDar que la previsón hidrológica, entendida como un complemento a la adopción de medidas de carácter estructutal puede proporcionar en un número significativo de lugares amagados claros beneficios, y además es técnicamente posible implementar en el corto plazo con la información hidrológica y meteorológica existente.

Para materializar el **Sistema Nacional de Alerta de Crecidas** es necesario instalar el instrumental que permita la obtención de datos de terreno en forma rápida y confiable, además de organizar Centros de Pronóstico, equipados y capacita dos para operar los sistemas.

Las estimaciones del costo de implementación del **SNAC** en las Regiones V a IX, considerando el valor presente de la inversión alcanza a un valor de US$ 800.000 .

Por otra parte considerando solamente algunos beneficios relacionados con las pérdidas de enseres atribuibles a un sistema de previsión y sin considerar los daños evitables en las zonas amagadas en la VIII Región, se obtiene una cifra del orden de los US$ 7.000.000, lo que demuestra el interés que tiene para esas regiones el desarrollo del **SNAC**.

De acuerdo a lo anterior la implementación del **SNAC** es altamente recomendable debiendo estar su desarrollo basado fundamentalmente en el apoyo que le proporcionen las zonas y regiones directamente afectadas.
Con ese propósito resulta indispensable la difusión de esta conclusiones entre las autoridades y organizaciones regionales.