

# **SISTEMA DE** **ALERTA** **TEMPRANA**

## **CAPITULO XII**

### **SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

#### **ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT)</b>	<b>5</b>
<b>2.1 SISTEMA DE MONITOREO Y VIGILANCIA</b>	<b>8</b>
2.1.1 Predicciones del Tiempo y Pronóstico de Precipitaciones	8
2.1.2 Red de Medición y Transmisión	10
2.1.3 Procesamiento de la Información y Seguimiento del Evento	14
<b>2.2 SISTEMA DE ALERTA Y ALARMA</b>	<b>15</b>
2.2.1 Ciudades y Población Afectada	15
2.2.2 Determinación de los Umbrales de Nivel de Alerta	15
<b>2.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN</b>	<b>17</b>
2.3.1 Comunicación entre el SMN y Operador del SAT	17
2.3.2 Comunicación entre la Red de Medición y Transmisión y el Operador del SAT	17
2.3.3 Comunicación entre el Operador de SAT y los Actores Vinculados con el Alerta y Evacuación	18
<b>2.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN</b>	<b>19</b>
2.4.1 Elaboración del Plan de Evacuación.	19
2.4.2 Preparación y Comunicación a la Comunidad	20
2.4.3 Actividades a Desarrollar Durante la Evacuación	20
2.4.4 Ruta de Evacuación	21
<b>3. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA.</b>	<b>22</b>
<b>3.1 OPERADOR DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA</b>	<b>22</b>
<b>3.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA. DIAGRAMA</b>	<b>22</b>
<b>3.3 DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE ALERTA</b>	<b>25</b>

<b>3.4</b>	<b>MANTENIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA</b>	<b>25</b>
<b>3.5</b>	<b>EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA</b>	<b>26</b>
<b>4.</b>	<b>ACTORES DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA</b>	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen zonas donde las soluciones estructurales aportan parcialmente alivio de la problemática de las inundaciones, en virtud de lo cual se hace necesario poner en marcha instrumentos de previsión hidrológica.

Las previsiones en materia de hidrología han sido reconocidas a nivel mundial como un método altamente rentable y beneficioso, dado que los costos de operación y mantención son muy reducidos en comparación con las lesiones personales y/o pérdidas de vidas y daños a los bienes y al ambiente que un evento adverso puede producir y que pueden prevenirse o evitarse.

La detección anticipada de fenómenos meteorológicos que representan un peligro o probables causales de daños a la infraestructura y la población, es posible mediante la implementación de un sistema integrado de mecanismos y procedimientos que conforman el denominado Sistema de Alerta Temprana (SAT).

En esencia, el SAT está representado por todas las herramientas tecnológicas vinculadas a la previsión del evento, su comunicación y la rápida respuesta de los organismos, instituciones y población afectados por los fenómenos de la crecida.

El propósito del sistema es contribuir a establecer un mecanismo de detección temprana de situaciones de crecidas del Río Luján asociadas a fenómenos de lluvias combinados con el estado de la cuenca (dependiente de la humedad, precipitación antecedente, nivel freático, estación del año, entre otros). Estas situaciones se presentan en diferentes meses del año y constituyen peligros para la población, sus bienes y medios de vida.

El SAT representa el inicio de un proceso para la implementación de un Plan de Emergencia que busca reducir los impactos de los eventos mencionados. De allí, la importancia de su desarrollo e inclusión en el marco del Plan Maestro.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, entre los objetivos centrales del Plan Maestro deben citarse los siguientes: determinar los lugares en los cuales resulta necesario y técnicamente posible conocer los caudales de crecidas de lluvia 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.

De allí que el Plan Maestro incluye, -para las principales ciudades afectadas de la cuenca (Mercedes, Luján y Pilar) y las poblaciones menores aledañas-, la propuesta de un sistema de alerta de fácil aplicación, operable y que entregue la información necesaria para ser usada por las entidades involucradas en las situaciones de crecidas (DIPSOH, SMN, Comité de Cuenca del Río Luján (COMILU), Municipio, Defensa Civil, Bomberos), así como a los medios de difusión y población en su conjunto.

En el sentido expuesto, el presente capítulo contiene una propuesta de lineamientos para la confección del Sistema de Alerta Temprana, en la cual se exponen los componentes que lo integran; el esquema y diagrama del funcionamiento general del SAT; los actores e instituciones involucradas, y las conclusiones sobre su concreción.

## **2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT)**

EL sistema de previsión hidrológica que se propone consta de los siguientes elementos, que se citan y describen sucintamente a continuación:

- **Sistema de Monitoreo y Vigilancia**
  - Pronóstico de eventos de tormentas y de situaciones de alerta (a coordinar con el S.M.N.).
  - Red de medición y transmisión. Red de estaciones terrestres de lluvias y caudales con transmisión en tiempo real y por evento.
  - Estación central operativa encargada de:
    - Establecer y evaluar relaciones entre variables hidrometeorológicas y niveles o caudales en el río.
    - Establecer relaciones entre niveles o caudales en el río y daños potenciales.
    - Procesamiento de la información aportada por la red de medición y trasmisión.
  - Funcionamiento de la estación central operativa durante las 24 horas una vez que el pronóstico del SMN informa un evento.
  - Seguimiento del evento y mantenimiento de la comunicación, informando acerca del nivel de alerta.
- **Sistema de Alerta y Alarma**
  - Determinación de los umbrales de niveles de alerta.
  - Acciones a implementarse para cada umbral de nivel de alerta.
- **Sistema de Comunicaciones**
  - Coordinación de diseminación de mensajes con Defensa Civil, Vialidad, Policía, Bomberos, radios y TV, etc.
- **Sistema de Evacuación**
  - Implementación de un programa de actividades de emergencia –plan de evacuación- ligado a los caudales esperados.

Seguidamente en la Figura 2.1 se grafican los componentes del SAT expuestos precedentemente:

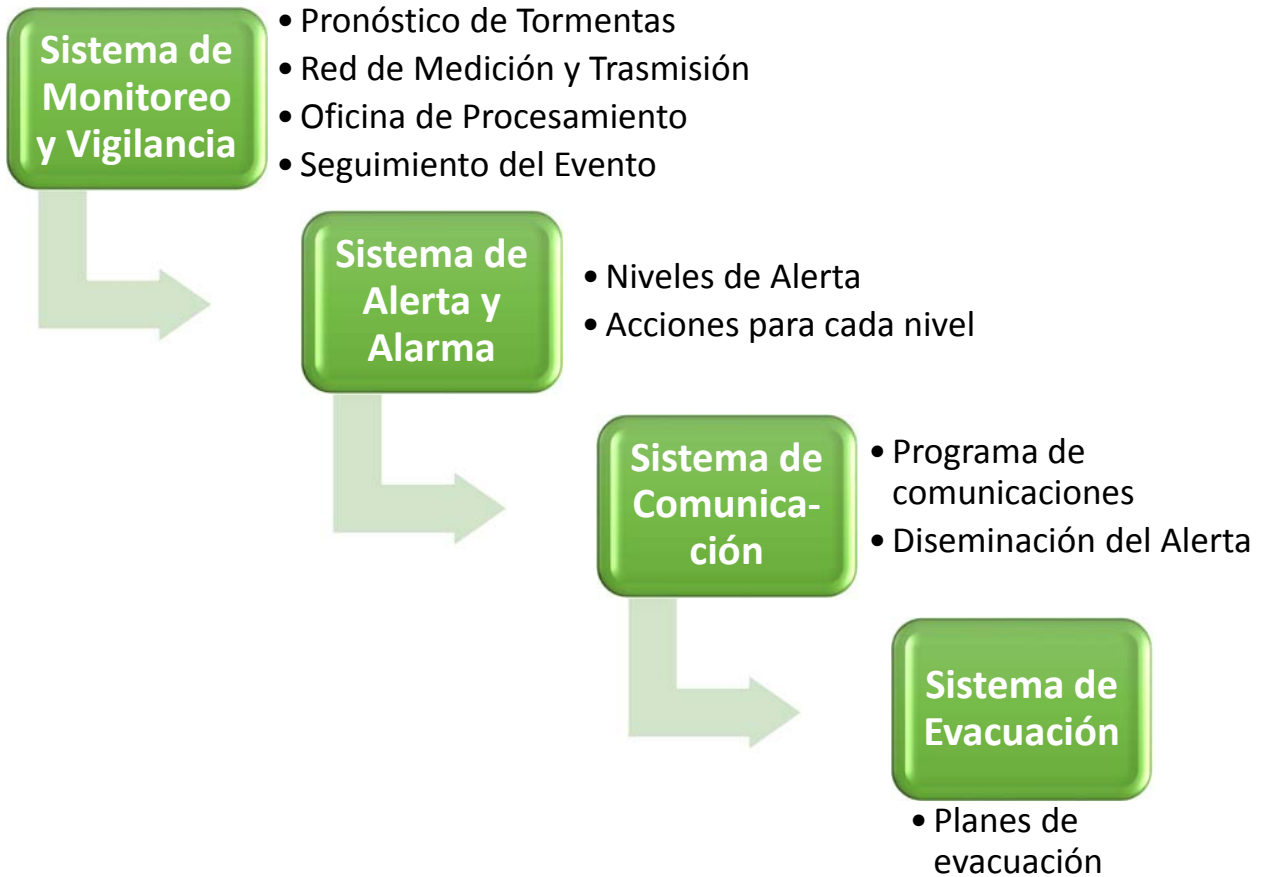


Figura 2.1 Identificación sintética de los componentes del SAT.

Los componentes del SAT actúan en forma interrelacionada y para que su funcionamiento sea efectivo requiere el trabajo conjunto y coordinado de distintos organismos públicos y actores de la sociedad civil.

La relación entre los distintos sistemas y los actores públicos y privados se presenta a continuación en la Figura 2.1:



Figura 2.2 Esquema de Relaciones de los componentes del SAT.

Seguidamente se desarrolla la descripción de cada uno de los componentes, explicitándose en cada uno de ellos los organismos y actores involucrados.



## 2.1 SISTEMA DE MONITOREO Y VIGILANCIA

El sistema de monitoreo y vigilancia es el punto de partida de los alertas por crecidas, siendo el elemento principal de análisis de la situación. Nuclea la información proveniente de diferentes componentes, la analiza y comunica el evento al sistema de Alerta y Alarma.

Los elementos del sistema de monitoreo y vigilancia que se desarrollan en el presente acápite son los siguientes:

- Predicciones del tiempo y Pronósticos de precipitaciones.
- Red de medición y transmisión.
- Procesamiento de la información y seguimiento del evento.

### **2.1.1 Predicciones del Tiempo y Pronóstico de Precipitaciones**

Los pronósticos de tormentas para la Cuenca del Río Luján son los elaborados y emitidos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

El SMN elabora pronósticos para las ciudades de la Cuenca que se difunden a través de la página internet en forma regular dos veces al día, a las 06:00 y a las 18:00.

En el caso de la propuesta que se efectúa, se espera que, en caso que el SMN detecte condiciones extraordinarias, lleve a cabo una vigilancia meteorológica permanente las 24 horas, para su actualización continua de preverse una situación de emergencia.

De producirse dicha situación, el SMN brindará la información del pronóstico meteorológico al Comité de Cuenca del Río Luján (COMILU) –a cargo de la operación del Sistema desde su Centro de Pronósticos-, basada en información de Radar.

El aviso que emite el SMN es de tipo cualitativo y expresa la probabilidad de que ocurra una precipitación extraordinaria pero no brinda información cuantitativa respecto a su magnitud probable.

El SMN procesa operativamente dos veces al día el modelo ETA SMN, el cual es un modelo de alta resolución (25 km en la horizontal) y de área limitada, que abarca la región definida entre 14 y 65° latitud Sur y 30 y 91° longitud Oeste (<http://www.smn.gov.ar/?mod=acerca&id=4#eta>). Está contenido dentro de un modelo global (GFS, NCEP) cuya resolución horizontal es de 50 km el cual le brinda condiciones de contorno.

El modelo ETA produce pronósticos cada 3 horas de diversas variables meteorológicas en un lapso de 120 horas, incluyendo la precipitación acumulada tanto para lluvias en gran escala espacial como convectivas; asimismo provee en internet gráficos de distribución areal de la precipitación pronosticada acumulada que son de interés a los efectos evaluativos de una situación meteorológica dada. Ello puede observarse en la página (<http://www.smn.gov.ar/?mod=dpd&id=1>).

En la siguiente Figura 2.1 se presenta un gráfico ilustrativo de los resultados del modelo

ETA, según la metodología descrita precedentemente.

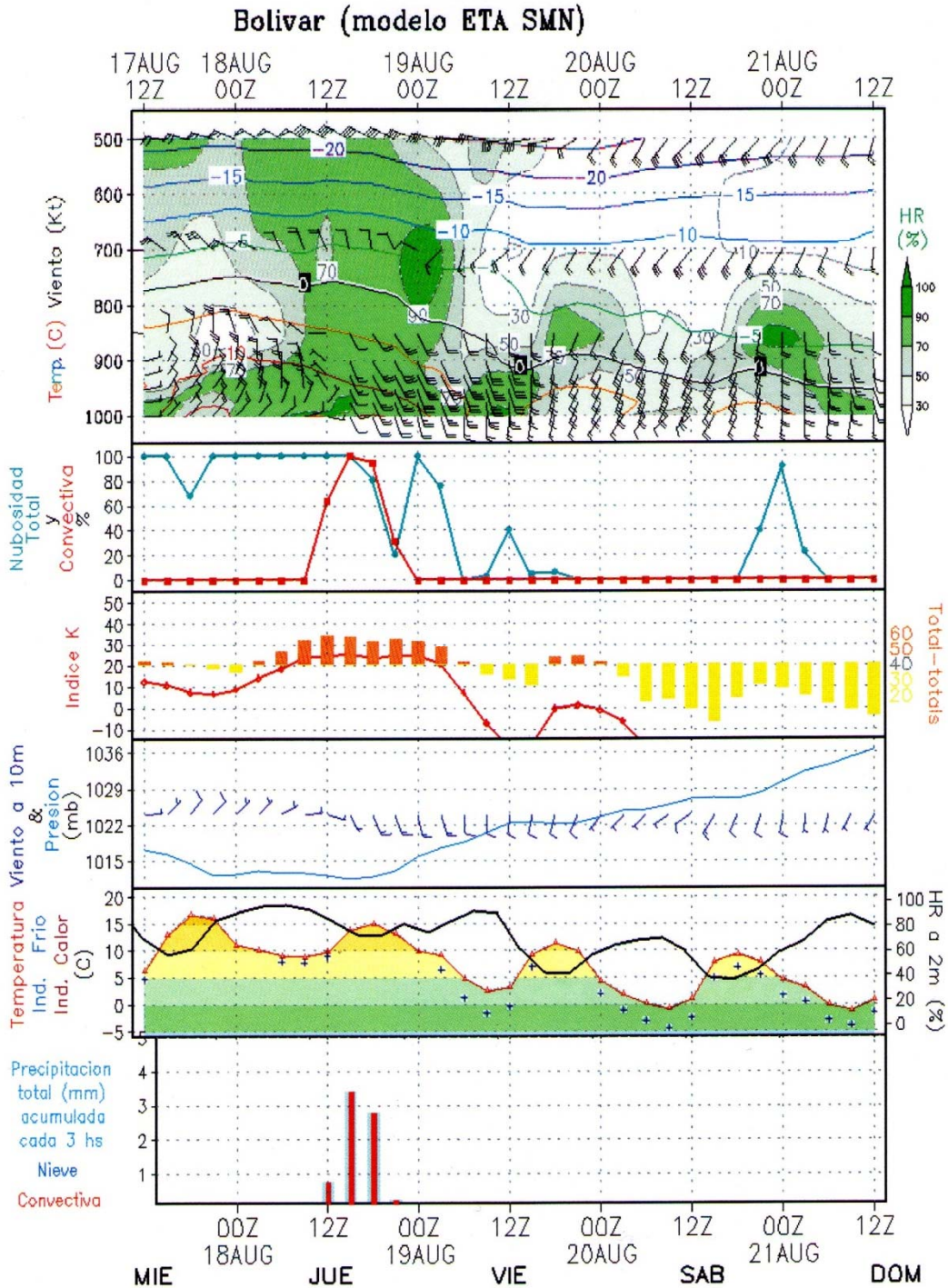


Figura 2.3 Ejemplo de resultados del Modelo ETA del SMN

Tal se ha expresado, la información que brinda el SMN es de carácter cualitativo, por lo cual a los efectos de estimar el posible impacto sobre las condiciones hídricas en la cuenca, resulta necesario disponer de datos puntuales de magnitud precisas, evitando así la interpretación sobre una imagen.

De allí que se recomienda en el marco del Plan Maestro, la realización de un convenio con el SMN para recibir información de predicciones de intensidad de lluvia pero con datos numéricos.

A tal efecto, se propone que el COMILU celebre un Convenio Particular con el SMN para la provisión de pronósticos cuantitativos, acordando en el mismo la información requerida y las condiciones de la prestación, que será suministrada considerando los datos meteorológicos medidos en la red de estaciones a instalar en la cuenca.

En particular se requerirá que el SMN provea un Meteograma con la información de pronóstico de intensidad de precipitación acumulada cada 3 horas en puntos seleccionados de la grilla del modelo ETA, distribuidos en la Cuenca del Río Luján, preferentemente cercanos a la ubicación de estaciones meteorológicas propuestas por el Plan.

El Meteograma deberá sea provisto por el SMN dos veces al día, subiendo la información en un sitio FTP accesible por parte del operador del SAT, brindando además información sobre profesionales a contactar para realizar consultas en caso de dificultades de acceso por internet o bien condiciones de emergencia que así lo ameriten.

De esta manera, si bien debido a la velocidad de traslado de la onda de crecida no resultaría factible realizar simulaciones en tiempo real para pronóstico de niveles de inundación, disponiendo de datos pronosticados en las mismas ubicaciones de las estaciones que alimentan el modelo (según la configuración de polígonos de Thiessen seleccionada), resultará posible estimar con mayor seguridad los niveles de inundación posible en la ciudad y definir acciones de Alerta a la Población en función del riesgo correspondiente.

Se recomienda que a medida que se efectúen corridas del modelo de crecidas con datos reales, se arme una tabla de valores típicos de niveles de inundación según la intensidad de precipitación caída, a los efectos de ir mejorando la alerta de inundaciones.

### **2.1.2 Red de Medición y Transmisión**

La red de medición estará compuesta por diversos equipamientos que proveerán diferente información.

En primer lugar cabe mencionar la red pluviométrica y de estaciones meteorológicas que será utilizada por el operador del modelo MIKE SHE - MIKE 11 del SAT para recalibrar, actualizar y mantener operable el modelo implementado para el Plan Maestro; de esta forma se podrán modelar futuras obras a realizar en la cuenca y establecer los parámetros y condiciones de diseño.

Dichas corridas pueden utilizarse para calibrar a modelos más simples de mayor velocidad de ejecución tales como el HEC-HMS, modelos conceptuales de parámetros concentrados o simplemente correlaciones prácticas en base a resultados del modelo

general.

En segundo lugar, se considera la utilización de una red de estaciones meteorológicas automáticas propuestas por el Plan Maestro, como parte de la sensorización de la cuenca.

Estas estaciones deberán ser instaladas o por el COMILU u otro organismo que se defina en su oportunidad, y operadas por el COMILU; debe considerarse a este respecto que existe una propuesta de nuclear la instalación y mantenimiento de estos sensores a nivel provincial o nacional, pero en dicha instancia, siempre deberá preverse que se permita el acceso y consulta de los organismos con injerencia en la cuenca y, en la medida de lo posible, se permita el acceso público desde internet. El uso estará orientado no solo como información de entrada del modelo, sino que fundamentalmente como uno de los principales elementos del Sistema de Alerta Temprana.

#### *2.1.2.1 DEFINICIÓN DE LA RED DE ESTACIONES DE MEDICIÓN*

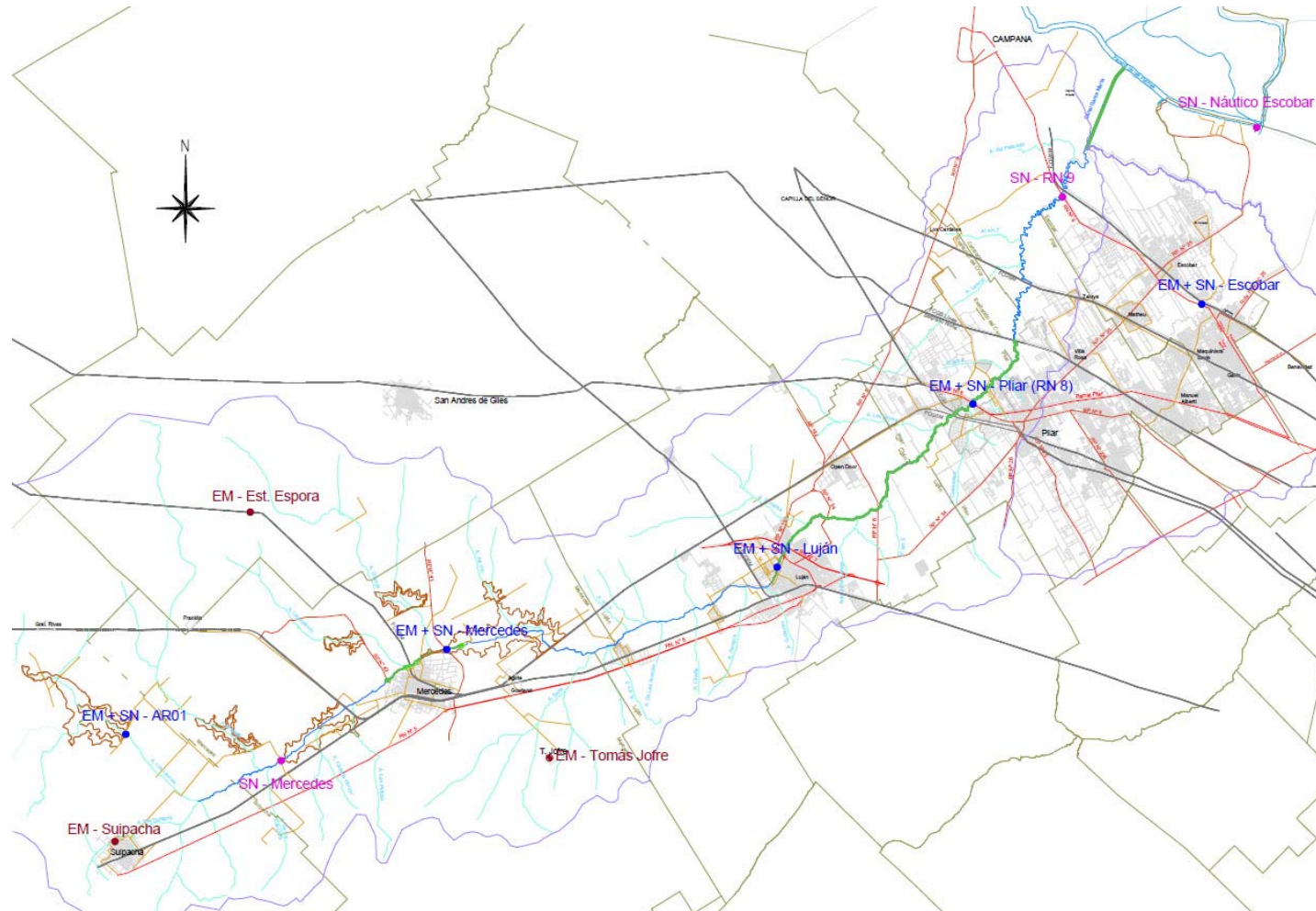
Como primera medida, es necesario separar los tipos de estaciones de medición, en función de los parámetros que miden, del tipo y forma de la información y del destino o uso de la misma.

En primer lugar, se tienen los sensores de nivel del río o estaciones hidrométricas que permiten en forma remota conocer la evolución y estado de los niveles líquidos en el tiempo durante eventos de crecidas.

En segundo lugar, se tienen las Estaciones Meteorológicas Automáticas, que miden precipitación, humedad, temperatura y nivel freático y del río (en algunos casos). Estas estaciones transmiten en forma remota la información colectada, y la misma será utilizada tanto por los modelos matemáticos como para el SAT.

En el siguiente cuadro se replica la denominación, cantidad y ubicación de las estaciones meteorológicas y sensores de nivel propuestos por el Plan Maestro y a continuación un mapa de la cuenca donde se las puede identificar visualmente.

Nº	Nombre Denominación	Tipo de Sensor	Posición Aproximada		Variables a Medir								
			Latitud	Longitud	Pluviómetro (agua caída)	Termómetro (temperatura)	Niveles del río	Anemómetro (viento)	Barómetro (presión atmosférica)	Higrómetro (humedad)	Piranómetro (radiación solar)	Heliógrafo (insolación del suelo)	Freatímetro (Nivel freático)
1	EM - Tomás Jofre	Estación Meteorológica	34°41'58.96"S	59°19'5.57"O	X	X		X					
2	EM- Suipacha	Estación Meteorológica	34°45'38.18"S	59°41'30.20"O	X	X		X	X	X	X	X	X
3	EM - Estación Espora	Estación Meteorológica	34°31'35.20"S	59°34'35.34"O	X	X		X					X
4	SN - Náutico Escobar	Sensor de Nivel	34°14'50.60"S	58°43'43.00"O									
5	SN-Suipacha	Sensor de Nivel	34°42'9.16"S	59°32'56.14"O									
6	SN-Ruta 9	Sensor de Nivel	34°17'54.02"S	58°52'55.78"O									
7	EM+SN – Escobar	Estación Meteorológica. + Sensor de Nivel	34°22'23.93"S	58°45'42.73"O	X	X	X	X					X
8	EM+SN- Mercedes	Estación Meteorológica + Sensor de Nivel	34°37'23.30"S	59°24'25.76"O	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	EM+SN-AR01	Estación Meteorológica + Sensor de Nivel.	34°38'32.83"S	59°45'14.72"O	X	X	X	X					
10	EM+SN – Luján	Estación Meteorológica + Sensor de Nivel	34°33'47.63"S	59° 7'24.94"O	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	EM+SN-Pilar(Ruta 8)	Estación Meteorológica + Sensor de Nivel	34°26'45.54"S	58°57'25.42"O	X	X	X	X	X	X	X	X	X



En adición a las estaciones y sensores mencionados y descriptos en los párrafos anteriores, se contará con sensores de nivel en cada una de las ARTEH (Áreas de Retención Temporal de Excedentes Hídricos) que el Plan propone construir. En el momento que las mismas entren en operación, se deberá actualizar la red de telemedición del SAT, ya que la lectura de los niveles en las ARTEH pueden brindar una real magnitud de la crecida generada por las lluvias con la debida anticipación, generando esto un aporte importante para el sistema de Monitoreo y Alerta.

### 2.1.2.2 CONSIDERACIONES PARTICULARES RESPECTO DE LAS MEDICIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

Para las estaciones hidrométricas automáticas, cuya información deberá estar disponible en forma remota mediante acceso web, se deberán calibrar las curvas de descarga que son gráficos de caudal en función de altura  $Q f(H)$ , mediante aforos de la sección limnimétrica correspondiente a la estación, lo que permitirá determinar en el centro de procesamiento, los caudales que pasan por la sección según las distintas alturas registradas en la misma.

En este caso se considera importante que las estaciones meteorológicas posean redundancia en la transmisión en tiempo real de la información. Esto asegurará la disponibilidad de la información, ya que como es habitual durante las tormentas, alguno de los métodos de transmisión puede no funcionar, y si bien los datos quedan almacenados en la memoria interna de la estación, no se contará con la información en tiempo real. Por ello, prever la comunicación entre las estaciones meteorológicas y el Centro de Pronóstico en forma satelital, es una de las posibilidades para generar redundancia en este sentido.

### 2.1.3 Procesamiento de la Información y Seguimiento del Evento

En caso de producirse un evento, la información medida deberá ser procesada por el equipo que opere el SAT, de tal forma que se pueda establecer claramente el estado de situación y evaluar la misma con el objeto de tomar las decisiones que resulten adecuadas.

La información que será necesaria registrar y procesar en cada uno de los eventos es:

- i) Evolución de la intensidad de la lluvia,
- ii) niveles del Río Luján (y los arroyos afluentes según sea al caso).

Para el registro y procesamiento de la información medida, deberán elaborarse modelos simplificados que permitan indicar en forma clara y precisa, si la situación o evento ha superado el umbral previsto, y en dicho caso, proceder según el Sistema de Alerta y Alarma que se describirá seguidamente.

Las mediciones o chequeos de la información recibida de las estaciones meteorológicas deberán ser periódicas, en tanto el espacio de tiempo entre procesamientos de información dependerá de la criticidad o estado del evento.

## 2.2 SISTEMA DE ALERTA Y ALARMA

El presente acápite enuncia las pautas para la implementación del Sistema de Alerta y Alarma, cuyo objetivo es fijar los diferentes umbrales de nivel de alerta y cuáles son las acciones a desarrollar para cada uno de los mismos.

El sistema es un componente de gran importancia para alertar a las autoridades y a la comunidad de un inminente peligro o bien en función de la progresión del evento, dar la voz de inicio del proceso de evacuación de manera simultánea en toda la ciudad o comunidad hacia las zonas seguras establecidas. Es el elemento vinculante entre el sistema de monitoreo y vigilancia y los sistemas de comunicación y evacuación.

Este sistema evalúa la situación establecida por el sistema de monitoreo y vigilancia, analiza los resultados del procesamiento de la información recibida de las estaciones de medición y determina las acciones a implementar de acuerdo al umbral del nivel de alerta.

### **2.2.1 Ciudades y Población Afectada**

Por las características hídricas de la cuenca y de la problemática detectada, el SAT se centra fundamentalmente en las ciudades de Mercedes, Luján y Pilar, así como las zonas aledañas a cada una y a las poblaciones más pequeñas cuyos sistemas de defensa y evacuación dependen de las primeras, entre las cuales se pueden mencionar Olivera, Pueblo Nuevo, Jáuregui, Villa Flandria, Manzanares, etc.

La problemática de crecidas del Río Luján y su cuenca, se ve evidenciada en cada evento, por la afectación de los barrios y áreas ubicadas en la ribera o valle de inundación del río y los arroyos afluentes a éste, en coincidencia con el casco urbano de las ciudades y poblaciones y las zonas periurbanas. Por ello, los niveles de alerta deberán estar específicamente diseñados para la protección, aviso, y evacuación de la población.

### **2.2.2 Determinación de los Umbrales de Nivel de Alerta**

El nivel del alerta depende de tres hitos principales:

- El pronóstico de Tormentas Intensas.
- La precipitación ocurrida en la cuenca (Intensidad de Lluvia en tiempo real).
- La evolución de los niveles del Río Luján y Afluentes en la Cuenca Alta y del Río Paraná en la Cuenca Baja (tiempo real).

De esto se desprende la gran importancia del funcionamiento de las estaciones meteorológicas, durante el evento.

En función de los hitos definidos deberán establecerse umbrales que al ser superados definirán las diferentes acciones –aviso, alerta o alarma y evacuación- que tendrán que llevar a cabo las autoridades y/o a la comunidad.



Como es normal en este tipo de sistemas, el planteo de los umbrales de nivel estarán asociados a colores, mediante los cuales se asocia el nivel de riesgo de inundación, y las diferentes acciones a tomar tanto desde el punto de vista de monitoreo del evento como de la comunicación de alerta y/o de alarma que determina ya la evacuación.

En el siguiente cuadro se plantean los diferentes niveles para un sistema que contemple la situación futura con la totalidad de las obras construidas:

Color	Causa Raíz	Monitoreo	Acciones
Verde	Sin Alerta. Sin precipitaciones. Nivel freático bajo.	Ninguno	Ninguna
Amarillo	Pronóstico de Lluvias y Tormentas Intensas por parte del SMN y/o Solo lluvias (sin Alerta). Nivel freático medio.	Activación del monitoreo de la red de medición. Evaluación de las lluvias antecedentes de los últimos 3 meses	Dar aviso a las autoridades.
Naranja	Lluvia e Intensidad de Lluvia en EM - Tomás Jofre. Desborde por vertedero en alguna o varias de las ARTEH Precipitaciones superiores al umbral. Tiempo transcurrido entre el inicio de la lluvia y la evidencia de aumento de nivel los sensores de nivel de la cuenca Alta.	Monitoreo detallado de los niveles del Río Luján y Afluentes (todas las estaciones meteorológicas). Análisis de los umbrales y previsión del tiempo de sobrepaso en cada ARTEH Análisis de los tiempos de traslado de los hidrogramas de la cuenca alta.	Dar alerta preventiva a la comunidad.
Rojo	Suma de caudales en las ARTEH superior al umbral y/o Caudal en el Río Luján en Mercedes sobrepasa el umbral.	Seguimiento del desarrollo de la crecida. Estimación de tiempos de arribo de los picos a los centros poblados.	Dar alarma ante situación de emergencia para Implementar Plan de Evacuación de las zonas afectadas.

## 2.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Los instrumentos y equipos utilizados en el SAT requieren de un eficaz sistema de comunicación para que los resultados a obtener sean los esperados y que puedan adoptarse las decisiones adecuadas ante posibles crecientes.

La organización e implementación de este sistema involucra la puesta en conocimiento de:

- El pronóstico de tormentas por parte del SMN al operador del SAT.
- La información emitida por la red de medición y transmisión de la cuenca, al operador del SAT.
- El alerta y alarma por parte del SAT a los actores que tienen a su cargo dar los avisos a la comunidad e iniciar las acciones relacionadas con los planes de evacuación.

Lo expuesto permite advertir que las funciones principales del sistema de comunicación son:

- Conocer los datos recabados por la red de medición y transmisión de la cuenca.
- Conocer la información emanada del SMN para su procesamiento.
- Establecer la forma general de comunicación de la información entre los distintos actores del SAT.
- Comunicación entre el centro de operación y los organismos encargados de la Difusión de la Emergencia y la implementación del Plan de Evacuación.
- Comunicación y difusión de la emergencia a la Comunidad.
- Comunicación de la orden de evacuación.
- En el proceso de evacuación, mantener la comunicación entre los equipos de evacuación y rescate.

Asimismo, como función secundaria puede mencionarse el desarrollo de la comunicación entre las actividades cívicas que se realizan y las medidas preventivas a ser llevadas a cabo con relación a los eventos.

### **2.3.1 Comunicación entre el SMN y Operador del SAT**

La comunicación al operador del SAT del pronóstico de tormentas intensas por parte del SMN, se realizará mediante a través de la página web del SMN, el que a su vez deberá cargar la información en un sitio FTP especialmente dedicado.

### **2.3.2 Comunicación entre la Red de Medición y Transmisión y el Operador del SAT**

Los datos de lluvia y de nivel del agua en los ríos será enviada a la oficina de

procesamiento de la información del SAT, desde las estaciones hidrométricas y meteorológicas.

Mediante la red de medición y transmisión, se puede conocer el dato en tiempo real (lluvias intensas o crecientes), eliminándose el procesamiento manual de la información.

Se recomienda redundancia en la transmisión a través de correo electrónico y en forma telefónica.

La comunicación de datos resultantes de la Red, se puede realizar de acuerdo a cualquiera de las tres formas de transmisión que se citan seguidamente:

- Transmisión de la Información vía Radio.

La información será enviada vía radio desde las estaciones hidrometeorológicas hasta la oficina operadora del SAT, en donde se procesará dicha información. Para esta actividad es muy necesario tener la frecuencia respectiva para ser utilizada durante la transmisión de la información.

- Transmisión vía Satélite

La transmisión vía satélite requiere asegurar los canales respectivos del satélite que permitan una correcta recopilación, transmisión y recepción de la información hasta el centro de pronóstico, mediante medios y materiales necesarios para su funcionamiento.

- Transmisión vía teléfono (celular).

Se considera a esta transmisión como la mejor alternativa. Es similar a la transmisión vía radio, y depende en gran medida del alcance y ubicación de las antenas repetidoras del teléfono (celular) respecto a cada una de las estaciones hidrometeorológicas; se considera a ésta como la mejor alternativa de transmisión de la información.

### **2.3.3 Comunicación entre el Operador de SAT y los Actores Vinculados con el Alerta y Evacuación**

Como primera medida se deberá determinar y revisar las formas que actualmente se están utilizando para la comunicación de los eventos y luego plantear el completamiento y mejoras al sistema de comunicaciones.

Como se ha dicho, la comunicación de la alerta en tiempo y forma tiene particular importancia en el esquema de funcionamiento del SAT.

Los puntos a tener en cuenta en el diseño del sistema de comunicación son:

- Revisión del Plan de Comunicaciones actual y adecuación del mismo al esquema de funcionamiento del SAT.
- Generación y divulgación de folletos de información a los pobladores.
- Implementar un sistema eficiente de aviso, que en este caso podrían ser señales sonoras en puntos estratégicos.

- Tener totalmente previsto los planes de ayuda ante situaciones consideradas críticas.
- Prever rutas de movimiento de vehículos de apoyo (ambulancias, bomberos, policía) y de personas.

Una vez que se el SAT se encuentra Alertado/Activado –Alerta Amarilla-, el operador del SAT dará aviso al responsable designado de las autoridades locales (municipios), para que:

- De aviso a las entidades locales involucradas en situaciones de crecida y participantes del sistema de evacuación.
- Aliste los mensajes y los canales de comunicación en caso de que hubiere que emitir alerta preventiva (Alerta Naranja) o Alerta de evacuación a la comunidad (Alerta Roja).

Se recomienda que las autoridades y las entidades involucradas establezcan un listado de responsables principales y alternativos para ser contactados por el operador de SAT. Debe considerarse que podrán participar en los operativos no solamente integrantes del ejido municipal y otros organismos gubernamentales sino también miembros de la comunidad y servicio de voluntariado.

En cuanto al alerta, se podrá difundir utilizando las radios locales, radioparlantes, campanas de iglesia, bocinas, sirenas, o cualquier otro instrumento que tenga el mayor alcance para que toda la comunidad pueda estar alertada.

Cualquiera sea el sistema de difusión de alerta a la población, el mismo deberá ser correctamente divulgado previamente a toda la comunidad para su conocimiento en caso de emergencia.

## 2.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN

El sistema de evacuación tiene varias aristas importantes como lo son la eficacia del operador del SAT para comunicar a los portavoces o responsables de la alerta extrema, las capacidades de los encargados de poner en marcha el Plan de Evacuación y el conocimiento que la comunidad tenga sobre los cursos de acción a seguir en caso de evacuación.

### **2.4.1 Elaboración del Plan de Evacuación.**

Las áreas pertinentes del COMILU, junto con las municipalidades, y las diferentes instituciones de la comunidad vinculadas con la seguridad de la población, tales como Defensa Civil, Bomberos Voluntarios, Policía y otros actores que así se considere, deberán en primer lugar definir los barrios sujetos a emergencia y el Plan de Evacuación y el correspondiente mapa en caso de crecida e inundación.

El Plan de Evacuación deberá contener las actividades a ser realizadas y los responsables de cada una de ellas.

A fin de lograr un resultado efectivo del procedimiento, deberá preverse el fortalecimiento de las capacidades locales, instruyendo y capacitando a los responsables en cada actividad a ser desarrollada.

#### **2.4.2 Preparación y Comunicación a la Comunidad**

Es muy importante que la población en particular los hogares ubicados en zonas de riesgo hídrico alto y moderado, conozca el previamente el plan de emergencia y el mapa de evacuación, es decir que hacer en caso de inundación.

Para ello deberá preverse que desde el COMILU se capacite personal que durante un período dado visite a los hogares y suministre los folletos correspondientes. Incluso estos planes de evacuación o emergencia pueden comunicarse además mediante cartelera en la vía pública o con reuniones de periodicidad anual con cada familia en riesgo.

De esta forma la población podrá saber dónde queda el punto de reunión o refugio, cuál es la ruta de evacuación o salida, y cómo se puede salvar o proteger los objetos personales, en cada uno de los centros poblados.

El COMILU deberá coordinar con Defensa Civil y el municipio/delegación de cada centro poblado la estrategia de evacuación y establecer procedimientos sencillos y claros para llevarla a cabo.

#### **2.4.3 Actividades a Desarrollar Durante la Evacuación**

El procedimiento de evacuación será llevado a cabo por diferentes organizaciones y actores cuya responsabilidad será establecida en el pertinente Plan de Evacuación. Entre las actividades que deberán llevarse a cabo durante la evacuación pueden citarse:

- Transporte de la población a los refugios.
- Provisión de ayuda a los damnificados.
- Coordinación de las actividades para el rescate utilizando la ruta de evacuación.
- Búsqueda y rescate de personas desaparecidas.
- Seguridad a las viviendas afectadas y sus pertenencias.
- Vigilancia de los centros de distribución de alimentos y de ayuda en general.
- Atención de heridos y enfermos.
- Registro de la población afectada.
- Distribución de alimentos en los refugios.

#### **2.4.4 Ruta de Evacuación**

La población en situación de riesgo debe saber por dónde evacuar en caso de una emergencia de inundación. La ruta de evacuación puede estar descrita en un mapa, el cual debe ser correctamente divulgado y actualizado mediante folletos, señalización en la vía pública, etc. Este mapa debe mostrar la ruta más segura para llegar al refugio o a una zona libre de riesgo de inundación previamente establecido.

### **3. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA.**

#### **3.1 OPERADOR DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

El SAT, no es un sistema de alerta aislado, sino que está conformado por los operadores y los actores que toman las decisiones para atender la emergencia. De lo contrario no servirá a la población que está en riesgo.

El Sistema de Alerta Temprana es una herramienta de prevención cuyo centro funcionará en la Ciudad de Luján, operado por el COMILU, el que además de operar el sistema, estará a cargo de evaluar la información, procesarla, transmitir, validar y emitir los respectivos boletines de alerta, durante el desarrollo del evento.

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema, durante la primera fase de implementación en la que se desarrollarán los modelos de lectura de parámetros y se calibrará con el modelo general, es importante el asesoramiento continuo de la DiPSOH para garantizar la respuesta del sistema y su eficiencia. El funcionamiento será supervisado por el AdA.

#### **3.2 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA. DIAGRAMA**

El proceso de alerta se inicia con el pronóstico de tormentas emitido por el SMN, activándose entonces el SAT que hasta el momento permanecía en Stand By. Cada uno de los componentes del sistema entra en alerta a la espera de mayor información.

En esta instancia, el Centro de Pronóstico del COMILU comienza a monitorear el evento mediante las herramientas con que cuenta (pluviómetros, limnímetros y seguimiento de la tormenta por parte del SMN), y a realizar el procesamiento de la información que recibe de las estaciones meteorológicas y sensores para evaluar la posible evolución de la crecida.

En primera medida se evaluarán las lluvias, teniendo en cuenta las precipitaciones ocurridas en los últimos meses (humedad antecedente o indicador de la saturación de la cuenca), de esta forma se podrá estimar la magnitud del evento con cierto grado de incerteza, pero con algunas horas de anticipación.

A posteriori se analiza la información de niveles del río en la cuenca alta, evaluando la forma de la curva de incremento de niveles y el tiempo, de esta forma se tiene una mejor aproximación de las características del evento, pero a costas de un menor tiempo de anticipación del mismo.

La colección y transmisión de la información, como ya se ha anticipado, se hace en forma automática a través de la red telemétrica instalada en cada estación meteorológica e hidrométrica, a través de los pluviómetros y limnímetros, para saber la cantidad de lluvia que cayó y el nivel que alcanza el río en un determinado instante.

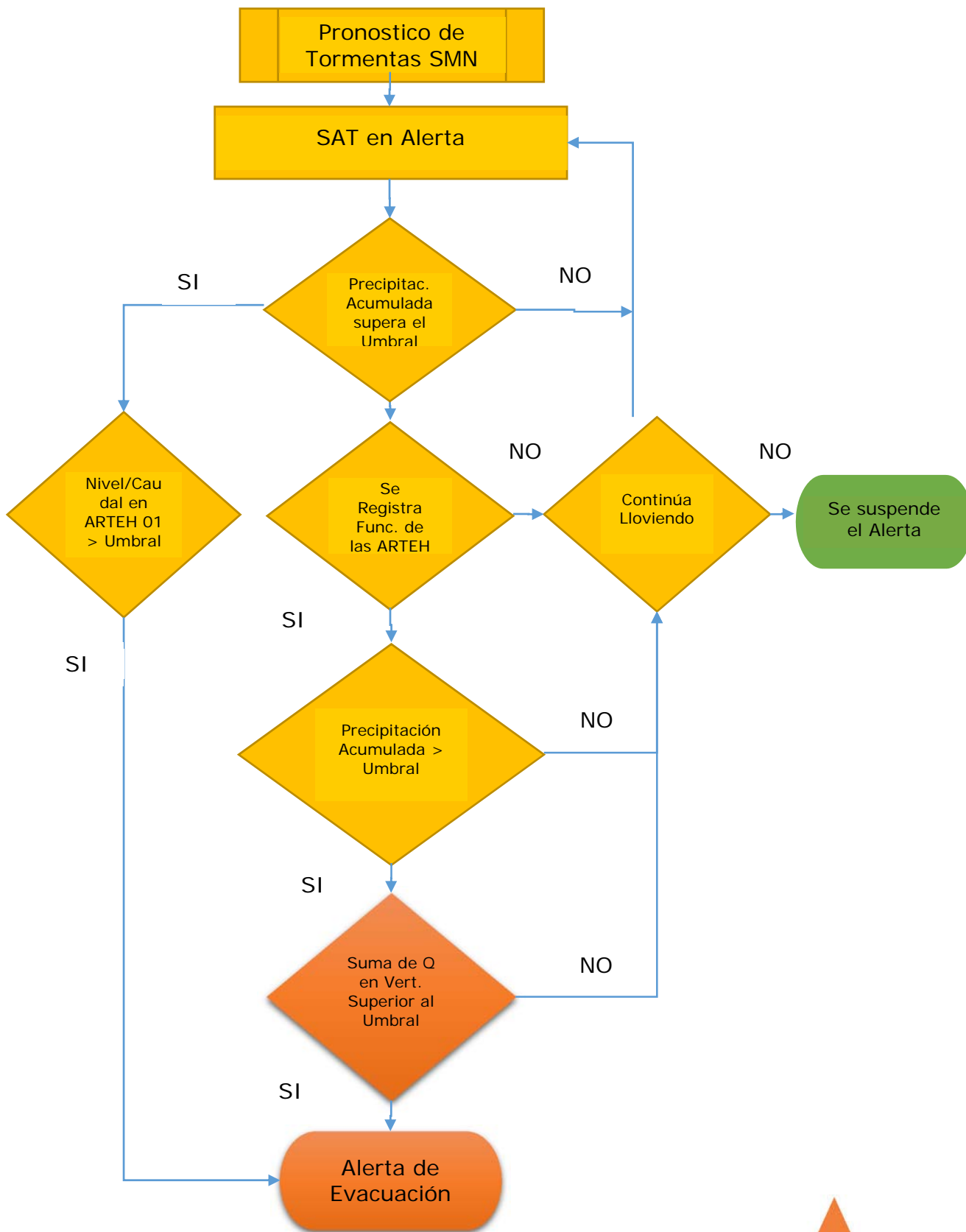
Desde el Centro de Pronóstico situado en la Ciudad de Luján, se consultará esta información directamente desde la Web.

Para las estaciones hidrométricas, se deberán calibrar las curvas de descarga que son gráficos de caudal en función de altura  $Q f(H)$ , elaboradas por técnicos de la DiPSOH o el AdA (Autoridad del Agua) mediante mediciones (Aforos) puntuales en la sección limnimétrica, lo que permitirá determinar los caudales que pasan por la sección a las distintas alturas de la misma; y, a posterior; mediante la medida del nivel del agua, a través de un sensor, el cual en base a la fórmula hidrológica (curva de descarga) determina el caudal circulante.

En las estaciones hidrométricas, también se generarán hidrogramas, que son una representación gráfica que realizan los técnicos para mostrar la variación del nivel o caudal del río en el tiempo.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de flujo típico a seguir durante el alerta.





### 3.3 DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE ALERTA

Se definirán condiciones de alerta, dependiendo de los umbrales que se estimen considerando el nivel de lluvia y de los ríos.

Los valores de los umbrales deben ser determinados en función de un estudio complementario cuya ejecución se recomienda en el Plan Maestro. Dichos umbrales deberán ser calibrados continuamente hasta alcanzar valores confiables. En este caso, deberá considerarse el nivel de desarrollo de las obras previstas en el Plan Maestro, y su implementación.

Con cada obra que se ponga en funcionamiento el SAT deberá ser actualizado en función de las mejoras generadas en la cuenca y condiciones de funcionamiento de la propia obra.

Como condición general se pueden establecer dos criterios que definen la frecuencia del monitoreo:

1. Cada cierto tiempo seleccionado. Cada hora para el dato de lluvia y cada 15 minutos para el dato de nivel.
2. Cuando los parámetros medidos o la tasa de cambio sobrepasan ciertos valores estipulados. En este caso sería un monitoreo extraordinario correspondiente a una situación de alarma de acuerdo a los umbrales de precipitación y niveles establecidos.

### 3.4 MANTENIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

El funcionamiento del SAT requiere para su mantenimiento y actualización, que se asegure la provisión de recursos necesarios para su funcionamiento como así también se proceda a la continua capacitación de los técnicos a cargo de su operación. Asimismo, se recomienda la actualización en materia de intercambio de información con otras instancias vinculadas con la temática en materia de inundaciones y su control.

En tal sentido se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones:

- Inclusión en los presupuestos institucionales de un fondo para mantenimiento del equipamiento del Sistema de Alerta Temprana.
- Inclusión en los presupuestos de los gobiernos (regional, provinciales y distritales) de un fondo para mantenimiento de los equipos del SAT.
- Capacitación: los técnicos que operarán y manejarán el SAT deben ser entrenados en envío y recepción de información, tratamiento y procesamiento de la información, manejo del o los modelos hidrológicos así como técnicas complementarias para el pronóstico.
- Investigación de mejoras a la funcionalidad del SAT y posibilidad de adaptación.

- Implementación de mecanismos de intercambio de información técnica y científica

### 3.5 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Para evaluar el funcionamiento del SAT en todos sus componentes y la capacidad de respuesta de la comunidad y sus instituciones ante el evento que puede causar inundaciones se realizan simulacros y ejercicios de simulación, que implican la realización de diferentes acciones que permiten conocer el estado en que se encuentra en sistema. Entre dichos simulacros y ejercicios de simulación pueden citarse:

- La revisión y elaboración de alertas a los diferentes niveles.
- La transmisión de estas alertas a los diferentes niveles de manera oportuna.
- La implementación de medidas de preparación.
- La implementación del sistema de alarma.
- La dirección del proceso de evacuación de la población hasta las zonas seguras.
- Conocimiento del sistema de alarma.
- Conocimiento de vías de evacuación.
- Conocimiento de zonas seguras.
- Participación en el proceso de evacuación.
- Conocimiento de normas de conducta y medidas de seguridad en caso se presente un peligro.

#### **4. ACTORES DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

En la administración, operación, mantenimiento y fiscalización del SAT deberán estar involucrados desde las autoridades tanto provinciales como municipales hasta la propia comunidad afectada por los eventos de crecidas del Río Luján.

Para que el sistema sea efectivo y cumpla su propósito, se hace necesario el compromiso político e involucramiento de las instituciones y la participación y sensibilización de la población.

Por otra parte es importante que el SAT sea institucionalizado.

Los actores involucrados serán:

- Autoridad del Agua (AdA): Fiscalización del SAT.
- Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DiPSOH): asesoramiento en implementación y mantenimiento del sistema.
- Comisión del Río Luján (COMILU); operación del sistema y responsable del procesamiento de información. Puesta en conocimiento de los niveles de alerta y/o alarma a las autoridades y/o responsable designado.
- Municipios: designación de responsables, capacitación y apoyo a la comunidad.
- Defensa Civil: participación en procesos de evacuación.
- Bomberos Voluntarios: participación en los procesos de evacuación.
- Socorristas: colaboración en emergencia.
- Medios de Comunicación: difusión de mensajes de alerta y evacuación; sensibilización y concientización a la población.
- Residentes en las zonas propensas a inundación.
- ONG y otras instituciones: colaboración en emergencia y evacuación, y servicios a prestar a los evacuados.

El Plan Maestro prevé que en las instancias iniciales la DiPSOH participe activamente en la implementación del sistema considerando su expertise, a través de su asesoramiento, en tanto se reserva al AdA la fiscalización de la implementación y del funcionamiento del SAT.

El SAT será operado el COMILU el cual contará con técnicos preparados y formados para la operación del SAT y sus sistemas. También definirá junto con las autoridades encargadas de la seguridad de la población, los operativos de puesta en conocimiento a la comunidad de los planes de evacuación.

Los Municipios, Defensa Civil y Bomberos serán las instituciones encargadas de la seguridad de la población; estarán a cargo asimismo de la realización de los simulacros de evacuación de la población que habita en las zonas con riesgo de inundación, para lo cual deberá tomar como base el Mapa de Riesgos de Inundaciones para ubicar las zonas de riesgo y seguridad.

## 5. CONCLUSIONES

El Sistema de Alerta Temprana – SAT – servirá para dar un aviso de alta probabilidad de ocurrencia de inundaciones a la población asentada en las zonas de peligro, con un promedio de 2 a 30 horas de anticipación (dependiendo de la ubicación en la cuenca), lo cual permitirá tomar las medidas correspondientes con relativa antelación en caso de producirse un evento climático extremo que pueda producir una inundación.

Para el correcto funcionamiento del SAT es necesario que exista un compromiso entre las autoridades y la población, en cuanto a los recursos económicos (implantación, funcionamiento y mantenimiento), y humanos (operación y cuidado del sistema) necesarios.

El SAT debe ser utilizado en forma continua, si se tiene un aviso confiable con suficiente anticipación, el sistema de alerta puede evitar pérdidas económicas, ya que nadie sería sorprendido por el evento.

Es responsabilidad de los Municipios, Defensa Civil, Bomberos Voluntarios y otras Organizaciones Voluntarias de evacuar a todos los pobladores que pueden ser afectados en los sitios inundables, una vez que el COMILU dé aviso de la existencia de una situación de emergencia.

El pronóstico debe ser lo más preciso posible, pues un error por defecto en las alturas de crecidas pronosticadas puede llevar a inundaciones imprevistas y un error por exceso puede llevar a gastos innecesarios y a la pérdida de credibilidad en el sistema ante futuros eventos.

La precisión y la regularidad de la información aseguran la preservación del patrimonio y minimizan las posibles pérdidas de bienes materiales de quienes habitan en las zonas afectadas o de quienes desarrollan actividades económicas en ellas.

El SAT es un sistema de pronóstico cuyas bases fueron diseñadas especialmente para los habitantes de la Cuenca del Río Luján y requiere la ejecución de actividades simples pero sistemáticas, como son:

Medir la cantidad de lluvia, medir las alturas del agua del río, transmitir los datos al Centro de Procesamiento y en este último decidir sobre la base de procedimientos estandarizados (curva de descarga, umbrales, etc.), la ocurrencia o no de inundaciones y su severidad.

El SAT es un sistema que incluye la acción de varios organismos y autoridades, tales como COMILU, Municipio, Defensa Civil, Bomberos, Policía, ONG, etc. Los mismos que deben trabajar en forma conjunta y coordinada en la prevención y atención oportuna a la población amenazada.

De la misma forma y persiguiendo el objetivo de eliminar la mayor cantidad de obstrucciones al escurrimiento, se debe realizar un mantenimiento sistemático de la vegetación sobre el cauce y llanura de inundación en zona rural. Asimismo, se deben mantener las secciones de los puentes libres de obstrucciones.

Para el correcto funcionamiento del SAT se recomienda un buen mantenimiento y operación continua de la red, asegurar el correcto financiamiento de la actividad, capacitar al personal operativo y capacitar a los encargados de llevar a cabo las operaciones de aviso, alerta y evacuación.