

2ej. 56



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**APOYO INSTITUCIONAL DURANTE
LA CONSTRUCCION DE LA PRESA
EL COMEDERO, SIN.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

presenta:

EMILIANO FONES ESPINOSA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-169

UNIVERSIDAD NACIONAL
ANTOFAGASTA

Al Pasante señor EMILIANO FONES ESPINOSA,
P r e s e n t e .

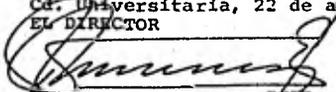
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección - propuso el Profesor Ing. Antonio Acosta Godínez, para que lo - desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CI VII.

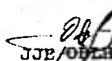
"APOYO INSTITUCIONAL DURANTE LA CONSTRUCCION DE LA PRESA EL COMEDERO, SIN."

- I. Introducción
- II. Apoyo meteorológico
- III. Apoyo hidrológico
- IV. Apoyo para el alertamiento de la zona baja
- V. Apoyo de campo
- VI. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá presentar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 22 de agosto de 1979
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU


JJE/0811/ser

INDICE

	PAGINA
1: INTROOUCCION	1
1.1 HISTORIAL	1
1.2 DESCRIPCION DE LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO Y CARACTERISTICAS DE LA PRESA "EL COMEDERO"	3
1.3 EL CONTROL DE RIOS EN LA REPUBLICA MEXICANA	4
2: APOYO METEOROLOGICO	9
2.1 LA METEOROLOGIA PARA LA CUENCA DEL RIO SAN --- LORENZO	9
2.1.1 SISTEMAS SINOPTICOS TROPICALES	10
2.1.2 SISTEMAS TROPICALES A MESOESCALA	10
2.1.3 SISTEMAS EXTRATROPICALES A ESCALA ---- SINOPTICA	11
2.1.4 SISTEMAS EXTRATROPICALES A MESOESCALA	11
2.2 ASPECTO TERMO DINAMICO	12
2.3 ASPECTO CINEMATICO	13
2.4 ASPECTO DINAMICO	15
3: APOYO HIDROLOGICO	26
3.1 HIDROLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO	26
3.2 NECESIDAD DE UN MODELO HIDROLOGICO	30
3.3 MODELO DE PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO	32

	PAGINA
4: APOYO PARA EL ALERTAMIENTO DE LA ZONA BAJA	43
4.1 ESTRATEGIA Y MEDIDAS PARA EL ALERTAMIENTO DE LA ZONA BAJA DE LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO	43
4.1.1 PLANES DE AUXILIO EXISTENTES	47
4.2 INUNDACIONES TIPO	52
4.3 SISTEMAS DE EVACUACION Y VULNERABILIDAD DE LA ZONA BAJA	53
5: APOYO DE CAMPO	60
5.1 NECESIDADES DE INFORMACION SEGUN EL CASO	60
5.2 EL ACOPIO DE INFORMACION DE CAMPO	62
5.3 RESULTADOS DEL ACOPIO Y SU DIVULGACION	64
6: CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFIA	68
APENDICE I	69

RESUMEN

Para construir una presa, es necesario contar con todos los datos requeridos para su diseño, tratando de cubrir las necesidades más críticas de la zona como: Riego, control de avenidas, generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, etc.; es por eso que en el principio de éste trabajo, se dan a conocer todos los antecedentes de avenidas que se presentaron en la zona baja de la cuenca del río San Lorenzo, a partir de 1943, registros que sirvieron como base para el diseño de la Presa "EL COMEDERO", en el estado de Sinaloa. Esta presa se diseño primordialmente con el fin de ser utilizada para cubrir las demandas de: Riego, generación de energía y control de avenidas.

Por otro lado, el control de avenidas en todos los cauces existentes en toda la República Mexicana, es bastante complejo, debido a la Orografía que tiene; es por ello que cuando se presentan fenómenos meteorológicos en las costas de Sinaloa, afectan a la región hidrológica No. 10, región a la cual pertenece la cuenca del río San Lorenzo, se generan problemas de inundación en la zona baja de la misma, razón por la cual la SARH, ha tomado cartas en el asunto, tratando de solucionar este tipo de problemas y otros que no se enuncian, desde el inicio de construcción de la presa, hasta su terminación, para continuar

posteriormente con la operación constante. Para llevar a cabo la solución de parte de éstos problemas, emite pronósticos de lluvia, así como pronósticos de escurrimiento que pueden presentarse, hasta por 72 horas, dependiendo de la situación preva-
leciente.

Es muy importante para poder efectuar todo lo anterior, contar con la información climatológica e hidrométrica oportuna de la zona, mediante el apoyo de campo, para que después de ser procesada se divulgue en la misma, teniéndola al margen de la situación.

Por último si fuese necesario evacuar las posibles zonas afectadas, se haría con anterioridad, para evitar en lo máximo posible, las pérdidas humanas y porque no si se pudiera, parte de las materiales, mediante la aplicación de los planes de auxilio existentes.

DEFINICION DE VARIABLES Y UNIDADES

VARIABLES		UNIDADES
Q	gasto	m^3/seg
Mb	miliber	10^3 dinas/cm^2
	dina	1 gmc/cm/seg^2
c	velocidad lineal	m/seg
w	velocidad angular	radianes/seg
	radián	57.3°
r	radio de curvatura	m
w_1	velocidad angular 1	radianes/seg
w_2	velocidad angular 2	radianes/seg
v	componente de la velocidad	
	norte/sur del viento	m/seg
u	componente de la velocidad	
	este/oeste del viento	m/seg
ρ	densidad del aire	Kg/m^3
ζ	vorticidad	adimensional
D	espesor de un volumen de aire	m
p	presión atmosférica	Mb
t	tiempo cronológico	Seg
z	altura	m
M	masa del volumen de aire	Kg
A	área	m^2
V	volumen del paquete de aire	m^3
T	temperatura final	oK

VARIABLES

UNIDADES

T_0	temperatura inicial	$^{\circ}\text{K}$
p	presión atmosférica final	Mb
p_0	presión atmosférica inicial	Mb
R	Constante universal de los gases	$8.314 \times 10^7 \text{ erg}/^{\circ}\text{K mol}$
m	peso de la molécula gramo	gr
C_p	Calor específico del aire a presión constante	$\text{cal}/\text{gr}^{\circ}\text{C} ; \text{BTU}/\text{lb}^{\circ}\text{F}$
g	gravedad terrestre	m/seg^2
Q_b	gasto base	m^3/seg
h_p	precipitación	mm
h_{p_m}	precipitación media	mm

1: INTRODUCCION

1.1. HISTORIAL

El hombre para abastecerse de agua, generalmente, desde tiempos remotos, se establece en las orillas de: lagos, lagunas y márgenes de ríos o arroyos, en los que es o no constante el escurrimiento.

Para los que lo hacen en las orillas de los lagos y lagunas, el problema de inundación casi siempre es nulo; salvo excepciones en que llegan a adquirir un mayor volumen de agua debido a grandes ingresos. No así para los que se establecen en los márgenes de ríos o arroyos que en su cauce, sea o no continuo el paso de agua, el problema se presenta cuando debido a fenómenos meteorológicos (tormentas tropicales, hur-

canes, etc.), ocurren considerables precipitaciones, que --- traen como consecuencia el incremento de volumen de escurrimiento y llegan a desbordar su cauce e inundan toda la parte baja de la cuenca a la que pertenecen.

Por otro lado como es sabido, el agua, es un elemento muy importante en la vida y progreso del hombre; ya que sin ella - dejaría de existir en la tierra, esto desde luego, cuando -- existe o se presenta en cantidades moderadas; cuando se presenta en grandes cantidades, como ya se mencionó es bastante perjudicial, pues el controlarlas es muy complejo.

Es por ello que la cuenca del río San Lorenzo, en sus partes bajas, ha tenido importantes inundaciones, como las ocurridas en: diciembre de 1943, que se registro un gasto (Q) de - 2,100 m³/seg; septiembre de 1958, un gasto de 1,160 m³/seg;- enero de 1960, un gasto de 1,070 m³/seg; octubre de 1962, un gasto de 1,000 m³/seg; septiembre de 1968, un gasto de 6,750 m³/seg; octubre de 1972, un gasto de 3,330 m³/seg; enero de 1979, un gasto de 3,000 m³/seg y octubre de 1980, un gasto - de 1,900 m³/seg. Todos estos valores fueron aforados en la - estación hidrométrica SANTA CRUZ.

Como se notará, los tres gastos más grandes registrados, son los de 6,750; 3,330 y 3,000 m³/seg, ocurridos en diferentes fechas; estos gastos son los que servirán para describir este trabajo, siendo además considerados para el diseño de la

presa "EL COMEDERO".

1.2. DESCRIPCION DE LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO Y CARACTERISTICAS DE LA PRESA "EL COMEDERO"

La cuenca del río San Lorenzo, se encuentra localizada dentro de la región hidrológica No.10 (SARH), se inicia en la sierra madre occidental. Este cuenca ocupa el cuarto lugar en importancia dentro de la región citada, atendiendo a su tamaño; nace en el estado de Durango y termina en las costas del estado de Sinaloa. En ésta cuenca aproximadamente dentro de los paralelos 24°30' y 24°45' de latitud norte y los meridianos 105°45' y 107°00' de longitud oeste, se contruye una presa en el sitio denominado "EL COMEDERO"; ésta presa tiene las siguientes características de diseño:

CORTINA	Tipo	materiales graduados
	Volumen de materiales	7 mil millones de m ³
	Longitud	400 m
	Altura máxima	136 m
TUNELES DE DESUDIO	Número	2
	Diámetro	14 m
	Longitud tunel # 1	722 m
	Longitud tunel # 2	654 m
	Capacidad de desvio	7,000 m ³ /seg
	Volumen de concreto	100,000 m ³
	Volumen de excavación	700,000 m ³
	Uso tunel # 1	riego

TUNELES DE DESVIO	Usó tunel # 2	generación de energía
	Capacidad obra de toma para riego	90 m ³ /seg
	Capacidad obra de toma para generación de energía	183 m ³ /seg
VERTEDOR	Tipo	Cresta controlada
	Número de compuertas	5
	Capacidad	5000 m ³ /seg
	Volumen de concreto	70,000 m ³ /seg
V A S O	volumen de excavación	1 millón de m ³
	Area de embalse	9,200 Ha
	Capacidad para riego	2,100 millones de m ³
	Capacidad para control de avenidas	600 millones de m ³
	Capacidad para azolves	700 millones de m ³
	Capacidad total	3,400 millones de m ³

En la figura 1.1 se presenta un esquema de localización de la presa citada, dentro de la cuenca del río San Lorenzo.

1.3. EL CONTROL DE RIOS EN LA REPUBLICA MEXICANA

La Orografía de la Republica Mexicana es bastante compleja - y debido a éste factor, el control de todos los cauces existentes en nuestro País, es también complicado. Es por eso -- que la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos por

conducto de la Dirección General de Control de Ríos e Ingeniería de Seguridad Hidráulica, se encarga de llevar el conocimiento permanente sobre el estado que guardan y la evolución de los embalses naturales y artificiales; el flujo de las corrientes y sobre todo registrar la ocurrencia, magnitud y duración de los fenómenos lluviosos para efectos de pronóstico de avenidas; efectuar el análisis de los estados meteorológicos generados por la Red Meteorológica establecida en el País, para conocer el comportamiento de los escurrimientos en cauces y almacenamientos; así como vigilar la evolución de aquellos meteoros que puedan afectar al territorio nacional, con el propósito de prevenir inundaciones.

Para llevar a cabo todo lo anterior la Dirección General de Control de Ríos e Ingeniería de Seguridad Hidráulica, está integrada por cinco Subdirecciones, las cuales tienen las siguientes funciones específicas:

Subdirección de Información y Coordinación (SIC): es la que se encarga de obtener y proporcionar información histórica, referente a datos atmosféricos, pluviométricos, hidrométricos y socio-económicos, oportunos y confiables, caotados en el ámbito de la Secretaría o por intercambio con otras instituciones donde se genere, para realizar los estudios y análisis relativos a las diferentes actividades de la Dirección General; además establecer los mecanismos de coordinación de

acciones y proyectos con otras dependencias de la Secretaría, del sector público y todo otro organismo nacional e internacional de actividades conexas.

Subdirección de Previsión Atmosférica (SPA): su objetivo principal es la de determinar lo más anticipadamente posible, el probable origen, magnitud y evolución de los fenómenos lluviosos ordinarios y extraordinarios, encaminados al pronóstico de avenidas. Además el de elaborar conjuntamente con la Subdirección de Procesos Hidrológicos, iniciativas para el mejoramiento de la red meteorológica nacional y definir con la primera (SIC), el resultado de sus análisis y sus pronósticos específicos, en el ámbito de la Secretaría, regionalmente y hacia otros organismos públicos y privados.

Subdirección de Procesos Hidrológicos (SPH): realiza los procesos técnicos para el desarrollo de metodologías y la emisión de pronósticos hidrológicos oportunos y confiables que racionalicen las medidas mediatas por aplicar, encaminadas al alivio o supresión del efecto de las inundaciones, apoyándose en los análisis y regionalización hidro-económica; asimismo el de presentar iniciativas de estudios para el rescate de áreas en llanuras inundables, factibles de desarrollo, mediante el establecimiento de distritos de drenaje y protección contra inundaciones.

Otro objetivo es el de perfeccionar procedimientos para ins--

trumentar decisiones de operación y control de cualquier nivel, a efecto de que se atienda oportuna y eficazmente toda situación real o potencial, provocada por fenómenos hidrológicos intensos. También el de participar conjuntamente con la SIC y la SPA en los trabajos para el mejoramiento del sistema nacional de registros y transmisión de datos hidrológicos.

Subdirección de Operaciones de Protección (SOP): proteger los bienes que integran la infraestructura hidráulica con miras a mantener la continuidad y eficacia de los servicios a que están destinados; así como prestar auxilio a la población y bienes asentados en las posibles áreas de afectación en casos de emergencia nacional o regional, provocados por tiempo severo, en colaboración con las dependencias de la misma SARH y los organismos federales, estatales, municipales y privados.

Por último la Subdirección de Análisis y Programación de Obras (SAPD): tiene como función, promover, analizar, programar, dirigir y construir las obras específicas que constituyan el programa nacional o regional de obras de defensa contra inundaciones y que contribuyan a liberar a la sociedad de los efectos nocivos de los escurrimientos provenientes de lluvias extraordinarias, haciendo uso de las metodologías más modernas que existan al respecto; así como formular y

proougnar que se cumplan normas técnicas específicas de obras de defensa.

Sus funciones principales son las de generar iniciativas de obras de defensa para el manejo de las crecientes y protección de zonas inundables; elaborar normas de diseño, control de calidad, operación y conservación de las estructuras y obras de defensa y por último la de asesorar, revisar y supervisar los proyectos en el aspecto estructural e hidráulico -- formulado por los organismos oficiales o particulares que intervengan en la ejecución de obras en los cauces existentes.

Para llevar a cabo todo lo anterior, la DGCRIISH, cuenta con el apoyo de campo, el cual se mencionará en el capitulo cinco.

2: APOYO METEOROLOGICO

2.1. LA METEOROLOGIA PARA LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO

Por su localización geográfica, la cuenca del río San Lorenzo, resulta afectada por sistemas de macroescala, ----- esencialmente escala sinóptica y sistemas de mediana escala, tanto en verano como en invierno.

Desde el punto de vista meteorológico, se considera a un fenómeno dentro de la escala sinóptica cuando tiene dimensiones de varios miles de kilómetros y un tiempo de vida del orden de una semana. Los sistemas meteorológicos de mesoescala, son aquellos que tienen dimensiones de algu--

nos pocos cientos de kilómetros y una vida media del orden de un día.

Para clasificar adecuadamente los fenómenos meteorológicos, que influyen sobre la cuenca del Río San Lorenzo, -- puede recurrirse a la siguiente división simplificada.

2.1.1. SISTEMAS SINOPTICOS TROPICALES

Estos se presentan durante el verano; en especial en el lapso de junio a septiembre; los más importantes son:

- Onda Tropical
- Depresión Tropical
- Tormenta Tropical
- Huracán
- Línea de confluencia

2.1.2. SISTEMAS TROPICALES A MESOESCALA

Estos sistemas también se presentan en verano, siendo los más importantes:

- Tormentas eléctricas severas locales
- Tornados
- Trombas
- Cúspide ciclónica
- Area de convergencia horizontal de masa

2.1.3. SISTEMAS EXTRATROPICALES A ESCALA SINOPTICA

Estos sistemas se presentan en general, desde noviembre hasta febrero; es decir, durante el invierno meteorológico, contándose entre los principales a:

- Vaguada Polar
- Corriente de Chorro
- Ciclón superior de corazón frío

2.1.4. SISTEMAS EXTRATROPICALES A MESOESCALA

Son frecuentes durante el invierno; los más importantes son:

- Cúspide Ciclónica
- Núcleo de máxima vorticidad positiva

Los sistemas meteorológicos descritos anteriormente, tienen cada uno un modelo conceptual y en el caso de los primeros cuatro sistemas del apartado 2.1.1., existen una gama amplia de modelos numéricos; esto se extiende a los fenómenos de tormentas eléctricas severas locales, tornados, trombas y área de convergencia horizontal de mesa del apartado 2.1.2.; a todos los sistemas del apartado 2.1.3.; así como los del apartado 2.1.4.

Para identificar la generación, evolución y disociación de - cada uno de ellos, así como su desplazamiento y sus grados de intensidad y organización, la atmósfera tropical se analiza desde los siguientes aspectos:

2.2. ASPECTO TERMODINAMICO

El aspecto termodinámico de la atmósfera se refiere fundamentalmente al contenido de vapor de agua en el aire, así - como su distribución en la vertical; ésto se extiende a las variaciones de temperatura que experimentaría al ascender - un pequeño paquete de aire en relación con la distribución vertical de la temperatura real.

De comparar las diferencias de densidad entre el paquete de aire y el medio ambiente, causados por la variación de la - temperatura en la vertical y por el contenido de vapor de - agua, se establece: si la atmósfera favorece o contrarresta los movimientos verticales; la magnitud de éstos y el transporte de vapor de agua que implica; con el cual puede pronosticarse: el género de las nubes resultante; la cantidad de agua que pueda precipitarse; la magnitud de la lluvia y su duración.

Con éste proceso, sólo pueden hacerse cálculos con datos --

instantáneos, tomados cuando un globo que arrastra una sonda pasa por un punto de la atmósfera; no obstante, pueden determinarse tendencias y formularse pronósticos de evolución o involución de tormentas eléctricas, granizadas y producción de rayos.

2.3. ASPECTO CINEMATICO

El aspecto cinemático se refiere a la forma en que fluye el aire tropical y/o extratropical, sobre el territorio nacional. Para ésto, se dibujan en los mapas meteorológicos las líneas de flujo que muestran el sentido de movimiento del aire; el análisis se complementa con isotérmicas, las cuales son líneas que en el mapa unen los puntos donde la velocidad del aire es la misma.

Este análisis es en esencia un espacio vectorial, dado que cada dato de vientos se considera como tal, al presentar magnitud y sentido.

Las líneas de flujo y las isotérmicas permiten reconocer la presencia de los sistemas que han recibido el nombre de dinámicos, por ser los que generan cambios en el estado del viento, al favorecer o entorpecer el transporte horizontal y vertical de la humedad.

Entre los más importantes sistemas que transportan humedad a escala sinóptica, se puede contar con:

- Ondas tropicales
- Depresiones tropicales
- Tormentas tropicales
- Huracanes
- Líneas de confluencia
- Vaguadas polares
- Corrientes de chorro y
- Ciclones en la altura, de corazón frío

Si aplicamos ecuaciones empíricas de movimiento, es posible desplazar el campo de vientos en lapsos de 12 y 24 horas; - reconstruir su perfil y estructura, determinando así las -- áreas donde pueden presentarse eventos de precipitación.

Un tercer aspecto íntimamente ligado al análisis cinemático y dependiente de él, se refiere a la curvatura del flujo y a la distribución de la velocidad en la horizontal (deslizamiento lateral del aire).

La curvatura puede ser ciclónica si cambia de dirección, en sentido contrario a las agujas del reloj y anticiclónico, - si el cambio de dirección se efectúa en el sentido de giro de las agujas del reloj, en el hemisferio norte.

Adicionalmente, puede ocurrir a lo largo de una línea de --- flujo, que el aire presente una tendencia a esparcirse en el sentido de la corriente en un mecanismo denominado difluencia. También puede ocurrir que en el aire tienda a reunirse en el sentido de la corriente a lo largo de una misma línea, produciéndose el efecto opuesto, conocido como confluencia.

El efecto de la curvatura, de difluencia y de confluencia es medible y sus efectos pueden cuantificarse cuando se trata -- del transporte de la humedad.

2.4. ASPECTO DINAMICO

Con un enfoque ligeramente diferente, el giro del viento, la curvatura y el deslizamiento lateral del aire, dan lugar a -- un análisis denominado dinámico.

El giro de una columna de aire en sentido ciclónico o anticiclónico puede originar su dilatación o contracción en la vertical; ésta variación recibe el nombre de vorticidad y es -- cuantificable cuanto que implica transporte vertical de humedad.

Las diferencias de velocidad a lo largo de una misma corriente, originan procesos de divergencia de masa, sea negativo o positivo, proceso cuantificable y que puede contribuir al --

transporte vertical de la humedad.

En todas las áreas donde el transporte vertical de la humedad es hacia arriba, pueden formarse nubes, de las cuales - probablemente se desprenda la lluvia.

Los análisis pueden formularse a escala sinóptica y aún a mesoescala, requiriéndose el auxilio de fotografías de satélite como complemento del análisis.

Para el apoyo de pronósticos cuantitativos de precipitación se recurrió a formular pronósticos específicos para la cuenca del río San Lorenzo; primero en forma de boletín escrito y posteriormente como mapa de la cuenca a una escala tal -- que 1 cm lineal, representa aproximadamente 10 Kms.

En el mapa se han dibujado los cauces más importantes y las estaciones de las cuales se reciben datos de precipitación. La información gráfica más relevante, es la siguiente:

Ríos: San Lorenzo

Quebrada de San Gregorio

Quebrada de San Juan y

De los Remedios

Arroyos: De Tecolotes y

Del Tabaco

Estaciones climatológicas en el interior de la cuenca

San Simón, Dgo.
Los Altares, Dgo.
Piélagos, Dgo.
Basis, Dgo.
Huahuapan, Dgo.
El Cantil, Dgo.
Las Truchas, Dgo.
Los Remedios, Dgo.
Santa Ifigenia, Dgo.
El Resi del tule, Dgo.
Santa Cruz, Sin.
San Lorenzo, Sin.
Quilá, Sin.
El Dorado, Sin.
Potrerillos de Quintero, Dgo.

Estaciones climatológicas próximas o cercanas a la cuenca.

San Miguel de los lobos, Dgo.
Ujitos de Lamellones, Dgo.
vasco Gil, Dgo.
Canelas, Dgo.
Tamazula, Dgo.
Sanalona, Sin.

Lateral 56, Sin.

San Dimas, Dgo.

Guadalupe de los Reyes, Sin.

Cosalá, Sin.

Abuya, Sin.

El pronóstico escrito se limitaba a señalar el promedio de precipitación esperado, considerando el agua acumulada en toda la cuenca, expresando la probabilidad de ocurrencia de la lluvia en %.

Debido a la carencia inicial de datos, muy eventualmente se pronosticó la ocurrencia de máximos de lluvia y su valor esperado. En el pronóstico gráfico se consideraron dos casos a saber: cuando la probabilidad de ocurrencia era igual o menor que 30%, en cuyo caso se consideraba casi seguro que no llovería y cuando la probabilidad de ocurrencia de la lluvia era igual o superior a 80%, en el cual se suponía casi seguro que llovería.

Estas probabilidades se establecen partiendo de la experiencia del meteorólogo que formula los pronósticos, después de aplicar las técnicas y modelos de análisis descritos.

El modelo de pronóstico empleado en la cuenca del río San Lorenzo, se basa en la aplicación del concepto de vortici-

dad y de la convección; sea ésta térmica o mecánicamente inducida. En el primer caso puede incluirse también a la divergencia.

El pronóstico se efectúa a partir del diagnóstico de dos capas en las cuales se ha dividido a la troposfera. La primera capa se extiende desde los 850 Mb (unos 1,500 m), hasta los 500 Mb (aproximadamente 6,000 m); la capa superior se extiende desde los 400 Mb (7,000 m), hasta 200 Mb (12,000 m aproximadamente).

La vorticidad puede definirse como la rotacional del vector velocidad. La ecuación que representa la relación entre la velocidad lineal y la velocidad angular, puede escribirse como:

$$c = \omega r$$

la cual se puede enunciar en forma diferencial con respecto a r en la forma siguiente:

$$\frac{\partial c}{\partial r} = \omega$$

siendo ω la velocidad angular

Expresada esta relación en un marco de coordenadas cartesianas para dos pequeños flujos de aire; uno en el sentido de las abscisas y otro en el sentido de las ordenadas y promediando la relación se tiene:

$$\frac{1}{2} (w_1 + w_2) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

la cantidad encerrada entre paréntesis será la vorticidad ó:

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

que es sencillamente $2W$ (el doble de la velocidad angular - local).

Puesto que se analizan dos capas, es necesario aplicar la ley de la conservación de la masa, en la forma de la ecuación de la continuidad, la cual denota que en el aire, la masa que pasa en un volumen dado debe ser constante, a menos que haya ocurrido una variación en el volumen.

En su forma usual de aplicación meteorológica se expresa en los siguientes términos:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{D\rho}{Dt} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

en la cual

ρ = densidad del aire

t = tiempo

Atendiendo al movimiento de pequeños paquetitos de aire a lo largo de una línea en la cual se producen diferencias de velocidad, se puede emplear la divergencia como una expresión del cambio de densidad en el viento.

Cuando no hay divergencia total, la ecuación se expresa como:

$$M = \rho V = \rho AV$$

donde M es la masa del aire del volumen, A es el área y D - el espesor del volumen, así como ρ es la densidad.

Cuando ocurren variaciones de presión, puede ocurrir que la corriente se ensanche o se contraiga. Dado que el ensanchamiento horizontal es la divergencia, por lo tanto se tiene:

$$\text{div}_2 c = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{A} \frac{dA}{dt} = - \frac{1}{D\rho} \frac{dD\rho}{dt}$$

donde $D\rho$ es la variación de presión en el espesor y t el tiempo.

Desde el aspecto termodinámico, importa saber si el aire es inestable; esto es, si favorece la formación de corrientes verticales ó si es estable, es decir, si se opone a la formación de tales corrientes.

Dado que la termodinámica atmosférica y la meteorología toda en sí, deben su existencia al vapor de agua y a sus cambios de estado, con el transporte de energía que esto implica, se requiere el empleo de expresiones matemáticas que expliquen el comportamiento vertical de la atmósfera y su relación con el vapor de agua existente; tales como la ecuación

ción de Poisson:
$$\frac{T}{T_0} = \left[\frac{p}{p_0} \right]^{\left(\frac{R}{mC_p} \right)}$$

en la que T y T_0 son temperaturas en niveles diferentes y p y p_0 son las presiones correspondientes a esos niveles; la

expresión $\frac{R}{mC_p}$, generalmente tiene un valor de 0.286

m = peso de la molécula gramo

R = constante universal de los gases y

C_p = calor específico del aire a presión constante.

Se incluye también la ecuación hidrostática en la forma:

$$dp = -\rho g dz$$

donde: p = presión atmosférica

ρ = densidad del aire

g = gravedad terrestre

z = altura

Las condiciones que describen estas ecuaciones cuando el aire está seco y cuando contiene humedad, se grafican para obtener un termodiagrama, en el cual se puede determinar: el comportamiento de un pequeño volumen de aire que asciende; - el nivel al cual se satura de humedad; la cantidad de vapor latente de condensación que se libera, la clase de equilibrio que guarda el paquetito de aire en relación con el medio ambiente; el género de nubes que pueden formarse; la altura de

sus bases y cúspides y el agua que podría precipitarse.

Las ecuaciones y los datos se alimentan a un computador del que se obtienen datos de: vorticidad, divergencia; temperatura potencial equivalente y campos de viento medio, reales y pronosticados a 12 y 24 horas, para la primera capa de la atmósfera, integrando verticalmente la ecuación de la continuidad para obtener el campo activo de vorticidad y divergencia, donde se favorece la formación de la nubes.

El mismo computador calcula y grafica las curvas verticales que en los termodiagramas permiten el pronóstico cuantitativo de la precipitación.

El pronóstico de esta naturaleza, numérico en esencia, puede considerarse estático; parte de datos instantáneos y no incluye los efectos locales, tampoco puede parametrizarse con exactitud la circulación de la atmósfera en las áreas oceánicas de donde no hay datos. Por esta razón el meteorólogo emplea modelos de análisis, infiere datos por métodos indirectos; los relaciona con un modelo climatológico de la cuenca del río San Lorenzo y por último incluye su experiencia para ponderar los factores que intervienen y formula el pronóstico definitivo

Establece un valor de probabilidad de ocurrencia de lluvia en porcentaje, el cual recibe el nombre de "probabilidad a

priori", traza isoyetas pronosticadas para los valores medios de precipitación que espera ocurrirá en la cuenca; determina los sitios donde se presentarán los máximos, así como su magnitud y decide si éstos se asociarán con tormentas eléctricas severas.

Todas las fases deben concordar armónicamente con la información climatológica, la topografía y los datos de precipitación antecedente.

Este pronóstico, formulado por el Departamento de Análisis Atmosférico de la Subdirección de Previsión Atmosférica --- (SARH), se envía a la Subdirección de Procesos Hidrológicos donde se cuantifica el área encerrada entre las isoyetas de promedio y se transforma en valores de m^3 de precipitación acumulada. Esta última Subdirección emplea modelos de precipitación-escorrimento que en próximo capítulo se detallará, para pronosticar avenidas.

Cuando se ha formulado un pronóstico y se ha difundido a -- quien debe trabajar con él, se establece la vigilancia meteorológica en su aspecto de captura de datos de lluvia, con -- un doble propósito.

Los datos de lluvia se asientan en un mapa de la cuenca y -- se analizan armónicamente con la climatología y la topografía

ffa, trazándose isoyetas que permiten obtener la precipitación a nivel de cuenca y subcuenca. El primer propósito del análisis es calibrar la situación meteorológica que dio origen a la lluvia y determinar tanto la eficacia de tal situación, así como la de las tormentas producidas y constituirse en dato antecedente y de calibración para un nuevo pronóstico.

El segundo propósito, es el de calibrar la eficiencia y eficacia de cada pronóstico, llevando un control de calidad de cada uno de ellos.

Para la determinación de los valores medios de precipitación en la cuenca del río San Lorenzo, así como para calificar los pronósticos se procesan diversos programas, guardándose los datos en la memoria de la máquina, para establecer comparaciones estadísticas y obtener frecuencias y desvíos, -- tanto en la repetición de errores, como en su magnitud.

3: APOYO HIDROLOGICO

3.1. HIDROLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO

Como ya se mencionó anteriormente, la cuenca del río San Lorenzo, se encuentra ubicada dentro de la región hidrológica No. 10 (S.A.R.H.).

El cauce principal de ésta cuenca es de 335 Kms hasta la boquilla de la presa en construcción (EL COMEDERO) y el área drenada hasta el mismo lugar es de 8,190 Km² y de 9,860 Km² hasta su desembocadura en el mar.

La cuenca del río San Lorenzo cuenta con dos estaciones hidroclimatológicas y algunas climatológicas; las hidroclimatológicas son:

SANTA CRUZ; ésta estación funciona desde 1943 hasta la fecha y se usó como base en los estudios hidrológicos para el dimensionamiento y construcción de la presa "EL COMEDERO".

EL REAL DEL TULE, que funciona a partir de enero de 1978; - ésta estación es la que actualmente afora el mayor porcentaje de los escurrimientos que ingresan a la presa mencionada. Las estaciones climatológicas tanto las que se encuentran dentro, como las que están próximas o cercanas a la cuenca, se han mencionado anteriormente y que sirven como fuentes de información para los fines descritos.

Los formadores de la corriente principal, son los ríos de: Los Remedios, Quebrada de San Gregorio y Quebrada de San Juan. Después de la confluencia entre los ríos los Remedios y la Quebrada de San Juan, el río San Lorenzo adopta su nombre definitivo y aguas abajo de éste sitio, se localiza la estación el Real del Tule. Posteriormente el río recibe aportaciones de arroyos de menor importancia como: el de los arroyos el tecolote, agua caliente y el tabaco, señalados como los de mayor importancia (Fig. 1.1)

Aproximadamente a 24 Kms aguas arriba del cruce del río San Lorenzo con la carretera internacional y a la altura del poblado de Santa Cruz, se localiza la estación hidroclimatológica de ese mismo nombre y 2 Kms aguas abajo de dicho cruce, se ubica la presa derivadora San Lorenzo, de la cual se inician tres canales que son: Canal nuevo San Lorenzo, Canal viejo San Lorenzo y Canal Colorado.

La temperatura media anual en la cuenca es de 25.3°C ; la máxima extrema de 42°C ; la mínima extrema de -8.2°C ; la precipitación media anual es de 965 mm y la evaporación media anual es de 1976 mm; siendo los meses de abril, mayo y junio los de máxima evaporación.

De la observación de los fenómenos naturales que se presentan en la región, se han establecido períodos de lluvia bien definidos y que son:

LLUVIAS CICLONICAS: Son precipitaciones que se originan en el océano pacífico y que en su trayectoria, pasan cerca o inciden en la región hidrológica No. 10, lo que ocasiona que se presenten avenidas de gran magnitud.

Se considera que las lluvias de tipo ciclónico ocurren en el período de junio a octubre y que la cantidad de ciclones que se presentan anualmente en la región es de 2. El perio-

do de observaciones es de 1930 a 1969, siendo los meses de mayor incidencia los de agosto con 14 eventos y septiembre con 35.

C.

LLUVIAS ORIGINADAS POR LA PRESENCIA DE GRANDES MASAS DE AIRE FRIO Y HUMEDO: Ocurren en invierno, originando un período -- lluvioso definido entre los meses de diciembre a febrero; éstas lluvias son conocidas como EQUIPATAS y son generadoras de crecientes importantes; pues son de poco volumen pero de gran pico, con duraciones cortas, dando lugar a láminas de lluvia acumulada importante.

LLUVIAS OROGRAFICAS QUE SE PRESENTAN EN VERANO: Son el resultado de una intercepción ejercida por la sierra madre occidental sobre los vientos calientes cargados de humedad provenientes del océano pacífico, los que al proyectarse contra el macizo rocoso mencionado, ascienden y pasan por un proceso de enfriamiento que da como resultado la precipitación.

En general éstas lluvias no producen avenidas tan considerables como las dos anteriores.

3.2. NECESIDAD DE UN MODELO HIDROLOGICO

Aunque la cuenca del río San Lorenzo, ocupa el cuarto lugar en importancia dentro de la región hidrológica No.10 (SARH), no por ello quiere decir que se encuentre libre de inundaciones y que sus problemas pasen a ser de segundo término. Sino que todo lo contrario; así como las otras cuencas que se encuentran dentro de la misma región, tienen sus problemas de inundaciones, de manera similar el río San Lorenzo, ha tenido importantes inundaciones en las partes bajas, las cuales han provocado serios problemas en las zonas de cultivo; así como varias poblaciones del estado de Sinaloa principalmente y algunas del estado de Durango.

Estas inundaciones han sido ocasionadas por diferentes fenómenos meteorológicos, los cuales han provocado considerables precipitaciones y grandes escurrimientos: razón por la cual, la gente de la mayoría de las poblaciones afectadas ha tenido que ser evacuada a fin de evitar siniestros provocados por derrumbes u otras causas. En la figura 4.1 se presenta un esquema relativo al sistema de evacuación y en las tablas 4.1 y 4.2 los datos correspondientes al mismo sistema utilizado en ambas márgenes del río San Lorenzo.

Por éstas razones esencialmente y para proteger tanto a las

zonas de cultivo como a las poblaciones factibles de inundación, en períodos críticos provocados por fenómenos meteorológicos, la Dirección General de Control de Ríos e Ingeniería de Seguridad Hidráulica de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, se ha preocupado por atender todo este tipo de problemas que vive la gente, no solo del río San Lorenzo sino que de toda la República Mexicana, en las zonas en que se presentan casos similares a éste; para ello emplea un método teórico el cual ayuda al cálculo del volumen escurrido que se puede presentar a corto, mediano y en ocasiones hasta largo plazo en una cuenca o región determinada; en nuestro caso la de la cuenca del río San Lorenzo. - El modelo el cual nos referimos se denomina Modelo de - - - "PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO", mediante éste método y con el cálculo descrito se preven inundaciones. Todos éstos estudios, desde luego se hacen como ya se mencionó anteriormente, con el auxilio del pronóstico del tiempo descrito en el capítulo anterior y además de un computador.

En caso de que se suscitara una inundación, la solución que se le da es en conjunto con otras dependencias y/o instituciones Federales, privadas, estatales o municipales.

3.3. MODELO DE "PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO"

Así como la meteorología utiliza varias estaciones climatológicas que se encuentran situadas dentro de la cuenca del río San Lorenzo y otras que están fuera de la misma, pero cercanas y que sirvieron de apoyo para sus pronósticos; de manera similar en el estudio hidrológico de la cuenca del río citado, se basará para hacerlo (Fig. 3.1).

Para pronosticar el volumen escurrido en la cuenca del Río - San Lorenzo, la Subdirección de Procesos Hidrológicos, utiliza los datos de pronóstico obtenidos en el capítulo 2 y un modelo que denomina de PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO, auxiliado también de un computador. Primeramente para calibrar éste modelo, toma en cuenta las siguientes estaciones climatológicas:

Estaciones climatológicas en el interior de la cuenca:

- El Dorado, Sin.
- Quilá, Sin.
- San Lorenzo, Sin.
- Santa Cruz, Sin.
- El Real del Tule, Dgo.
- El Cantil, Dgo.
- Los Altares, Dgo.

Huahuapan, Dgo.

Las Truchas, Dgo.

Estaciones climatológicas próximas o cercanas a la cuenca:

Sanalona, Sin.

Tamazula, Dgo.

Cosalá, Sin.

Topia, Dgo.

Canelas, Dgo.

Ojitos de Camellones, Dgo.

San Miguel de los lobos, Dgo.

Santiago Papasquiaro, Dgo.

Tepehuanes, Dgo.

En la cuenca del río San Lorenzo, no se cuenta con estaciones climatológicas o hidrométricas equipadas con pluviógrafo; por lo tanto para los estudios respectivos de éste método, se auxilia de las estaciones más cercanas a la cuenca -- que cuentan con este tipo de aparatos y que son:

El Palmito, Dgo.

Acetitán, Sin. y

Culiacán, Sin.

Para aplicar el modelo, se dividió la cuenca en 5 subcuencas las cuales tienen las siguientes características:

NUMERO DE SUBCUENCA	A R E A (Kms ²)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Kms)	DESNIVEL (m)
1	1,430	55	220
2	840	49	2,200
3	1,270	86	2,000
4	2,060	80	200
5	2,590	65	1,800
T O T A L	8,190	335	-----

Como se mencionó en el apartado 1.2 del capítulo 1, la longitud del cauce principal es de 335 Kms y su área drenada hasta la boquilla de la presa es de 8,190 Kms². En la figura -- 3.1, se muestra la división de las 5 subcuencas descritas anteriormente.

El orden y las coordenadas de las estaciones climatológicas como se consideran en el modelo, se indican en la tabla 3.1; así como la institución que las controla.

Como se describió al principio, los gastos máximos registrados en la estación Santa Cruz que más afectaron las partes bajas de la cuenca fueron los de 3,000; 3,330 y 6750 m³/seg. que fueron provocados por diferentes fenómenos meteorológicos.

En el caso en que se presentó un gasto de 6,750 m³/seg., fue el resultado producido por el huracán NAOMI, el cual se pre-

sentó entre el 10 y el 13 de septiembre de 1968, siendo su trayectoria tal que afectó la región hidrológica no. 10, dentro de la cual como ya se mencionó, se encuentra ubicada la cuenca del río San Lorenzo. La entrada del huracán tuvo lugar un poco al norte de Mazatlán; razón por la cual en las cuencas de los ríos San Lorenzo, Elota, Piaxtla y el Quelite se registraron los máximos gastos en la historia.

Por tratarse del gasto máximo, se tomó como base para la calibración del modelo; calibrándose por separado por ser de origen ciclónico.

Las lluvias como se presentaron en las diferentes estaciones de la cuenca del río San Lorenzo, para ésta tormenta, son -- las siguientes:

E S T A C I O N	P R E C I P I T A C I O N E S (mm)				
	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13
Sanalona	0.0	8.0	0.0	96.0	67.0
Canelas	0.0	15.0	1.0	88.0	25.0
Djitos de Camellones	25.0	18.0	14.0	4.0	100.0
Quilé	0.0	0.0	0.0	152.0	0.0
Santa Cruz	---	---	---	---	---
El Centil	0.0	50.0	3.0	133.0	29.0
Tepehuanes	6.0	6.0	4.0	40.0	3.0

Santiago Papasquiaro	6.0	32.0	16.0	29.0	0.0
Cosalá	0.0	14.0	0.0	16.0	32.0
Las Truchas	0.0	2.0	7.0	125.0	28.0
Huehuapan	0.0	5.0	9.0	70.0	19.0
Tamazula	---	9.0	0.0	69.0	2.0

En octubre de 1972, también se presentó una creciente en el río San Lorenzo, como consecuencia de un período de precipitación abundante al final de la época lluviosa del verano y principios del otoño. Durante ésta avenida la estación Santa Cruz registró un gasto (Q) de $3,330 \text{ m}^3/\text{seg.}$, para la calibración de ésta tormenta en el modelo, se contó con el hidrograma horario con un gasto de $3,440 \text{ m}^3/\text{seg.}$, considerando además un gasto base (Q_b) de $160 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Las lluvias que se registraron en este período, en las estaciones climatológicas son las siguientes:

E S T A C I O N	P R E C I P I T A C I O N E S (mm)			
	DIA 28	DIA 29	DIA 30	DIA 31
El Dorado	22.0	150.0	14.0	0.0
Quilá	19.0	111.0	48.0	0.0
Sanalona	15.0	188.0	1.0	5.0
San Lorenzo	13.0	116.0	52.0	0.0
Tamazula	14.0	112.0	3.0	0.0
Santa Cruz	14.0	137.0	66.0	1.0

Cosalá	9.0	20.0	5.0	0.0
Tooia	26.0	192.0	6.0	0.0
Canelas	24.0	190.0	4.0	0.0
Ojitos de Camellones	20.0	101.0	41.0	1.0
El Cantil	17.0	170.0	38.0	3.0
San Miguel de los lobos	11.0	111.0	41.0	0.0
Huahuapan	0.0	24.0	0.0	2.0
Las Truchas	0.0	58.0	72.0	1.0
Santiago Papasquiaro	0.0	10.0	20.0	0.0
Tepehuanaes	5.0	64.0	15.0	0.0

Y por último en el mes de enero de 1979, se registraron lluvias de consideración en la cuenca del río San Lorenzo, sin que originaran el desbordamiento del cauce. En la estación Santa Cruz fue aforado un gasto de $3,000 \text{ m}^3/\text{seg.}$; éstas -- lluvias como las anteriores de octubre de 1972 no fueron de origen ciclónico y las precipitaciones registradas en las -- estaciones climatológicas son las siguientes:

E S T A C I O N	P R E C I P I T A C I O N E S (mm)		
	DIA 24	DIA 25	DIA 26
El Dorado	70.0	0.0	0.0
Quilá	47.0	0.0	0.0
Sanalona	56.0	0.0	0.0
San Lorenzo	29.0	10.0	0.0

Tamazula	114.0	11.0	0.0
Santa Cruz	47.0	4.0	0.0
Cosalá	57.0	4.0	0.0
Topia	281.0	17.0	0.0
Canelos	170.0	9.0	0.0
El Real	105.0	29.0	0.0
Ojitos de Camellones	101.0	22.0	0.0
El Cantil	216.0	3.0	0.0
San Miguel de los lobos	0.0	0.0	0.0
Los Altares	1.0	70.0	81.0
Huahuapan	49.0	14.0	0.0
Las Truchas	103.0	28.0	0.0
Santiago Papasquiaro	32.0	0.0	0.0

Las tres tormentas descritas anteriormente se tomaron para la calibración del Modelo de PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO en la cuenca del río San Lorenzo, por ser las máximas registradas en la historia, en la estación Santa Cruz, Sin.; como se notará una fue de origen ciclónico y dos no.

Del análisis de los hidrogramas horarios producidos por las crecientes de 1968, 1972 y 1979 en el río San Lorenzo, Sin. se deducen los días de lluvia que provocaron éstas, siendo las siguientes:

T O R M E N T A D E D I A S D E L L U V I A Q U E S E T O M A N P A R A
L A C A L I B R A C I O N D E L M O D E L O

SEPTIEMBRE DE 1968	10, 11, 12 y 13
OCTUBRE DE 1972	28, 29 y 30
ENERO DE 1979	24 y 25

DISTRIBUCION DE LA LLUVIA

Para la calibración de la tormenta de septiembre de 1968, se usaron las gráficas de pluviógrafo de la estación "EL PALMITO, DGO.", por ser el pluviógrafo más cercano a la cuenca y su distribución se le dió a la estación Dñitos de Camellones de la siguiente manera:

D I A	H _{0m} (mm)	INTERVALO	H _p (mm)	DISTRIBUCION %
10	18.0	1	0.0	0
		2	3.0	17
		3	15.0	83
		4	0.0	0
11	15.0	1	0.0	0
		2	0.0	0
		3	15.0	100
		4	0.0	0
12	4.0	1	0.0	0
		2	2.0	50
		3	2.0	50
		4	0.0	0
13	100.0	1	1.0	1
		2	32.0	32
		3	54.0	54
		4	13.0	13

La distribución del día 13, se calculó con base al promedio - de gráficas de pluviógrafo de las tormentas de septiembre de 1944 y septiembre de 1968, ambas de tipo ciclónico y la dis- tribución restante, la correspondiente a las gráficas del plu- viógrafo en los días en que ocurrió la tormenta.

Se hace notar, que fueron tomados los datos de pluviógrafo - de "EL PALMITO, DGO" por ser la estación más cercana a la --- cuenca, como se notificó anteriormente y desde luego con re- gistros para ésta tormenta, debido a que aún no se tenía in- formación de las estaciones Acatitán, Sin. y Culiacán, Sin. - Asimismo la distribución usada en las tormentas de octubre de 1972 y enero de 1979, se determinó a partir de las distribu- ciones registradas en las estaciones antes mencionadas; por - lo tanto las gráficas de pluviógrafo para la calibración del modelo de éstas estaciones son las siguientes:

A Ñ O	MES	PERIODO	DIAS QUE SE INCLUYEN EN EL MODELO
1968	SEP	8 AL 15	10, 11, 12 y 13
1972	OCT-NOV	24 AL 2	28, 29 y 30
1979	ENE	18 AL 28	23, 24 y 25

La distribución total de la lluvia en la cuenca del río San - Lorenzo, tanto en la estación Acatitán, como en la estación - Culiacán es la que a continuación se describe:

E S T A C I O N C U L I A C A N

F E C H A	DISTRIBUCION EN % CADA 6 HORAS			
	INTERVALOS DE TIEMPO CADA 6 HORAS			
	1	2	3	4
5 SEP 68	0	0	67	33
6 SEP 68	17	17	50	16
10 SEP 68	0	98	1	1
12 SEP 68	2	53	35	10
13 SEP 68	43	29	14	14
28 OCT 72	14	30	9	47
29 OCT 72	45	4	38	13
30 OCT 72	22	0	2	76
31 OCT 72	0	67	0	33
24 ENE 79	6	19	49	26
25 ENE 79	0	0	50	50
28 ENE 79	46	54	0	0
31 ENE 79	0	0	0	0
2 FEB 79	2	14	79	5

E S T A C I O N A C A T I T A N

1 SEP 68	0	100	0	0
2 SEP 68	0	99	1	0
5 SEP 68	0	0	100	0
10 SEP 68	7	80	10	3
28 SEP 68	0	99	0	1

20 OCT 72	87	5	1	7
28 OCT 72	3	4	3	97
31 OCT 72	15	82	0	3
23 ENE 79	0	0	0	100
24 ENE 79	6	14	29	51
25 ENE 79	100	0	0	0
31 ENE 79	0	0	0	0

Una vez obtenidos todos estos datos, se introducen a un computador mediante un programa; después de ser procesados se obtiene el volumen aproximado de escurrimiento que ingresará a la presa, dando como margen si fuese necesario a la prevención en el desalojo de la gente y la maquinaria respectiva. En base a este proceso, que como se notificó anteriormente sirve para prevenir a la zona, se grafica su resultado (hidrograma), para que posteriormente sea comparado con la gráfica del hidrograma real presentado por el escurrimiento. En la figura 3.2 se presenta un esquema relativo a dicha comparación.

4: APOYO PARA EL ALERTAMIENTO DE LA ZONA BAJA

4.1. ESTRATEGIA Y MEDIDAS PARA EL ALERTAMIENTO DE LA ZONA BAJA DE LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO

La República Mexicana, se encuentra localizada cerca de la zona intertropical y de convergencia, y dentro del área de influencia de los ciclones extratropicales. Debido a esto, se ve afectada por las intensas lluvias que producen estos fenómenos meteorológicos, generando inundaciones que se presentan anualmente en zonas rurales y urbanas.

Las grandes avenidas arrojan a su paso cuantiosas pérdidas, tanto humanas como materiales, cuando no se cuenta con un --

plan definido de reconocimiento de avenidas y emisión de alertas que permitan en el caso de ocurrencia de una avenida que produzca una inundación, disponer de los elementos de prevención y control que minimicen los daños y restablezcan a la brevedad posible los servicios y comunicaciones de las zonas afectadas.

Ante esta problemática es de vital importancia señalar la urgente necesidad de crear un sistema general de auxilio en casos de desastre por inundación, que contemple la participación pública y privada a través de medidas estructurales y no estructurales en el control de avenidas contemplando todo un sistema de planeación que debe promover la eficiencia y asegurar el logro de los productos. Debido a esto, es necesario intensificar los trabajos de planeación en el control de avenidas que permitan canalizar sistemas de alertamiento y evacuación de zonas afectadas por inundación.

Estas operaciones en emergencias podrán ser ordenadas y organizadas en siete etapas que son:

- Alertamiento
- Evacuación y rescate
- Reducción de daños
- Rehabilitación de zonas inundadas
- Información pública

- Implementación del plan y
- Mantenimiento del plan

El éxito de las operaciones en emergencias depende de una dirección coordinada que permita establecer un control rígido sobre las actividades que emanen de esas etapas de planeación.

Algunas acciones básicas de esos siete factores de planeación pueden ser:

- Acciones de reconocimiento de avenidas
- Acciones de emisión de alertas
- Acciones para el desarrollo de procedimientos de evacuación
- Acciones de operación en emergencia
- Acciones de preparación de programas de información pública
- Acciones para la asignación de responsabilidades
- Acciones prácticas del plan

Estas acciones estarán enmarcadas como esencia de un eficaz plan de emergencia en comunidades sujetas a severas inundaciones y que cuenten con períodos mínimos de advertencias, como es el caso de la cuenca del río San Lorenzo.

En la asignación de recursos disponibles se debe considerar

como importancia particular, los procedimientos de reconocimiento de avenidas y emisión de alertas.

ALERTA: Permitirá definir para el reconocimiento oportuno de avenidas y emisión de alertas que sean acertadas, oportunas y confiables.

EVACUACION Y RESCATE: Permitirá evitar la pérdida de vidas - debido a las inundaciones que se presenten.

REDUCCION DE DAÑOS: Permitirá reducir los daños a las propiedades públicas y privadas que causan las inundaciones.

REHABILITACION DE ZONAS INUNDADAS: Iniciar y llevar a cabo acciones posteriores a la inundación para mantener la salud pública y los servicios de la comunidad al menor tiempo posible y para proporcionar ayuda en la rehabilitación de zonas inundadas.

INFORMACION PUBLICA: Desarrollar la conciencia y comprensión de la población, del peligro potencial de las avenidas y su preparación para canalizar información exacta y oportuna durante una emergencia.

Además de todo lo anterior también mantener el plan e implementarlo.

1.1.1. PLANES DE AUXILIO EXISTENTES

Hasta la fecha no se ha institucionalizado un plan de emergencia por inundaciones; aunque se cuenta por parte de la Secretaría de la Defensa Nacional con el plan DN-III-E para auxilio en casos de desastre, en donde se establecen las normas de acción para todo tipo de desastres.

La misión de este plan es coordinar la acción de otras dependencias del ejecutivo en las tareas y empresas tendientes a limitar los efectos del desastre y auxiliar a las víctimas del mismo.

El Plan DN-III-E como se dijo anteriormente está integrado para hacer frente a todo tipo de desastres, aunque básicamente se enfoca a desastres producidos por inundaciones, huracanes y terremotos. Las operaciones básicas que contempla este plan son las siguientes:

- Actividades de información
- Medidas de seguridad
- Actividades de salvamento y
- Rehabilitación de áreas afectadas

También establece el escalonamiento de los órganos de auxilio formados por un grupo central, grupos de zona militar, -

grupos municipales y locales. Fijando los trabajos a ejecutar por los diferentes grupos de auxilio, así como la regionalización que se fundamenta en las zonas militares en que se encuentre dividido el País.

En todo esto, la Secretaría de Gobernación tiene asignada en base a la ley general de población del 11 de diciembre de 1973 y publicada en el Diario Oficial de la Federación del 7 de enero de 1974, la responsabilidad de coordinar las actividades de las dependencias del Sector Público Federal, Estatal y Municipal, así como las de los Organismos Privados, para el auxilio a la población en donde se prevea u ocurra algún desastre.

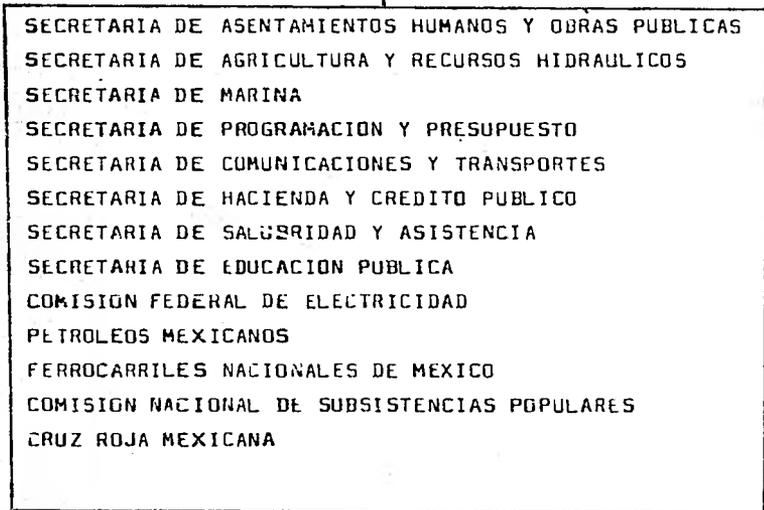
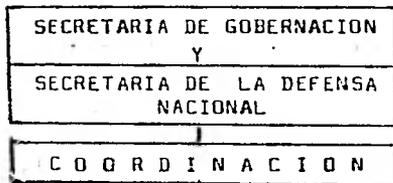
La organización que para planear y ejecutar actividades en situaciones de emergencia, tiene la fuerza armada, capacita a la Secretaría de la Defensa Nacional para actuar con éxito en estas situaciones de emergencia, mediante acciones en beneficio de la población civil y que son:

- Operaciones de investigación y acopio de información de fenómenos meteorológicos que puedan causar un desastre,
- Estimación de posibles riesgos en áreas de probable afectación.
- Difusión de alertas
- Establecimiento de medidas de seguridad en las áreas por

evacuar y en las de reunión o concentración

- Evacuación de las áreas que lo requieran
- Búsqueda y salvamento
- Auxilio general a damnificados
- Colaboración en el restablecimiento de los servicios públicos y en la reocupación de áreas inundables.

La estructura del grupo central de auxilio del Plan DN-III-E es el siguiente:



Como se notará la coordinación que existe dentro del plan -- DN-III-E a nivel institucional, es el grupo central de auxilio y cada una de las dependencias que intervienen, cuentan con un sistema de coordinación para atender los problemas inherentes a cada una de ellas, ante una situación de emergencia.

Dentro de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, existe el plan general de acción en inundaciones, el -- cual tiene como objetivo el lograr la adecuada coordinación entre las diferentes dependencias de la Secretaría, relacionadas con la atención de las situaciones de emergencia provocadas por inundaciones o por tiempo severo, para incrementar la eficiencia en la utilización de los medios con que se --- cuentan en la zona, tanto humanos como materiales y equipo,-- para evitar las pérdidas de vida y minimizar los daños.

Las actividades de este plan, se apoyan en la información -- oportuna de las condiciones que guardan los cauces y las estructuras hidráulicas, así como del conocimiento preciso de los medios disponibles en la zona, de posible afectación por inundación; lo cual permite la elaboración de alternativas - que se irán aplicando en función de la evolución del fenómeno que pueda motivar una situación de emergencia.

El Plan general se aplica en las diferentes cuencas hidroló-

gicas de la república mexicana, de acuerdo con la división -- que tiene la secretaría.

Este plan se ve materializado con la elaboración de manuales de acción en caso de inundaciones, denominados instructivos de control regional.

Estos instructivos coordinan todos los factores que intervienen en la prevención de inundaciones y en la prestación de -- auxilio a las partes afectadas, en el caso que estos sobre-- vengán.

Dada la complejidad de las circunstancias que envuelven a -- las inundaciones, los instructivos coordinan a los múltiples organismos que intervienen en el desarrollo de las actividades de prevención y auxilio.

El desarrollo de estos instructivos de control regional, los lleva a cabo la residencia de control de ríos e ingeniería -- de seguridad hidráulica reselectiva; en nuestro caso la residencia que opera en la Cd. de Culiacán, Sin., la cual se mencionará en el próximo capítulo.

4.2. INUNDACIONES TIPO

Un desastre natural es un acto de la naturaleza de tal magnitud que da origen a una situación catastrófica en la que súbitamente se desorganizan los patrones cotidianos de vida y la gente se ve hundida en el desamparo y el sufrimiento; como resultado de ello, las víctimas necesitan víveres, ropa, vivienda, asistencia médica y de enfermería, así como otros elementos fundamentales de la vida, y protección contra factores y condiciones ambientales desfavorables. Y una situación de emergencia es toda aquella que se produce por un desastre natural, en el que no interviene el hombre como factor causante, o por un accidente importante, que puede haber sido causado involuntariamente por el hombre.

Debido a que en una inundación las avenidas son variables, dependiendo de la magnitud de los fenómenos que se presenten y en lo que se refiere a los problemas que generan (pérdidas materiales y humanas) por inundación, se han definido en función de antecedentes históricos y de la situación actual de la planicie inundable del río San Lorenzo, tres clases de situaciones que engloban a todas las avenidas y efectos que se han presentado; estos tres tipos de situaciones se les denominan: INUNDACIONES TIPO, los cuales por sus efectos reciben el nombre de:

INUNDACION LEVE: Se denomina inundación leve cuando por el cauce llega a pasar un gasto de hasta $4000 \text{ m}^3/\text{seg.}$, siendo el problema de inundación poco considerable, por sus daños.

INUNDACION MODERADA: Se considera que una inundación es moderada, cuando por el cauce llega a pasar un gasto mayor de $4000 \text{ m}^3/\text{seg.}$, pero menor de $6000 \text{ m}^3/\text{seg.}$; siendo ya en este caso el problema de inundación con daños considerables.

INUNDACION SEVERA: Se le asigna así, cuando por el cauce se registra un gasto mayor de $6000 \text{ m}^3/\text{seg.}$, y es el caso más crítico que se presentaría, como el ocurrido en septiembre de 1968, en que el problema de inundación fue con daños bastante considerables.

Los casos de inundación moderada e inundación severa, son en los que se lleva a cabo la evacuación de la gente; ya que los daños causados son elevados, tanto a las áreas urbanas como a las agrícolas (Fig. 4.1.)

4.3. SISTEMAS DE EVACUACION Y VULNERABILIDAD DE LA ZONA BAJA

Los sistemas de evacuación dependerán del tipo de avenida que se presente, y conforme a esto, los problemas de inundación; así como la evacuación de la gente de las poblaciones ribereñas se llevarán a cabo. Para los tres tipos de inundación se

realizan evacuaciones de las poblaciones afectadas. En la figura 4.1 se muestra un esquema representativo de evacuación de la zona baja del río San Lorenzo y en las tablas 4.1 y 4.2 se muestran los datos correspondientes a la evacuación tanto de la margen derecha como de la margen izquierda del citado río San Lorenzo; en éstas tablas, se especifican: la población afectada, centro de albergue, vías de acceso, tiempo de traslado y la distancia específica entre la población afectada y la de albergue.

De acuerdo con los gastos críticos y la topografía de la zona inundable, para poder determinar las prioridades sobre qué sistemas requieren de una rehabilitación inmediata y cuáles son los componentes claves de los mismos, existe una metodología denominada ANALISIS DE VULNERABILIDAD, la cual es la determinación (o estimación) del grado en que ha sido afectado un sistema o se afectaría por una situación tensa.

El análisis de vulnerabilidad puede hacerse solamente en términos de un desastre específico anticipado u ocurrido en un sistema determinado. Sin embargo, desarrollando un análisis de vulnerabilidad sobre un sistema para varias posibles condiciones de desastre y comparando los resultados de varios análisis, algunos componentes clave, más vulnerables del sistema pueden ser identificados. Estos componentes necesaria--

mente deben ser de primera consideración en las situaciones de post-desastre bajo condiciones de restauración y además - pueden ser la base para una implementación programada de medidas protectivas en el sistema con anterioridad al desastre.

Un enfoque racional del análisis de vulnerabilidad, para un sistema particular, incluye los siguientes seis pasos:

- Identificar y describir las componentes separados del sistema.
- Asignar las características al desastre de diseño, periodo de retorno y nivel máximo de aguas en una inundación.
- Estimar los efectos del desastre diseño en cada componente del sistema. Esto puede hacerse más conveniente en forma - tabular y es simplemente un modo de determinar los efectos del punto anterior sobre los componentes individuales identificados en el primer caso.
- Estimar la demanda durante y después del desastre de diseño del caso dos.
- Mediante un análisis y revisión críticos de la información desarrollada en el punto 3, determinar la operación funcional o capacidad del sistema para satisfacer los requerimientos estimados en el punto 4 y por último
- Si el sistema falla para satisfacer los requerimientos del punto 4, identificar el componente clave o crítico del sig

tema que es el principal causante de la falla.

Para identificar a los componentes más vulnerables de un sistema total es necesario repetir el análisis para una variedad de diseños de desastre. Sin embargo, resultaría imposible la repetición de varios tipos de magnitudes de desastre, por lo tanto, es mejor hacer una revisión de los desastres posibles sobre la base de una historia regional y realizar una lista de desastres probables apropiados y el área determinada.

En un sentido general los componentes más importantes en un sistema que se confronta con un desastre mayor son: el número de personal calificado, cantidades adecuadas de abastecimientos y materiales almacenados, energía disponible y una comunicación adecuada.

Los pasos individuales de un análisis de vulnerabilidad son:

COMPONENTES: Estos pueden describirse adecuadamente sólo para un sistema específico, al realizar una lista de los componentes debe hacerse en una forma clara y deberá minimizarse en los componentes independientes, para poder simplificar el trabajo.

Los componentes se pueden enlistar de dos formas, la primera es enlistarlos y subsecuentemente determinar su relación con características del desastre y la otra basada en la interre-

lación de los componentes para proporcionar una operación -- funcional.

Como primer paso, los elementos claves en el sistema total, pueden enlistarse y describirse como componentes bajo encabezados que indiquen las principales categorías dentro de las cuales todos los aspectos pertenecientes de un sistema específico pueden ser presentados y organizados.

Es muy importante que la interrelación de los componentes -- sea conocida para determinar cual se convertirá en prioritario con relación a los demás componentes críticos del sistema, para éste tipo de desastre y las posibles condiciones de desastre de diseño subsecuente.

CARACTERISTICAS DEL DESASTRE DE DISEÑO: Una revisión general basada sobre el juicio e historia de las situaciones de la frecuencia, indicará que tipo y magnitud de desastre deben ser considerados.

La diversidad de tipos pueden incluir inundaciones, ciclones y sismos. La elección de que en un desastre debe considerarse y dejarse a la persona que prepara el análisis.

Todos los desastres naturales tienen cierta probabilidad de ocurrencia en cualquier localidad. Para un ocupante de las planicies inundables, los daños resultantes de una inundación

son tan reales como los propios bienes raíces, aún sin tomar en cuenta su esporádica ocurrencia.

El ingeniero que desarrolle un análisis de vulnerabilidad, será el encargado o responsable de seleccionar no solamente el tipo de desastre sino también la magnitud de éste. Y así la mejor forma de hacer esta descripción es un nomograma en los cuales intervengan dos factores primordiales: el tiempo y la funcionalidad del sistema.

IDENTIFICACION DE COMPONENTES CRITICOS: En este punto, repasar el análisis precedente y especificar aquellos componentes que estén parcial y totalmente incapacitados por el desastre. Enfocar sobre los componentes que están interrelacionados de tal modo que hagan el sistema completo inoperante.

Suponer que los componentes individuales vulnerables no estén incapacitados y se encuentran en plena operación, hacer una serie de combinaciones con los componentes que satisfagan -- las demandas del sistema, la combinación más barata para satisfacer la demanda en condiciones normales, vendrá a ser el componente crítico.

Integrando las curvas de demanda que nos resulten de suponer varias magnitudes y tipos de desastre, se obtendrá las medidas requeridas para satisfacer las demandas del sistema y --

por lo tanto identificarán los componentes críticos, los cuales son los de mayor interés en la toma de medidas preventivas.

Así de los estudios efectuados en la cuenca del río San Lorenzo, en el estado de Sinaloa y de Durango, se han hecho para diferentes gastos de las áreas posibles de inundación y en las tablas 4.3., 4.4 y 4.5, se muestran los datos relativos a la vulnerabilidad de las poblaciones localizadas en la citada cuenca, tanto en la margen derecha como en la margen izquierda incluyendo las zonas de cultivo ya sea de temporal o de riego. Todo esto fue conforme a los estudios hechos por la inundación de septiembre de 1968, en que se presentó un gasto de $6750 \text{ m}^3/\text{seg.}$ como se notificó anteriormente.

Otro de los factores importantísimos es el tiempo de traslado de avenidas; ya que en parte dependerá de la evacuación de las zonas si fuese necesario. Los tiempos aproximados de un punto a otro en caso de inundación severa son:

- De la estación el Real del tule a la presa el Comedero, -- 3 horas.
- De la presa el comedero a la estación Santa Cruz, 3 horas.
- De la estación Santa Cruz a la presa derivadora San Lorenzo, de 4 a 6 horas y
- De la Derivadora San Lorenzo a el Dorado, Sin., de 4 a 6 Hs.

5: APOYO DE CAMPO

5.1. NECESIDADES DE INFORMACION SEGUN EL CASO

A partir del ciclo hidrológico, se pueden definir tres tipos de información para los fines de control de ríos, los cuales son: información atmosférica, información sobre precipitación e información sobre escurrimientos y almacenamientos. - En la figura 5.1 presentamos un esquema relativo a las necesidades de información, dependiendo del caso que se requiera.

La intensidad de los fenómenos lluviosos, le dá características dinámicas a la necesaria información, así como los datos

recopilados al principio de la temporada de lluvias, varían algunas de sus características a medida que esta época transcurre y adquiere matices muy particulares en situaciones extremas.

En la figura 5.2 se presenta un esquema en el cual se señalan los principales objetivos, algunos de los parámetros de interés así como los equipos empleados en la medición y organizaciones responsables de la operación de los mismos.

En el ámbito de control de ríos, la información puede considerarse un bien perecedero, esto significa que una de sus principales cualidades, debe ser su oportunidad. La captación de la información tiene primordial importancia para la creación y desarrollo de un banco de datos; ya que es prácticamente la estructura sobre la cual descansará la confiabilidad del banco.

La finalidad de la Dirección General de Control de Ríos e Ingeniería de Seguridad Hidráulica, es la de crear bancos de información. Entre las cualidades distintivas de estos bancos destacan: la cantidad de datos que contiene, el orden en que se organizan, la actualización de los mismos, la facilidad y rapidez de acceso a ellos.

La finalidad con que se establecen dichos bancos, es la de -

proporcionar información oportuna y suficiente para el aprovechamiento de los volúmenes escurridos y la minimización de los posibles daños que estos puedan provocar. Su contenido primordialmente consiste en los datos hidrometeorológicos.

5.2. EL ACOPIO DE INFORMACION DE CAMPO

Por las razones descritas en capítulos anteriores, debidas a los problemas inundables de la zona baja de la cuenca del río San Lorenzo, se cuenta con el apoyo de campo, que es la residencia de Control de Ríos e Ingeniería de Seguridad Hidráulica, creada en el año de 1979, y con sede en la Cd. de Culiacán, Sin. Esta residencia desde luego no sólo atiende los problemas de la citada cuenca, sino que también los que se presentan en las otras cuencas que se encuentran dentro de la jurisdicción que le fue asignada por la Dirección General.

Esta residencia, su objetivo principal es la de atender todos los problemas relativos al control de ríos en su jurisdicción y para ello lleva a cabo la recopilación o acopio de datos hidrometeorológicos de todas las estaciones climatológicas e hidrométricas existentes en la región hidrológica No. 10, la cual comprende todo el estado de Sinaloa y par---

sialmente los estados de Chihuahua y Durango. Dentro de esta región, como ya mencionamos en capitulos anteriores, se encuentra localizada la cuenca del río San Lorenzo.

También es importante mencionar que esta residencia, para -- llevar a cabo el acopio de datos climatológicos e hidrométricos, lo hace en conjunto con las otras residencias, dependiendo de varias secretarías de estado como: la misma secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, etc. y en especial con Hidrometría.

Para obtener la información de toda la cuenca del río San Lorenzo y de las otras cuencas pertenecientes a su jurisdicción, en cada estación tanto climatológica como hidrométrica se cuenta con un radio transmisor de banda lateral y un operador que se encarga de transmitir todas las lecturas obtenidas en tiempos definidos, que pueden llegar a ser de hasta una hora, dependiendo de la situación en que se encuentre el clima.

Una vez efectuado el acopio de todas las estaciones, es transmitido telefónicamente a las oficinas centrales, para que con base a esta información, pueda ser pronosticado el clima hasta de 72 horas y de manera similar el pronóstico de escurrimiento en ciertas partes de la cuenca.

Además de obtener y proporcionar información meteorológica - constante y oportuna, debe tomar las medidas de seguridad co rresondientes como:

- El control de aguas en las oresas y canales artificiales, - así como medidas de protección en los bordos de los cauces, vasos, cuencas de caotación y obras de corrección torren-- cial.
- Prevención de daños en las áreas cultivables, así como el asesoramiento para evitar erosiones o derrumbes en las --- áreas.
- Estimación de los daños causados en una inundación, etc.

5.3. RESULTADOS DEL ACÓPIO Y SU DIVULGACION

Después de procesar toda la información y haber obtenido los pronósticos (meteorológico y de escurrimiento) descritos en los caoitulos 2 y 3 respectivamente, las oficinas centrales ya sea por medio de telefax, teléfono u otro medio envía los resultados descritos a la residencia, la representación de - la misma Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos y otras dependencias, las cuales se encargarán de divulgar a - toda la región que pudiera ser afectada, teniendola al tanto de la situación prevaleciente.

Para la divulgación de los resultados descritos, en casos ex tremos (de emergencia), se cuenta no sólo con la recepción -

de las mismas residencias, sino que también con radio transmisoras particulares de la Cd. de Culiacán, apoyando aún más la labor del residente.

En caso de presentarse situaciones de emergencia, para poder evacuar la gente de las poblaciones que fueran o pudieran -- ser afectadas, la representación General de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en el estado de Sinaloa, cuenta con maquinaria de construcción propia y de particulares, que puedan, en un momento dado, auxiliar en caso necesario.

6: CONCLUSIONES

Como se contemplaron todos los factores descritos y quizás - algunos otros de menor importancia, que no fueron enunciados, en el diseño de la Presa "EL COMEDERO"; por esta razón, desde su inicio de construcción prácticamente se le proporcionó el apoyo especificado en este trabajo, para su mejor ejecución; pues con éste tipo de apoyo se tenía al tanto de la situación prevalectante tanto en la zona de trabajo, como en la cuenca; pudiendo de ésta manera prevenir situaciones críticas (de emergencia), por el escurrimiento que pudiera presentarse en un momento determinado.

Como se notificó al principio, el tipo de lluvias que afectan a la cuenca suele ser crítica; máxime en los inicios de la ejecución de la obra (pantalla, ataguías, túneles de desvío, etc.); pues en todo momento se contaba con maquinaria pesada dentro de la obra y lo que es más importante, hombres desempeñando la edificación de la misma.

En la avenida del mes de enero de 1979, fecha en que se registró un gasto (Q) de $3,000 \text{ m}^3/\text{seg}$, tuvo mucho que ver el apoyo especificado; ya que se previó con anterioridad este escurrimiento, dando como margen la extracción de toda la gente y la maquinaria que se encontraba laborando.

Dependiendo de la coordinación y planeación que exista, es como debe ser el apoyo que se debe proporcionar para el alijamiento de las zonas bajas de las cuencas que puedan ser afectadas.

Por último, es importante mencionar, que en base a ésta experiencia obtenida durante la construcción de la presa "EL COMEDERO", se está aplicando la misma situación de apoyo a la Presa BACURATO; la cual se está construyendo en la cuenca del río Sinaloa.

B I B L I O G R A F I A .

- 1: Boletín Hidrológico No. 36 Tomo V 4a. Parte.- SRH.
- 2: Instructivo de Control Regional de La Cuenca del Río San Lorenzo de 1979 y 1980.-DGCRISH_ SARH.
- 3: Apuntes curso de Control de Avenidas.- Centro de Educación Contínua Fac. de Ingeniería UNAM_ SARH.-FEB 1979.
- 4: Manual de Organización de La DGCRISH de La SARH.
- 5: Atlas del agua de La República Mexicana.-SRH.-1976.
- 6: Guía de Saneamiento en Desastres Naturales.-M.ASSAR.- Organización Mundial de La Salud Ginebra 1971.
- 7: Emergency Planning for Water Utility Management.- American Water Works Association.-Manual Of Water Supply Practices.- 1973.
- 8: Ingeniería de los recursos hidráulicos.- LISLEY.

A P E N D I C E

- Fig 1.1 CUENCA DEL RIO SAN LORENZO - PRESA EL COMEDERO, SIN
- Fig 3.1 DIVISION DE LA CUENCA DEL RIO SAN LORENZO EN 5 SUBCUENCAS
- Fig 3.2 COMPARACION DE HIDROGRAMAS DE LA TORMENTA DE - SEPTIEMBRE DE 1968
- Fig 4.1 SISTEMA DE EVACUACION
- Fig 5.1 TIPOS DE INFORMACION A PARTIR DEL CICLO HIDROLOGICO
- Tabla 3.1 ORDEN Y COORDENADAS DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS COMO SE CONSIDERAN EN EL MODELO HIDROLOGICO
- Tabla 4.1 DATOS DE EVACUACION (MARGEN DERECHA)
- Tabla 4.2 DATOS DE EVACUACION (MARGEN IZQUIERDA)
- Tabla 4.3 VULNERABILIDAD DE LAS POBLACIONES (MARGEN DERECHA)
- Tabla 4.4 VULNERABILIDAD DE LAS POBLACIONES (M.I.)
- Tabla 4.5. RESUMEN DE VULNERABILIDAD
- Fig 5.2 CARACTERISTICAS DINAMICAS DE LA INFORMACION

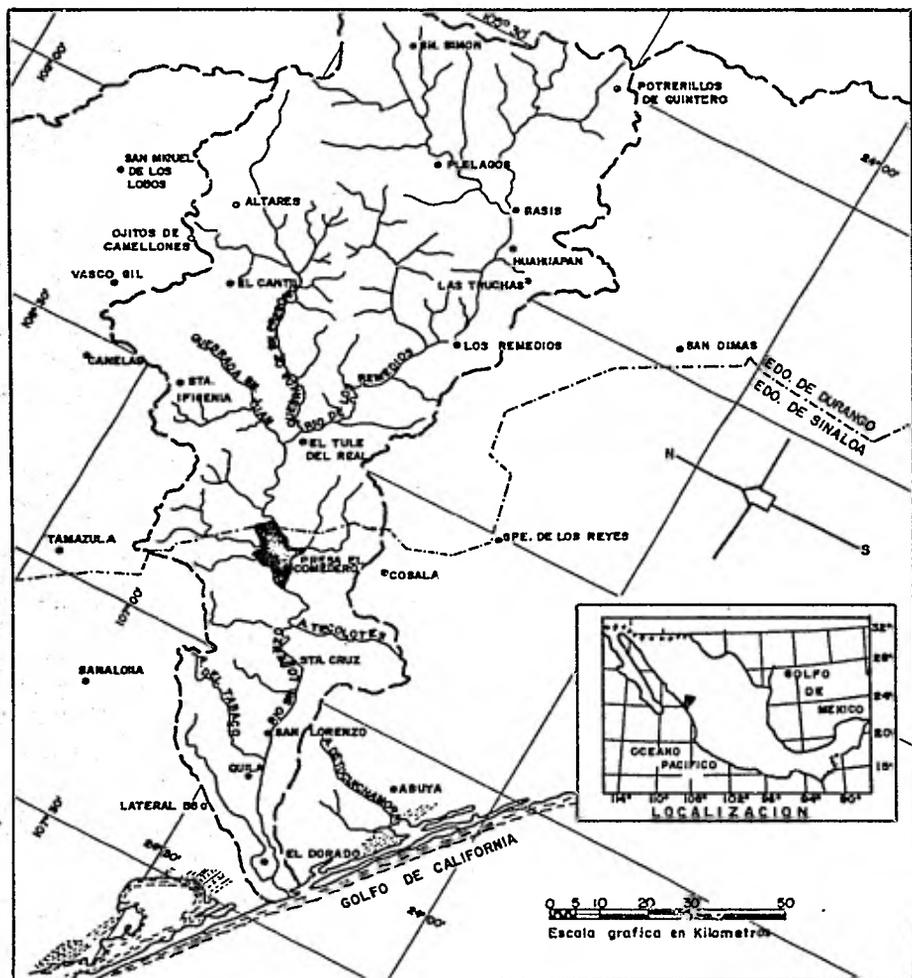


FIG. 1.1 CUENCA DEL RIO SAN LORENZO, SIN - PRESA EL COMEDERO, SIN.

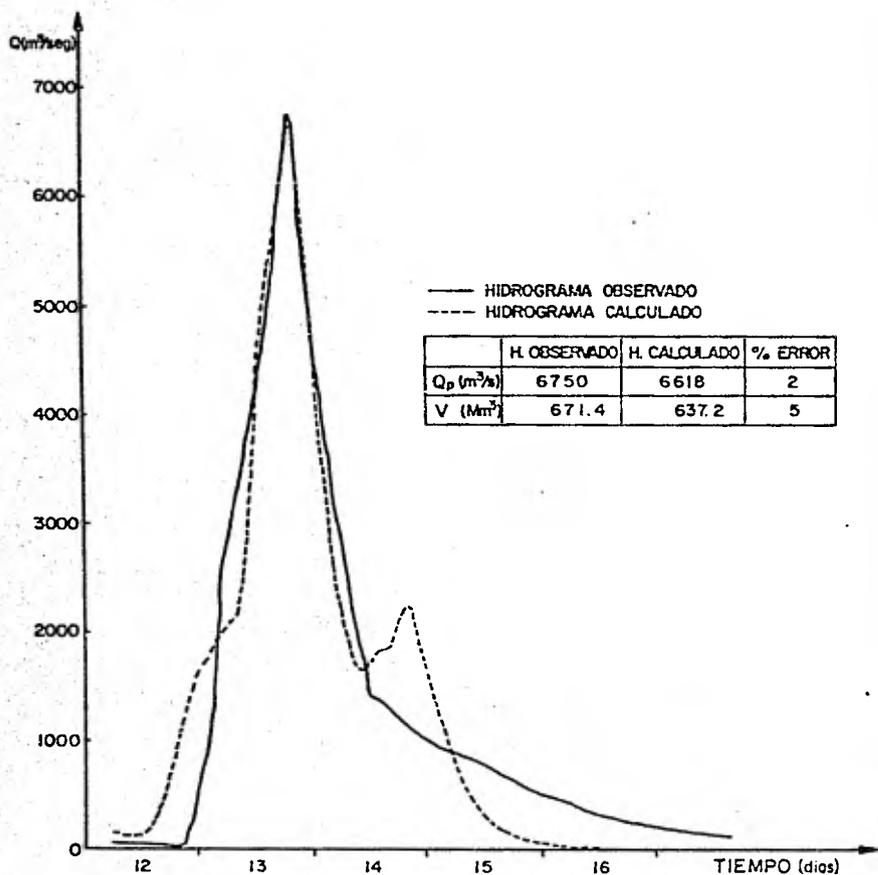
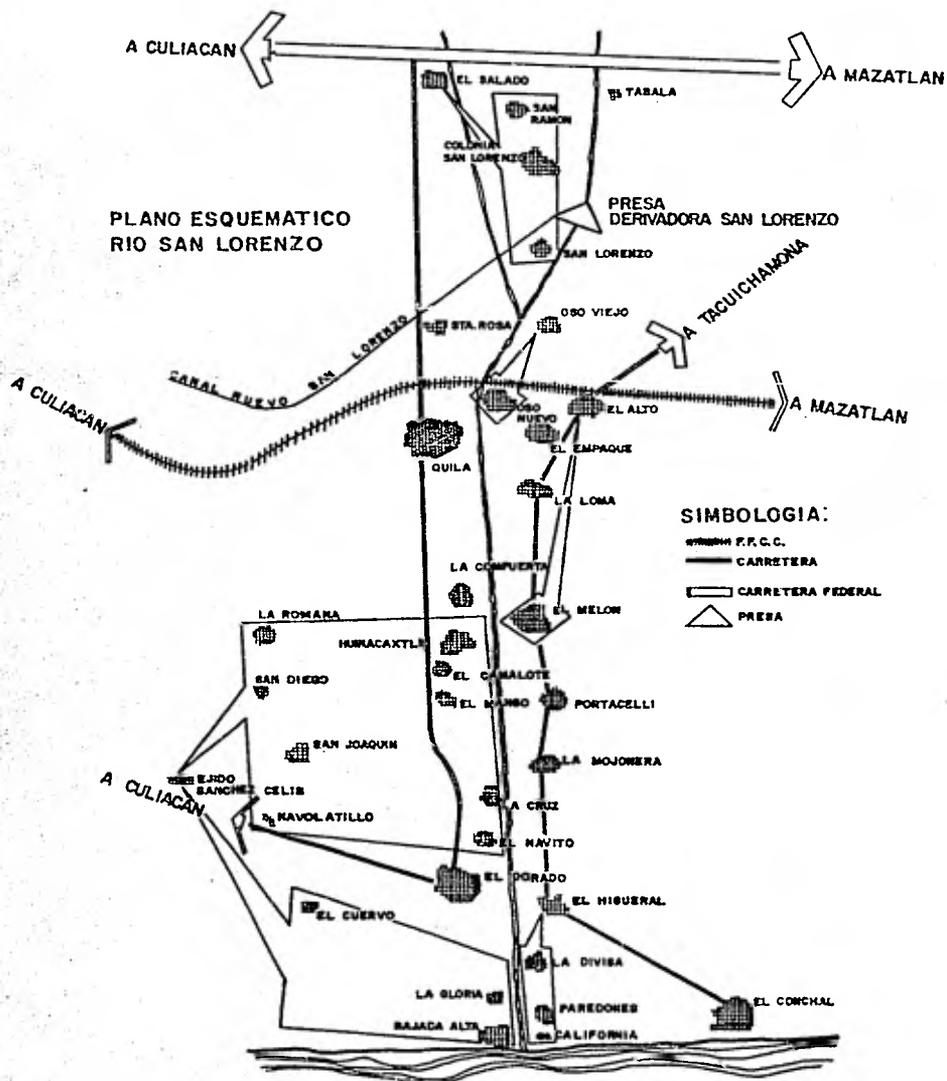


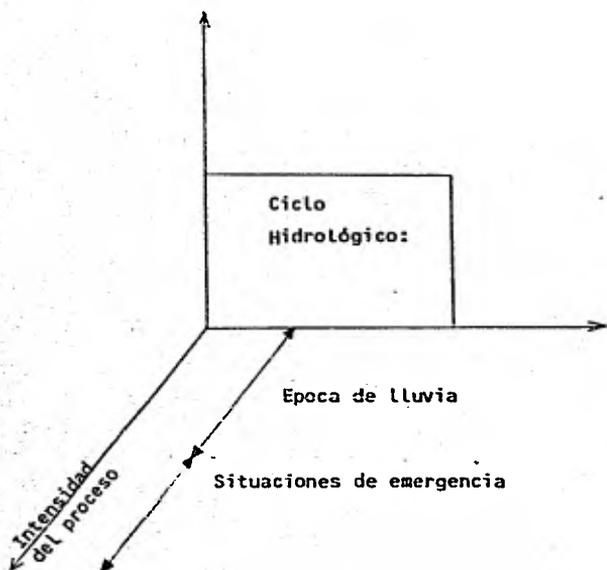
FIG. 3.2 PRESA EL COMEDERO, SIN. TORMENTA DE SEPTIEMBRE 1968, COMPARACION DE HIDROGRAMAS

PLANO ESQUEMATICO
RIO SAN LORENZO



GOLFO DE CALIFORNIA
FIG. 4.1 SISTEMA DE EVACUACION

NECESIDADES DE INFORMACION, SEGUN EL CASO:



Efecto dinámico, dependiendo de la intensidad de los procesos.

Fig. 5.1: Tipos de información a partir del ciclo hidrológico.

Tabla 3.1: Orden y coordenadas de las estaciones climatológicas como se consideran en el modelo de PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO.

ORDEN DE ENTRADA	ESTACION	LOCALIZACION GEOGRAFICA				PERIODO DE REGISTRO	
		LATITUD	LONGITUD	EN LA MALLA		X	Y
* 1	El Dorado	24#19'	107#22'	-3.0	48.4	1968	
- 2	Quila	24#26'	107#14'	3.0	43.0	1963	
* 3	Sanalona	24#25'	107#09'	4.2	26.6	1944	
* 4	San Lorenzo	24#27'	107#06'	7.2	42.8	1967	
* 5	Tamazula	24#58'	106#58'	13.8	19.4	1936	
* 6	Santa Cruz	24#29'	106#57'	13.4	41.7	1943	
- 7	Cosalá	24#23'	106#41'	24.8	45.2		
* 8	Topia	24#12'	106#35'	29.8	9.6	1934	
* 9	Canelas	24#06'	106#32'	31.6	14.4	1961	
* 10	El Real	24#30'	106#30'	32.5	32.0	1978	
* 11	Ojitos de Camellones	25#04'	106#15'	43.2	15.7	1965	
* 12	El Cantil	24#54'	106#16'	42.2	23.9	1954	
* 13	Sn. Miguel de los lobos	25#10'	105#58'	53.5	10.2	1962	
- 14	Los Altares	25#00'	105#52'	58.2	17.8	1973	
- 15	Huahuapan						
* 16	Las Truchas	24#25'	105#59'	54.0	44.6		
- 17	Santiago Papasquiaro	25#04'	105#25'	76.8	16.1		
- 18	Tepehuanes	25#21'	105#44'	64.0	3.0		

* Controladas por SARH:

- Controladas por SARH-SMN:

Tabla 4.1 Sistema de Evacuación margen derecha $Q=6750 \text{ m}^3/\text{seg.}$

POBLACIONES:	CENTROS DE ALBERGUE:	VIAS DE ACCESO:	TIEMPO APROX. DE TRASLADO:	DISTANCIA ENTRE POBLACIONES
EL SALADO (40%)	EL SALADO			
SAN RAMON	EL SALADO	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO Y TRAMO DE TERRACERIA	18 min.	8 Km.
COL. SAN LORENZO	EL SALADO	CARRETERA INTERNACIONAL # 15 Y TRAMO DE TERRACERIA	20 min.	9 Km.
SAN LORENZO	EL SALADO	CARRETERA INTERNACIONAL # 15 Y TRAMO DE TERRACERIA	24 min.	10 km.
STA. ROSA	QUILA	TERRACERIA	16 min.	4 Km.
QUILA (60%)	QUILA	-----	---	---
LA COMPUERTA	QUILA	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO	10 min.	.7 Km.
LA ROMANA	QUILA	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO Y TRAMO DE TERRACERIA	14 min.	6.5 Km.
HUINACAXTLE	QUILA	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO	13 min.	8 Km.
EL CAMALOTE	QUILA	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO	15 min.	9 Km.
EL MANGO	QUILA	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO	17 min.	10 Km.
SAN DIEGO	EJIDO SANCHEZ CELIS	CARRETERA CULIACAN-EL DORADO Y TRAMO DE TERRACERIA	30 min.	12 Km.

Continuación: Tabla 4:1

POBLACIONES	CENTROS DE ALBERGUE	VIAS DE ACCESO	TIEMPO APROX. DE TRASLADO	DISTANCIA ENTRE POBLACIONES.
LA CRUZ	QUILA	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO	19 min.	12.5 Km.
EL NAVITO	QUILA	CARRETERA EL SALADO-EL DORADO	21 min.	14 Km.
SAN JOAQUIN	EJIDO SANCHEZ CELIS	CARRETERA CULIACAN-EL DORADO Y TRAMO DE TERRACERIA	25 min.	10 Km.
NAVOLATILLO	EJIDO SANCHEZ CELIS	CARRETERA CULIACAN-EL DORADO	10 min.	7 Km.
EL DORADO	EJIDO SANCHEZ CELIS	CARRETERA CULIACAN-EL DORADO	19 min.	12 Km.
EL CUERVO	EJIDO SANCHEZ CELIS	CARRETERA CULIACAN-EL DORADO Y TRAMO DE TERRACERIA	40 min.	15 Km.
LA GLORIA	EJIDO SANCHEZ CELIS	CARRETERA CULIACAN-EL DORADO Y TRAMO DE TERRACERIA	31 min.	15 Km.
LA BAJADA ALTA	EJIDO SANCHEZ CELIS	CARRETERA CULIACAN-EL DORADO Y TRAMO DE TERRACERIA	39 min.	17 Km.

Tabla 4:2 Sistema de Evacuación margen izquierda $Q=6750 \text{ m}^3/\text{seg.}$

POBLACION	CENTROS DE ALBERGUE	VIAS DE ACCESO	TIEMPO APROX. DE TRASLADO	DISTANCIA ENTRE POBLACIONES
TABALA (40%)	TABALA			
OSO VIEJO	OSO VIEJO	TERRACERIA	4 min.	1 Km.
OSO NUEVO	OSO VIEJO	TERRACERIA	12 min.	3 Km.
EL EMPAQUE	LA LOMA	TERRACERIA	10 min.	2.5 Km.
LA LOMA (PARTES BAJAS)	LA LOMA	— — —	— — —	— — —
EL MELON	LA LOMA	TERRACERIA	16 min.	4 Km.
PORTACELI	LA LOMA	TERRACERIA	40 min.	9.5 Km.
LA MOJONERA	LA LOMA	TERRACERIA	44 min.	11 Km.
EL HIGUERAL	LA LOMA	TERRACERIA	67 min.	17 Km.
LA DIVISA	LA LOMA	TERRACERIA	79 min.	20 Km.
PAREDONES	LA LOMA	TERRACERIA	87 min.	22 Km.
CALIFORNIA	LA LOMA	TERRACERIA	96 min.	24 Km.

Tabla 4.3 Vulnerabilidad de las Poblaciones localizadas en La Cuenca Baja del Rio San Lorenzo
 Margen derecha (M.D). Q=6750 m³/seg.

POBLACIONES	TIRANTE	POBLACION	NUMERO DE	CULTIVOS	AFECTADOS %	No. DE HECTAREAS	AFECTADAS
	ALCANZADO (m)	AFECTADA %	DAMNIFICADOS	RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL
EL SALADO (P.BAJAS)	1.80	12	212	-	40	-	14
SAN RAMON	1.80	100	112	-	55	-	33
COL. SAN LORENZO	0.60	60	90	-	95	-	29
SAN LORENZO	0.60	80	528	-	70	-	175
STA. ROSA	0.70	100	33	100	-	100	-
QUILA (P.BAJAS)	0.80	60	3096	87	75	156	33
LA COMPUERTA	1.50	100	128	-	80	-	16
LA ROMANA	0.50	100	136	-	-	-	-
HUINACAXTLE	1.50	100	494	100	60	150	18
EL CAMALOTE	1.50	100	569	85	55	153	22
EL MANGO	1.30	100	28	80	65	8	20
SAN DIEGO	2.20	100	1221	25	-	291	-
LA CRUZ	1.50	100	425	70	-	367	-
EL NAVITO	1.50	100	334	80	65	48	13
SAN JOAQUIN	1.00	95	381	80	-	613	-
NOVOLATILLO	0.40	50	212	20	-	104	-
EL DORADO	1.80	90	12814	80	75	48	24
EL CUERVO	1.60	100	174	80	-	41	-
LA GLORIA	2.0	100	15	-	-	-	-
BAJADA ALTA	2.0	100	18	-	-	-	-

Tabla 4.4. Vulnerabilidad de las Poblaciones localizadas en la Cuenca Baja del Río San Lorenzo
margen izquierda (M.I) $Q=6750 \text{ m}^3/\text{seg.}$

POBLACIONES	TIRANTE ALCANZADO (m)	POBLACION AFECTADA %	NUMERO DE DAMNIFICADOS	CULTIVOS AFECTADOS %		No. DE HECTAREAS AFECTADAS	
				RIEGO	TEMPORAL	RIEGO	TEMPORAL
TABALA (P.BAJAS)	0.25	5	28	-	80	-	24
OSO VIEJO (P.BAJAS)	0.65	20	285	90	70	23	14
EL ALTO	0.30	10	15	-	80	-	12
OSO NUEVO	1.50	100	1040	95	50	57	20
EL EMPAQUE	0.35	14	3	-	80	-	20
LA LOMA (P.BAJAS)	0.35	8	101	25	80	50	36
EL MELON	0.80	100	1507	100	90	250	45
PORTACELI	0.70	100	1455	90	100	180	30
LA MOJONERA	0.80	75	33	-	90	-	31
EL HIGUERAL	1.50	100	1595	100	100	180	20
LA DIVISA	1.20	100	16	-	80	-	20
PAREDONES	0.90	100	571	50	90	23	14
CALIFORNIA	1.60	100	7	100	-	35	-

Tabla 4.5 Resumen de la Vulnerabilidad en ambos márgenes, de la Zoga Baja del Río San Lorenzo en situación de emergencia severa (Gasto $Q=6,750 \text{ m}^3/\text{seg}$)

MARGEN DERECHA

NUMERO DE DAMNIFICADOS = 21,020
 SUB-TOTAL DE Has. DE TEMPORAL = 397
 SUB-TOTAL DE Has. DE RIEGO = $\frac{2,079}{2,476}$

MARGEN IZQUIERDA

NUMERO DE DAMNIFICADOS = 6,656
 SUB-TOTAL DE Has. DE TEMPORAL = 286
 SUB-total DE Has. DE RIEGO = $\frac{798}{1,084}$

TOTAL DE DAMNIFICADOS = 27,676

TOTAL DE Has. AFECTADAS = 3,560

FIG. 5.2: Características dinámicas de la información

TIPOS DE INFORMACION	OBJETIVO	PARAMLTROS QUE SE MIDEN	METODOS PARA MEDIRLOS	FUENTE DE INFORMACION
INFORMA-- CION ATMOSFERI CA	ESTABLECER - PRONOSTICOS DE PRECIPITA--- CION	Presión, Tempe-- ratura y Hume-- dad en la supe ficie. Presión, Tempe-- ratura y Hume-- dad en la altu-- ra. Humedad relati-- va.	RADIOSONDEO HIDROMETRO	SERVICIO ME-- TEOROLOGICO NACIONAL RAMSA
INFORMA-- CION SOBRE PRECIPITA CION	MEDICION DE LA CANTIDAD DE LLUVIA	Altura de lám-- ina de agua en - milímetros	PLUVIOMETROS PLUVIOGRAFOS	S.A.R.H. SUBDIR. DE HIDROLOGIA S.M.N. C.F.E. D.F. C.I.L.A.
INFORMA-- CION DE - ESCURRI-- MIENTO Y ALMACENA-- MIENTO	CONTROL DE AVENIDAS	Gasto Elevaciones Infiltración	SELECCION DE CONTROL LIMNIGRAFOS	S.A.R.H. SUBDIR. DE HIDROLOGIA C.A.V.M. COMIS. DEL PAPALOAPAN