

**GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE
ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RÍO CAUCA**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**PRESENTADO POR:
LEIDY KATHERIN CAINA CLAVIJO CÓDIGO: 504362
FIDEL RICARDO CASTRO RODRÍGUEZ CÓDIGO: 504297**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, D.C
2018**

**GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE
ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RÍO CAUCA**

PRESENTADO POR:

**LEIDY KATHERIN CAINA CLAVIJO CÓDIGO: 504362
FIDEL RICARDO CASTRO RODRÍGUEZ CÓDIGO: 504297**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

DIRECTOR:

INGENIERO FIDEL ALBERTO PARDO OJEDA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, D.C
2018**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Bogotá D.C., 15 de mayo de 2018

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	8
INTRODUCCIÓN	10
1 GENERALIDADES	11
1.1 ANTECEDENTES.....	11
1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1 Descripción del problema	12
1.2.2 Formulación del problema	12
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.3.1 General	13
1.3.2 Específicos	13
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.5 DELIMITACIÓN	15
1.5.1 Espacio	15
1.5.2 Tiempo	17
1.5.3 Contenido	17
1.5.4 Alcance	17
1.6 MARCO DE REFERENCIAL	18
1.6.1 Marco teórico	18
1.6.2 Marco conceptual	18
1.6.3 Marco legal	33
1.7 METODOLOGÍA	34
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO	36
1.8.1 Modelos hidrológicos	36
1.8.2 Fichas técnicas estaciones	38
1.8.3 Histogramas:	53
1.8.4 Generación de proyecciones	61
1.9 PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA	70
2 CONCLUSIONES.....	80
3 RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83

ANEXOS.....	85
-------------	----

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Zona susceptibles de inundación Cauca y Nariño	14
Ilustración 2 Cuenca alta del Río Cauca.....	15
Ilustración 3 Perfil del Río Cauca.....	16
Ilustración 4 Relación entre Riesgo - Peligro y Desastre	19
Ilustración 5 Esquema plan de gestión de riesgos de desastres	20
Ilustración 6 componentes SAT	21
Ilustración 7 Grafica de periodos de retorno	24
Ilustración 8 Estación Hidroclimatológica.....	29
Ilustración 9 Estructura Limnigráfica con muro de protección.....	29
Ilustración 10 Tipos de Limnímetros	30
Ilustración 11 Perfil General Estación Limnigráfica.....	31
Ilustración 12 Caseta con equipo para estación automática.....	32
Ilustración 13 Estructura metodológica desarrollo proyecto.....	35
Ilustración 14 flujo ladera	37
Ilustración 15 flujo cárcava	37
Ilustración 16 flujo cauce	37
Ilustración 17 Interacción Flujos.....	37
Ilustración 18 Estaciones IDEAM en la cuenca alta del Río Cauca	38
Ilustración 19 Estaciones CVC sobre la cuenca alta del Río Cauca	38
Ilustración 20. Vista satelital La Luisa	43
<i>Ilustración 21. Vista Mapa La Luisa</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 22. Pluviográficas La Luisa.....</i>	<i>43</i>
Ilustración 23. Vista satelital Ortigal - Google Earth	44
<i>Ilustración 24. Vista Mapa Ortigal - Google Maps</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 25. Limnimétricas Ortigal – Pagina WEB CVC</i>	<i>44</i>
Ilustración 26. Vista satelital La Balsa – Google Earth	45
Ilustración 27. Vista Mapa La Balsa – Google Maps	45
Ilustración 28. Limnigráficas La Balsa – Pagina WEB CVC.....	45
<i>Ilustración 29. Vista satelital Tablanca – Google Earth.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 30. Vista Mapa Tablanca – Google Maps.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 31. Limnimétricas Tablanca – Pagina WEB CVC.....</i>	<i>46</i>
Ilustración 32. Vista satelital La Bolsa – Google Earth.....	47
<i>Ilustración 33. Vista Mapa La Bolsa – Google Maps</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 34. Limnigráfica La Bolsa – Pagina WEB CVC.....</i>	<i>47</i>
Ilustración 35. Vista satelital Juanchito – Google Earth	48
<i>Ilustración 36. Vista Mapa Juanchito – Google Maps</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 37. Limnimétricas Juanchito – Pagina WEB CVC</i>	<i>48</i>

Ilustración 38. Vista satelital Lomitas – Google Earth	49
<i>Ilustración 39. Vista Mapa Lomitas – Google Maps</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 40. Limnigráfica Lomitas – Pagina WEB CVC.....</i>	<i>49</i>
Ilustración 41. Vista satelital Totoró – Google Earth	50
<i>Ilustración 42. Vista Mapa Totoró – Google Maps</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 43. Limnimétricas Totoró – Pagina WEB CVC</i>	<i>50</i>
Ilustración 44. Vista satelital Julumito – Google Earth	51
<i>Ilustración 45. Vista Mapa Julumito – Google Maps</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 46. Limnigráfica Julumito – Pagina WEB CVC</i>	<i>51</i>
ilustración 47. Vista satelital Remolino – Google Earth.....	52
<i>Ilustración 48. Vista Mapa Remolino – Google Maps</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 49. Limnigráfica Remolino – Pagina WEB CVC</i>	<i>52</i>
Ilustración 50 Menú SMADA.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Estaciones SAT cuenca alta Río Cauca	16
Tabla 2 Rango de tiempo estaciones seleccionadas cuenca alta Río Cauca	17
Tabla 3 Calcificación nivel de alerta.....	23
Tabla 4 Valores de probabilidad	26
Tabla 5 Observaciones muestra	28
Tabla 6 Estaciones SAT cuenca alta Río Cauca	42
Tabla 7 Método de momentos max la balsa	61
Tabla 8 Método de máxima verosimilitud Qmax La Balsa	62
Tabla 9 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales mínimos estación la Balsa	63
Tabla 10 Método QMIN La Balsa.....	63
Tabla 11 Método de máxima verosimilitud QMIN la balsa	64
Tabla 12 Smada q max la balsa.....	68
Tabla 13 SMADA Q MIN LA Balsa.....	68
Tabla 14 Gumbel Extremal La Balsa	69

LISTA DE GRÁFICOS

Grafica 1 Histograma máximos estación Totoró	53
Grafica 2 Histograma Mínimos estación Totoró	53
Grafica 3 Histograma máximos estación Julumito	54
Grafica 4 Histograma Mínimos estación Julumito	54
Grafica 5 Histograma máximos estación Remolino	55
Grafica 6 Histograma Mínimos estación Remolino	55

Grafica 7 Histograma máximos estación La Luisa	56
Grafica 8 Histograma Mínimos estación La Luisa.....	56
Grafica 9 Histograma máximos estación Ortigal	57
Grafica 10 Histograma Mínimos estación Ortigal.....	57
Grafica 11 Histograma máximos estación La Balsa.....	58
Grafica 12 Histograma Mínimos estación La Balsa	58
Grafica 13 Histograma máximos estación La Bolsa.....	59
Grafica 14 Histograma Mínimos estación La Bolsa	59
Grafica 15 Histograma máximos estación Juanchito	60
Grafica 16 Histograma Mínimos estación Juanchito	60
Grafica 17 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales máximos estación la Balsa.....	62
Grafica 18 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales mínimos estación la Balsa.....	64
Grafica 19 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales máximos estación la Balsa.....	65
Grafica 20 Gumbel Extremal La Balsa.....	68

TABLA DE FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica 1 Estación la luisa.....	43
Ficha Técnica 2 Estación Ortigal	44
Ficha Técnica 3 Estación la Balsa	45
Ficha Técnica 4 Estación Tablanca	46
Ficha Técnica 5 Estación La Bolsa	47
Ficha Técnica 6 Estación Juanchito.....	48
Ficha Técnica 7 estación Lomitas.....	49
Ficha Técnica 8 Estación Totoró.....	50
Ficha Técnica 9 Estación Julumito.....	51
Ficha Técnica 10 Estación Remolino.....	52

GLOSARIO

aa: aguas abajo.

AA: aguas arriba.

ACDI: MISIÓN CANADIENSE DE RED DE ALERTAS TEMPRANAS.

CAR: Corporación Autónoma Regional.

CDGRD: Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres.

CMGRD: Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres.

CORPORACIÓN OSSO: Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente.

CVC: Corporación autónoma regional del Valle del Cauca

DIMAR: Dirección General Marítima.

EDAN: Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades.

ERM: Estrategia de Respuesta Municipal.

FMGRD: Fondo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres.

HIMAT: Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (hoy IDEAM).

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDIGER: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá.

MAH: Marco de Acción de Hyogo.

MAS: Marco de Acción de Sendai.

MEC: Módulo de Estabilización y Clasificación.

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

ONAD - DGUPAD: Organismos Nacionales de Prevención y Atención de Desastres.

OSPA: Oficina del Servicio de Pronóstico y Alertas.

PMGRD: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres.

POT: plan de ordenamiento territorial.

Resiliencia: es la capacidad que tiene una persona o un grupo de recuperarse frente a la adversidad para seguir proyectando el futuro. En ocasiones, las circunstancias difíciles o los traumas permiten desarrollar recursos que se encontraban latentes y que el individuo desconocía hasta el momento.

SAT: Sistema de Alerta Temprana.

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología y Meteorología de Perú.

SGC: Servicio Geológico Colombiano (antes Ingeominas).

SIATA: sistema de alertas tempranas en el área metropolitana del Valle de Aburrá.

SNGRD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

UNGRD: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

UNISDR: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

INTRODUCCIÓN

El hombre siempre ha procurado prever, afrontar, atender y entender los desastres naturales, sin embargo no todo desastre natural se puede prever o pronosticar en algún sentido; para aquellos desastres naturales con posibilidad real de pronosticar desde tiempos pasados el hombre ha buscado la posibilidad de identificar esas señales y generar un método para avisar a las poblaciones potencialmente afectadas, estas metodologías han venido evolucionando hasta hoy convertirse en los denominados Sistemas de Alerta Temprana.

Teniendo en cuenta lo anterior, y el contexto del riesgo que afrontan las comunidades del entorno inmediato de la cuenca alta del Río Cauca, hemos optado por como proyecto de grado la evaluación, análisis y ***“Generación De Parámetros Y Protocolos Para Un Sistema De Alerta Temprana En La Cuenca Alta De Río Cauca”***

El objetivo principal del presente proyecto de grado se enfocará en evaluar las diferentes metodologías para la obtención de parámetros o umbrales de inundación y estiaje a nivel de las estaciones hidroclimatológicas a seleccionar en las márgenes del Río Cauca y sus principales afluentes que abarcan la cuenca alta del Río Cauca; para ello se realizará una evaluación de eficacia, eficiencia y efectividad de tres diferentes metodologías.

Adicionalmente se propondrá una alternativa de protocolos a aplicar para la activación del Sistema de Alerta Temprana, para esta propuesta se tendrá en cuenta diferentes experiencias a nivel nacional y latinoamericano para la generación de la misma.

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES.

La intervención del hombre, para que el entorno se adecue a él y no el hombre su entorno, ha generado un constante incremento en la vulnerabilidad todo este se ha asentado, esto genera la presencia de fenómenos naturales cada vez más intensos y frecuentes, derivado en el incremento, recurrencia y magnitud de los desastres naturales, en función de los fenómenos ocurridos, por esta razón a lo largo de la historia el hombre ha diseñado múltiples estrategias para la identificación de señales de riesgo, y generar o activar con estos protocolos básicos de reacción e inclusive atención de emergencias.

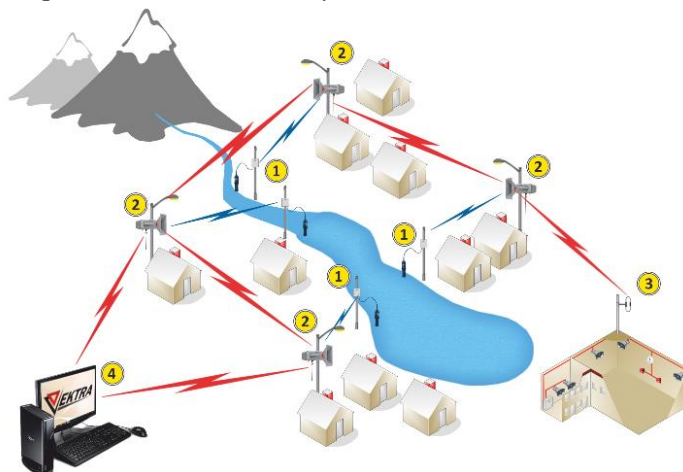
Figura 1 Sistema de Alerta por señales de fuego



Fuente: <https://www.timetoast.com/timelines/evolucion-de-la-comunicacion-y-sus-medios-ad353e04-6495-4fc1-8bc2-261e90490b3a>

Muchas culturas antiguas utilizaron el fuego, para la noche o el humo para el día, para comunicar diferentes mensajes, entre los que se encontraba activación de evacuación por posibles amenazas de la naturaleza, esta técnica ha venido evolucionado hasta sistemas automáticos y sistematizados, capaces de generar alertas y activar el protocolo de manejo de emergencias.

Figura 2 Sistemas de Alerta para Inundaciones automatizado



El desarrollo del presente proyecto de grado; se basa en el análisis diferentes métodos estadísticos de datos y la comparación de estos análisis para la generación de una herramienta preventiva y de apoyo para las comunidades en la toma de decisiones ante la construcción de sistemas del riesgo, en las zonas potenciales de peligro en la Cuenca alta del Río Cauca.

1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1 Descripción del problema

El cambio climático, las pocas o nulas políticas de ordenamiento territorial, la constante deforestación, y sobre todo el impacto de la mano del hombre, han hecho que se aumente las tragedias asociadas a inundaciones, o “épocas sequía”, generado pérdidas materiales, perdidas en cultivos de pancoger e inclusive perdidas en vidas humanas; lo anterior sumado a la precariedad de los aculates sistemas de alerta, bien sea por obsoletos, o por que las estación hidrológicas sobre las cuales está instaurado no están en funcionamiento y hace de estos ineficaces o no aplicables. Por otra parte, la definición o parametrización sobre la cual se generaron los parámetros de alerta (amarilla, naranja y Roja), se parametrizaron con datos desactualizados esto sumado a la complejidad de los protocolos establecidos, hacen que cuando sistemas se activen, no sean tomados en cuenta por los habitantes de las márgenes de los ríos en los tiempos definidos.

1.2.2 Formulación del problema

En función de lo anteriormente expuesto se hacen necesario la definición de parámetros y umbrales de inundaciones y estiaje, para la posterior formulación de un protocolo de Sistema de Alerta Tempera en la Cuenca alta del Río Cauca.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Brindar herramientas que sirvan como elementos de alerta temprana en caso de sequias o inundaciones a las Comunidades vulnerables en las márgenes de la Cuenca Alta del Río Cauca.

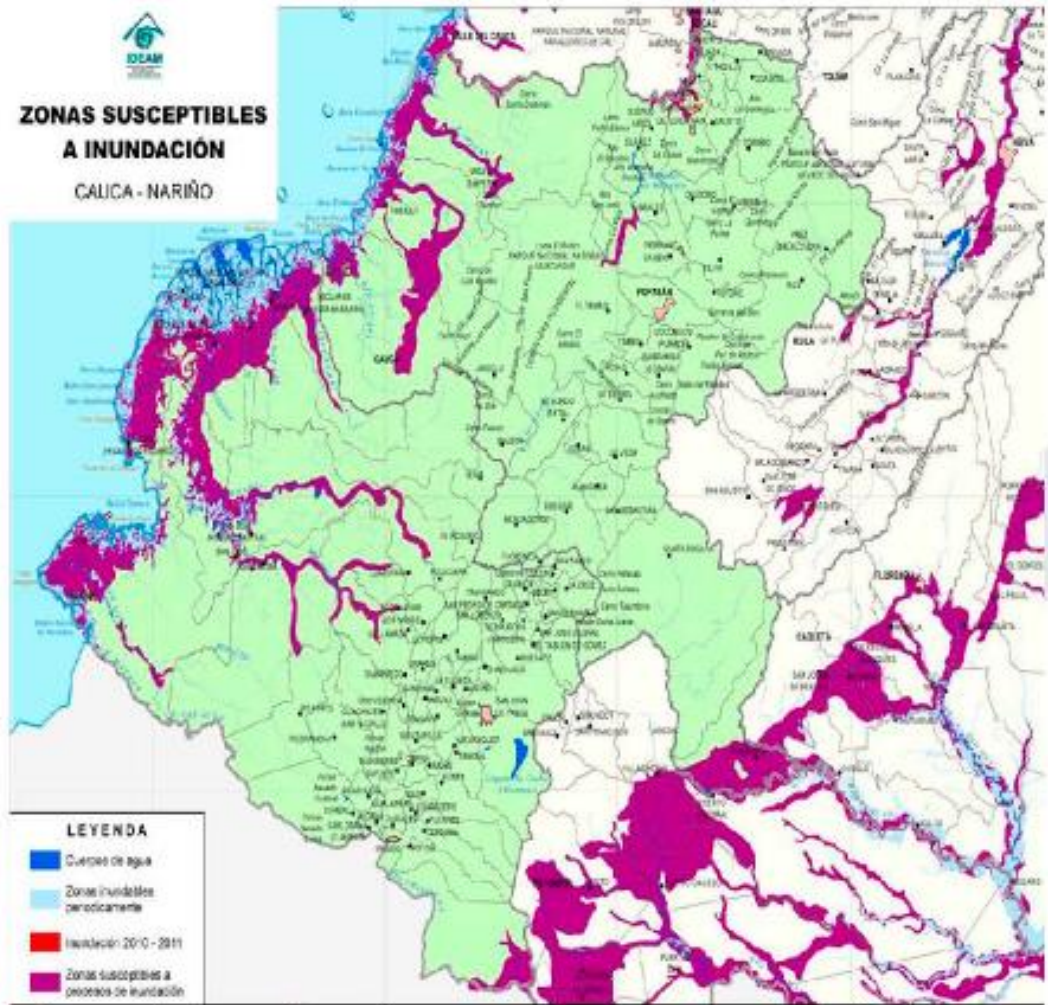
1.3.2 Específicos

- Identificar las entidades públicas y privadas que cuentan con estaciones Hidrológica e Hidroclimatológicas a lo largo de la cuenca alta del Río cauca.
- Seleccionar de forma metódica y objetiva las estaciones Hidrológicas e Hidroclimatológicas activas para la toma de información básica, del comportamiento histórico hidrológico a lo largo de la Cuenca Alta del Río Cauca.
- Recopilar, consolidar y analizar la información Climatológica e hidrológicas, provenientes de las diferentes estaciones seleccionadas.
- Procesar la información consolidada por tres diferentes métodos de proyección de caudales y comparar sus resultados.
- Determinar los niveles de inundación y estiaje, como elementos de entradas y parámetros la para un Sistema de Alerta Temprana en la cuenca alta del Río Cauca.
- Profundizar en las experiencias de protocolos para Sistemas de Alerta Temprana, aplicados en Latinoamérica y Colombia.
- Definición de un protocolo para activación de un Sistemas de Alerta Temprana en la cuenca Alta del Río Cauca.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Lo planteado en el numeral 1.2 del presente proyecto de grado nos permite deducir sin duda, en la necesidad de formular alternativas para generar parámetros y medidas apropiadas de prevención y mitigación del riesgo por inundación o estiaje, que respondan a las prioridades de la comunidad del entorno de la cuenca, basados en una análisis completo de las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca en la zona de estudio, estos parámetros deben aportar datos alfanuméricos y gráficos que sirvan de punto de partida para el establecimiento de protocolos de activación de un Sistema de Alerta Temprana, a continuación estableceremos una serie de delimitaciones y/o alcances que nos ayudara a dar un marco de referencia del presente trabajo de grado.

Ilustración 1 Zona susceptibles de inundación Cauca y Nariño



Fuente: Taller virtual inundaciones comité técnico binacional (Colombia- Ecuador)

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Espacio

La zona objeto del desarrollo del presente trabajo de grado se enmarca a lo definido por la cuenca alta del Río Cauca.

El Río Cauca es la principal arteria fluvial del Occidente Colombiano. Nace en el sur del país en el Macizo Colombiano, en el cerro de El Español cerca al Páramo de Sotará en el Departamento del Cauca. Tiene una longitud de 1.360 kilómetros, y desemboca en el río Magdalena en límites entre los departamentos de Sucre y de Bolívar, constituyéndose en su más importante afluente. Atraviesa de sur a norte nueve departamentos (Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar), brindando grandes beneficios a cerca de 183 municipios. La cuenca alta del Río Cauca tiene un área aproximada de 22.900 Km², de la cual el 32% se encuentra en el departamento del Cauca.

El Río Cauca y sus afluentes son infortunadamente los principales receptores de la contaminación originada por aguas residuales aportadas por asentamientos humanos, actividades agropecuarias e industriales, aportes de sedimentos a causa de la deforestación y erosión de los suelos y por explotación y beneficio minero aumentado así su vulnerabilidad y el factor del riesgo tanto por inundación como estiaje (sequía).¹

Ilustración 2 Cuenca alta del Río Cauca

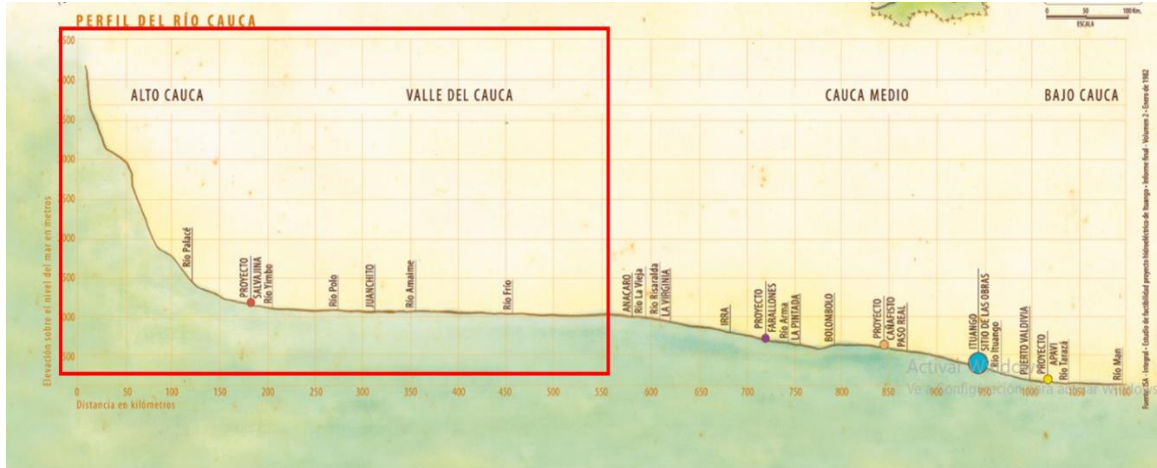


Fuente: https://www.flickr.com/photos/maj_vera/7568626242

1

<http://www.minvivienda.gov.co/ProyectosInversion/DP%20-%20CONPES%20CAUCA%20Y%20VALLE.pdf>

Ilustración 3 Perfil del Río Cauca



Fuente: https://www.flickr.com/photos/mai_vera/7568626242

Una vez definida la zona objeto del proyecto, debemos determinar y concretar las estaciones, con las cuales concretaremos nuestro estudio, la metodología de selección está más detallada en el numeral “1.8.2 Fichas técnicas estaciones las estaciones” estas son:

Tabla 1 Estaciones SAT cuenca alta Río Cauca

ÁREA OPERATIVA	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	CLASE
Área operativa 09	26027080	Totoró	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	26017020	Julumito	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	26037010	Remolino	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2621900401	La Luisa	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2612200401	Ortigal	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2610000402	La Balsa	Automática	Hidrológica
Área operativa 09	2610000406	La Bolsa	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2610000401	Juanchito	Automática	Hidrológica

Fuente: Autores

Una vez definidas las estaciones se procede a recolectar la información para su posterior procesamiento

1.5.2 Tiempo

Basados en la información recolectada y suministrada por las entidades estatales que cuentan con estaciones de monitoreo hidrometeorológicas. Sobre la cuenca alta del Río Cauca y sus afluentes, se recolectará, analizará, procesará y generará estadísticas de esta información en función de su disponibilidad así:

Tabla 2 Rango de tiempo estaciones seleccionadas cuenca alta Río Cauca

NOMBRE ESTACIÓN	ENTIDAD RESPONSABLE	CORRIENTE	AÑO RECOPIACIÓN DATOS	
			DESDE	HASTA
TOTORO	IDEAM	Cofre	1961	2015
JULUMITO	IDEAM	Cauca	1987	2016
REMOLINO	IDEAM	Sucio	1965	2014
LA LUISA	CVC	Claro	1952	2015
ORTIGAL	CVC	Desbaratado	1973	2016
LA BALSA	CVC	Cauca	1946	2016
LA BOLSA	CVC	Cauca	1968	2015
JUANCHITO	CVC	Cauca	1947	2016

Fuente: Autores

1.5.3 Contenido

En este documento se enmarca la estructura metodológica, estadística y matemática para la generación de umbrales y parámetros de inundación y estiaje para la cuenca alta del Río Cauca, como anexos se generará un consolidado de datos, cálculos, perfiles y niveles de los umbrales, un archivo argis y .pdf con la ubicación geográfica de las 8 estaciones seleccionadas y un protocolo o cartilla para el Sistema de Alerta Temprana

1.5.4 Alcance

Como insumos entregables y alcance del presente trabajo de grado, se definirán parámetros y umbrales de inundación y estiaje para 8 estaciones ubicadas en la cuenca alta del Río Cauca y sus principales afluentes, de igual forma se estructura un protocolo para atención del SAT direccionado a las comunidades ubicadas en los márgenes de la zona objeto del presente trabajo de grado.

1.6 MARCO DE REFERENCIAL

1.6.1 Marco teórico

El objetivo de un sistema de pronóstico hidroclimatológico es el poder determinar en tiempo real, datos de precipitación y/o caudal de un cuerpo hídrico por medio de la recolección y transmisión de datos, con los cuales y por medios después procesarlos se generan modelos lluvia-escorrentía y de tránsito, con los cuales se pueda pronosticar caudales y niveles de agua para períodos que van desde algunas horas hasta varios días, dependiendo del tamaño y del tiempo de respuesta de la cuenca. El pronóstico de caudales es usado para alertar a la población en áreas amenazadas por las probables inundaciones o que se preparen épocas de sequía, esta misma información sirve a su vez para alertar a las entidades responsables de la operación de sistemas de prevención y atención de desastres

Para el desarrollo de presente trabajo de grado es necesario aclarar y precisar algunos conceptos los cuales serán utilizados y desarrollados de la investigación.

1.6.2 Marco conceptual

1.6.2.1 Riesgo

Una ciencia que ha desarrollado con bases el concepto de riesgo ha sido la geografía, entre los geógrafos cabe destacar a Tornel, (1984) dice que el riesgo natural es considerado como ciertos acontecimientos extremos del medio que exceden la capacidad de los procedimientos humanos para absorberlos o amortiguarlos; son aquellos acontecimientos naturales, que exceden la capacidad de absorción del sistema².

Allan Lavell en su publicación **“Reducción del Riesgo Lecciones desde Ámbito Local: la de en el Desastres Subregión Andina”** lo define como la probabilidad de daños y pérdidas en el futuro, y antecede al desastre y lo anuncia mientras que el desastre es la concreción de un riesgo, una realización de determinados niveles de riesgo en la sociedad, en que el evento físico sirve de detonador, pero no es la causa única que le da origen³.

Como podemos observar el concepto de riesgo tiene diferentes definiciones en función de la temática con la cual se estudie, estos se pueden sintetizar en tres visiones la conceptualización del riesgo:

² <http://www.ub.edu/geocrit/geo54.htm>

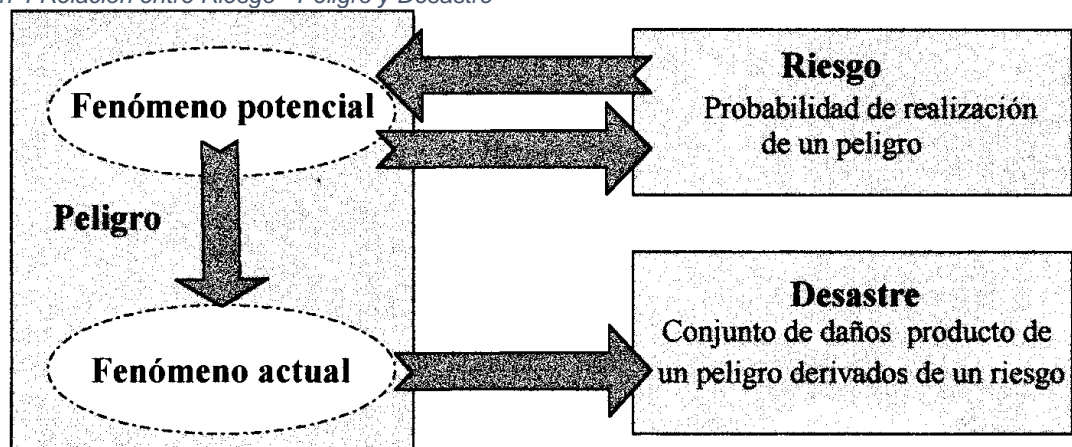
³ Reducción del Riesgo Lecciones desde Ámbito Local: la de en el Desastres Subregión Andina

- a) **Centrar al riesgo como amenaza:** definición sustentada por las ciencias naturales, con diversos estudios de los procesos geológicos, meteorológicos e hidrológicos que las generan, por tanto “el riesgo se convierte en la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico, extremo, en un lugar y periodo determinado” y además se puede cartografiar (mapas de riesgos).
- b) **Riesgo como probabilidad de pérdidas:** está representada por las ciencias aplicadas como la ingeniería, se puede medir el impacto del fenómeno sobre la sociedad estableciendo la siguiente formula:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

- c) **Ciencias Sociales:** el riesgo tiene que ver con la capacidad de absorber y recuperarse de las pérdidas, donde la vulnerabilidad asume un carácter dinámico a diferencia del enfoque (Maskrey, 1993).

Ilustración 4 Relación entre Riesgo - Peligro y Desastre



Fuente: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm>

Como Maskrey menciona la importancia que tiene el riesgo bajo un estudio científico sobre un fenómeno que puede o no causar un desastre, por otro lado, el estudio de la sociedad sobre su capacidad de resiliencia ante dicho evento y le deja a la ingeniería las cuestiones de medición y cuantificación del potencial del riesgo.

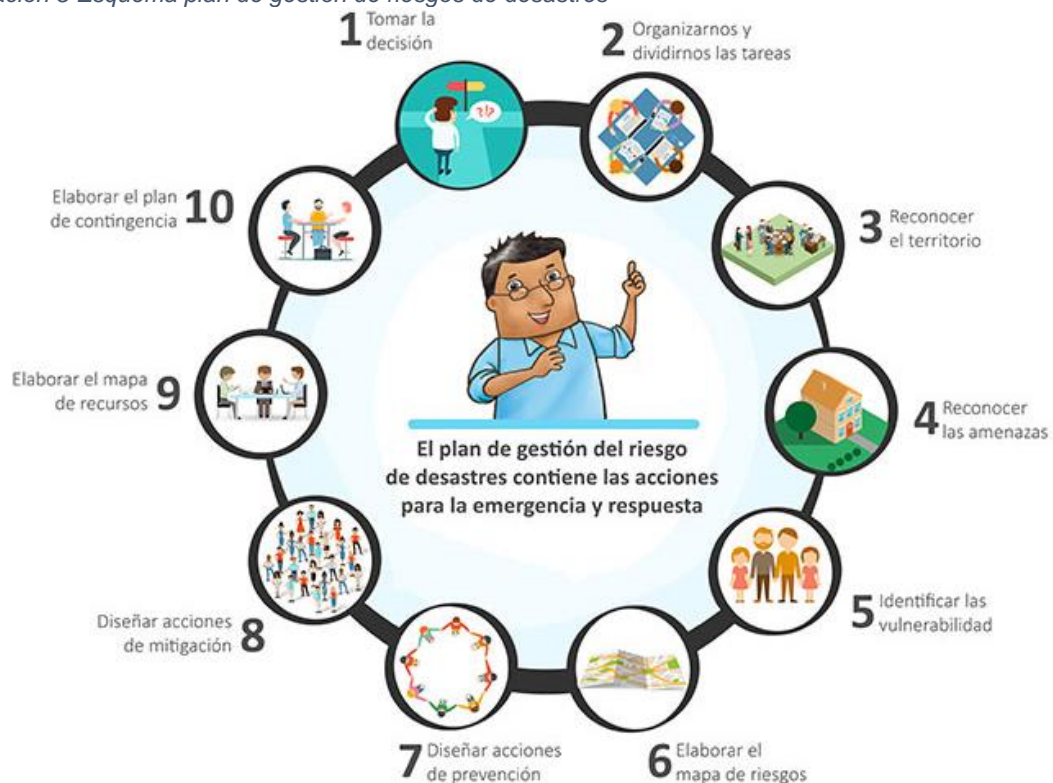
1.6.2.2 Gestión del riesgo de desastres

Es un proceso social complejo cuyo fin es la reducción o la previsión y control permanente del riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial sostenibles. En principio, admite distintos niveles de intervención que van desde lo global integral, lo sectorial y lo macro territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar. Además, requiere de la existencia de sistemas o estructuras organizacionales e institucionales que representan estos niveles y que reúnen bajo

modalidades de coordinación establecidas y con roles diferenciados acordados, aquellas instancias colectivas de representación social de los diferentes actores e intereses que juegan un papel en la construcción de riesgo y en su reducción, previsión y control".⁴

La reducción del riesgo, entendida como el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes (mitigación del riesgo) y a evitar la configuración de nuevos impactos en el territorio (prevención del riesgo). Las medidas de mitigación y prevención que se adopten con antelación tienen el propósito de reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. Los componentes del proceso de reducción del riesgo son: la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevos escenarios de riesgo y la protección financiera.

Ilustración 5 Esquema plan de gestión de riesgos de desastres



Fuente: http://www.minedu.gob.pe/educacion-ambiental/gestionriesgo/educacion_en_gestion_de_riesgo.php

⁴ <http://www.mincultura.gov.co/ministerio/viceministra/prevencion/Paginas/la-gestion-del-riesgo-de-desastres.aspx>

Un elemento esencial dentro de los Sistemas de gestión de riesgo de desastres, son los Sistemas de Alerta Temprana - SAT

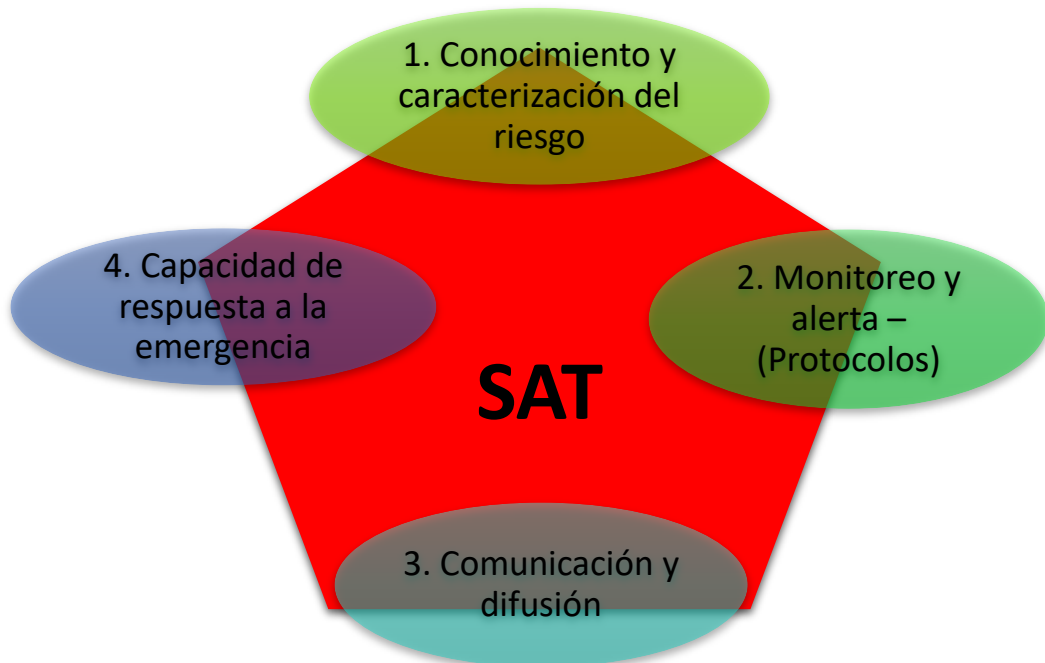
1.6.2.3 Que es un Sistema de Alerta Temprana (SAT)

Los Sistema de Alerta Temprana (SAT) se definen como aquel conjunto de dispositivos, procesos y procedimiento encaminados a generar aviso con anticipación de una eventualidad por un acontecimiento ya sea un fenómeno natural o humano que puede llegar causar un desastre, con el objetivo de evitarlo. Explicado desde el punto de vista de gestión del riesgo, la duración del desastre está en la función de la fuerza del evento natural (o antrópico) y del grado de vulnerabilidad que presenta la población frente al fenómeno.

Etimológicamente el fenómeno en sí no es necesariamente sinónimo del desastre, un ejemplo de esto lo podemos ver en el Océano Pacífico, donde existe una cadena volcánica constantemente en erupción, cuyos impactos son la creación de islas no su destrucción, el precepto de “desastre” trae consigo una pérdida ya sea económica o humana y una población vulnerable. En este sentido los SAT tienen como objetivo prevenir el desastre más allá de evitar o prevenir el fenómeno.

Un SAT, está dividido esencialmente en 4 etapas así (ver ilustración):

Ilustración 6 componentes SAT



Fuente: Autores

1. Conocimiento y caracterización del riesgo: análisis de riesgo y generación de escenarios y proyecciones
2. Monitoreo y alerta – (Protocolos): establecimiento de protocolos de monitoreo, bien sea automático, manual o mixto
3. Comunicación y difusión: establecimiento de tiempos y protocolos de generación de alertas
4. Capacidad de respuesta a la emergencia: Protocolos de respuesta ante la emergencia e incluso del desastre.

Los Sistemas de Alerta Temprana fueron concebidos con el objetivo de tratar de anticipar los eventos naturales o de origen humano (generalmente conflictos violentos) que, en interacción con la vulnerabilidad, pueden desembocar en desastres.

Estos sistemas pueden ser aplicados todos los campos donde sea posible el pronóstico de una amenaza a determinada población, sea está causada por un fenómeno natural o antrópicos, esta se establece mediante el monitoreo constante de indicadores o variables específicas bien sea mediante la recolección manual de datos o la aplicación de estrategias automáticas de recolección). En nuestro caso el SAT objeto del presente trabajo de grado, se enfoca a amenazas por inundación o sequia (estiaje)

Como se puede determinar en todo campo donde el hombre pueda vigilar el cambio de una variable natural o antrópicas puede ser implementado un SAT; existe dos grandes tipos de SAT en función de su sistema de organización así:

1.6.2.3.1.1 SATI Comunitario

Es un sistema de carácter sencillo el cual se caracteriza por el uso de equipos de bajo costo y de un fácil manejo, operados por miembros de las comunidades tanto en los componentes y el monitoreo del evento, así como en la comunicación de la alerta.

Este tipo de sistemas se basa en la participación activa de voluntarios de las comunidades que viven dentro de la cuenca donde se instaló el SATI, los voluntarios desempeñan funciones de trabajo en la repuesta, pero también participan en tareas de prevención con trabajos de mitigación de bajo costo y que no requieren de conocimiento técnico experto. El papel desempeñado por los voluntarios es primordial en el control y monitoreo hidrometeorológicos, los avisos y alertas deben ser oportunas, así como la preparación de los planes de contingencia y respuesta son Imperativos

1.6.2.3.1.2 SATIS Centralizados

El Sistema de Alerta Temprana Centralizado se refiere aquel que utiliza de Tecnología que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refiere a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración del pronóstico de crecida.

La observación y monitoreo se basa en redes telemétricas de estaciones de lluvia y nivel de los ríos, que permiten pronósticos de crecida precisos y con anticipación. Se apoya en redes de observación global, como el radar, que permiten desarrollar modelos y pronósticos de tiempo, y utiliza una base científica que requiere la participación de profesionales con conocimiento y entrenamiento avanzado para desarrollar modelos hidrometeorológicos, en los cuales se basan los pronósticos de crecidas. Estos pronósticos permiten la difusión de avisos con antelación a las alertas, aumentando así el tiempo de preparación.


El objetivo de los sistemas de alerta centrados en la gente es empoderar a los individuos y a las comunidades amenazadas para tener la posibilidad de actuar a tiempo y de forma apropiada, de manera que se reduzca la posibilidad de pérdidas personales y daños en la propiedad, el medioambiente o en los medios de vida (Ocharan, 2007).⁵

Dentro de los Sistemas de Alerta Temprana, uno de los elementos determinantes son los instrumentos, destinado a la captura de información, en el caso de los SAT, para inundaciones, son las estaciones hidroclimatológicas.

1.6.2.4 ESTADOS DE ALERTA

Los estados de Alerta se corresponden con la evolución de la amenaza y la inminencia u ocurrencia del evento adverso asociado a ella. Los entes técnico-científicos realizan el monitoreo y deben informar inmediata y permanentemente a la SNGR siguiendo el protocolo establecido, y proponer el Estado de Alerta adecuado.

Tabla 3 Calificación nivel de alerta

COLOR	ESTADO DE LA AMENAZA	VARIACIÓN DEL ESTADO
AMARILLO	Significa que se ha detectado la presencia de un evento (natural o producto de la acción humana) que puede afectar el territorio. Es necesario que las instituciones, organizaciones y la población estén preparadas, pero sin movilizar enlaces. Indica	

⁵ "Propuesta de Diseño de un Sistema de Alerta Temprana por Inundación en la Subcuenca del Río Tejalpa (SIATI-ScRT)"

COLOR	ESTADO DE LA AMENAZA	VARIACIÓN DEL ESTADO
	que se debe estar atento al comportamiento y evolución del fenómeno o evento monitoreado y de las alertas que se continúen emitiendo. Esta alerta debe dirigirse a los especialistas de las instituciones públicas responsables de acompañar el monitoreo y de prepararse para intervenir preventivamente según el tipo de fenómeno o amenaza que se pudo identificar con la vigilancia o monitoreo. Si el evento desaparece se cancela la Alerta, de lo contrario se actúa de acuerdo a lo planificado.	↑
NARANJA	Preparación para la emergencia	
ROJO	Atención de la emergencia	

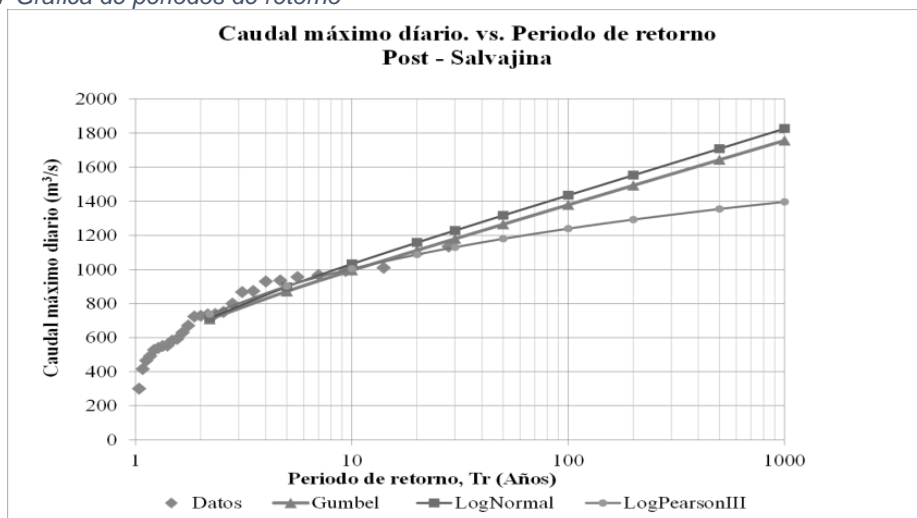
Fuente: Autores

Los Estados de Alerta son dinámicos y varían según aumente o disminuya la actividad de la amenaza, y no siempre los cambios en los Estados de Alerta son graduales.

1.6.2.5 Periodo de retorno

Se define como el intervalo de recurrencia (T), al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Este **periodo** se considera como el inverso de la probabilidad, del enésimo evento de la n registros.

Ilustración 7 Grafica de periodos de retorno



Fuente: https://www.researchgate.net/profile/Yesid_Escobar

1.6.2.5.1 Distribución de Gumbel (Método de los momentos y máxima verosimilitud)

La distribución de Gumbel obedece a la siguiente ecuación:

$$\mathcal{X} - X - \frac{\Delta x}{\Delta n} \left(\ln \left\{ \frac{t}{t-1} \right\} + Yn \right)$$

Donde cada uno de los términos anteriores significa:

- X : Precipitación máxima diaria en 24 horas correspondiente al período de retorno T ;
- ΔX : Desviación típica de los datos de precipitaciones máximas disponibles;
- \mathcal{X} : Promedio de los datos de precipitaciones máximas diarias disponibles;
- $Yn, \Delta n$: Factores que dependen del número de datos disponibles Para la estación

1.6.2.5.2 Estimación de máxima verosimilitud

La idea fundamental de este método es tomar como estimación del parámetro estudiado el valor que haga máxima la probabilidad de obtener la muestra observada.

Para ilustrar este método, imaginemos la siguiente situación: queremos estimar la probabilidad p de que salga cara en el lanzamiento de una moneda no necesariamente regular.

Para ello procedemos de la siguiente manera: lanzamos la moneda cinco veces y obtenemos la siguiente secuencia:

C + C C +

Una manera aparentemente razonable de estimar p sería evaluar la probabilidad de obtener esta muestra para diferentes valores de p y quedarnos con el valor que haga máxima dicha probabilidad. En nuestro caso, debemos calcular:

$$\text{Prob}(C + C C +) = p \times (1-p) \times p \times p \times (1-p) = p^3 (1-p)^2$$

Para todos los posibles valores de p , es decir, para todo valor real entre 0 y 1. Es lo que se muestra en la siguiente tabla, en la que se han simplificado los posibles valores de p tomando incrementos de 0,1:

Tabla 4 Valores de probabilidad

Valor de p	Probabilidad de la muestra observada
0	0
0,1	0,0008
0,2	0,0051
0,3	0,0132
0,4	0,023
0,5	0,0313
0,6	0,0346
0,7	0,0309
0,8	0,0205
0,9	0,0073
1	0

Fuente: 1 <http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo7/B0C7m1t10.htm>

Como puede observarse, el valor para el que se obtiene la máxima probabilidad es 0,6. Por tanto, dicho valor será la estimación máximo verosímil (EMV) de p .

$$\hat{p} = 0,6$$

Si analizamos este resultado es fácil darse cuenta que la EMV obtenida coincide con la frecuencia relativa del número de caras ($Fr(C) = 3/5 = 0,6$), por lo que podemos preguntarnos ¿se trata de un resultado casual o es generalizable? Para responder a esta cuestión volvamos al cálculo de la probabilidad de nuestra muestra, pero aprovechemos para hacerlo más general. Supongamos que hemos efectuado n lanzamientos de la moneda de los que k ($k \leq n$) han sido cara sin que importe el orden en que han salido. La probabilidad de dicho suceso viene dada por:

$$\text{Prob}(k \text{ caras en } n \text{ lanzamientos}) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} = L(p)$$

Y, si suponemos que los valores n y k son conocidos, esta probabilidad puede expresarse como una función $L(p)$ del parámetro p , exclusivamente. A dicha función se le llama función de verosimilitud y puede definirse como la función de densidad conjunta de la muestra (probabilidad de obtener la muestra observada, en nuestro caso), pero considerada como función del parámetro. Por tanto, es posible maximizarla utilizando las técnicas conocidas de cálculo y asumiendo la restricción

de que $0 \leq p \leq 1$. Es decir, derivamos $L(p)$ e igualamos a cero. Aunque, los cálculos suelen facilitarse al aplicar el hecho de que si una función (positiva) alcanza un máximo en un punto dado, el logaritmo de dicha función alcanzará un máximo en el mismo punto:

$$\ln(L(p)) = cte + k \ln(p) + (n - k) \ln(1 - p)$$

$$\frac{\partial \ln(L(p))}{\partial p} = \frac{k}{p} - \frac{n - k}{1 - p}$$

$$\frac{k}{\hat{p}} - \frac{n - k}{1 - \hat{p}} = 0 \quad \Rightarrow \quad k(1 - \hat{p}) - \hat{p}(n - k) = 0 \quad \Rightarrow \quad \hat{p} = \frac{k}{n}$$

Para ser rigurosos debemos comprobar que se trata de un máximo. Una manera de hacerlo es demostrar que la derivada segunda de $L(p)$ (o de su logaritmo) en el punto k/n es negativa. En nuestro caso es fácil ver que la segunda derivada siempre es negativa:

$$\frac{\partial^2 \ln(L(p))}{\partial p^2} = -\frac{k}{p^2} - \frac{n - k}{(1 - p)^2} \leq 0 \quad \text{ya que } k \leq n$$

Es decir, acabamos de demostrar que la frecuencia relativa es el estimador máximo verosímil de la probabilidad de un determinado suceso (en nuestro ejemplo que salga cara). La metodología que acabamos de utilizar para determinar el estimador máximo verosímil se denomina método de la máxima verosimilitud.⁶

1.6.2.5.3 Estimación de mediante método de los momentos

Se trata de un método de obtención de estimadores muy intuitivo. Básicamente, consiste en igualar los momentos poblacionales (que sean función del o los parámetros a estimar) con los momentos muestrales y despejar el parámetro a estimar.

Así, por ejemplo, la esperanza de una variable aleatoria se estimaría por la media muestral; la varianza, por la varianza muestral; etc.

⁶ <http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo7/B0C7m1t10.htm>

La principal ventaja de este método es su simplicidad. Sin embargo, aunque los estimadores así obtenidos son consistentes, en general, no son centrados ni eficientes. Además, en ciertos casos puede proporcionar estimaciones absurdas, como veremos en el siguiente ejemplo:

Supongamos que tenemos una variable con distribución uniforme donde el límite inferior es cero y el superior es desconocido. Naturalmente, estaremos interesados en estimar el límite superior (al que llamaremos b) de nuestra distribución uniforme. X sigue una distribución uniforme ($a = 0$, $b = ?$)

Recordemos que la esperanza de una distribución uniforme comprendida entre dos valores a y b es el promedio de estos dos valores.

$$E(X) = \frac{a + b}{2}$$

Por tanto, para aplicar el método de los momentos para estimar b , igualaremos dicho promedio a la media aritmética:

$$\frac{0 + \hat{b}}{2} = \bar{X}_n \quad \Rightarrow \quad \hat{b} = 2 \bar{X}_n$$

Supongamos que hemos obtenido la siguiente muestra de dieciséis observaciones procedente de nuestra población uniforme:

Tabla 5 Observaciones muestra

1,12	1,79	0,77	4,21	3,47	4,94	0,56	0,05
2,35	4,86	1,46	3,71	2,21	0,09	1,72	2,96

Fuente: 1 <http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo7/B0C7m1t10.htm>

Según acabamos de ver, el estimador por el método de los momentos de b es la media aritmética multiplicada por dos. En este ejemplo, la media aritmética vale 2,27 y, por tanto, la estimación de b sería: $2,27 \times 2 = 4,53$. Sin embargo, esta estimación es incompatible con las observaciones en que se basa⁷.

1.6.2.6 Estación Hidrometeorológica

Una es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

⁷ <http://www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo7/B0C7m1t9.htm>

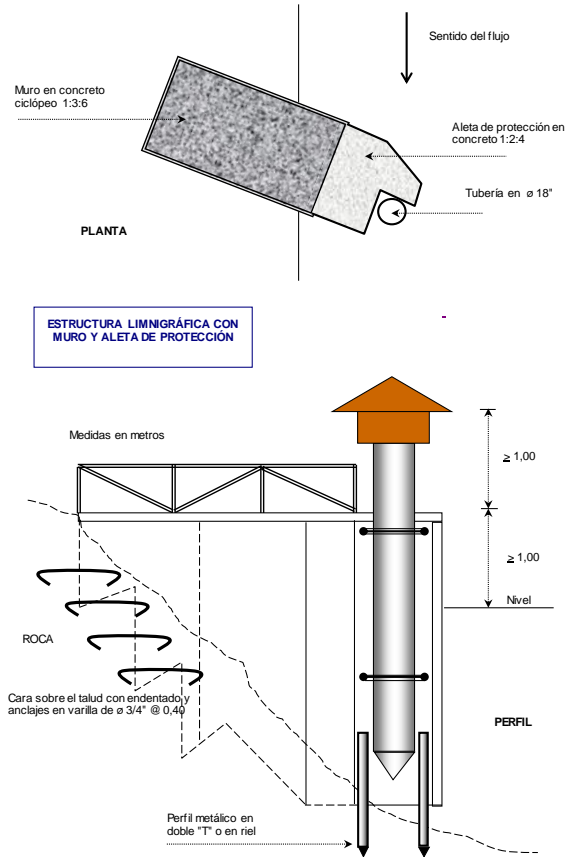
Ilustración 8 Estación Hidroclimatológica



Fuente: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/pronostico-hidrologico>

A continuación se presentan los elementos⁸ (de entorno físico), los cuales se emplean para monitorear parámetros hidrológicos, estos se referencian a los umbrales:

Ilustración 9 Estructura Limnigráfica con muro de protección



Fuente: Protocolo para determinar cotas de desbordamiento de ríos -IDEAM

⁸ Programa Operación de Redes, IDEAM, 2010. Fidel Alberto Pardo Ojeda.

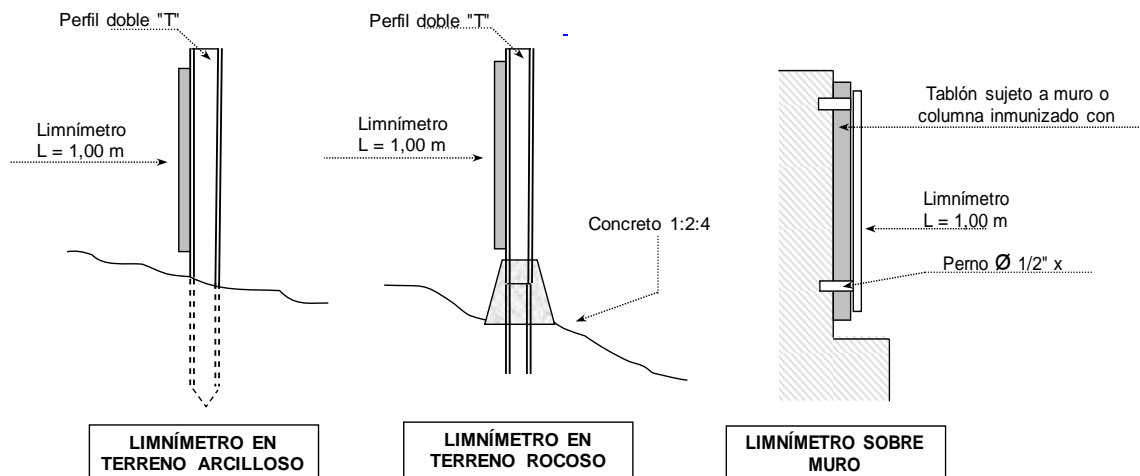
Sobre la altura de la tubería de la estructura se referencian:

- Niveles mínimos.
- Niveles medios o de operación normal.
- Niveles máximos.

Con la información del instrumento registrador se involucran los datos obtenidos a los modelos hidrológicos, con el fin de:

- Evaluar cotas referidas.
- Determinar tiempo de tránsito de ondas de crecidas.
- Cuantificar la mancha de inundación por crecientes lentas o por crecientes súbitas, evaluada en mapeos de inundación preliminares, y de ésta manera determinar la potencialidad de la cobertura de la inundación y la duración de la misma.
- De manera similar se procede para otros eventos tales como: descargas controladas por vertedero desde embalses y efectos de restricción por niveles bajas en sectores de navegabilidad activa.

Ilustración 10 Tipos de Limnímetros

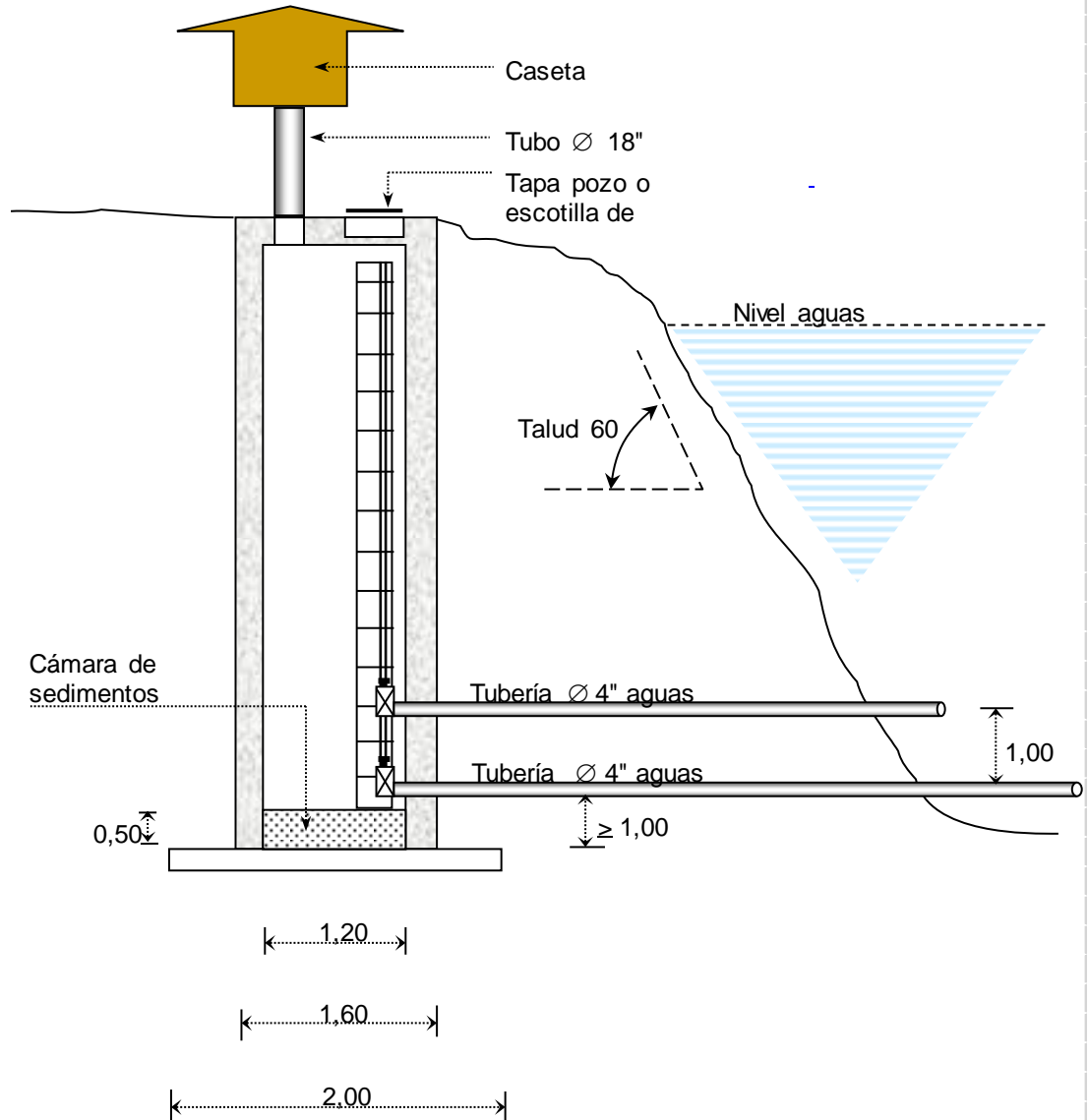


Fuente: Protocolo para determinar cotas de desbordamiento de ríos -IDEAM

Como complemento a la estación antes descrita, se tienen estaciones de referencia las cuales registran la variación de los niveles de una corriente.

Ilustración 11 Perfil General Estación Limnigráfica

- Dentro del pozo se instala una escalera metálica para acceder a la inspección y

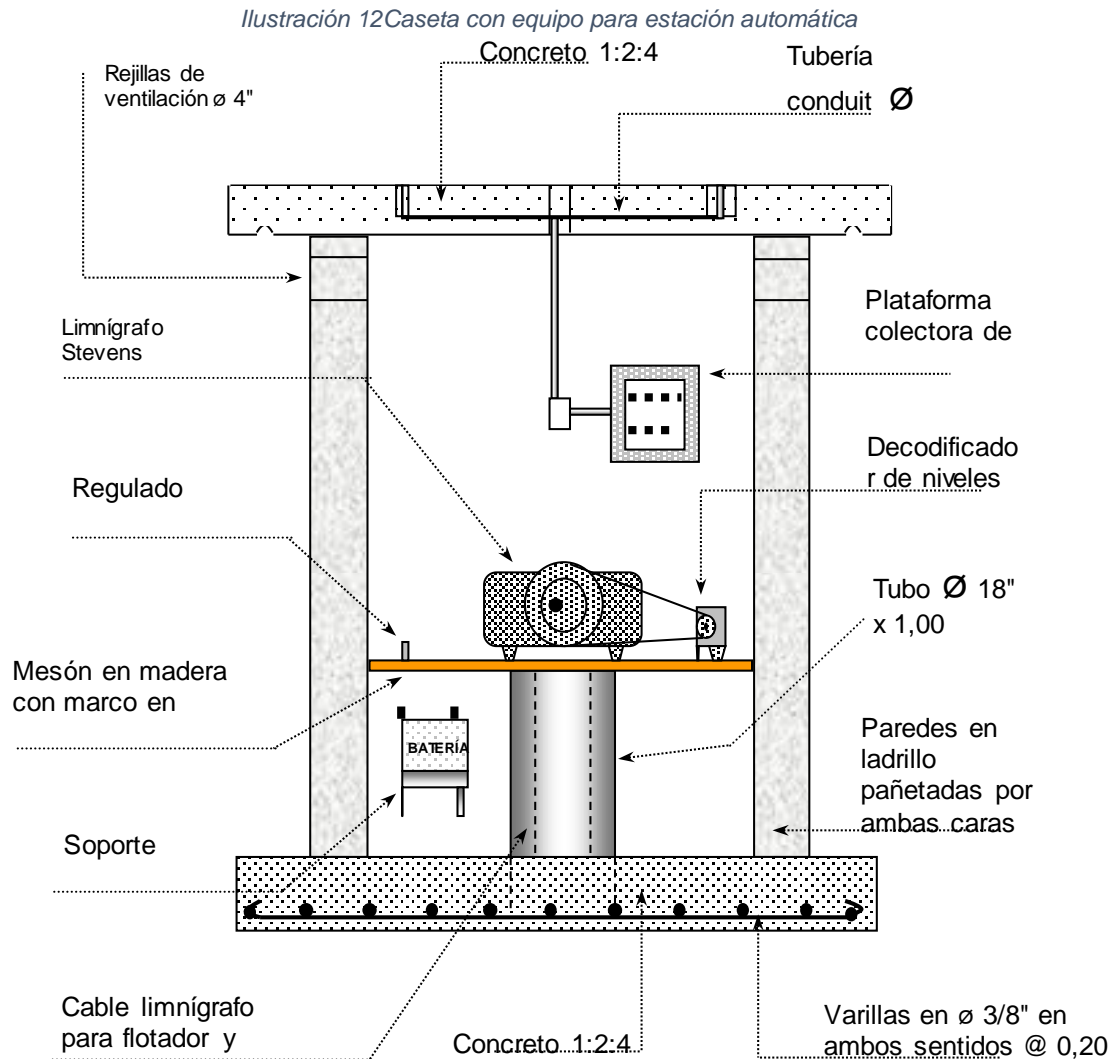


Fuente: Protocolo para determinar cotas de desbordamiento de ríos -IDEAM

Se presenta otro tipo de estación de monitoreo en el cual el agua es conducida por efectos hidráulicos de vasos comunicantes a un pozo de aquietamiento, en el cual también se registran las variaciones de los niveles.

Cabe anotar que bien sea para estaciones de tubería directa o para estaciones pozo de aquietamiento, los niveles se registran en forma continua, en un limnigrama, el

cual relaciona niveles con caudales; también es indispensable el hecho de realizar aforos en forma continua y en diferentes épocas (aguas máximas o época de lluvias y aguas mínimas o estiaje).



Fuente: Protocolo para determinar cotas de desbordamiento de ríos -IDEAM

El mismo procedimiento mencionado para las estaciones antes descritas, se tiene pero en forma automática para puntos en los cuales, mediante el uso de transductores o elementos de registro-transmisión se obtiene la información en forma remota.⁹

⁹ Fuente: Protocolo para determinar cotas de desbordamiento de ríos -IDEAM

1.6.3 Marco legal

Con la expedición de la Ley 1523 de 2012 fueron derogados los principales sustentos legales del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres SNPAD, para dar paso a la creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) y la adopción de una política pública en la materia.

La Ley 1523 se estructura alrededor de ocho capítulos así:

- a) Gestión del riesgo, responsabilidad, principios, definiciones y Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres,
- b) La definición de la estructura: organización, dirección y coordinación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, que reemplaza la estructura del SNPAD y establece por esta vía necesidades específicas de organización a nivel de las diferentes entidades que hacen parte del Sistema.
- c) Instrumentos de Planificación,
- d) Sistemas de Información, que en la práctica reemplazó al Sistema Integrado para la Prevención y Atención de Desastres y la definición de un objetivo para el mismo orientado a “fomentar la generación y el uso de la información sobre el riesgo de desastres y su reducción y la respuesta a emergencias en el territorio nacional y ofrecer el apoyo de información que demandan los gestores del riesgo en todos los niveles de gobierno.”
- e) Mecanismos de Financiación para la Gestión del Riesgo de Desastres,
- f) Declaratoria de Desastre, Calamidad Pública y Normalidad,
- g) Régimen Especial para Situaciones de Desastre y Calamidad Pública, y
- h) Disposiciones finales

En su artículo 32 la Ley 1523 determinó que los tres niveles de gobierno (nacional, departamental y municipal) deben formular e implementar planes de gestión del riesgo para priorizar, programar y ejecutar acciones por parte de las entidades del sistema nacional, en el marco de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo del desastre, como parte del ordenamiento territorial y del desarrollo, así como para realizar su seguimiento y evaluación.

De igual manera en su artículo 33 estableció que el PNGRD es el instrumento que define los objetivos, programas, acciones, responsables y presupuestos, mediante

las cuales se ejecutan los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo de desastres, en el marco de la planificación del desarrollo nacional.

De acuerdo con el artículo 34 de la Ley, la UNGRD es la instancia encargada de elaborar el plan nacional de gestión del riesgo con los insumos provenientes de los tres comités nacionales de gestión del riesgo y de los consejos territoriales.

El proceso de formulación del PNGRD se realizó siguiendo las fases establecidas en el Decreto 1974 de 2013 las cuales se describen a continuación:

- a) **Formulación.** Consiste en el proceso secuencial y participativo por el cual se lleva a cabo la elaboración del PNGRD a través de las etapas de direccionamiento, consulta, sistematización, análisis y validación.
- b) **Aprobación.** Corresponde al Consejo Nacional de Gestión del riesgo aprobar la propuesta de PNGRD.
- c) **Adopción.** La adopción del PNGRD deberá hacerse a través de Decreto expedido por el presidente de la República¹⁰

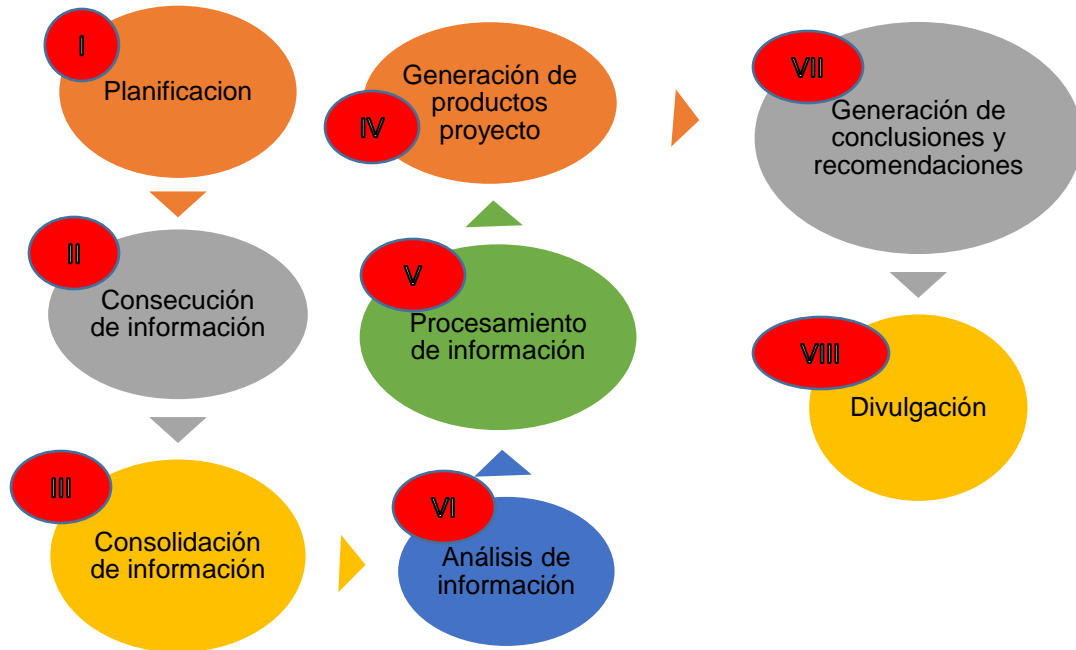
1.7 METODOLOGÍA

La estructura metodológica bajo la cual se desarrollará el presente proyecto de grado contempla en 8 etapas así:

- i. Planificación:
- ii. Consecución de información
- iii. Consolidación de información
- iv. Procesamiento de información
- v. Análisis de información
- vi. Generación de productos proyecto
- vii. Generación de conclusiones y recomendaciones
- viii. Divulgación

¹⁰ <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/PNGRD-2015-2025-Version-Preliminar.pdf>

Ilustración 13 Estructura metodológica desarrollo proyecto



Fuente: Autores

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

En esta capítulo desarrollaremos estructuradamente el desarrollo del proyecto de grado, desde la conceptualización y definición de un modelo hidrológico, pasado por la identificación y selección de las distintas estaciones hidrometeorológicas distribuidas a lo largo de la cuenca alta del Río Cauca, hasta la parametrización y procesamiento de los datos para la generación de parámetros y resultados buscados; una vez se establezcan estos parámetros se generaran los protocolos definidos en los objetivos.

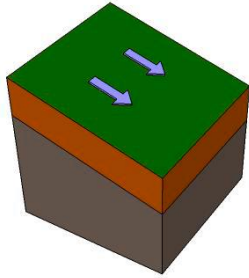
1.8.1 Modelos hidrológicos

Como establecimos anteriormente en el numeral 1.6.3 del presente proyecto de grado, el conocimiento y caracterización del riesgo, es la primera de las etapas que se deben surtir, dentro de esta caracterización para los SAT, enfocados a riesgos de inundación y estiaje, se basa en el procesamiento de información del comportamiento hidrometeorológico del cuerpo de agua objeto del SAT e implementar, este procesamiento se conoce como determinación de parámetros de alerta, y para esta determinación existen diversos modelos hidrográficos, los modelos hidrológicos constituyen una herramienta de mucho valor para determinar los picos de crecidas en cualquier tipo de cuenca.

En la actualidad existen muchos software y metodologías para generar modelos hidrológicos, cada uno de ellos con una especialidad o profundización y a su vez diferentes grados de complejidad, ya sea por la forma de alimentar los datos o fines de sus procesamientos (Agrícola, Minero, geológico y meteorológico)

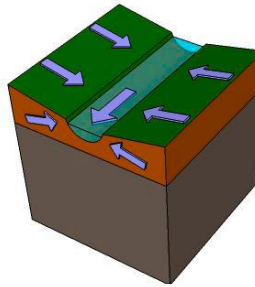
Entre ellos podemos mencionar el **AGNPS** (Agricultural Non Point Souce Polution Model) de la EPA1; el software **Mike SHE**, **ANSWERS**, el **CASC2D**, el **SMADA** (Stormwater Management and Design Aid) y el **HYFA** el cual permite la determinación exacta de diferentes variables estadísticas de generación de caudales en función de períodos de recurrencia (o retorno), este último es el utilizado por el IDEAM, siguiente ilustración nos esquematiza de forma gráfica el esquema conceptual la representación de los procesos hidrológicos, las conexiones verticales y horizontales de una Cuenca tipo y como se realiza la trasferencia de agua.

Ilustración 14 flujo ladera



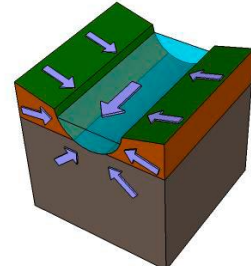
Fuente: modelo de Simulación Hidrológica Abierta (SHIA)

Ilustración 15 flujo cárcava



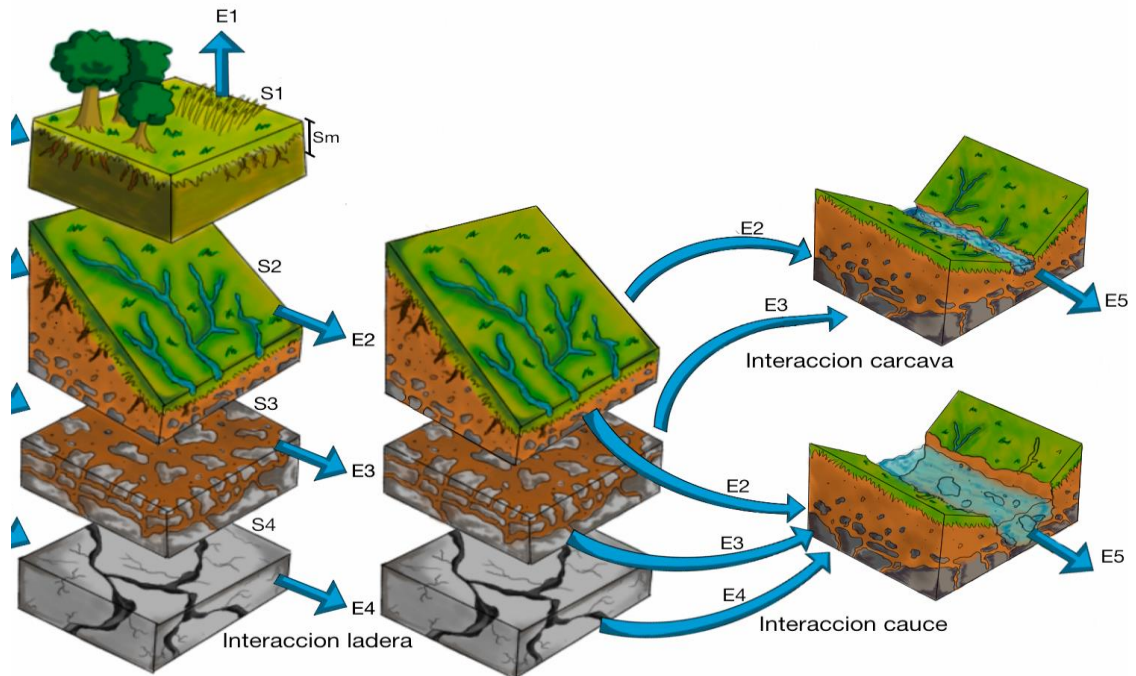
Fuente: modelo de Simulación Hidrológica Abierta (SHIA)

Ilustración 16 flujo cauce



Fuente: modelo de Simulación Hidrológica Abierta (SHIA)

Ilustración 17 Interacción Flujos



Fuente: modelo de Simulación Hidrológica Abierta (SHIA)

Para nuestro proyecto compararemos tres diferentes modelos con el objetivo de determinar, y comparara sus resultados así:

- SMADA
- HYFA
- ANSWERS

1.8.2 Fichas técnicas estaciones

Para la selección de las estaciones se realizó una investigación para determinar el número de total de estaciones sobre el Río, su tipo y entidad responsable dando como resultado la siguiente tabla:

Ilustración 18 Estaciones IDEAM en la cuenca alta del Río Cauca

Nombre	ESTADO	FGDA	CORRIENTE	DEPTO	MPIO
Julumito	ACT	IDEAM	CAUCA	CAUCA	POPAYÁN
Bocatoma-Florida	ACT	IDEAM	CAUCA	CAUCA	PURACÉ (Coconuco)
Pte Aragon	ACT	IDEAM	CAUCA	CAUCA	PURACÉ (Coconuco)
Lomitas	ACT	IDEAM	CAUCA	CAUCA	PURACÉ (Coconuco)
Salvajina La	SUS	IDEAM	CAUCA	CAUCA	SUÁREZ
Florida La	SUS	IDEAM	CAUCA	CAUCA	POPAYÁN
Casa De Maquinas	SUS	IDEAM	CAUCA	CAUCA	POPAYÁN
Riofrio	SUS	IDEAM	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	RIOFRÍO
Tierrablanca	SUS	IDEAM	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	ROLDANILLO
Bomba 3	SUS	IDEAM	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	ROLDANILLO
Candelaria	SUS	IDEAM	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	ROLDANILLO
Dren Ppal K0+00	SUS	IDEAM	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	TORO
Cayetana La	SUS	IDEAM	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	LA UNIÓN

Fuente: IDEAM

Adicional a IDEAM la Corporación Autónoma del Valle Cauca (CVC), también cuenta con estaciones hidroclimatológicas, las cuales también podremos tomar como insumos de referencia así:

Ilustración 19 Estaciones CVC sobre la cuenca alta del Río Cauca

NOMBRE	ESTADO	FGDA	CORRIENTE	DEPTO	MPIO
PINCHE [53077040]	ACT	CVC	MICAY	CAUCA	ARGELIA
ALTO NAYA [53087020]	ACT	CVC	NAYA	CAUCA	LÓPEZ

NOMBRE	ESTADO	FGDA	CORRIENTE	DEPTO	MPIO
LA Balsa AUTOMATICA	ACT	CVC	CAUCA	CAUCA	BUENOS AIRES
ABAJO [26027110]	ACT	CVC	OVEJAS	CAUCA	BUENOS AIRES
LOMITAS [26027170]	ACT	CVC	LA TETA	CAUCA	BUENOS AIRES
BOLSA LA [26027180]	ACT	CVC	CAUCA	CAUCA	SANTANDER DE QUILICHAO
CAMBULOS LOS	ACT	CVC	OVEJAS	CAUCA	BUENOS AIRES
PAN DE AZUCAR	ACT	CVC	PIENDAMO	CAUCA	MORALES
SALVAJINA [26027320]	ACT	CVC	EMB SALVAJINA	CAUCA	BUENOS AIRES
GUAICONDO [26027330]	ACT	CVC	PIENDAMO	CAUCA	PIENDAMÓ
MICHICAL [26037050]	ACT	CVC	CAUCA	CAUCA	MORALES
PTO TEJADA AUTOMATICA	ACT	CVC	PALO	CAUCA	PUERTO TEJADA
LUISA LA [26057020]	ACT	CVC	CLARO	VALLE DEL CAUCA	JAMUNDÍ
TABLANCA [26057070]	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	JAMUNDÍ
HORMIGUERO [26057080]	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	CALI
PTE CARRETERA	ACT	CVC	JAMUNDI	VALLE DEL CAUCA	JAMUNDÍ
COMFAMILIAR [26057120]	ACT	CVC	PANCE	VALLE DEL CAUCA	CALI
CALLE QUINTA [26057140]	ACT	CVC	MELENDEZ	VALLE DEL CAUCA	CALI
JARDIN EL [26057150]	ACT	CVC	CANAVERA LEJO	VALLE DEL CAUCA	CALI
SUAREZ [26057160]	ACT	CVC	CAUCA	CAUCA	BUENOS AIRES
CAÑASGORDAS [26057170]	ACT	CVC	LILI	VALLE DEL CAUCA	CALI
JUANCHITO AUTOMATICA	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	CANDELARIA
ORTIGAL [26067030]	ACT	CVC	DESBARAT ADO	VALLE DEL CAUCA	FLORIDA
ARRIBA [26077050]	ACT	CVC	BOLO	VALLE DEL CAUCA	PALMIRA
PTE PALMASECA	ACT	CVC	GUACHAL	VALLE DEL CAUCA	PALMIRA

NOMBRE	ESTADO	FGDA	CORRIENTE	DEPTO	MPIO
MINCHOS LOS [26077110]	ACT	CVC	BOLO	VALLE DEL CAUCA	PRADERA
BOCATOMA [26087010]	ACT	CVC	CALI	VALLE DEL CAUCA	CALI
MEDIACANOA AUTOMATICA	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	BUGA
PICHINDE [26087090]	ACT	CVC	PICHINDE	VALLE DEL CAUCA	CALI
MEDIACANOA [26087140]	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	BUGA
GARZONERO NORTE	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	YOTOCO
BUITRERA LA [26087170]	ACT	CVC	YUMBO	VALLE DEL CAUCA	YUMBO
SALONICA [26087180]	ACT	CVC	RIOFRIO	VALLE DEL CAUCA	RIOFRÍO
AMAIME [26097110]	ACT	CVC	AMAIME	VALLE DEL CAUCA	PALMIRA
CANO CARLINA [26097130]	ACT	CVC	LAG DE SONSO	VALLE DEL CAUCA	BUGA
LAG DE SONSO [26097140]	ACT	CVC	LAG DE SONSO	VALLE DEL CAUCA	BUGA
CEIBOS LOS [26097150]	ACT	CVC	ANAIME	VALLE DEL CAUCA	PALMIRA
OBANDO [26107010]	ACT	CVC	QDA OBANDO	VALLE DEL CAUCA	OBANDO
GUAYABAL [26107060]	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	ZARZAL
LA VICTORIA AUTOMATICA	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	LA VICTORIA
JUAN DIAZ [26107100]	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	OBANDO
ANACARO [26107110]	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	CARTAGO
ALTAMISA LA [26107120]	ACT	CVC	LOS MICOS	VALLE DEL CAUCA	LA VICTORIA
PLACER EL [26107180]	ACT	CVC	BUGALAGR ANDE	VALLE DEL CAUCA	BUGALAGRAN DE
SORPRESA LA [26107210]	ACT	CVC	PAILA	VALLE DEL CAUCA	ZARZAL
PTO PEDREROS [26117020]	ACT	CVC	CAUCA	VALLE DEL CAUCA	BOLÍVAR
FLORIDA LA [26117140]	ACT	CVC	PESCADOR	VALLE DEL CAUCA	BOLÍVAR
CONCHA LA [53087010]	ACT	CVC	NAYA	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTU RA

NOMBRE	ESTADO	FGDA	CORRIENTE	DEPTO	MPIO
BAJO ANCHICAYA	ACT	CVC	EMBALSE	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA
HIGUERON EL [53107030]	ACT	CVC	ANCHICAYA	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA
ALTO ANCHICAYA	ACT	CVC	EMBALSE	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA
MONOS LOS [53107080]	ACT	CVC	ANCHICAYA	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA
ENGAÑO EL [53107090]	ACT	CVC	ANCHICAYA	VALLE DEL CAUCA	DAGUA
TORRE LA [53107100]	ACT	CVC	DIGUA	VALLE DEL CAUCA	DAGUA
BENDICIONES [53117010]	ACT	CVC	DAGUA	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA
DRAGAS LAS [53117020]	ACT	CVC	YURUMAN GUI	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA
RESTREPO [53117030]	ACT	CVC	AGUAMON A	VALLE DEL CAUCA	RESTREPO
DOVIO EL [54037020]	ACT	CVC	GARRAPAT AS	VALLE DEL CAUCA	EL DOVIO
TAGUAL [54077040]	ACT	CVC	CALIMA	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
GAVIONES LOS [54077050]	ACT	CVC	CALIMA	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
RÍO AZUL [54077060]	ACT	CVC	CALIMA	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
QUIRAMA [54077080]	ACT	CVC	BRAVO	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
GUACIRUMA [54077090]	ACT	CVC	AZUL	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
CALIMA [54077110]	ACT	CVC	EMBALSE	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
MOJARRA LA [54077120]	ACT	CVC	AGUACLAR A	VALLE DEL CAUCA	BUENAVENTURA
BOCATOMA [54077160]	ACT	CVC	BRAVO	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
MADRONAL [54077170]	ACT	CVC	CALIMA	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)
TUNEL DE FUGA	ACT	CVC	CALIMA	VALLE DEL CAUCA	CALIMA (El Darién)

Fuente: IDEAM

De base de datos total de estaciones solo se calificaron las que estaban activas, y posteriormente de estas activas solo se podía trabajar aquellas que contaban con un perfil longitudinal así:

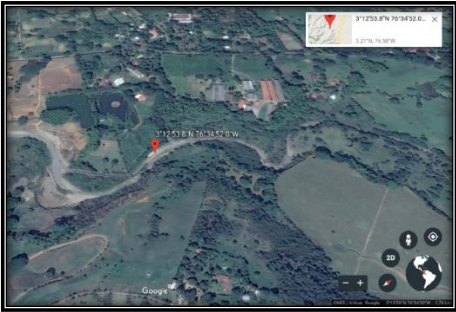
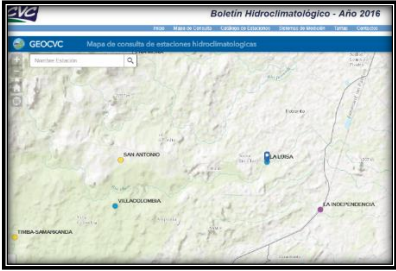

Tabla 6 Estaciones SAT cuenca alta Río Cauca

ÁREA OPERATIVA	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	CLASE
Área operativa 09	26027080	Totoró	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	26017020	Julumito	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	26037010	Remolino	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2621900401	La Luisa	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2612200401	Ortugal	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2610000402	La Balsa	Automática	Hidrológica
Área operativa 09	2610000406	La Bolsa	Convencional	Hidrológica
Área operativa 09	2610000401	Juanchito	Automática	Hidrológica

Fuente: Autores

Fichas técnicas:

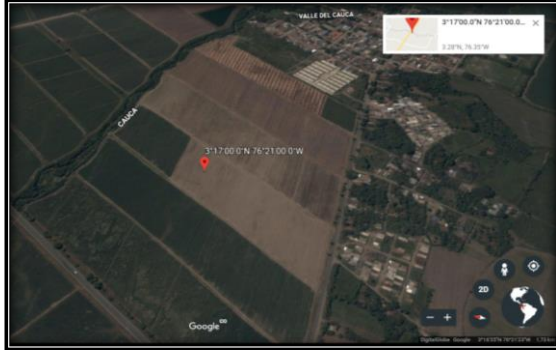
Ficha Técnica 1 Estación la luisa

LA LUISA: 3°12'53.8"N 76°34'52.0"W																											
<p style="text-align: center;"><i>Ilustración 20. Vista satelital La Luisa</i></p>  <p style="text-align: center;">Fuente: <i>Google Earth</i></p>	<table border="0"> <tr> <td>Código</td> <td>2621900401</td> </tr> <tr> <td>Cuenca</td> <td>CLARO</td> </tr> <tr> <td>Nombre</td> <td>CLARO - LA LUISA</td> </tr> <tr> <td>Municipio</td> <td>JAMUNDI</td> </tr> <tr> <td>Coordenada X</td> <td>1053830,3574</td> </tr> <tr> <td>Coordenada Y</td> <td>846302,622</td> </tr> <tr> <td>Altura (m.s.n.m.)</td> <td>1.032</td> </tr> <tr> <td>Georreferenciación</td> <td>CVC</td> </tr> <tr> <td>DATUM</td> <td>Magna Colombia - Oeste Reg 6MB</td> </tr> <tr> <td>Automática</td> <td>Si</td> </tr> <tr> <td>Satelital</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Celular</td> <td>Si</td> </tr> <tr> <td>Fecha de inicio</td> <td>01/51</td> </tr> </table>	Código	2621900401	Cuenca	CLARO	Nombre	CLARO - LA LUISA	Municipio	JAMUNDI	Coordenada X	1053830,3574	Coordenada Y	846302,622	Altura (m.s.n.m.)	1.032	Georreferenciación	CVC	DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB	Automática	Si	Satelital	No	Celular	Si	Fecha de inicio	01/51
Código	2621900401																										
Cuenca	CLARO																										
Nombre	CLARO - LA LUISA																										
Municipio	JAMUNDI																										
Coordenada X	1053830,3574																										
Coordenada Y	846302,622																										
Altura (m.s.n.m.)	1.032																										
Georreferenciación	CVC																										
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB																										
Automática	Si																										
Satelital	No																										
Celular	Si																										
Fecha de inicio	01/51																										
<p style="text-align: center;"><i>Ilustración 21. Vista Mapa La Luisa</i></p>  <p style="text-align: center;">Fuente: - <i>Google Maps</i></p>																											
CLASE DE ESTACIÓN																											
<p><i>Ilustración 22. Pluviográficas La Luisa</i></p>  <p style="text-align: center;">Fuente: <i>Pagina WEB CVC</i></p>																											

Fuente: Autores

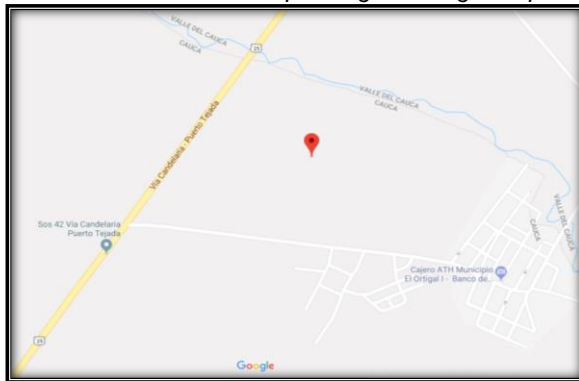
ORTIGAL: 3°17'0" N 76°21'0" W

Ilustración 23. Vista satelital Ortigal - Google Earth



Fuente: - Google Maps

Ilustración 24. Vista Mapa Ortigal - Google Maps



Fuente: - Google Maps

Código	2612200401
Cuenca	DESBARATADO
Nombre	DESBARATADO - ORTIGAL
Municipio	FLORIDA
Coordenada X	1081519,5191
Coordenada Y	854683,0683
Altura (m.s.n.m.)	988
Georreferenciación	CVC
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática	No
Satelital	No
Celular	No
Fecha inicio	de 03/72

CLASE DE ESTACIÓN

Ilustración 25. Limnimétricas Ortigal – Pagina WEB CVC



Fuente: – Pagina WEB CVC

Fuente: Autores

LA BALSA: 3°05'30.1"N 76°35'56.7"W

Ilustración 26. Vista satelital La Balsa – Google Earth



Fuente: Google Maps

Código	2610000402
Cuenca	CAUCA
Nombre	CAUCA - LA BALSA
Municipio	Jamundí
Coordenada X	1053188,349
Coordenada Y	833717,168
Altura (m.s.n.m.)	986
Georreferenciación	CVC
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática	Si
Satelital	Si
Celular	Si
Fecha de inicio	01/46

Ilustración 27. Vista Mapa La Balsa – Google Maps



Fuente: Google Maps

CLASE DE ESTACIÓN

Ilustración 28. Limnigráficas La Balsa – Pagina WEB CVC



Fuente: – Pagina WEB CVC

TABLANCA: 3°07'00.0"N 76°34'00.0"W



Ilustración 29. Vista satelital Tablanca – Google Earth

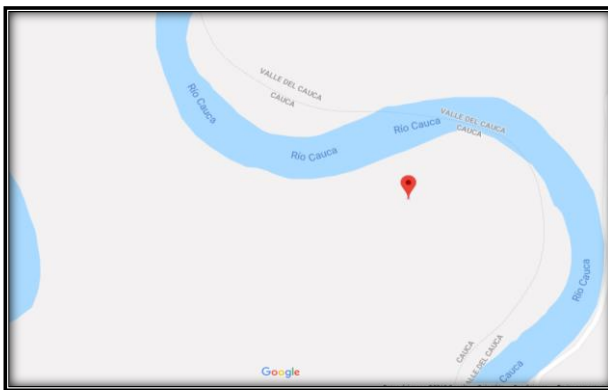


Ilustración 30. Vista Mapa Tablanca – Google Maps

Código	2620000415
Cuenca	CAUCA
Nombre	CAUCA -
	TABLANCA
Municipio	JAMUNDI
Coordenada X	1055686,5715
Coordenada Y	837608,9654
Altura (m.s.n.m.)	977
Georreferenciación	Aproximado
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática	No
Satelital	No
Celular	No
Fecha inicio	de 01/78

CLASE DE ESTACIÓN

Ilustración 31. Limnimétricas Tablanca – Pagina WEB CVC

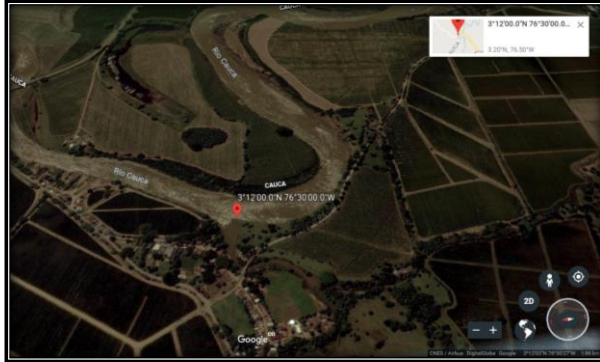


Fuente: – Pagina WEB CVC

Fuente: Autores

LA BOLSA: 3°12'00.0"N 76°30'00.0"W

Ilustración 32. Vista satelital La Bolsa – Google Earth



Fuente: Google Maps

Ilustración 33. Vista Mapa La Bolsa – Google Maps



Fuente: Google Maps

Código	2610000406
Cuenca	CAUCA
Nombre	CAUCA - LA BOLSA
Municipio	SANTANDER Q.
Coordenada X	1064848,77
Coordenada Y	846181,084
Altura (m.s.n.m.)	964
Georreferenciación	Aproximado
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática	No
Satelital	No
Celular	No
Fecha inicio	de 07/67

CLASE DE ESTACIÓN

Ilustración 34. Limnigráfica La Bolsa – Pagina WEB CVC



Fuente: – Pagina WEB CVC

Fuente: Autores

JUANCHITO: 3°27'05.8"N 76°28'31.4"W

Ilustración 35. Vista satelital Juanchito – Google Earth



Fuente: Google Maps

Ilustración 36. Vista Mapa Juanchito – Google Maps



Fuente: Google Maps

Código	2610000401
Cuenca	CAUCA
Nombre	CAUCA
	JUANCHITO
Municipio	CANDELARIA
Coordenada X	1066864,2235
Coordenada Y	873460,8556
Altura (m.s.n.m.)	955
Georreferenciación	CVC
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática	No
Satelital	No
Celular	No
Fecha inicio	de 01/34

CLASE DE ESTACIÓN

Ilustración 37. Limnimétricas Juanchito – Pagina WEB CVC



Fuente: – Pagina WEB CVC

Fuente: Autores

LOMITAS: 2°11'21.5"N 76°28'54.6"W

Ilustración 38. Vista satelital Lomitas – Google Earth



Fuente: Google Maps

Ilustración 39. Vista Mapa Lomitas – Google Maps



Fuente: Google Maps

Código	26017070
Cuenca	CAUCA
Nombre Municipio	LOMITAS PURACÉ (Coconuco)
Coordenada X	2,189306
Coordenada Y	-76,48183
Altura (m.s.n.m.)	2991
Georreferenciación	IDEAM
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática Satelital	No
Celular	No
Fecha de inicio	05/70

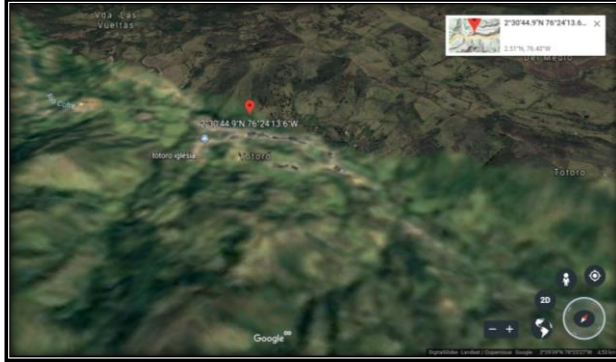
CLASE DE ESTACION

(No es posible la imagen)

Ilustración 40. Limnigráfica Lomitas – Pagina WEB CVC

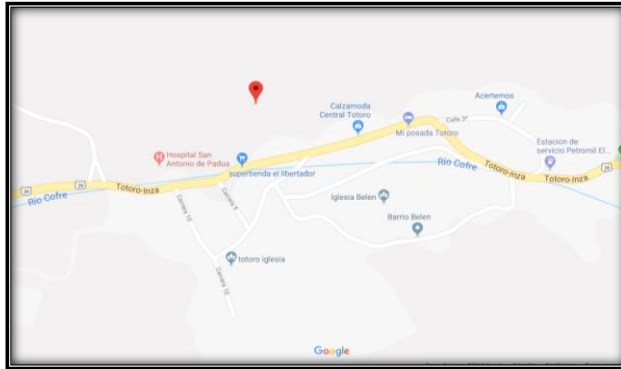
TOTORO: 2°30'44.9"N 76°24'13.6"W

Ilustración 41. Vista satelital Totoró – Google Earth



Fuente: Google Maps

Ilustración 42. Vista Mapa Totoró – Google Maps



Fuente: Google Maps

Código	26027080
Cuenca	COFRE
Nombre	TOTORO
Municipio	TOTORO
Coordenada X	2,512472
Coordenada Y	-76,403778
Altura (m.s.n.m.)	2551
Georreferenciación	IDEAM
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática	No
Satelital	No
Celular	No
Fecha inicio	de 05/61

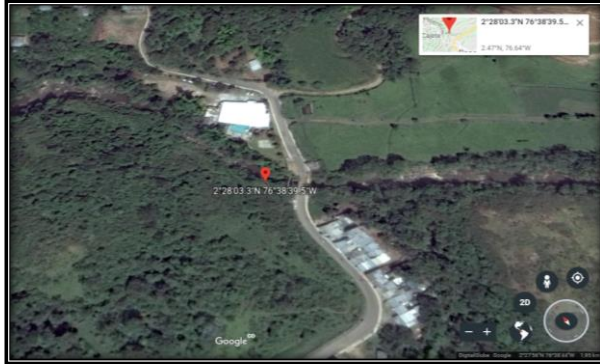
CLASE DE ESTACION

(No es posible la imagen)

Ilustración 43. Limnimétricas Totoró – Pagina WEB CVC

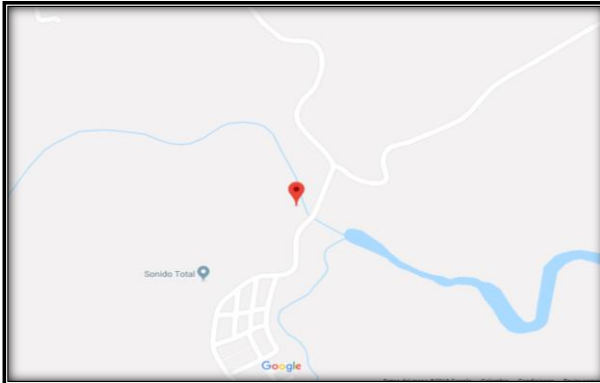
JULUMITO: 2°28'03.3"N 76°38'39.5"W

Ilustración 44. Vista satelital Julumito – Google Earth



Fuente: Google Maps

Ilustración 45. Vista Mapa Julumito – Google Maps



Fuente: Google Maps

Código	26017020
Cuenca	CAUCA
Nombre	JULUMITO
Municipio	POPAYAN
Coordenada X	2,467583
Coordenada Y	-76,644306
Altura (m.s.n.m.)	1681
Georreferenciación	IDEAM
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática	No
Satelital	No
Celular	No
Fecha de inicio	04/64

CLASE DE ESTACIÓN

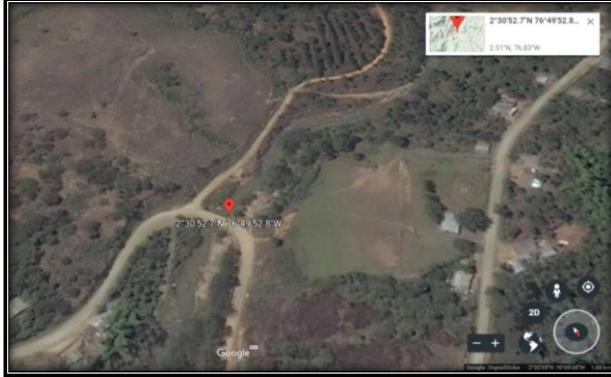
(No es posible la imagen)

Ilustración 46. Limnográfica Julumito – Pagina WEB CVC

Fuente: Autores

REMOLINO: 2°30'52.7"N 76°49'52.8"W

ilustración 47. Vista satelital Remolino – Google Earth



Fuente: Google Maps

Ilustración 48. Vista Mapa Remolino – Google Maps



Fuente: Google Maps

Código	26037010
Cuenca	SUCIO
Nombre	REMOLINO
Municipio	EL TAMBO
Coordenada X	2.514639
Coordenada Y	-76.831333
Altura (m.s.n.m.)	1623
Georreferenciación	IDEAM
DATUM	Magna Colombia - Oeste Reg 6MB
Automática Satelital	No
Celular	No
Fecha de inicio	05/66

CLASE DE ESTACIÓN

(No es posible la imagen)

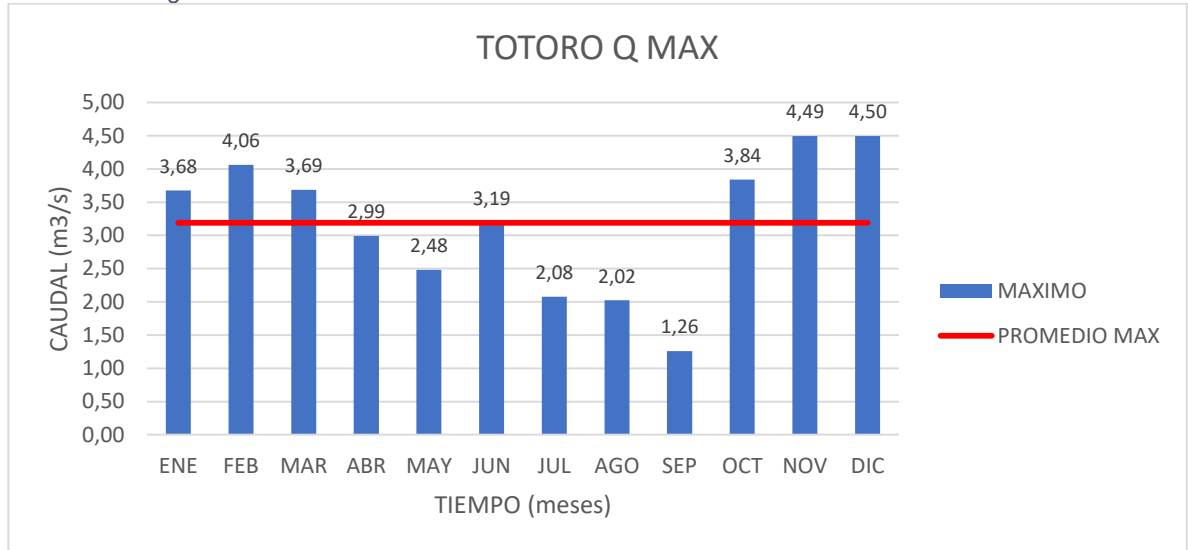
Ilustración 49. Limnigráfica Remolino – Pagina WEB CVC

Fuente: Autores

1.8.3 Histogramas:

Con la información recolectada se procesó y se generó la siguiente información

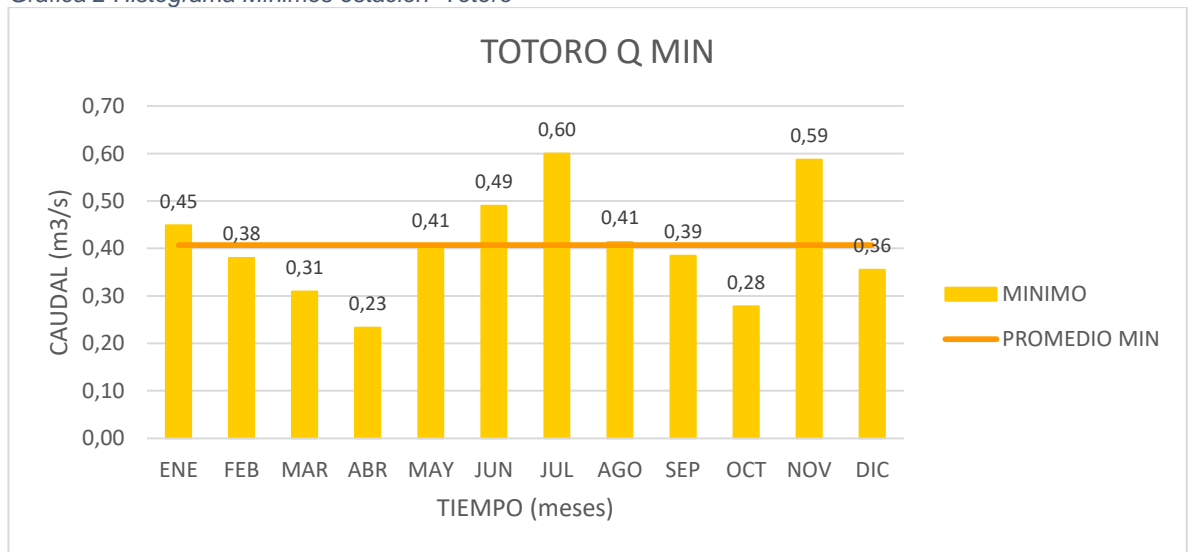
Grafica 1 Histograma máximos estación Totoró



Fuente: Autores

Análisis: La estación de Totoró, se encuentra ubicada en el departamento del Cauca, es la segunda estación del Río Cauca desde su nacimiento, la zona se caracteriza por condiciones de lluvia especialmente en durante seis meses comprendidos de octubre a marzo, el mayor pico en su caudal se presentó durante el mes de diciembre de 1966, con 4,5 m³/s, el promedio de lluvia a lo largo de los últimos 54 años fue de 3,19 m³/s

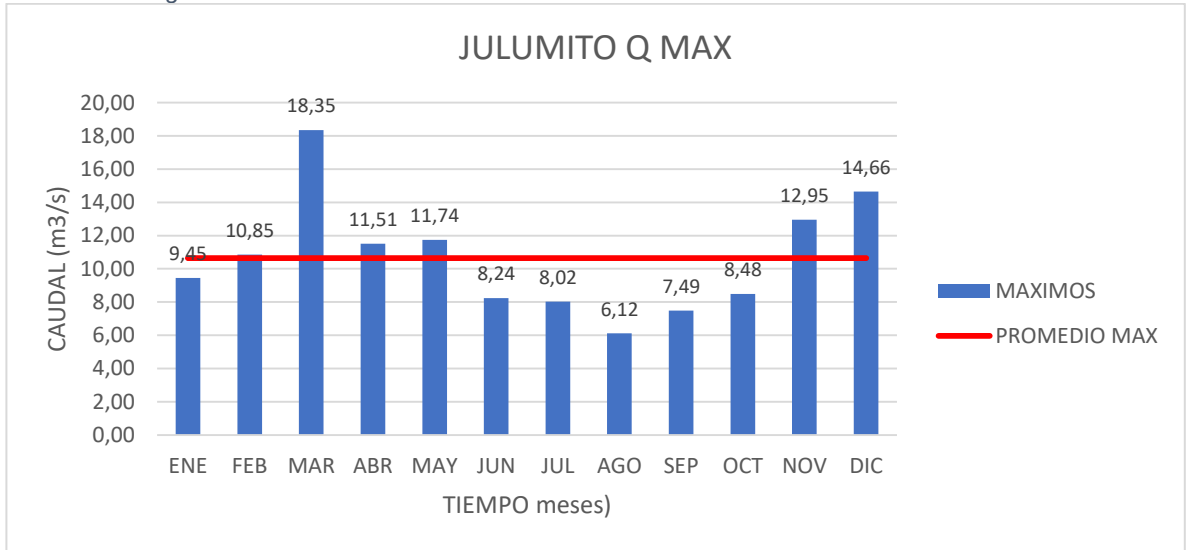
Grafica 2 Histograma Mínimos estación Totoró



Fuente: Autores

Análisis: Por el contrario, los meses de marzo, abril, y octubre, se han presentado épocas de sequía, causando estiaje, el caudal más bajo se presentó durante el verano de abril de 1.988, preludeo del gran fenómeno del Niño causante del “Apagón”

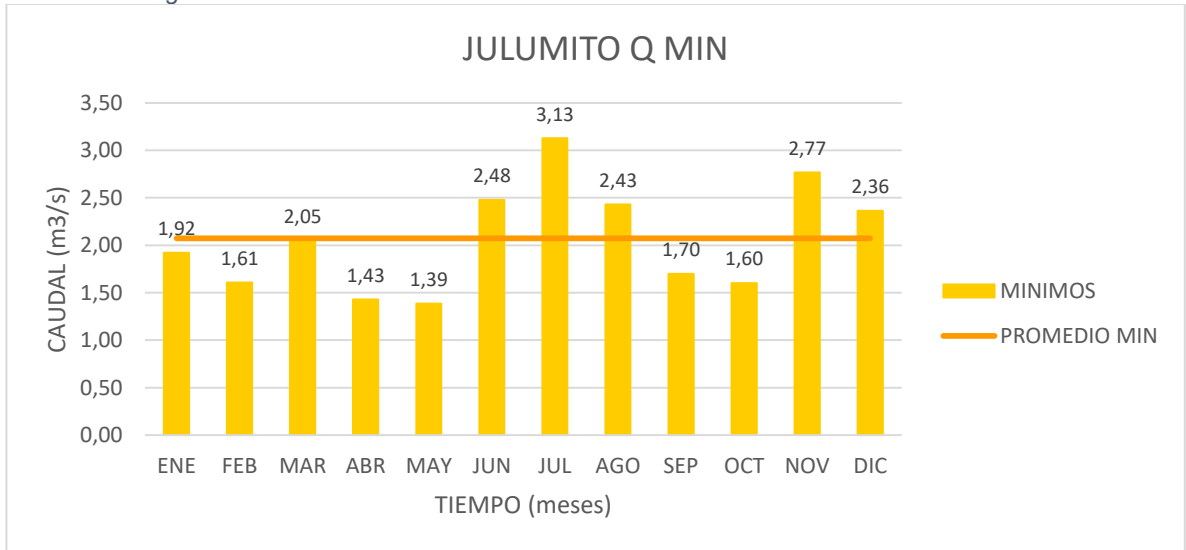
Grafica 3 Histograma máximos estación Julumito



Fuente: Autores

Análisis: La estación de Julumito está ubicada en el departamento del Cauca, sobre el Río Cauca, durante los últimos 29 años, presenta su mayor caudal en el mes de marzo de 1996, con 18,35 m³/s, y un promedio histórico de 10,65 m³/s.

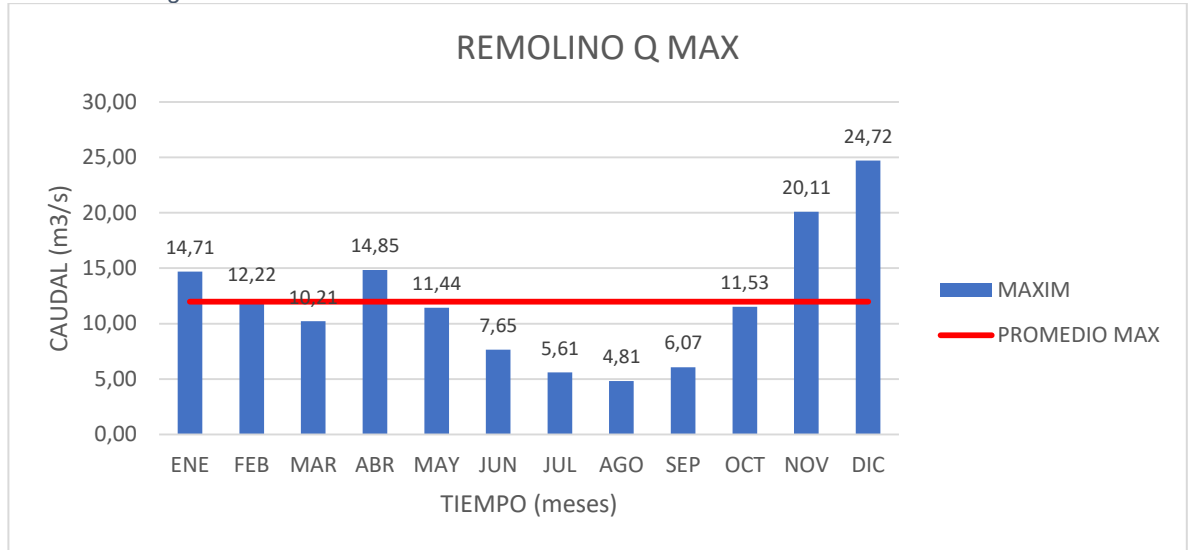
Grafica 4 Histograma Mínimos estación Julumito



Fuente: Autores

Análisis: su menor caudal fue de 1,39 m³/s, presentado en mayo de 2005, el promedio es de 2,13 m³/s.

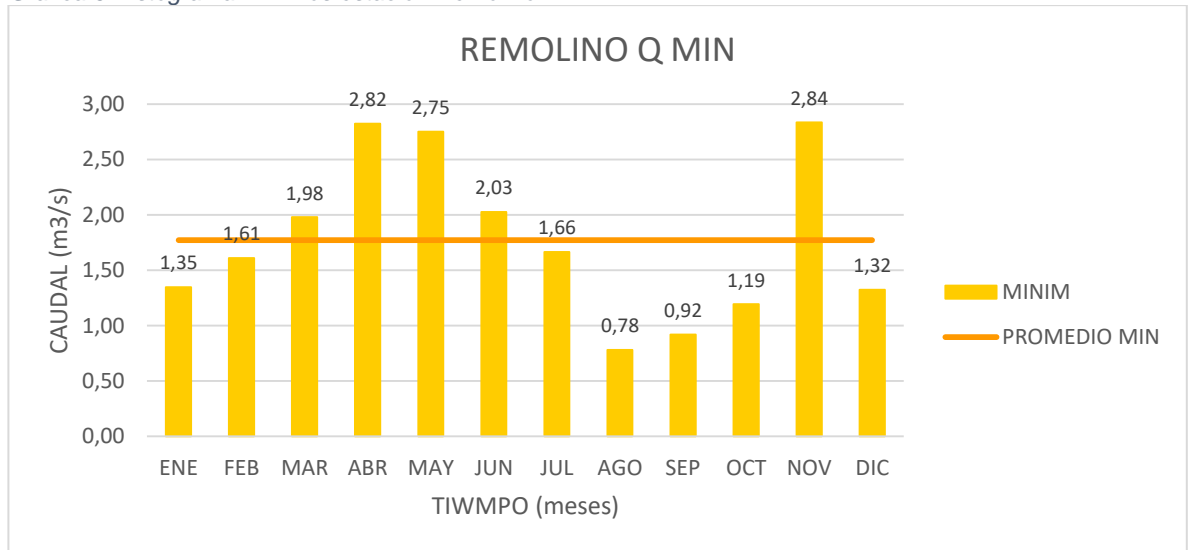
Grafica 5 Histograma máximos estación Remolino



Fuente: Autores

Análisis: La estación de Remolinos está ubicada en el departamento del Cauca, sobre el Río Sucio, uno de los principales afluentes del Río Cuaca, durante los últimos 49 años, su mayor caudal se presentó en diciembre de 1966 con 24,72 m³/s, su caudal máximo promedio es de 11,99 m³/s

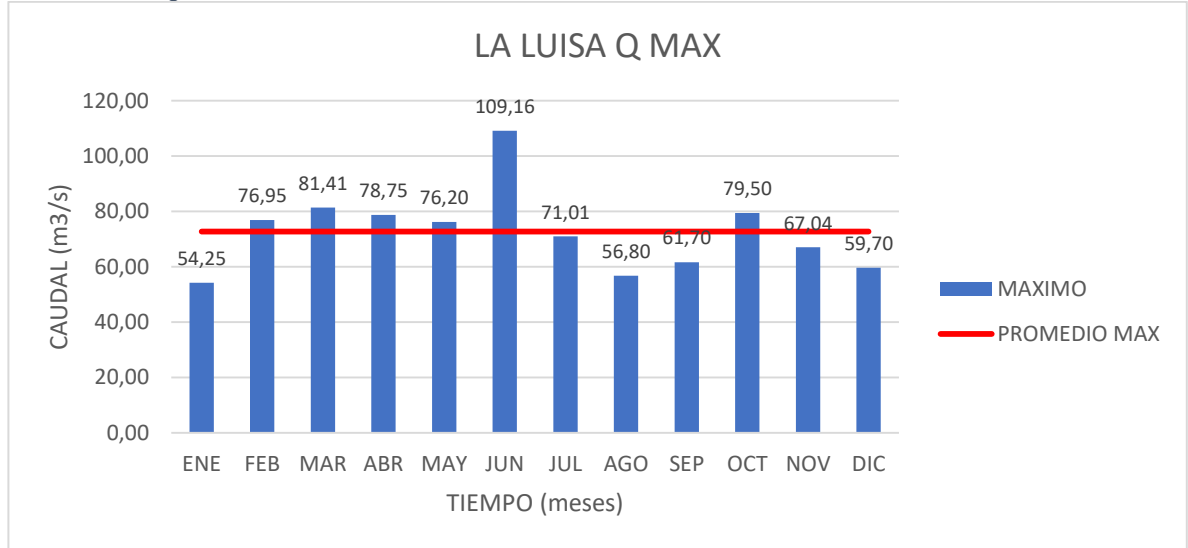
Grafica 6 Histograma Mínimos estación Remolino



Fuente: Autores

Análisis: Su menor caudal se presentó en agosto del 2001 con 0,72 m³/s con promedio histórico de caudales mininos de 1,77 m³/s

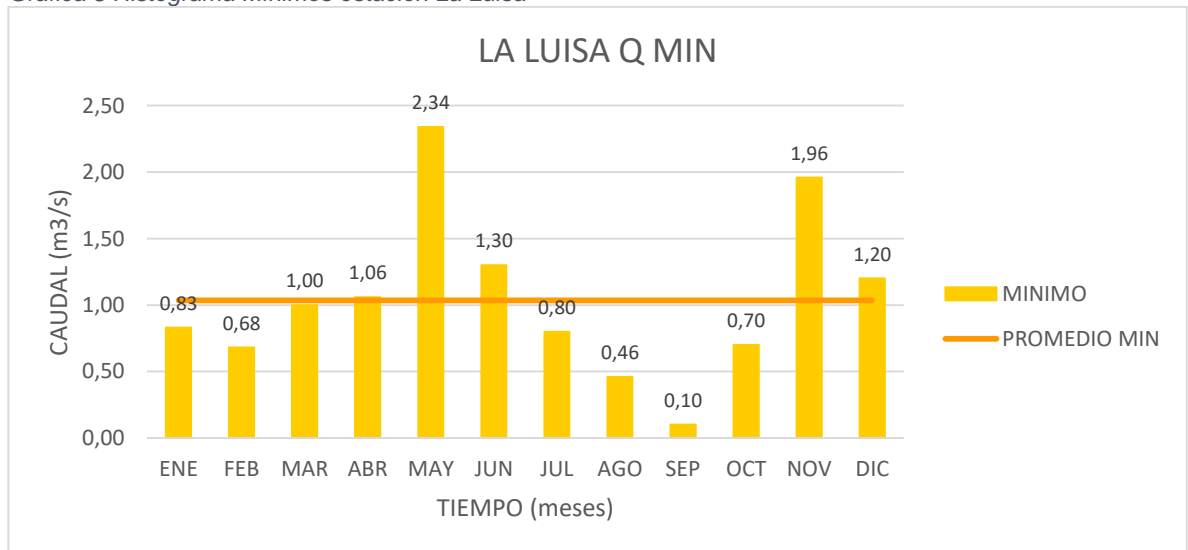
Grafica 7 Histograma máximos estación La Luisa



Fuente: Autores

Análisis: La estación La Luisa está ubicada en el departamento del Valle del Cauca, sobre el Río Claro, otro afluente del Río Cauca, durante los últimos 62 años, presento su mayor caudal durante el mes de junio de 1990 con 109,16 m³/s, con promedio histórico de caudal máximo de 72,71 m³/s.

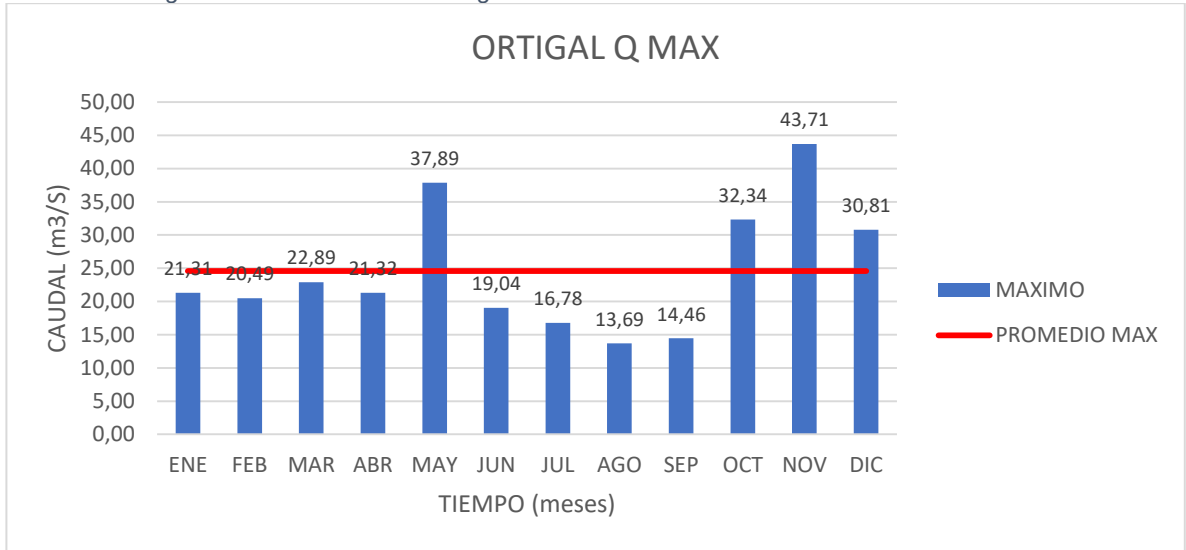
Grafica 8 Histograma Mínimos estación La Luisa



Fuente: Autores

Análisis: como caudal más bajo se tiene registrado en el mes de septiembre de 1952 con 0,1 m³/s, y un promedio histórico de 1,04 m³/s

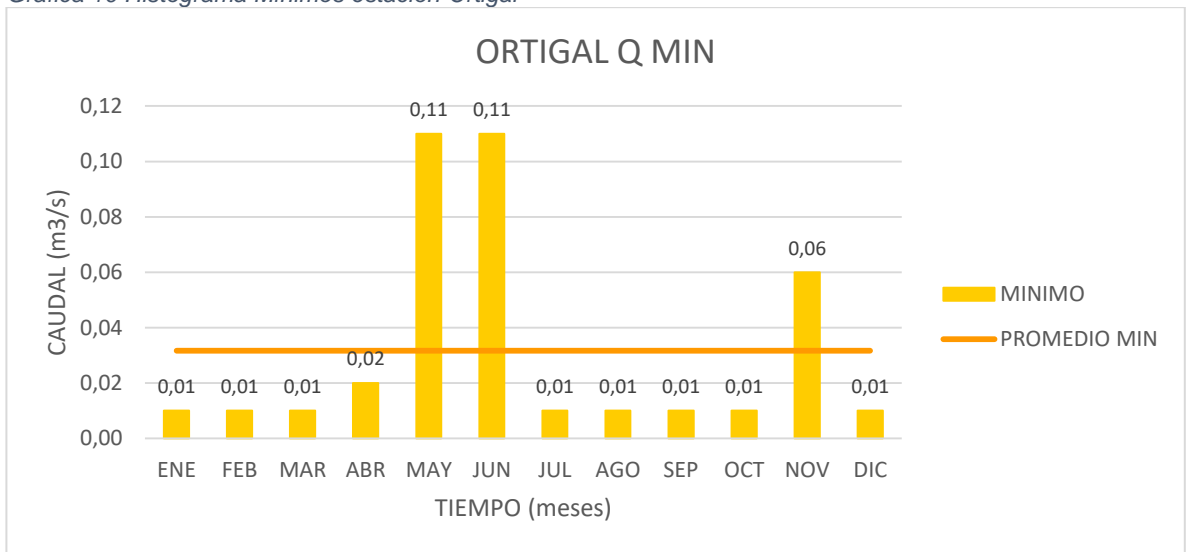
Grafica 9 Histograma máximos estación Ortigal



Fuente: Autores

Análisis: La estación de Ortigal, se encuentra ubicada en departamento del Valle de Cauca, sobre el Río Desbaratado, afluente del Río Cauca, su mayor caudal durante los últimos 43 años se presentó durante el mes de noviembre de 1985, con un valor de 43,71 m³/s, con promedio de 24,56 m³/s, para su caudal máximo

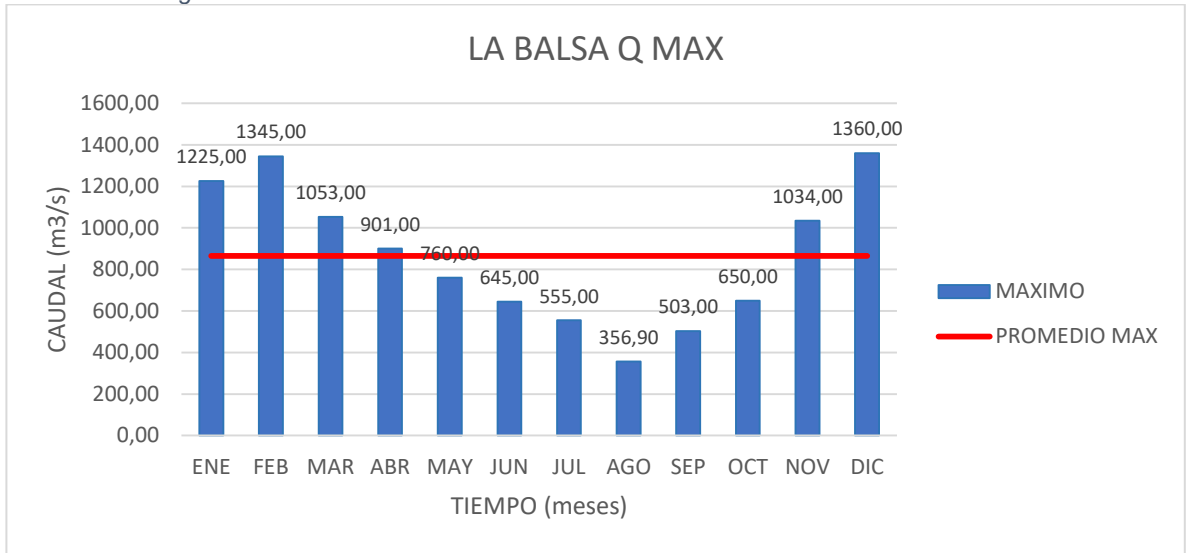
Grafica 10 Histograma Mínimos estación Ortigal



Fuente: Autores

Análisis: este Río presentó un fenómeno de estiaje total durante el mes de agosto de 2015, y se extendió por dos meses, su caudal mínimo. Promedio es de 0,03 m³/s.

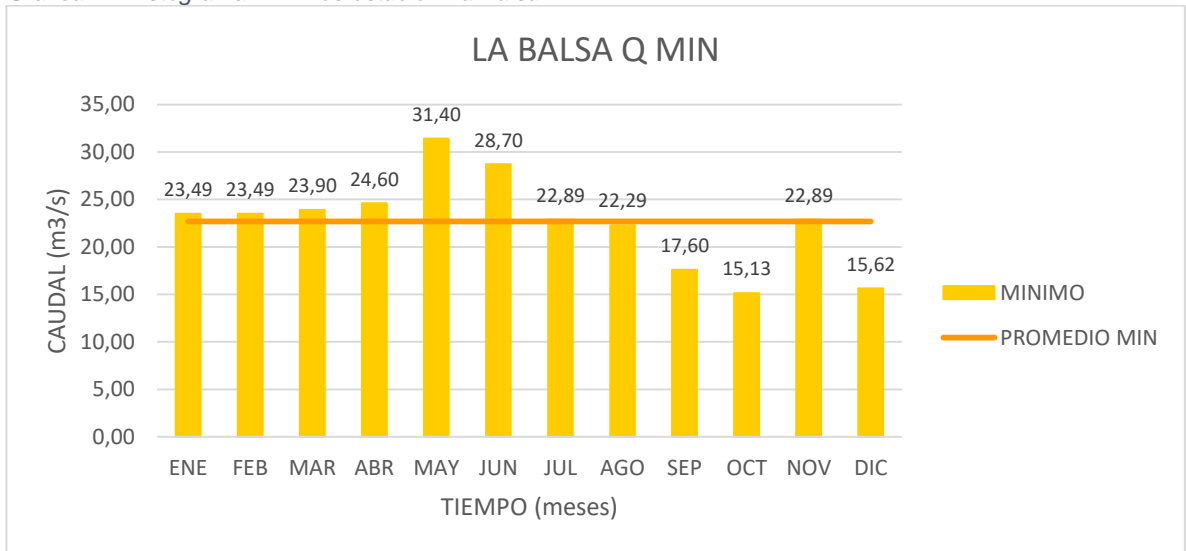
Grafica 11 Histograma máximos estación La Balsa



Fuente: Autores

Análisis: Esta estación está ubicada en el Río Cauca, Departamento del Valle del Cauca, su mayor caudal durante los últimos 47 años se presentó en el mes de mayo de 1960 con 1360 m³/s y una caudal promedio de 865,66 m³/s

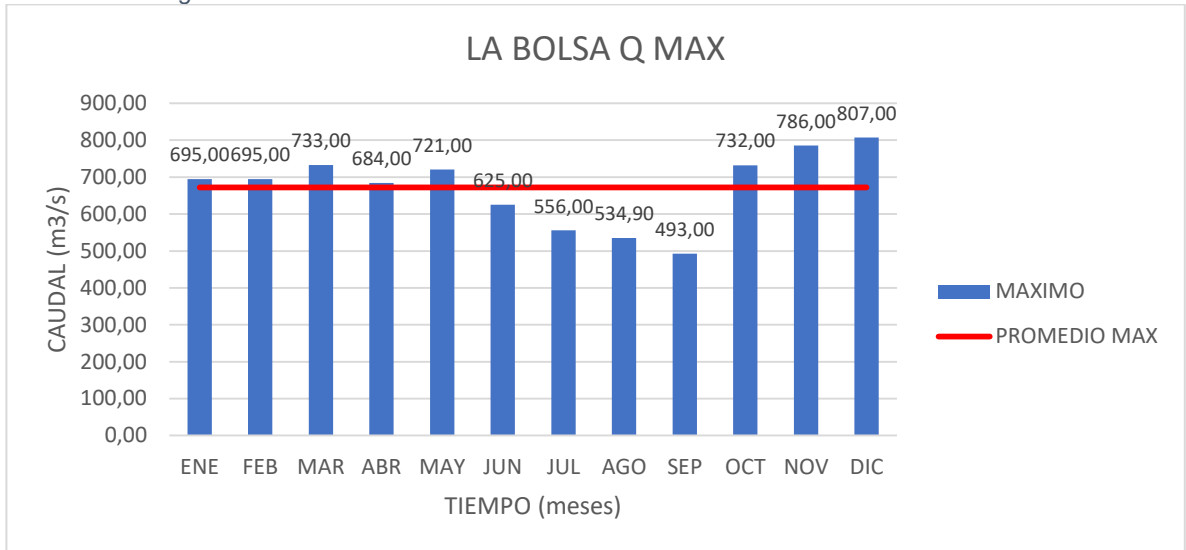
Grafica 12 Histograma Mínimos estación La Balsa



Fuente: Autores

Análisis: su menor caudal fue durante el mes de octubre de 2015 con 15,13 m³/s. con un promedio de 22,67 m³/s

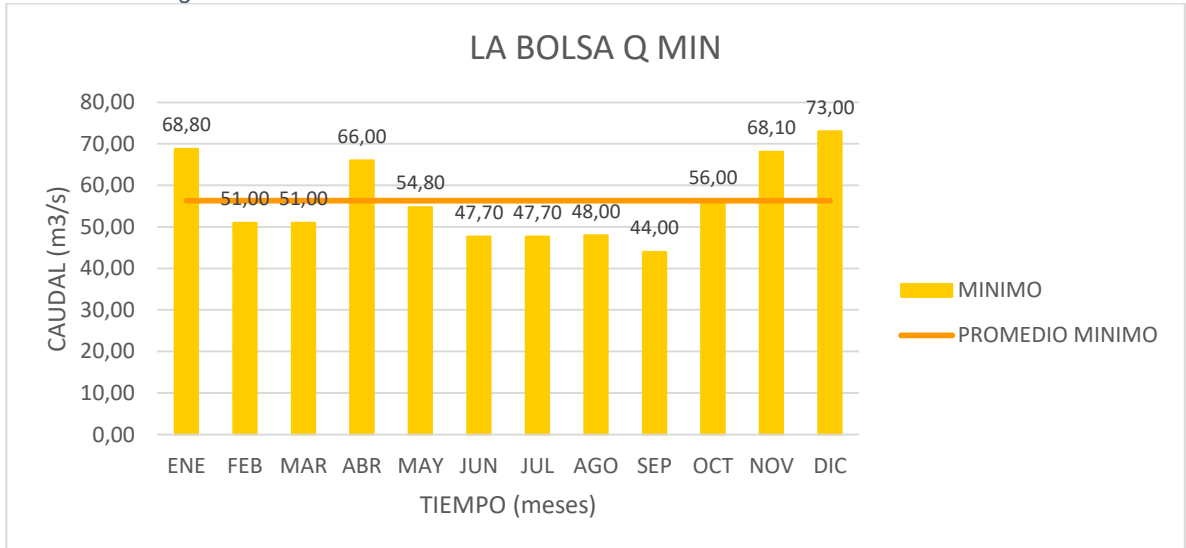
Grafica 13 Histograma máximos estación La Bolsa



Fuente: Autores

Análisis: La estación La Bolsa, se encuentra ubicada en el departamento del Cauca, su mayor caudal se presentó durante los últimos 47 años el mes de diciembre de 2010 con 807 m³/s, su promedio de caudales máximos fue de 671,83 m³/s.

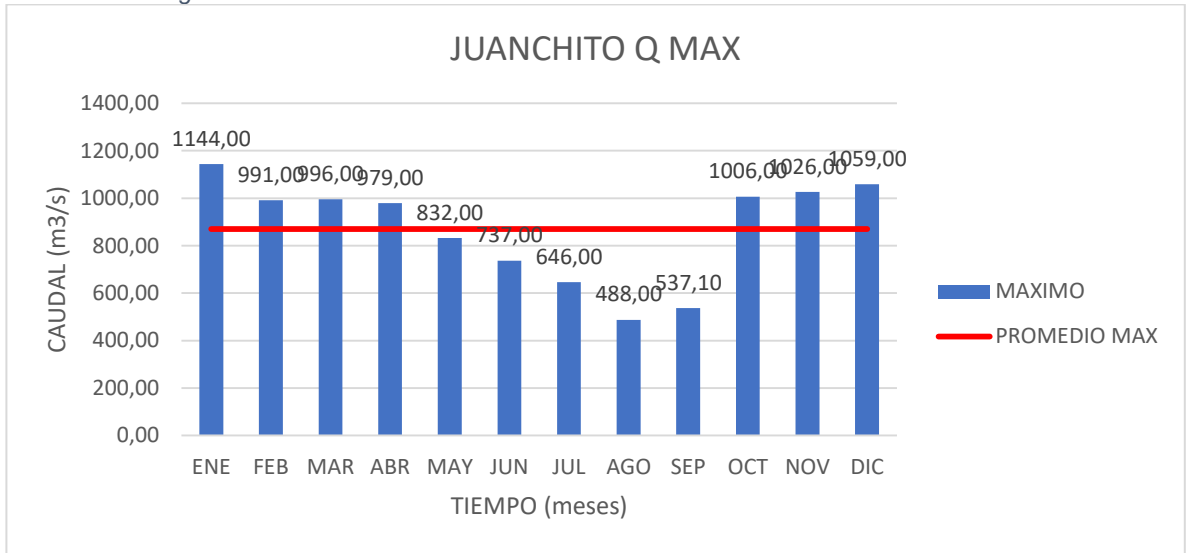
Grafica 14 Histograma Mínimos estación La Bolsa



Fuente: Autores

Análisis: su menor caudal se presentó durante el mes de septiembre de 1980 con 44. M³/s, y su promedio de 56,34 m³/s

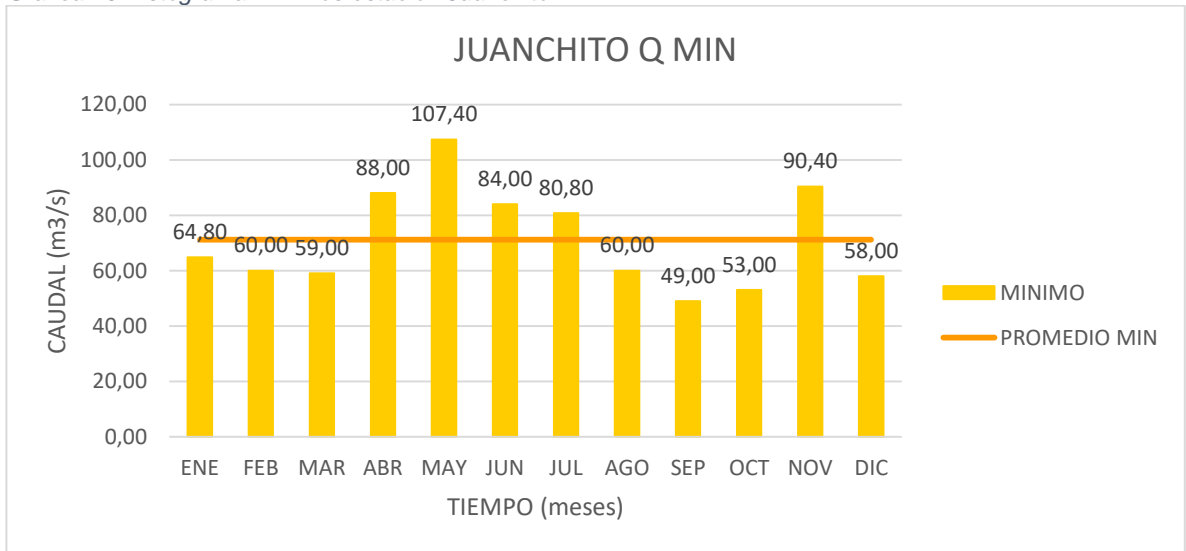
Grafica 15 Histograma máximos estación Juanchito



Fuente: Autores

Análisis: La estación de Juanchito se encuentra ubicada en el departamento del Valle del Cauca, y durante los últimos 69 años su mayor Caudal se presentó en el mes enero de 2012 con 1144 m³/s y un promedio de 870,09 m³/s

Grafica 16 Histograma Mínimos estación Juanchito



Fuente: Autores

Análisis: Su menor caudal se presentó en el mes de octubre de 1969 con 49 m³/s y un promedio de 71,20 m³/s

1.8.4 Generación de proyecciones

Ya con la información de los histogramas del comportamiento de los caudales en las respectivas estaciones, procedemos a cargar la información en los software de modelamiento determinados

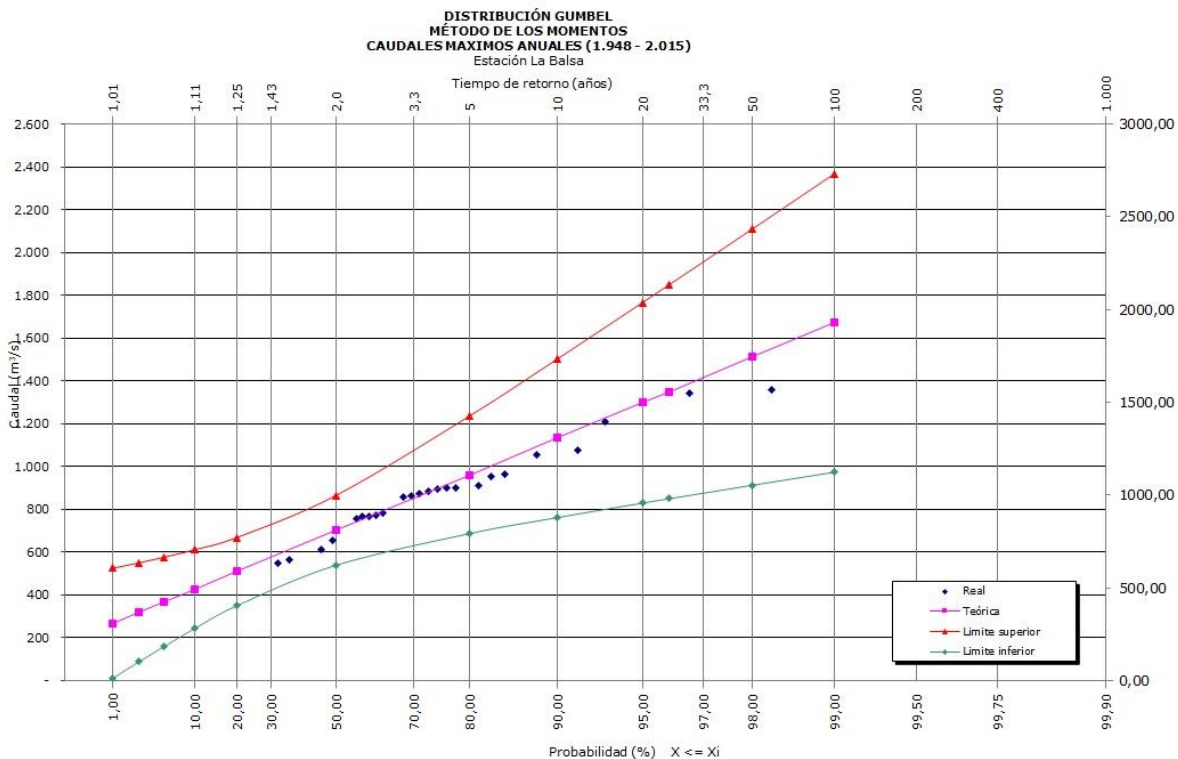
1.8.4.1 HYFA

Tabla 7 Método de momentos max la balsa

METODO DE MOMENTOS QMAX LA Balsa				
Período de retorno T = 1/p (años)	Valor estimado Xi (m ³ /s)	Error estándar S (m ³ /s)	Límites de confianza	
			Inferior Xi - tS	Superior Xi + tS
1,01	310,10	141,36	13,78	606,41
1,03	368,67	127,34	101,75	635,59
1,05	423,62	115,12	182,31	664,93
1,11	493,09	101,48	280,37	705,81
1,25	587,65	87,75	403,71	771,58
2,00	810,05	89,72	621,98	998,12
5,00	1109,29	151,09	792,57	1426,00
10,00	1307,41	204,08	879,64	1735,18
20,00	1497,45	257,80	957,07	2037,83
25,00	1557,73	275,16	980,96	2134,51
50,00	1743,44	329,25	1053,27	2433,60
100,00	1927,77	383,55	1123,79	2731,76

Fuentes: autores

Grafica 17 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales máximos estación la Balsa



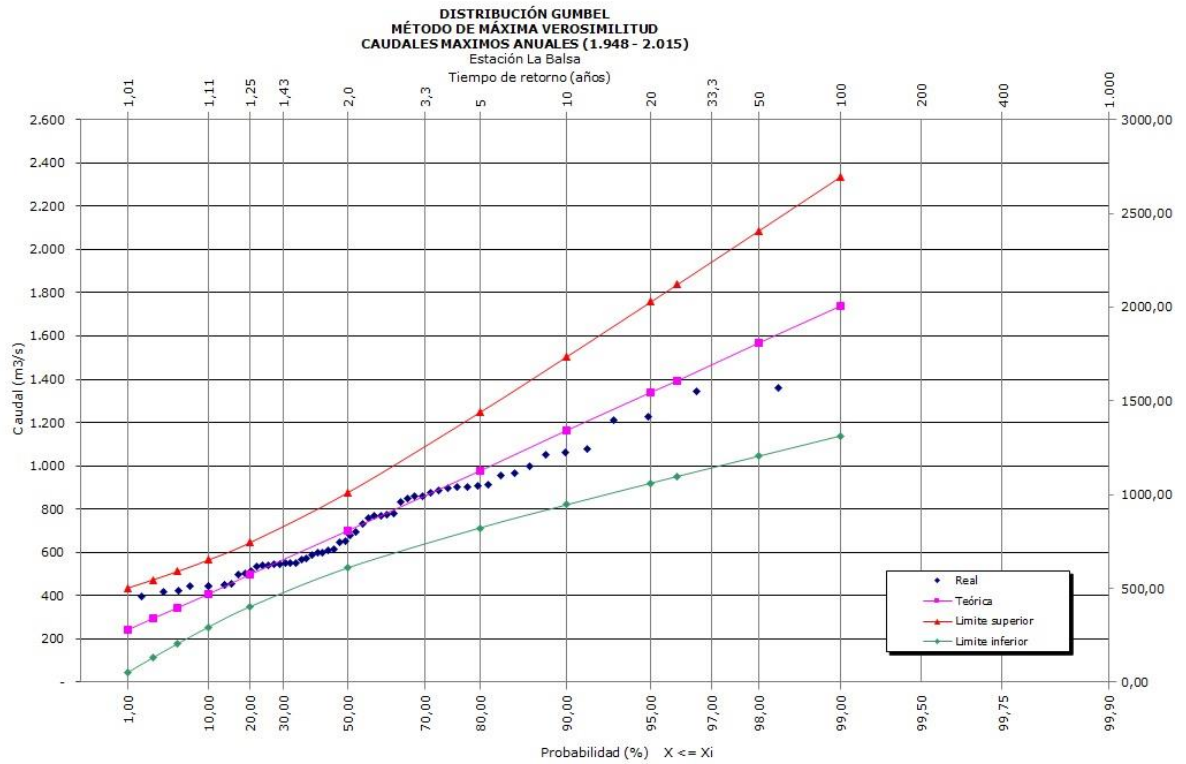
Fuente: Autores

Tabla 8 Método de máxima verosimilitud Qmax La Balsa

MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD QMAX LA Balsa				
Período de retorno T = 1/p (años)	Valor estimado Xi (m³/s)	Error estándar S (m³/s)	Límites de confianza	
			Inferior Xi - tS	Superior Xi + tS
1,01	276,18	107,56	50,73	501,63
1,03	338,74	98,92	131,40	546,09
1,05	397,44	92,05	204,48	590,39
1,11	471,65	85,54	292,35	650,94
1,25	572,64	81,49	401,83	743,46
2,00	810,20	95,59	609,83	1010,58
5,00	1129,83	146,79	822,14	1437,51
10,00	1341,45	188,35	946,65	1736,25
20,00	1544,44	230,46	1061,37	2027,51
25,00	1608,83	244,09	1097,19	2120,48
50,00	1807,19	286,63	1206,38	2408,00
100,00	2004,09	329,42	1313,57	2694,60

Fuente: Autores

Tabla 9 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales mínimos estación la Balsa



Fuentes: Autores

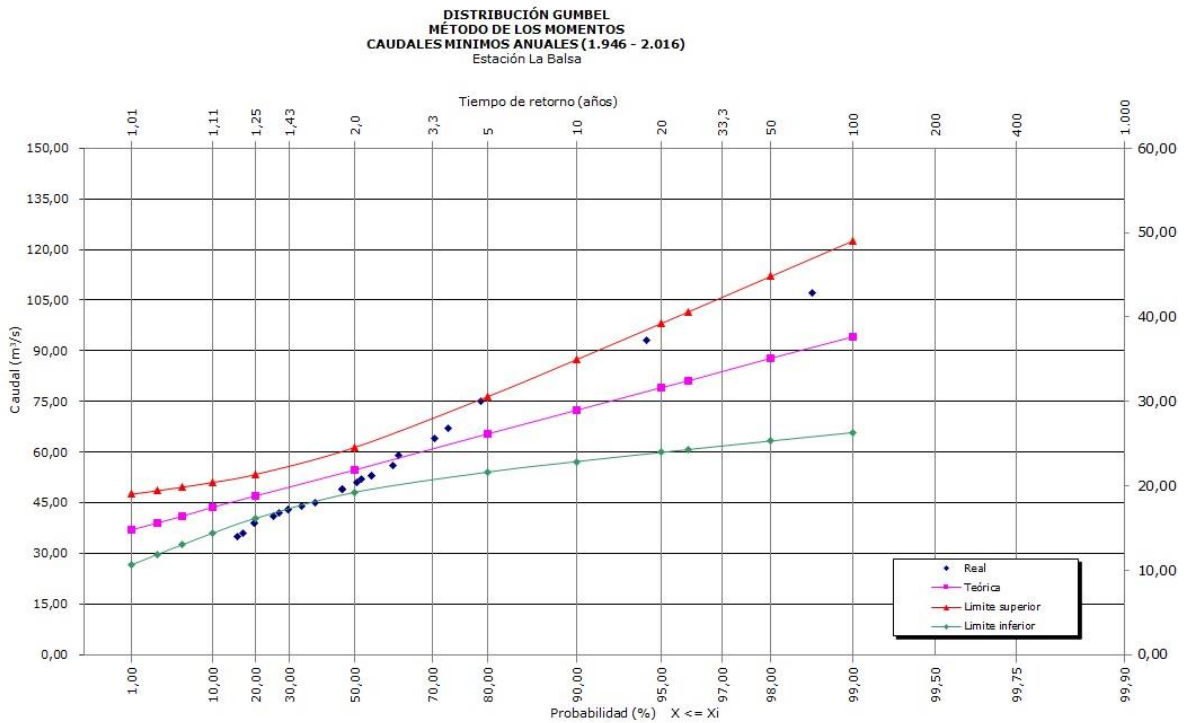
Tabla 10 Método QMIN La Balsa

MÉTODO DE MOMENTOS QMIN LA Balsa				
Período de retorno T = 1/p (años)	Valor estimado Xi (m³/s)	Error estándar S (m³/s)	Límites de confianza	
			Inferior Xi - tS	Superior Xi + tS
1,01	14,82	2,00	10,63	19,01
1,03	15,65	1,80	11,88	19,42
1,05	16,42	1,63	13,01	19,83
1,11	17,40	1,43	14,40	20,41
1,25	18,74	1,24	16,14	21,34
2,00	21,88	1,27	19,23	24,54
5,00	26,11	2,13	21,63	30,58
10,00	28,91	2,88	22,86	34,95
20,00	31,59	3,64	23,96	39,23
25,00	32,44	3,89	24,30	40,59

MÉTODO DE MOMENTOS QMIN LA Balsa				
Período de retorno T = 1/p (años)	Valor estimado Xi (m ³ /s)	Error estándar S (m ³ /s)	Límites de confianza	
			Inferior Xi - tS	Superior Xi + tS
50,00	35,07	4,65	25,32	44,82
100,00	37,67	5,42	26,31	49,03

Fuentes: Autores

Grafica 18 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales mínimos estación la Balsa



Fuentes: Autores

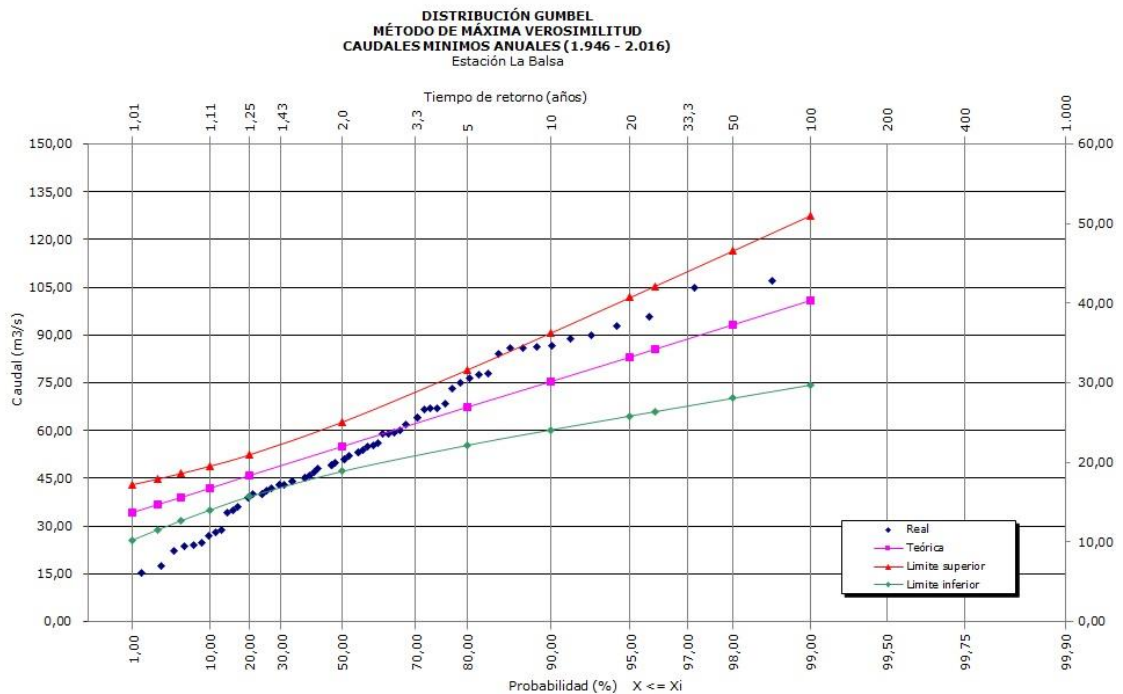
Tabla 11 Método de máxima verosimilitud QMIN la balsa

MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD QMIN LA Balsa				
Período de retorno T = 1/p (años)	Valor estimado Xi (m ³ /s)	Error estándar S (m ³ /s)	Límites de confianza	
			Inferior Xi - tS	Superior Xi + tS
1,01	13,74	1,66	10,26	17,21
1,03	14,70	1,52	11,51	17,89
1,05	15,60	1,42	12,63	18,58

MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD QMIN LA Balsa				
Período de retorno T = 1/p (años)	Valor estimado Xi (m ³ /s)	Error estándar S (m ³ /s)	Límites de confianza	
			Inferior Xi - tS	Superior Xi + tS
1,11	16,75	1,32	13,98	19,51
1,25	18,30	1,26	15,67	20,93
2,00	21,96	1,47	18,87	25,05
5,00	26,88	2,26	22,15	31,62
10,00	30,14	2,90	24,06	36,23
20,00	33,27	3,55	25,83	40,71
25,00	34,26	3,76	26,38	42,14
50,00	37,32	4,42	28,06	46,57
100,00	40,35	5,07	29,72	50,99

Fuentes: Autores

Grafica 19 Distribución Gumbel - método de los momentos caudales máximos estación la Balsa



Fuentes: Autores

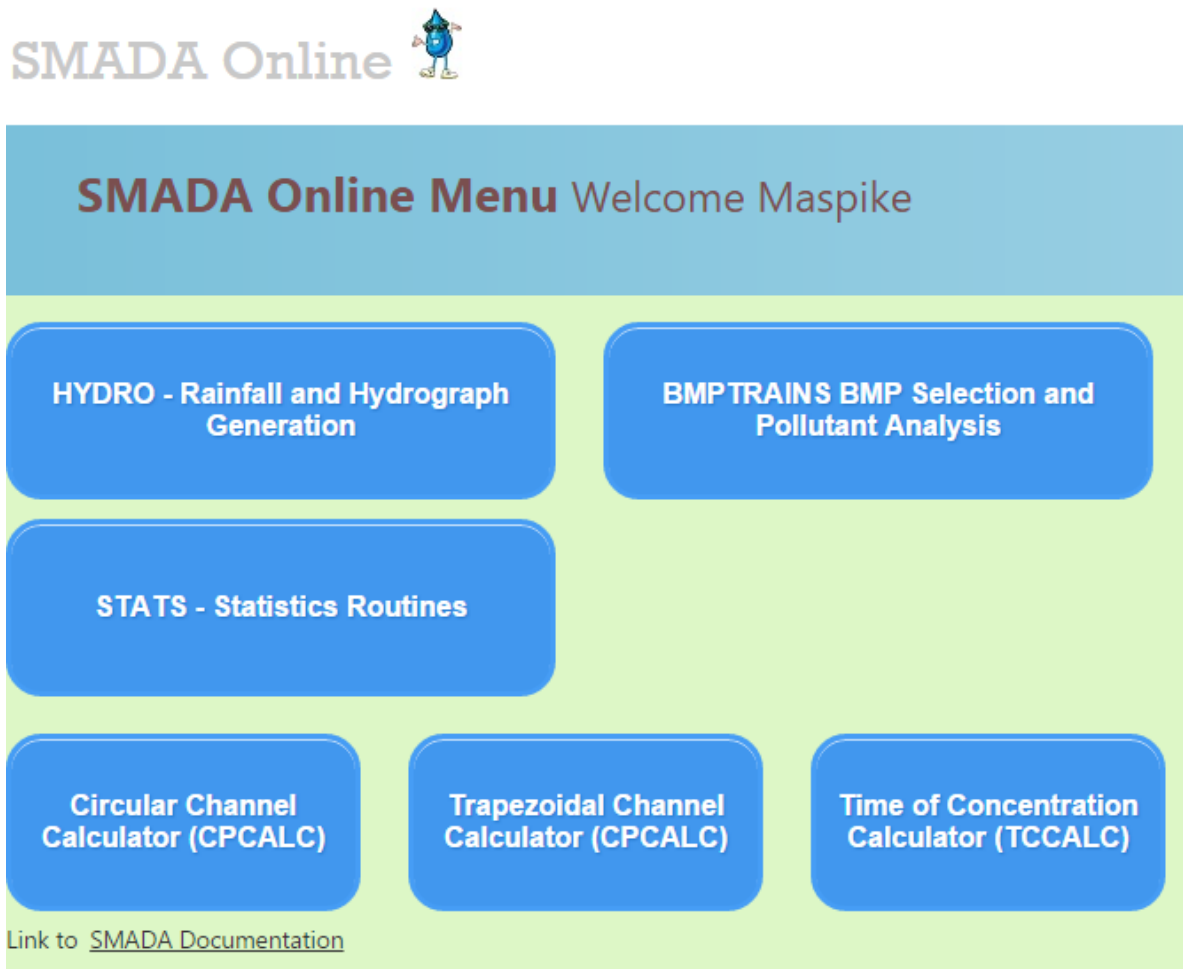
1.8.4.2 SMADA (Stormwater Management and Design Aid)

Es una colección de herramientas para ayudar en el análisis y diseño de sistemas de aguas pluviales. Estos incluyen herramientas para realizar cálculos hidráulicos, cálculos hidrológicos, generación de hidrógrama, cálculos estadísticos, selección de

BMP, y carga de contaminantes. Esta herramienta ha estado en desarrollo desde 1984 por la Universidad de Florida Central y su código abierto ha cambiado de lenguajes de programación para facilitar su uso. SMADA está patrocinado por el Florida Department of Transportation, además el programa fue escrito por el Dr. Ron Eaglin en el Daytona State College y por el Dr. Marty Wanielista del UCF Stormwater Management Academy.

Luego de varias versiones actualmente SMADA es una herramienta en línea con las mismas capacidades de un software descargable.

Ilustración 50 Menú SMADA



Fuentes: SMADA WEB

Características y Limitaciones

Este software es un paquete de diferentes herramientas de hidrología incluidos como una serie de aplicaciones ejecutables independientemente. Estos programas trabajan juntos para permitir la generación hidrógramas, diseño de alcantarillado pluvial, distribución estadística de datos y análisis de regresión, modelación de

carga de contaminantes y otras herramientas. Estos programas son útiles para fines académicos y en aplicaciones profesionales.

SMADA se caracteriza por estar dividido en cinco módulos principales, cada uno con diferentes herramientas útiles para realizar varios objetivos en la hidrología:

- HYDRO: El módulo de hidrología permite calcular hidrógramas a partir de datos de precipitación.
- STATS: Este módulo cuenta con herramientas estadísticas para el análisis de datos que se utilizan en el módulo HYDRO. Este apartado realiza análisis de regresión y análisis de distribución.
- BMP TRAINS: Este módulo se encarga de calcular parámetros de calidad del agua.
- TCCALC: Es el módulo encargado de calcular los tiempos de concentración.
- CPCALC: Este módulo calcula secciones de canales trapezoidales y circulares.

Como SMADA es una aplicación en línea puede ser usada fácilmente desde cualquier lugar con acceso a Internet sin necesidad de instalaciones o aplicaciones extra para su ejecución.

Uno de las principales limitantes de SMADA se encuentra en su módulo de cálculo de tiempos de concentración, donde requiere varios datos resultantes de un pre-procesamiento de una cuenca hidrográfica en un software externo como un GIS.

SMADA puede ser usado para las siguientes temáticas POMCA:

- Clima
 - Inventario y caracterización climática
- Hidrología
 - Caracterización hidrológica a nivel de cuenca y subcuencas
 - Estimación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno y análisis de eventos extremos.
- Morfometría
 - Cálculo de parámetros e índices morfométricos

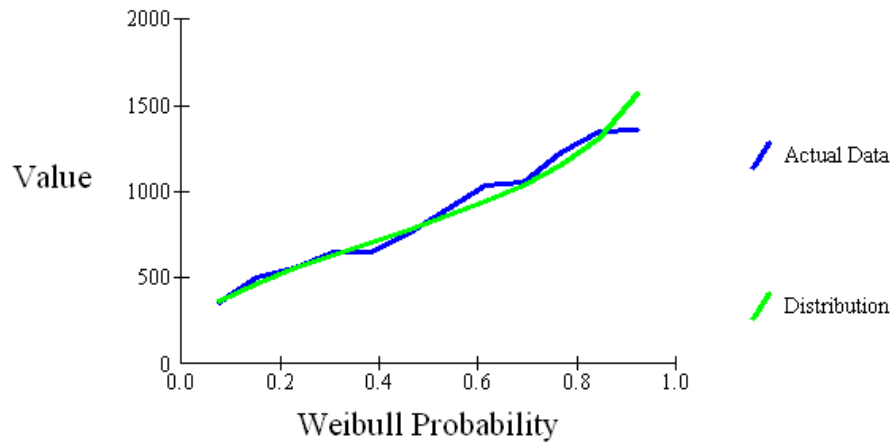
Tabla 12 Smada q max la balsa

SMADA Q MAX LA Balsa			
Probabilidad	Periodo de Retorno	Predicción	Desviación estandar
0,50	2	817,68	90,57
0,67	3	1005,91	125,31
0,80	5	1214,64	175,85
0,90	10	2477,46	245,80
0,95	20	1729,56	315,48
0,96	25	1809,53	337,85
0,98	50	2055,88	407,28
0,99	100	2300,41	476,69
1,00	200	2544,05	546,14

Fuentes: Autores

Grafica 20 Gumbel Extremal La Balsa

Gumbel Extremal Type I



Fuentes: Autores

Tabla 13 SMADA Q MIN LA Balsa

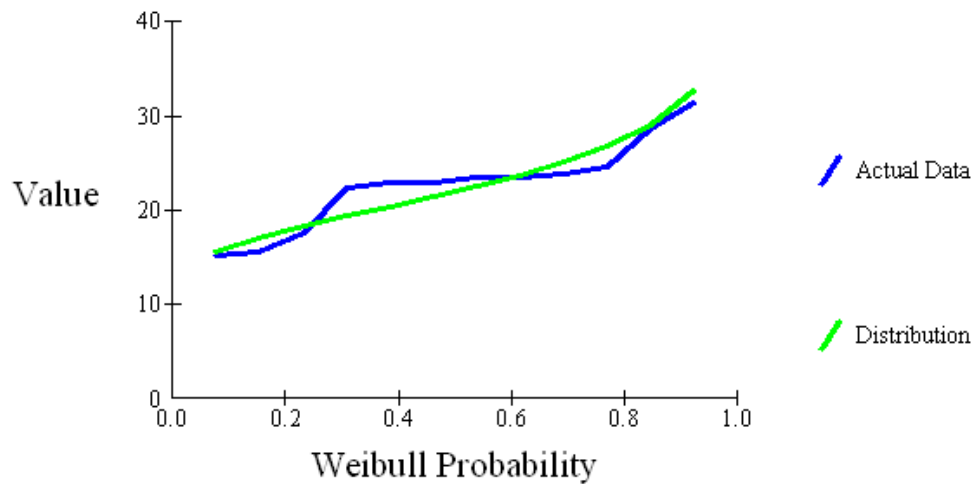
SMADA Q MIN LA Balsa			
Probabilidad	Periodo de Retorno	Predicción	Desviación estándar
0,50	2	21,99	1,28
0,67	3	24,65	1,77
0,80	5	27,60	2,48
0,90	10	31,31	3,47
0,95	20	34,87	4,46
0,96	25	36,00	4,77

SMADA Q MIN LA Balsa			
Probabilidad	Periodo de Retorno	Predicción	Desviación estándar
0,98	50	39,48	5,75
0,99	100	42,93	6,73
1,00	200	46,38	7,71

Fuentes: Autores

Tabla 14 Gumbel Extremal La Balsa

Gumbel Extremal Type I



Fuentes: Autores

1.8.4.3 TIEMPOS DE REACCION

TIEMPOS DE REACCION EN EL SAT DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA										
NOMBRE	A	NOMBRE	DE LA CORRIENTE	A LA CORRIENTE	CAUDAL MAX PROMEDIO (m ³ /s)	AREA PERFIL (m ²)	VELOCIDAD (m/s)	DISTANCIA SEGUN GOOGLE EARTH	TIEMPO DE INUNDACION (s)	TIEMPO DE INUNDACION (h)
Remolino	-	La Balsa	SUCIO	CAUCA	11,99	90,51	0,13	110377,0 mts	833.033,82	231,40
Totoró	-	La Balsa	COFRE	CAUCA	3,19	1597,28	0,00	126233,0 mts	63.209.894,08	17.558,30
Julumito	-	La Balsa	CAUCA	CAUCA	10,65	1562,86	0,01	120673,0 mts	17.702.210,28	4.917,28
La Balsa	-	La Bolsa	CAUCA	CAUCA	865,66	957,00	0,90	46320,0 mts	51.207,53	14,22
La Luisa	-	La Bolsa	CLARO	CAUCA	72,71	24,81	2,93	12134,0 mts	4.140,54	1,15
La Bolsa	-	Juanchito	CAUCA	CAUCA	671,83	1138,68	0,59	59772,0 mts	101.307,68	28,14
Ortigan	-	Juanchito	DESBARATADO	CAUCA	24,56	21,18	1,16	31569,0 mts	27.223,48	7,56

1.9 PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación



LEIDY KATHERIN CAINA CLAVIJO
FIDEL RICARDO CASTRO RODRÍGUEZ

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, D.C
2018

PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA



GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

Caina Clavijo Leidy Katherin; Cód. – 504362;
Castro Rodríguez Fidel Ricardo; Cód.- 504297



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

Nuestro Rio Cauca



El Río Cauca es la principal arteria fluvial del Occidente Colombiano. Nace en el sur del país en el Macizo Colombiano, en el cerro de El Español cerca al Páramo de Sotará en el Departamento del Cauca. Tiene una longitud de 1.360 kilómetros, y desemboca en el río Magdalena en el Departamento de Bolívar, constituyéndose en su más importante afluente. Atraviesa de sur a norte nueve departamentos (Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar), brindando

grandes beneficios a cerca de 183 municipios.

La cuenca alta del Río Cauca tiene un área aproximada de 22.900 Km², de la cual el 32% se encuentra en el departamento del Cauca. El Río Cauca y sus afluentes son los principales receptores de la contaminación originada por aguas residuales aportadas por asentamientos humanos, actividades agropecuarias e industriales, aportes de sedimentos a causa de la deforestación y erosión de los suelos y por explotación y beneficio minero aumentado así la vulnerabilidad y el factor del riesgo tanto por inundación como estiaje (sequía).

*“hagamos que
la naturaleza y
el hombre
vayan de la
mano,
“cuidemos lo
que tenemos”*

Importancia del Río Cauca

El río Cauca es el mayor productor de caña de azúcar de Colombia. También tiene grandes campos de arroz y cultiva sorgo, yuca, café, cacao, algodón, maíz y frijol. La industria ganadera se basa en la cría de bovinos, ovinos, porcinos y equinos.

El territorio también es rico en carbón, piedra caliza, mármol, oro, plata, platino, hierro y amianto. El departamento ocupa el tercer lugar entre los departamentos colombianos de desarrollo industrial (ver artículo: Río Usumacinta).

Los Vallecaucanos son los descendientes de diversos grupos raciales que han estado casándose a lo largo de muchas generaciones. Hace muchos siglos, varios grupos nativos como los Lilíes y los Gorriones vivían en esta región.



PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

Que es Un Sistema de Alerta Temprana

Los Sistemas de Alerta Temprana conocidos como SAT, son un conjunto de procedimientos e instrumentos a través de los cuales se monitorea una amenaza o evento adverso (*natural o antrópico-acción del hombre*), de carácter previsible. Se recolectan y procesan datos e información, ofreciendo pronósticos o predicciones temporales sobre su acción y posibles efectos.

Es una herramienta técnica de trabajo que ayuda en la reducción de los riesgos, con el objetivo de proteger a las personas y sus medios de vida expuestos a peligros y/o amenazas, al apoyar con información oportuna a los tomadores de decisión para que adopten con tiempo anticipado medidas de respuesta pertinentes ante la presencia de un evento adverso, protegiendo así a las personas y sus medios de vida.



¿Cuál es la importancia del SAT?

La importancia de un SAT radica en que permite conocer anticipadamente y con cierto nivel de certeza, en qué tiempo y espacio, una amenaza o evento adverso de tipo natural o generado por la actividad humana puede desencadenar situaciones potencialmente peligrosas, por lo cual las alertas deben difundirse con suficiente anticipa-

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

¿Cuál es tu PAPEL, dentro del SAT?



¡Dentro de un SAT el componente más importante! eres TU...¡, tu juegas el papel más importante para el éxito de un Sistema de Alerta Temprana y lo puedes cumplir solo dando cumplimiento a 6 sencillos pasos así:

1. Lectura y registro del tipo y los niveles de amenaza del evento monitoreado;
2. Transmisión de los datos registrados;
3. Procesamiento y análisis de los datos transmitidos para el pronóstico de la situación;
4. Establecimiento del nivel y tipo de alerta;
5. Difusión del nivel de alerta y solicitud de la activación del Plan de Respuesta o de emergencia desde las instituciones del Estado responsables de la prevención y protección de las

comunidades vulnerables a eventos que amenazan la vida, los bienes o los recursos naturales y culturales de la población indígena; y

6. El seguimiento de la Alerta y la actuación en respuesta por parte de las diferentes instituciones del Estado.

Lectura y registro

Responsable: comité de vecinos vereda – ubicación Estación

Medio de comunicación: Radio doble frecuencia

Mensaje a transmitir: niveles de alerta establecidos para cada estación

Actividad : Cuando la vigilancia y monitoreo de eventos y fenómenos de riesgo o peligro son identificados, la amenaza es registrada con los instrumentos elaborados para relevar información y tomar las lecturas correspondientes, manteniendo una vigilancia continua y permanente para conocer sus cambios y evolución.



PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

Transmisión de Datos:

Responsable: Delegado de la comunidad

Medio de comunicación: Radio doble frecuencia- Correo electrónico

Mensaje a transmitir: niveles del Limnómetro

Actividad: Luego que las lecturas hayan sido tomadas y registradas, son transmitidas inmediatamente para que los técnicos encargados efectúen el análisis necesario y se realicen los pronósticos respectivos sobre la posible ocurrencia o no de un evento o acciones adversas o que amenacen o representen peligro para los integrantes de las comunidades, sus bienes o recursos naturales.

Desde las comunidades, la transmisión puede hacerse mediante teléfonos celulares o con equipos que estén al alcance y se ajusten a las condiciones comunitarias o a las particularidades culturales.



Procesamiento y Análisis de Datos.

Responsable: Técnico entidad (IDEAM - CVC), de acuerdo a que pertenezca la estación

Medio de procesamiento: Software modelamiento hidrológico

Actividad: Los datos llegan a manos de los encargados de procesarlos, quienes realizan la valoración del evento reportado y establecen si estos indican la posibilidad o no de manifestarse un evento adverso o acciones que amenacen o pongan en peligro a la población, sus bienes o sus recursos naturales.

Los datos son analizados con instrumentos especialmente elaborados, con indicadores y variables que permiten pronosticar la intensidad o niveles de riesgo o amenazas a las que están expuestas las comunidades para definir el nivel y tipo de alerta a declarar.

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

Transmisión de Datos:

Responsable: Delegado de la comunidad

Medio de comunicación: Radio doble frecuencia- Correo electrónico

Mensaje a transmitir: niveles del Limnómetro

Actividad: Luego que las lecturas hayan sido tomadas y registradas, son transmitidas inmediatamente para que los técnicos encargados efectúen el análisis necesario y se realicen los pronósticos respectivos sobre la posible ocurrencia o no de un evento o acciones adversas o que amenacen o representen peligro para los integrantes de las comunidades, sus bienes o recursos naturales.

Desde las comunidades, la transmisión puede hacerse mediante teléfonos celulares o con equipos que estén al alcance y se ajusten a las condiciones comunitarias o a las particularidades culturales.



Procesamiento y Análisis de Datos.

Responsable: Técnico entidad (IDEAM - CVC), de acuerdo a que pertenezca la estación

Medio de procesamiento: Software modelamiento hidrológico

Actividad: Los datos llegan a manos de los encargados de procesarlos, quienes realizan la valoración del evento reportado y establecen si estos indican la posibilidad o no de manifestarse un evento adverso o acciones que amenacen o pongan en peligro a la población, sus bienes o sus recursos naturales.

Los datos son analizados con instrumentos especialmente elaborados, con indicadores y variables que permiten pronosticar la intensidad o niveles de riesgo o amenazas a las que están expuestas las comunidades para definir el nivel y tipo de alerta a declarar.

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Evaluación de la Situación y Definición de la Alerta



Responsable: Miembros de Comité (delegado comunidad, delegado entidad responsable estación, delegado alcaldía, delegado entidad de atención de emergencias)

Actividad: Los miembros del comité SAT, evalúan la información o el resultado del análisis de los datos procesados en los modelos hidrológicos, determinando así el daño/peligro potencial, nivel y tipo de alerta que se debe declarar y emitir de acuerdo a los parámetros y umbrales establecidos para cada estación.

Difusión de la Alerta

Responsable: Miembros de Comité (delegado comunidad, delegado entidad responsable estación, delegado alcaldía, delegado entidad de atención de emergencias)

Actividad: Al contar con la alerta debidamente definida, comprobada y emitida a las instituciones competentes del Estado (en los niveles nacionales, regionales y locales), se procede a generar un aviso de alerta a la siguiente estación, en concordancia con los tiempos establecidos entre cada estación según sea el caso de riesgo de eliminación o estiaje, posteriormente se notificarla a los medios de comunicación a organismos nacionales e internacionales de protección de los derechos de los Pueblos Indígenas y los derechos



PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA



Activación del Plan de Emergencias o Respuesta (Nivel Externo)

Responsable: Miembros de Comité (delegado comunidad, delegado entidad responsable estación, delegado alcaldía, delegado entidad de atención de emergencias)

Actividad: Sin este paso la alerta no tendría sentido o ningún resultado. "Para que un sistema de alerta temprana sea eficaz es indispensable el compromiso de las

autoridades. Al aceptar la responsabilidad política de promover estrategias integrales de alerta temprana, los gobiernos dan un paso fundamental para proteger los intereses de las comunidades ante posibles desastres"1. Por lo tanto, es imprescindible que todas las instituciones del Estado encargadas de brindar atención a la población indígena, tanto a nivel local, departamental o nacional, se involucren, participen y brinden un marco político y legal que institucionalice el SAT a través de los planes y sistemas regionales o nacionales de prevención y respuesta ante las amenazas y emergencias.

Seguimiento de la Alerta y respuesta obtenida en el nivel externo:

Responsable: Miembros de Comité (delegado comunidad, delegado entidad responsable estación, delegado alcaldía, delegado entidad de atención de emergencias)

Actividad: Una vez emitida una Alerta Temprana, el responsable de SAT actualiza la situación del riesgo advertido a partir del Informe de Riesgo, siguiendo los mismos parámetros de éste y revisando la vigencia de las principales variables del mismo, así como el impacto de las medidas adoptadas para su superación, precisando o ampliando las recomendaciones pertinentes para la prevención del riesgo o atención de la emergencia advertida, en caso que la respuesta del Estado no haya sido suficiente u oportuna. El SAT además de promover al Estado a que actúe como es su obligación como garante

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

PROTOCOLO SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

Como evitar las catástrofes

Los fenómenos naturales siempre han estado presentes en la historia de la humanidad, sin embargo, solo con la intervención del hombre estos fenómenos han terminado generando catástrofes, para evitar estas catástrofes es importante cumplir los 6 pasos anteriormente descritas, además de evitar:



- Tala indiscriminada de bosques



- Ubicar tu casa en la rivera de los ríos



- Minería extensiva e invasiva



- Contaminar las fuentes hídricas



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ

MAYO DE 2018

GENERACIÓN DE PARÁMETROS Y PROTOCOLOS PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN LA CUENCA ALTA DE RIO CAUCA

2 CONCLUSIONES

Desarrollando el presente trabajo de grado y al término del mismo identificamos las siguientes conclusiones:

- Se generaron herramientas conceptuales, matemáticas y prácticas para que pueda ser tomada por la comunidad para la potencial implementación y aplicación de un Sistema de Alerta Temprana para la Cuenca Alta del Río Cauca, como se puede evidenciar a lo largo de todo el documento
- Se lograron identificar seis entidades (IDEAM, INCORA, CVS, PATRIC; e ICEL), las cuales cuentan con estaciones Hidroclimatológica e Hidrológicas, sin embargo, solo dos el IDEAM y la CVC, disponen de información pública de libre uso
- De 161 estaciones disponibles, tan solo se seleccionaron 8, teniendo en cuenta criterio objetivo como que estuviesen activas, que se encontraran ubicada sobre el Río Cauca o unos de sus principales afluentes y lo más importante que contaran con la información suficientes y veraz para el desarrollo adecuado del trabajo de grado y sus objetivos.
- Teniendo en cuenta que la información de las estaciones seleccionada es de carácter público, se pudo recolectar, consolidar y analizar en función del objetivo fundamental del trabajo de grado.
- Si bien como objetivo inicial estaba el poder incluir para el análisis un tercer método de o sistemas de análisis hidrológico, no fue posible ya que todos los modelos disponibles requieren la adquisición de una licencia de uso. La misma no estaba incluida en el presupuesto inicial del trabajo, sin embargo, si se generó un resumen de los principales modelos incluidos HYFA y SMADA
- Mediante el procesamiento de la información recolectada se logró generar los niveles o umbrales de Inundación y estiaje. para que los mismos sirvan como insumos de entrada a un futuro SAT, en la Cuenca Alta de Río Cauca (ver anexo – Consolidado de datos, cálculos, Perfiles y niveles los umbrales.xls)
- Como se estableció en el marco referencial, Los Sistemas de Alerta Temprana, utilizado en Colombia y a lo largo de Latinoamérica se utilizan metodologías europeas, afectando así el resultado de las experiencias, ya que estos países están ubicados en la zona tropical impactado en la

climatología volviéndola más variable, a diferencia de los países europeos y norteamericanos que tienen las estaciones climáticas marcadas.

- Se generó como anexo un protocolo dirigido a la comunidad del entorno de la cuenca alta del Río Cauca.

Como conclusiones adicionales se identificó:

- Existen una gran cantidad de estaciones hidroclimatológicas, sin embargo, no existe una entidad que conglomere o consolide la totalidad de la información suministrada por estas.

3 RECOMENDACIONES

- Las entidades deben activar las estaciones que se encuentra fuera de uso, ya que podrían suministrar información valiosa y que mejoraría la integridad del Sistema.
- La información debe tener un mejor flujo, ya que al momento de seleccionar nos vimos en la tarea de reducir el número de estaciones
- Unificar en una entidad gestora la información de todas las estaciones disponibles en la cuenca.
- Las entidades territoriales como rectores del tema, deberían ser más estrictas y realizar seguimientos con las afectaciones que generan centros poblado, minería y tala de árboles en las márgenes del Río

BIBLIOGRAFÍA.

AGUDELO, Iván; CORREA, Javier. (1991). Revista Mi amiga el agua, prevención frente a inundaciones lentas y repentinas.

ALMÁCIGA, Luz Buitrago. (2015). Sistema de alerta temprana- SAT, protocolo de comunicación y actuación.

CANNON, T. (2007) Análisis de la vulnerabilidad, los medios de vida y los desastres. Tecnología y Sociedad, 7. Intermediate Technology, Lima, Perú.

ESCOBAR CARMONA, Sandra Teresa. (2006). Aplicación de técnicas estadísticas en las series climatológicas mensuales totales de precipitación, evaporación y brillo solar, con el fin de corregir, complementar y verificar la calidad de la información. Santiago de Cali, Colombia

HERNÁNDEZ CRIADO, Juan Carlos. (noviembre de 2016). Revista de Investigación Agraria y Ambiental; Bogotá, Colombia., ISSN Impreso: 2145-6097. ISSN electrónico: 2145-6453.

JHA, Abhas K; BLOCH, Robin; LAMOND, Jessica. (). Ciudades e Inundaciones Guía para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en Ciudades en el Siglo 21. ISBN 978-0-8213-8866-2.

LAVELL, Allan. (2009). Revista, Reducción del riesgo de desastres en el ámbito local- lecciones desde la subregión andina. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2009-10914
ISBN: 978-9972-787-90-4.

MADARIAGA, Eduardo Aguirre. (2014). Experiencias SAT en América Latina. Grupo Zurich, Practical Action, Federación Internacional de la Cruz Roja, la escuela de negocios Wharton de EE.UU. y el centro de investigación IIASA de Austria),

MARBELLO PÉREZ, Ramiro. (No disponible). Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica, hidrometría y aforo de corrientes naturales. Universidad Nacional De Colombia

MARTÍNEZ, Claudia. (No disponible). Artículo, Análisis de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para el sector agrícola en la cuenca alta del Río Cauca. Alianza Clima y Desarrollo, AVA.

MEDINA RENGIFO, Juvenal. (2005). Cartilla SAT, Prevención y Preparación en Comunidades altoandinas, afectadas por Sequías, Heladas y otros peligros en cuatro distritos de las Regiones de Moquegua y Arequipa”

QUIÑONES, Édgar; TOVAR, Luis Carlos. () Los Sistemas de Alerta Temprana, SAT, una herramienta para la prevención de desastres por inundación y efectos del cambio climático. ISSN: 2357-5409.

ROSALES Ángela María. (2015). CARTILLA, Gestión del Riesgo. INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR – ICBF. ISBN 978-958-8854-40-3

VARAS, Eduardo; LARA, Soledad. (1998). Artículo científico, Métodos regionales para estimar la probabilidad de frecuencia de crecidas. Artículo publicado en Ingeniería del Agua. Vol.5 Num.3 (septiembre 1998), páginas 5158.

VARGAS LOSADA, Heriberto Fernando; TOVAR RUBIANO, Milher Fabián; VILLANUEVA MUÑOZ, Juan Carlos (2016). Artículo Los SAT (Sistemas De Alertas Tempranas), Revista Científica Universidad Distrital, Francisco José de Caldas. ISSN 0124 2253/OCTUBRE-DICIEMBRE DE 2016/ No. 26/ BOGOTÁ, D.C.

VARGAS H, Richard A. (2010). Guía Municipal para la Gestión del Riesgo, Documento elaborado en el marco del proyecto de asistencia técnica en gestión local del riesgo a nivel municipal y departamental en Colombia. Subcomponente B.3 del Programa APL-1 (Reducción de la vulnerabilidad Fiscal del Estado frente a desastres naturales, Crédito BIRF 7293-CO).

VÉLEZ, VELÁZQUEZ (2011), Artículo modelo de Simulación Hidrológica Abierta (SHIA)

YAMIN, Luis Eduardo, (2013). Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre El caso de Bogotá, Colombia.

ANEXOS

- Trabajo de grado cuenca alta del rio Cauca
- Consolidado de datos, cálculos, perfiles y niveles de los umbrales
- Ubicación de las estaciones, corrientes y población
- Cartilla Protocolo Sistema de Alerta Temprana
- Grafica de datos HYFA
- Carpeta de resultados de SMADA
- Carpeta de resultados de HYFA