



**GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS  
BIBLIOTECARIOS**

**Código**

**ESQUEMA HOJA DE RESUMEN**

**Página**

**1/1**

## **RESUMEN TRABAJO DE GRADO**

**AUTOR(ES):**

**NOMBRE(S):** NIDIA YURAINNI      **APELLIDOS:** CRUZ VILLAMIZAR

**NOMBRE(S):** CRISTIAN ANDRES      **APELLIDOS:** MENDOZA SANDOVAL

**FACULTAD:** INGENIERIA

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA CIVIL

**DIRECTOR:**

**NOMBRE(S):** GUSTAVO ADOLFO      **APELLIDOS:** CARRILLO SOTO

**TÍTULO DEL TRABAJO (PROYECTO):** VALIDACIÓN, CALIBRACION Y REGIONALIZACIÓN DE LOS MODELOS DE HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK Y SNYDER EN LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES EXTREMOS EN CUENCAS DE NORTE DE SANTANDER

### **RESUMEN**

En las obras de ingeniería resulta fundamental la estimación de caudales extremos los cuales generalmente se obtienen por medio de los métodos de factores de frecuencia usando los registros históricos de cuencas instrumentadas, contrario a esto, es decir cuando no se posee una serie histórica de caudales de la cuenca no se pueden implementar métodos estadísticos como el anteriormente nombrado, dejando como alternativa la aplicación de modelos de hidrogramas unitarios sintéticos, por ejemplo Clark y Snyder, que nos dan un soporte para calcular los caudales extremos. Se evaluaron los modelos en cuencas instrumentadas de Norte de Santander, donde se comparó el Q100 obtenido por medio del método de factor de frecuencia Log Pearson Tipo III, con el valor de caudal extremo obtenido por cada uno de los modelos de hidrograma unitario de Clark y Snyder al aplicarlos a las 9 cuencas objeto de estudio las cuales fueron modeladas por medio de ArcMap y luego seleccionadas en función de su área de drenaje y un registro histórico de datos mayor a 20 años, posteriormente se realizó el respectivo ajuste de los parámetros propios de cada modelo y del tiempo de concentración, obteniendo un porcentaje medio de error para Snyder de 11,87 y para Clark de 30,70. Finalmente se logró la regionalización de los parámetros  $C_p$  para Snyder y  $r$  para Clark, lo cual facilita su aplicación en cuencas de Norte de Santander.

**PALABRAS CLAVES:** Caudales máximos, Hidrograma Unitario Sintético, Hidrología, Clark y Snyder.

**CARACTERISTICAS:**

**PÁGINAS:** 232    **PLANOS:** 0    **ILUSTRACIONES:** 170    **CD ROOM:** 1

**VALIDACIÓN, CALIBRACION Y REGIONALIZACIÓN DE LOS MODELOS DE  
HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK Y SNYDER EN LA ESTIMACIÓN DE  
CAUDALES EXTREMOS EN CUENCAS DE NORTE DE SANTANDER**

**NIDIA YURAINNI CRUZ VILLAMIZAR**

**CRISTIAN ANDRES MENDOZA SANDOVAL**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**

**SAN JOSÉ DE CÚCUTA**

**2017**

**VALIDACIÓN, CALIBRACION Y REGIONALIZACIÓN DE LOS MODELOS DE  
HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK Y SNYDER EN LA ESTIMACIÓN DE  
CAUDALES EXTREMOS EN CUENCAS DE NORTE DE SANTANDER**

**Estudiantes**

**NIDIA YURAINNI CRUZ VILLAMIZAR**

**CRISTIAN ANDRES MENDOZA SANDOVAL**

**Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniería Civil**

**Tutor**

**GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO**

**Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**

**SAN JOSÉ DE CÚCUTA**

**2017**

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 16 DE FEBRERO DE 2017 **HORA:** 8:00 a. m.

**LUGAR:** DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES CIVILES, VIAS Y TRANSPORTE - UFPS

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA CIVIL

**TITULO DE LA TESIS:** "VALIDACION, CALIBRACION Y REGIONALIZACION DE LOS MODELOS DE HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK Y SNYDER EN LA ESTIMACION DE CAUDALES EXTREMOS EN CUENCAS DE NORTE DE SANTANDER"


**JURADOS:** ING. JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA  
ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES

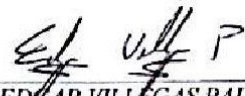
**DIRECTOR:** PHD. GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO.

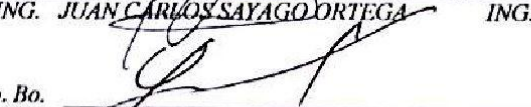
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
NIDIA YURAINNI CRUZ VILLAMIZAR	1111312	4,4	CUATRO, CUATRO
CRISTIAN ANDRES MENDOZA SANDOVAL	1111307	4,4	CUATRO, CUATRO

# APROBADA

### FIRMA DE LOS JURADOS

  
ING. JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

  
ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES

Vo. Bo.   
JAVIER ANDRES ZAMBRANO GALVIS  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## RESUMEN

En las obras de ingeniería resulta fundamental la estimación de caudales extremos los cuales generalmente se obtienen por medio de los métodos de factores de frecuencia usando los registros históricos de cuencas instrumentadas, contrario a esto, es decir cuando no se posee una serie histórica de caudales de la cuenca no se pueden implementar métodos estadísticos como el anteriormente nombrado, dejando como alternativa la aplicación de modelos de hidrogramas unitarios sintéticos, por ejemplo Clark y Snyder, que nos dan un soporte para calcular los caudales extremos. Se evaluaron los modelos en cuencas instrumentadas de Norte de Santander, donde se comparó el Q100 obtenido por medio del método de factor de frecuencia Log Pearson Tipo III, con el valor de caudal extremo obtenido por cada uno de los modelos de hidrograma unitario de Clark y Snyder al aplicarlos a las 9 cuencas objeto de estudio las cuales fueron modeladas por medio de ArcMap y luego seleccionadas en función de su área de drenaje y un registro histórico de datos mayor a 20 años, posteriormente se realizó el respectivo ajuste de los parámetros propios de cada modelo y del tiempo de concentración, obteniendo un porcentaje medio de error para Snyder de 11,87 y para Clark de 30,70. Finalmente se logró la regionalización de los parámetros  $C_p$  para Snyder y  $r$  para Clark, lo cual facilita su aplicación en cuencas de Norte de Santander.

**Palabras Clave:** Caudales máximos, Hidrograma Unitario Sintético, Hidrología, Clark y Snyder.

## Abstrac

On the engineering jobs become important the estimation of extreme flow rates which generally were gotten by the frequency factor methods using the historic records of instrumented basins. On different case, when there is not a historic series about flow rates of the basins, is not possible imply statistic methods such as the before named, allowing like alternative the application of synthetics unitary hygrogram models, for example Clark and Snyder, which they give us a support to compute the extreme flow rates. Also, it was evaluated the models in instrumented basins at Norte of Santander, where was contrasted the Q100 gotten through of frequency factor method Log Pearson Type III, with the extreme flow rate value gotten by each Clark and Snyder's unitary hygrogram models at apply it to nine basins which were objects of study which they were designed through ArcMap and after were selected in function of their drain areas and historic record of data major to 20 years. Later was made the adjust of the owner parameters for each model and a calibrated concentration time, which it was gotten an error average percentage by Snyder of 11,87 and by Clark of 30,70. Finally, it was achieved the regionalization of the parameters  $C_p$  for Snyder y  $r$  for Clark, which facilitate the application in the basins at Norte of Santander.

**Keywords:** Hydrology, Peak flows, Snyder, Clark, Synthetic Unit Hydrograph

## Contenido

	Pág.
Introducción	20
1. Problema	21
1.1 Título	21
1.2 Planteamiento del problema	21
1.3 Formulación del problema	22
1.4 Justificación	22
1.5 Objetivos	23
1.6 Alcances y limitaciones	24
1.7 Delimitaciones	26
2. Marco referencial	28
2.1 Antecedentes	28
2.2 Marco teórico	30
2.2.1 Parámetros geomorfológicos de cada cuenca	30
2.2.2 Tiempo de concentración.	39
2.2.3 Curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF.	44
2.2.4 Número de curva (CN).	48

2.2.5 Flujo base.	54
2.2.6 Distribuciones de probabilidad en hidrología.	54
2.2.7 Parámetros estadísticos.	55
2.2.8 Análisis de frecuencia.	58
2.2.9 Periodo de retorno.	58
2.2.10 Distribuciones de probabilidad.	59
2.2.11 Distribución log-normal.	60
2.2.12 Distribución normal.	61
2.2.13 Distribución log-Pearson tipo III.	62
2.2.14 Método de los factores de frecuencia.	63
2.2.15 Prueba de datos dudosos.	65
2.2.16 Hidrograma unitario.	67
2.2.17 Hidrograma unitario sintético.	67
2.2.18 Hidrograma unitario de Snyder.	67
2.2.19 Hidrograma unitario de Clark.	72
2.2.20. Convolución del hidrograma unitario.	83
2.2.21. Determinación del caudal extremo (Q100).	85
2.2.22 Análisis estadísticos.	85
3. Metodología	87



3.1 Tipo de investigación	87
3.2 Población y muestra	87
3.2.1. Población.	87
3.2.2. Muestra.	89
4. Resultados	90
4.1 Preselección de las cuencas.	90
4.2 Modelación en ARC MAP, ARC GIS.	91
4.3 Selección de las cuencas objeto de estudio.	129
4.4 Parámetros geomorfológicos obtenidos.	131
4.5 Calculo de los métodos de factores de frecuencia	134
4.5.1 Factor de frecuencia para Gumbel.	134
4.5.2 Factor de frecuencia Log-Pearson Tipo III	136
4.6 Calculo de los tiempos de concentración.	138
4.7 Estimación del Flujo Base.	158
4.8 Validación.	159
4.8.1 Validación del Hidrograma Unitario de Snyder.	160
4.8.2 Validación del Hidrograma Unitario de Clark	164
4.9 Calibración	173
4.9.1 Tiempo de concentración.	173

4.9.2 Optimización de los parámetros de los modelos de hidrograma unitario de Clark y Snyder.	183
4.9.3 Modelo De Hidrograma Unitario De Snyder.	185
4.9.4 Modelo De Hidrograma Unitario De Clark	189
4.10 Regionalización.	197
4.10.1. Regionalización del factor “c”.	202
5. Análisis de resultados	205
5.1 Modelación.	205
5.2 Validación.	206
5.3 Calibración.	207
5.4 Regionalización.	211
Conclusiones	212
Recomendaciones	217
Referencias bibliográficas	219
Anexo	222