

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACION**



**TRABAJO DE TESIS**

**TRANSITO Y ALMACENAMIENTO DE**

**AVENIDAS EN CAUCES NATURALES**

**Postulante: Egr. Jose Luis Urquidi Barea.**

**Tutor: Ing. Mario Carmelo Gamarra Mendoza.**



*A mis hijos, mis padres y hermanos y en especial a mi Tío Luis Torrico A.  
Gracias por sus palabras de aliento y consejos de vida.*



## INDICE

<b>CAPITULO I</b> .....	8
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
1. Antecedentes.....	8
2. Justificación.....	9
3. Alcance.....	9
4. Objetivos.....	9
4.1 Objetivo General .....	9
4.2 Objetivos Específicos .....	10
5. Descripción del Área de Estudio .....	10
5.1 Situación Geográfica y Topográfica de la cuenca .....	11
5.2 Hidrografía .....	12
5.3 Red Hidrometeorológica.....	12
5.4 Estaciones Meteorológicas .....	13
5.4.1 Estaciones Termo pluviométricas.....	15
5.4.2 Estaciones Pluviométricas .....	15
5.4.3 Estaciones Sinópticas .....	15
5.4.4 Estaciones Hidrométricas .....	15
<b>CAPITULO II</b> .....	16
<b>ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DEL RÍO</b> .....	16
2.1 Introducción.....	16
2.2 Flujo no Permanente.....	17
2.3 Flujo no Permanente Gradualmente Variado .....	18
2.3 Flujo no Permanente Rápidamente Variado.....	20
<b>CAPITULO III</b> .....	22
<b>DATOS BÁSICOS</b> .....	22
3.1 Características de la cuenca.....	23
3.1.1 Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad .....	24
3.1.2 Índice de Forma .....	25
3.1.3 Alejamiento Medio .....	25
3.1.4 Pendiente media del río .....	26
3.1.5 Rectángulo Equivalente.....	27
3.1.6 Índice de Pendiente.....	30
3.1.7 Altitud media de la cuenca .....	30
3.1.8 Pendiente media de la cuenca.....	30
3.1.9 Curva Hipsométrica.....	32
3.1.10 Curva de distribución de frecuencias de altitudes .....	34
3.1.11 Jerarquización Fluvial según STRAHLER.....	38
3.1.12 Relación de Bifurcación o de Confluencia .....	38
3.1.13 Relación de Longitud Media .....	39
3.1.14 Densidad de drenaje .....	39



3.1.4 Tiempo de concentración .....	42
3.4 Precipitaciones.....	43
3.4.3 Máximas .....	43
3.4.3.1 Análisis de lluvias máximas diarias en la cuenca.....	43
3.4.3.2 Determinación de las máximas alturas de lluvia horaria para diferentes probabilidades y períodos de retorno .....	45
3.4.3.3 Curvas de intensidad duración y frecuencia .....	46
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>51</b>
<b>CAUDALES MAXIMOS</b> .....	<b>51</b>
4.1 Generalidades .....	51
4.2 Método del Hidrograma Unitario .....	51
4.2.1 Método del Hidrograma Unitario Sintético .....	53
4.2.1.1 Método del Hidrograma Unitario Sintético de S.C.S .....	54
4.2.2 Determinación de los caudales máximos para diferentes probabilidades y períodos de retorno .....	59
4.2.2.1 Método de las Abstracciones o del numero de curva del S.C.S. ....	59
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>79</b>
<b>MODELO MUSKINGUM</b> .....	<b>79</b>
5.1 Modelo Muskingum .....	79
5.2 Modelo Muskingum –Cunge .....	82
<b>CAPITULO VI</b> .....	<b>85</b>
<b>APLICACIÓN DEL MODELO</b> .....	<b>85</b>
6.1 Modelo de Muskingum.....	85
6.2 Modelo de Muskingum Cunge .....	91
<b>CAPITULO VII</b> .....	<b>103</b>
7.1 Conclusiones.....	103
7.2 Recomendaciones .....	103



## Índice de Figuras.

Figura 1: Imagen satelital tramo de prueba puente Bolívar –Colegio la Salle sobre el río Guadalquivir	1
Figura 2: Ubicación del área de aporte cuenca Río Guadalquivir.	14
Figura 3: Continuidad de flujo no permanente.	19
Figura 4: Flujo uniforme progresivo rápidamente variado.	21
Figura 5: Cuenca en un punto P	23
Figura 6: Curvas características.	24
Figura 7 : Rectángulo Equivalente.	29
Figura 8: Curva Hipsométrica Porcentual.	35
Figura 9: Curva Hipsométrica absoluta	36
Figura 10: Histograma de frecuencias y altitudes.	37
Figura 11: Método de clasificación de Strahler.	38
Figura 12: Clasificación de Strahler cuenca río Guadalquivir.	41
Figura 13: Curvas de intensidad duración y frecuencia.	49
Figura 14: Curvas de precipitaciones inferiores a 24 horas	50
Figura 15: Superposición de hidrogramas	53
Figura 16: Grafico hidrograma unitario.	56
Figura 17: Variables en el método de abstracciones del S.C.S.	60
Figura 18 : Relación de P y Pe para varias cuencas analizadas.	61
Figura 19: Almacenamiento por prima y por cuña modelo de Muskingum	79
Figura 20: Estabilidad numérica método de Muskingum-Cunge.	84
Figura 21: Hidrogramas de entrada y salida para un período de retorno T=25 años.	88
Figura 22: Hidrogramas de entrada y salida para un período de retorno T=50 años.	89
Figura 23: Hidrogramas de entrada y salida para un período de retorno T=100 años.	90
Figura 24: Sección inicial Puente Bolívar tramo (Mira Flores-Colegio La Salle).	95
Figura 25: Hidrogramas de entrada y salida para un período de retorno T=25 años.	100
Figura 26: Hidrogramas de entrada y salida para un período de retorno T=50 años.	101
Figura 27: Hidrograma de entrada y salida para un período de retorno T=100 años.	102

## Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenadas UTM cuenca de aporte.	11
Tabla 2: Rectángulo Equivalente.	28
Tabla 3: Índice de pendiente.	31
Tabla 4: Altura media de la cuenca	32
Tabla 5: Curva hipsométrica	33
Tabla 6: Curva hipsométrica	34
Tabla 7: Relación de bifurcación	39
Tabla 8: Relación de longitud	39
Tabla 9: Tiempo de concentración	42
Tabla 10: Listado de estaciones con precipitaciones máximas en 24 horas	43
Tabla 11: Parámetros estadísticos estaciones pluviométricas.	44
Tabla 12: Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno T años.	45
Tabla 13: Lluvias máximas horarias para diferentes períodos de retorno T	46
Tabla 14: Intensidades en mm/hora para diferentes duraciones t (hora) y períodos de retorno T	47
Tabla 15: Intensidades en mm/hora para diferentes duraciones t (horas) y períodos de retorno T.	47
Tabla 16: Coeficientes de ajuste de intensidades para una duraciones menor o igual a 2 horas.	48
Tabla 17: Coeficientes de ajuste para una duración mayor o igual a 2 horas.	48
Tabla 18: Grupo de suelo y números de curva de unidades de terreno cuenca Guadalquivir	64
Tabla 19: Valores de precipitación efectiva e intensidades para diferentes períodos de retorno.	64
Tabla 20: Hietograma de precipitaciones máximas para un período de retorno T=2 años	65
Tabla 21: Hietograma de precipitaciones máximas para un período de retorno T=5 años	65
Tabla 22: Hietograma de precipitaciones máximas para un período de retorno T=10 años	66



Tabla 23: Hietograma de precipitaciones máximas para un período de retorno $T=20$ años y una duración $D=6$ horas.....	66
Tabla 24: Hietograma de precipitaciones máximas para un período de retorno $T=25$ años y una duración de $D=6$ horas.....	67
Tabla 25: Hietograma de precipitaciones máximas para un período de retorno $T=50$ años y una duración de $D=6$ horas.....	67
Tabla 26: Hietograma de precipitaciones máximas para un período de retorno $T=100$ años y una duración de $D=6$ horas.....	68
Tabla 27: Caudales máximos para diferentes períodos de retorno .....	68
Tabla 28: Valores de hidrogramas transitados para diferentes períodos de retorno ( $T$ ), parámetros de Muskingum $k=1.25$ horas $x=0.2$ , $\Delta t=0.5$ horas.....	86
Tabla 29: Valores de anchos superiores secciones transversales.....	92
Tabla 30: Valores de celeridad para diferentes períodos de retorno $T$ .....	92
Tabla 31: Parámetros $K$ y $X$ del método de Muskingum Cunge. ....	93
Tabla 32: Coeficiente de estabilidad numérica de Cunge.....	93
Tabla 33: Valores de $\Delta t$ para diferentes períodos de retorno.....	93
Tabla 34: Valores de los coeficientes $C1, C2$ y $C3$ para el método de Muskingum Cunge. ....	94
Tabla 35: Transito de hidrograma mediante el método de Muskingum Cunge para un período de retorno $T=25$ años.....	96
Tabla 36: Transito de hidrograma mediante el método de Muskingum Cunge para un período de retorno $T=50$ años.....	97
Tabla 37: Tránsito de hidrograma mediante el método de Muskingum Cunge para un período de retorno $T=100$ años. ....	98