

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PLANTEAMIENTO DE UN MÉTODO EXPEDITIVO
PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES DE ALCANTARILLAS**

Por:

JULIO ROBERTO ARANCIBIA GONZALES

Tesis de Grado presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Febrero de 2013

TARIJA - BOLIVIA

VºBº

.....
Ing. MSc. Johnny Orgaz Fernández
DOCENTE GUÍA

.....
Ing. MSc. Luis A. Yurquina Flores
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

.....
Lic. MSc. Gustavo Succi Aguirre
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Marcelo Pacheco Núñez

.....
Ing. Fernando E. Mur Lagraba

.....
Ing. David T. Peñaloza Villena

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

El presente trabajo está dedicado con mucho cariño a mi madre Teresa Gonzales por su apoyo incondicional, comprensión y admirable valentía; a mi padre Julio Arancibia por ser un ejemplo de vida a seguir y desde el cielo haberme guiado siempre; a mis hermanos y todos los seres queridos que de alguna forma contribuyeron a la concretización de esta meta.

Por último y no menos importante, mi querida hija Dunia Sofía, principal motivo de mi inspiración y razón para no desfallecer ante las adversidades de la vida.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios el supremo creador, por que sin él nada es posible en este mundo; por haberme bendecido con una linda familia, por darme la fortaleza y serenidad en los momentos más difíciles.

A Selva y Omar, por haberme brindado tanto cariño, por ser las personas que me impulsaron a seguir adelante y principalmente por todos sus conocimientos transmitidos, que ahora se ven reflejados en la culminación de una etapa muy importante de mi vida.

PENSAMIENTO:

Libros, caminos y días dan al
hombre sabiduría.

Proverbio árabe

ÍNDICE

Advertencia
Dedicatorias
Agradecimientos
Pensamiento
Resumen

Página

INTRODUCCIÓN	1
1. Generalidades.	1
2. Antecedentes.	1
3. Objetivos.	4
3.1. Objetivo general.	4
3.2. Objetivos específicos.	4
4. Alcance de Trabajo.	5
5. Metodología de Estudio.	8

CAPÍTULO I: REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ALCANTARILLAS	10
1.1.1. Definición.	10
1.1.2. Clasificación.	11
1.1.2.1. Clasificación de acuerdo a su ubicación en relación con el eje de la carretera.	11
a) Alcantarillas laterales.	11
b) Alcantarillas transversales.	11
1.1.2.2. Clasificación de acuerdo a su función en el drenaje de las aguas.	12
a) Alcantarillas de alivio.	12
b) Alcantarillas de cruce.	13
- Alcantarillas normales y esviajadas.	14

	Página
- Muro normal al conducto.	15
- Muro paralelo al eje de la carretera.	16
- Muro alineado en relación con el eje de la carretera.	17
1.1.3. Tipos de Alcantarillas.	18
1.1.3.1. Según la geometría de la sección.	18
a) Alcantarillas de tubo o circulares.	19
b) Alcantarillas tipo cajón o rectangulares.	22
c) Alcantarillas tipo bóveda.	23
1.1.3.2. Según el material a emplear en su fabricación	25
1. Alcantarillas metálicas	25
2. Alcantarillas de concreto.	26
- Alcantarillas de sección rectangular.	27
- Alcantarillas de tuberías de hormigón.	30
3. Alcantarillas de material plástico.	31
1.1.3.3. Según el número de conductos.	32
a) Alcantarillas simples.	32
b) Alcantarillas múltiples.	32
1.1.4. Componentes de una Alcantarilla.	33
1.1.4.1. Alcantarillas sin cabeceras.	34
a) Extremos rectos.	35
b) Extremos biselados.	35
c) Extremos mixtos.	37
1.1.4.2. Muros de cabecera.	37
a) Muros de vuelta.	38
b) Muros de ala.	39
1.1.5. Cargas Sobre Alcantarillas.	43
a) Solicitaciones debidas a las cargas del tránsito.	43
b) Solicitaciones debidas al peso del terraplén.	44
1.1.5.1. Estructuras rígidas.	46

	Página
1.1.5.2. Estructuras flexibles.	46
1.1.6. Medidas Mínimas.	47
1.1.7. Pendientes de las Alcantarillas.	50
1.1.8. Velocidades de Escurrimiento en las Alcantarillas.	51
1.1.9. Taludes de terraplén sobre alcantarillas.	51
1.1.10. Fundación de alcantarillas.	52
a) Fundaciones sobre suelos.	52
b) Fundaciones sobre rocas.	53
1.1.11. Métodos de Diseño de Alcantarillas.	54
1.1.11.1. Procedimiento por Comparación.	55
- Método por Comparación.	55
1.1.11.2. Determinación directa del área hidráulica	55
- Método de Talbot.	55
1.1.11.3. Determinación del área hidráulica en base a una previa estimación de caudales	56
- Método de sección y pendiente.	56
- Método de precipitación pluvial.	57
- Método racional.	57
- Método del Hidrograma Unitario de Mockus	59

CAPÍTULO II METODOLOGIA

2.1. METODOLOGÍA EXPEDITIVA PARA EL CÁLCULO DE ALCANTARILLAS **62**

2.1.1. Introducción.	62
2.1.2. Principios del Método Talbot.	62
2.1.3. Parámetros del Método Talbot.	63
- Coeficiente de Talbot.	63
- Área de la cuenca.	63

	Página
- Área hidráulica necesaria.	63
2.1.4. Proceso de Dimensionamiento con el Método de Talbot.	64
a) Definir el área de la cuenca.	64
b) Medir el área de la cuenca.	64
c) Determinar el Coeficiente “C”.	64
d) Calcular el área hidráulica.	65
2.1.5. Ventajas y Desventajas del Método de Talbot.	65

**CAPÍTULO III:
VALIDACIÓN Y APLICACIÓN DEL MÉTODO EXPEDITIVO.**

3.1. Introducción.	67
3.2. Ubicación del Área de Estudio.	67
3.3. Determinación de las curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia.	68
3.4. Aplicación de los Métodos convencionales en el área de estudio	71
3.5. Aplicación de Talbot en las tres zonas del área de estudio .	76
3.6. Comparación de resultados.	79
3.7. Corrección del Coeficiente “C” de Talbot.	83
3.8. Aplicación del método de Talbot para el Diseño de alcantarillas en tres tramos carreteros.	99
3.8.1. Tramo 1: San Andrés - Bella Vista.	100
3.8.1.1. Ubicación del tramo.	100
3.8.1.2. Caracterización climática.	101
3.8.1.3. Características topográficas de la zona.	101
3.8.1.4. Descripción del tramo.	102
3.8.1.5. Alcantarillas.	102
3.8.1.6. Diseño de alcantarillas aplicando el método de Talbot.	103
3.8.2. Tramo 2: Iscayachi – Chorcoya Avilés.	104
3.8.2.1. Ubicación del tramo.	105

	Página
3.8.2.2. Caracterización climática.	106
3.8.2.3. Características topográficas de la zona.	106
3.8.2.4. Descripción del tramo.	107
3.8.2.5. Alcantarillas.	107
3.8.2.6. Diseño de alcantarillas aplicando el método de Talbot.	109
3.8.3. Tramo 3: Quebrada Las Vacas - Salinas.	110
3.8.3.1. Ubicación del tramo.	110
3.8.3.2. Caracterización climática.	111
3.8.3.3. Características topográficas de la zona.	112
3.8.3.4. Descripción del tramo.	113
3.8.3.5. Alcantarillas.	113
3.8.3.6. Diseño de alcantarillas aplicando el método de Talbot.	115
3.9. Análisis y Comparación de los Resultados.	116
3.9.1. Análisis y comparación para el tramo 1: San Andrés – Bella Vista.	116
3.9.2. Análisis y comparación para el tramo 2: Iscaiyachi – Chorcoya Avilés.	116
3.9.3. Análisis y comparación para el tramo 3: Quebrada Las Vacas – Salinas.	117

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.	118
4.2. Recomendaciones.	127

BIBLIOGRAFÍA	128
---------------------	-----

ANEXOS:

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Alcantarilla transversal.	11
Figura 2: Alcantarilla de alivio.	12
Figura 3: Alcantarillas de cruce.	14
Figura 4: Alcantarillas esviajadas.	14
Figura 5.A: Muros en alcantarillas esviajadas. “Muro normal al conducto”.	16
Figura 5.B: Muros en alcantarillas esviajadas; “Muro paralelo al eje de la carretera Extremo Normal”	17
Figura 5.C: Muros en alcantarillas esviajadas; “Muro alineado en relación con el eje de la carretera”.	17
Figura 6: Tipos usuales de alcantarillas.	19
Figura 7: Alcantarillas circulares de hormigón armado.	21
Figura 8: Arco de alcantarilla tipo bóveda.	24
Figura 9: Alcantarilla tipo losa sobre estribos.	27
Figura 10: Costos relativos de alcantarillas para luces simples y múltiples.	28
Figura 11: Alcantarilla tipo pórtico.	29
Figura 12: Tubo de concreto con terminal embutido.	30
Figura 13: Tubo de concreto con terminal exterior.	31
Figura 14: Alcantarillas simples.	32
Figura 15: Luces múltiples y batería de tubos.	33
Figura 16: Partes de una alcantarilla.	34
Figura 17: Alcantarillas sin cabecera, extremo recto.	35
Figura 18: Alcantarillas sin cabecera, extremo biselado.	36
Figura 19: Alcantarillas sin cabecera, con extremos mixtos.	37
Figura 20: Alcantarilla con muro de vuelta.	39
Figura 21: Alcantarilla con muro de ala.	40
Figura 22: Muro de ala con fuertes pendientes.	40

	Página
Figura 23: Muro de ala sin aletas.	41
Figura 24: Muros de alas con aletas.	42
Figura 25: Muros de alas terminales a nivel del terreno natural.	42
Figura 26: Solicitaciones actuantes sobre un alcantarilla.	44
Figura 27: Plano crítico.	45
Figura 28: Asentamiento del terraplén debido a la presencia de la estructura.	46
Figura 29: Relación de costos por alcantarilla de tubos de hormigón.	48
Figura 30: Relación de costos por metro cuadrado de sección de conducto para alcantarillas de tubos de hormigón.	48
Figura 31: Relación de costos por alcantarilla de sección rectangular de hormigón.	49
Figura 32: Relación de costos por metro de luz para alcantarillas de sección rectangular de hormigón.	49

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Estaciones pluviométricas en el departamento de Tarija.	2
Cuadro 2: Estaciones climatológicas en el departamento de Tarija.	3
Cuadro 3: Formas más usuales de alcantarillas metálicas.	26
Cuadro 4: Costos relativos de alternativas de muros de ala.	43
Cuadro 5: Cargas admisibles sobre roca norma DIN 1054.	53
Cuadro 6: Cargas admisibles sobre roca código de práctica británico C.P.4.	54
Cuadro 7: Valores del coeficiente de escorrentía para ser usados en el método racional.	58
Cuadro 8: Valores de CN según Soil Conservation Service - (SCS).	61
Cuadro 9: Valores del coeficiente "C" de Topografía para la fórmula de Talbot.	63
Cuadro 10: Estaciones Meteorológicas utilizadas para el análisis de las 90 cuencas dentro del área de estudio.	68
Cuadro 11: Resumen de ecuaciones de las curvas IDF para diferentes periodos de retorno.	70
Cuadro 12: Resumen de caudales máximos estimados por métodos convencionales para el área de estudio (Zona Alta).	71
Cuadro 13: Resumen de caudales máximos estimados por métodos convencionales para el área de estudio (Zona Valles).	72
Cuadro 14: Resumen de caudales máximos estimados por métodos convencionales para el área de estudio (Zona Chaco).	73
Cuadro 15: Áreas hidráulicas y Secciones de alcantarilla estimadas para los caudales obtenidos a través de los métodos convencionales para el área de estudio (Zona Alta).	74
Cuadro 16: Áreas hidráulicas y Secciones de alcantarilla estimadas para los caudales obtenidos a través de los métodos convencionales para el área de estudio (Zona Valles).	75

	Página
Cuadro 17: Áreas hidráulicas y Secciones de alcantarilla estimadas para los caudales obtenidos a través de los métodos convencionales para el área de estudio (Zona Chaco).	76
Cuadro 18: Áreas hidráulicas estimadas por el método de Talbot para las 90 cuencas del área de estudio (Zona Alta).	77
Cuadro 19: Áreas hidráulicas estimadas por el método de Talbot para las 90 cuencas del área de estudio (Zona Valles).	78
Cuadro 20: Áreas hidráulicas estimadas por el método de Talbot para las 90 cuencas del área de estudio (Zona Chaco).	79
Cuadro 21: Áreas hidráulicas estimadas por los tres métodos para las 90 cuencas del área de estudio (Zona Alta).	80
Cuadro 22: Áreas hidráulicas estimadas por los tres métodos para las 90 cuencas del área de estudio (Zona Valles).	81
Cuadro 23: Áreas hidráulicas estimadas por los tres métodos para las 90 cuencas del área de estudio (Zona Chaco).	82
Cuadro 24: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Ligeramente Ondulado” en la zona Alta (C adoptado=0,3).	85
Cuadro 25: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Ondulado” en la zona Alta (C adoptado=0,5).	86
Cuadro 26: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Con Lomerío” en la zona Alta (C adoptado=0,6).	87
Cuadro 27: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Plano” en la zona de los Valles (C adoptado=0,2).	88
Cuadro 28: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Ondulado” en la zona de los Valles (C adoptado=0,5).	89
Cuadro 29: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Con Lomerío” en la zona de los Valles (C adoptado=0,6).	90

	Página
Cuadro 30: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Plano” en la zona del Chaco ($C_{adoptado}=0,2$).	91
Cuadro 31: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot terreno “Ligeramente Ondulado” en la zona del Chaco ($C_{adoptado}=0,3$).	92
Cuadro 32: Determinación del coeficiente “C corregido” de Talbot para terreno “Ondulado” en la zona del Chaco ($C_{adoptado}=0,5$).	93
Cuadro 33: Resumen de Coeficientes “C adoptado” y “C corregido” de Talbot para el área de estudio.	94
Cuadro 34: Resumen de Caudales y secciones de alcantarilla para las áreas hidráulicas obtenidas por el método de Talbot (zona Alta).	95
Cuadro 35: Resumen de Caudales y secciones de alcantarilla para las áreas hidráulicas obtenidas por el método de Talbot (zona de los valles).	96
Cuadro 36: Resumen de Caudales y secciones de alcantarilla para las áreas hidráulicas obtenidas por el método de Talbot (zona del Chaco).	97
Cuadro 37: Precipitación media mensual y anual de la zona del proyecto San Andrés – Bella Vista.	101
Cuadro 38: Resumen de alcantarillas diseñadas por el método Racional para el tramo San Andrés – Bella Vista.	103
Cuadro 39: Resumen de alcantarillas diseñadas con el método de Talbot para el tramo San Andrés – Bella Vista.	104
Cuadro 40: Precipitación media mensual y anual de la zona del proyecto Iscayachi – Chorcoya Avilés.	106
Cuadro 41: Resumen de alcantarillas diseñadas por el método del Hidrograma Unitario de Mockus para el tramo Iscayachi – Chorcoya Avilés.	109

	Página
Cuadro 42: Resumen de alcantarillas diseñadas con el método de Talbot para el tramo Iscayachi – Chorcoya Avilés.	110
Cuadro 43: Precipitaciones medias mensuales y anuales tramo Quebrada Las Vacas – Salinas.	112
Cuadro 44: Resumen de alcantarillas diseñadas por el método Racional para el tramo Quebrada Las Vacas – Salinas.	114
Cuadro 45: Resumen de alcantarillas diseñadas con el método de Talbot para el tramo Quebrada Las Vacas – Salinas.	115
Cuadro 46: Comparación de áreas hidráulicas para el tramo San Andrés – Bella Vista.	116
Cuadro 47: Comparación de áreas hidráulicas para el tramo Iscayachi – Chorcoya Avilés.	117
Cuadro 48: Comparación de áreas hidráulicas para el tramo Quebrada Las Vacas – Salinas.	117
Cuadro 49: Resumen de Coeficientes “C adoptado” y “C corregido” de Talbot para el área de estudio.	120
Cuadro 50: Comparación de áreas hidráulicas método Racional y método de Talbot para el área de estudio (zona Alta).	121
Cuadro 51: Comparación de áreas hidráulicas método Racional y método de Talbot para el área de estudio (zona Valles).	122
Cuadro 52: Comparación de áreas hidráulicas método Racional y método de Talbot para el área de estudio (zona Chaco).	123
Cuadro 53: Comparación de áreas hidráulicas tramo 1: San Andrés – Bella Vista.	124
Cuadro 54: Comparación de áreas hidráulicas tramo 2: Iscayachi – Chorcoya Avilés.	125
Cuadro 55: Comparación de áreas hidráulicas tramo 3: Quebrada las vacas – Salinas.	126

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

		Página
Fotografía 1:	Alcantarilla lateral.	11
Fotografía 2:	Alcantarillas circulares de metal corrugado.	20
Fotografía 3:	Batería de alcantarillas circulares de tubos de hormigón armado.	21
Fotografía 4:	Alcantarillas tipo cajón de hormigón armado.	23
Fotografía 5:	Alcantarillas tipo bóveda.	25
Fotografía 6:	Tubos de material plástico – corrugado tipo Rib. Loc.	31
Fotografía 7:	Imagen satelital tramo 1: San Andrés – Bella Vista.	100
Fotografía 8:	Tramo comprendido entre Iscayachi y Tojo.	104
Fotografía 9:	Imagen satelital tramo 2: Iscayachi – Chorcoya Avilés.	105
Fotografía 10:	Imagen satelital tramo 3: Quebrada Las Vacas – Salinas.	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1: Comparación de caudales terreno con lomerío zona de los Valles.	98
Gráfico 2: Comparación de Áreas Hidráulicas terreno con lomerío zona de los Valles.	98
Gráfico 3: Comparación de Sección de Alcantarillas terreno con lomerío zona de los Valles (Número de Tubos)	99
Gráfico 4: Curvas IDF del tramo San Andrés - Bella Vista.	103
Gráfico 5: Curvas IDF del tramo Iscayachi – Tojo – Carretas (Estación Campanario).	108
Gráfico 6: Curvas IDF del tramo Quebrada Las Vacas – Salinas (Estación Entre Ríos).	113

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo I: Determinación de las curvas IDF para las 30 estaciones del área de estudio.
- Anexo II: Aplicación de los métodos convencionales en las 90 cuencas del área de estudio.
- II.1. Características Topográficas de las cuencas del área de estudio.
 - II.2. Estimación de caudales máximos por el método Racional.
 - II.3. Estimación de caudales máximos por el método del Hidrograma Unitario de Mockus.
 - II.4. Calculo de áreas hidráulicas para los caudales estimados por los dos métodos convencionales.
 - II.5. Imágenes Satelitales de las 30 estaciones meteorológicas analizadas dentro del área de estudio.
 - II.5.1. Imágenes satelitales estaciones zona alta.
 - II.5.2. Imágenes satelitales estaciones zona valles.
 - II.5.3. Imágenes satelitales estaciones zona chaco.
- Anexo III: Aplicación del método de Talbot en las 90 cuencas del área de estudio.
- III.1. Estimación de áreas hidráulicas.
 - III.1.1. Estimación de áreas hidráulicas utilizando el coeficiente “C adoptado”.
 - III.1.2. Estimación de áreas hidráulicas utilizando el coeficiente “C corregido”.
 - III.2. Estimación de caudales a partir de las áreas hidráulicas calculadas por el método de Talbot.

Anexo IV: Graficas de comparación para las 90 cuencas del área de estudio.

- IV.1. Comparación de caudales máximos.
- IV.2. Comparación de áreas hidráulicas.
- IV.3. Comparación de secciones de alcantarilla.

Anexo V: Aplicación de los métodos de diseño de alcantarillas en los tres tramos camineros.

- V.1. Estimación de caudales máximos.
 - V.1.1. Tramo 1: San Andrés – Bella Vista.
 - V.1.2. Tramo 2: Iscayachi – Chorcoya Avilés.
 - V.1.3. Tramo 3: Quebrada Las Vacas - Salinas.
- V.2. Aplicación del método de Talbot.
 - V.2.1. Tramo 1: San Andrés – Bella Vista.
 - V.2.2. Tramo 2: Iscayachi – Chorcoya Avilés.
 - V.2.3. Tramo 3: Quebrada Las Vacas - Salinas.
- V.3. Calculo de áreas hidráulicas para las alcantarillas de los tres tramos camineros.
- V.4. Características Topográficas de las cuencas para los tres Tramos camineros.