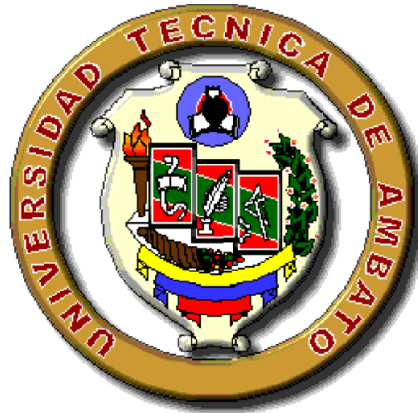


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

“MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA
EFICIENCIA DE LOS SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIA.”

AUTOR: IVONNE ALEXANDRA NUÑEZ ACOSTA
ESTEFANIA JACQUELINE SANCHEZ TENESACA

TUTOR: ING. MEng. LENIN MALDONADO

AMBATO-ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Yo, Ing. Mg. Lenin Maldonado, certifico que la presente tesis de grado realizada por las Srtas. Ivonne Alexandra Núñez Acosta, Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato; se ha desarrollado bajo mi tutoría, es un trabajo personal e inédito realizado bajo el tema “MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIA”

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Octubre del 2018

Ing. MEng. Lenin Maldonado

DOCENTE TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO

Nosotras, Ivonne Alexandra Núñez Acosta, Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca, CI. 1804634150, CI. 1804067344, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo experimental bajo el tema “**MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIA**” es de mi completa autoría.

Ambato, Octubre del 2018

Ivonne Alexandra Núñez Acosta

AUTOR

Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible de lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Octubre del 2018

Ivonne Alexandra Núñez Acosta

AUTOR

Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIA”** de Ivonne Alexandra Núñez Acosta, Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman,

ING. MG.GEOVANNY PAREDES

ING. MG. GALO NÚÑEZ

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios porque gracias a Él he tenido la fuerza y la fe para haber llegado a este momento importante de mi formación universitaria. A mi madre Ivonne Acosta por ayudarme todos los días, acompañarme en mis buenos y malos momentos. A mi padre Rodrigo Núñez que gracias a su motivación y esfuerzo me ha impulsado a seguir esta carrera. A mi hermano Santiago Núñez por ser mi apoyo y me ayuda en todo lo que he necesitado. A mi Tías Delia y María por querer siempre lo mejor para mí y su apoyo. A mis tíos Gustavo y Francis por ser un gran ejemplo de vida para mí. A mi compañera de tesis Estefanía porque sin el equipo y amistad que formamos no hubiéramos logrado este objetivo.

Ivonne Alexandra Núñez Acosta

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino cada día y brindarme la mayor bendición que me pudo dar mi familia, A mis padres Washington y Mary por ser mi ejemplo mi fortaleza los que forjaron mi camino y se levantaron igual que yo en cada tropiezo que he tenido, a mis hermanos Cesar, Ivonne, Ximena y Joselyn por ser el apoyo incondicional en todo el transcurso de mi vida a Jorge por ser mi compañero y motivación por haberme dado ánimos en las circunstancias difíciles de mi carrera a mis sobrinos y cuñados Paul, Mónica y Roberto que son parte indispensable de mi familia.

Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca

AGRADECIMIENTO

Le agradecemos:

A Dios a nuestros padres y a todas las personas que nos ayudaron en el proceso de investigación de nuestra tesis.

Al ingeniero Lenin Maldonado que por su guía, disposición y ayuda oportuna durante todo el tiempo que conllevo realizar este trabajo.

Al ingeniero Francisco Pazmiño que además de compartir sus conocimientos técnicos nos impartió lecciones para la vida.

Al ingeniero Rotney Echeverria porque este trabajo experimental partió de su investigación

Ivonne Alexandra Núñez Acosta

AGRADECIMIENTO

Le agradecemos:

A Dios a nuestros padres y a todas las personas que nos ayudaron en el proceso de investigación de nuestra tesis.

Al ingeniero Lenin Maldonado que por su guía, disposición y ayuda oportuna durante todo el tiempo que conllevo realizar este trabajo.

Al ingeniero Francisco Pazmiño que además de compartir sus conocimientos técnicos nos impartió lecciones para la vida.

Al ingeniero Rotney Echeverria porque este trabajo experimental partió de su investigación.

Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	6
1.4.1 Objetivo General:.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	6
CAPÍTULO 2	7
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.2 NORMAS Y CRITERIOS QUE REGULAN EL DISEÑO VIAL	7
2.2.1 Criterios Generales para la Alineación Transversal y Longitudinal	8
2.2.2 Pendiente Transversal	8
2.2.3 Pendiente Longitudinal	10
2.2.4 Sección Típica.....	11
2.3 ASPECTOS HIDROLÓGICOS	12
2.3.1 Área de Drenaje	13
2.3.2 Intensidad.....	13
2.3.3 Duración de la lluvia	23
2.3.4 Período de retorno	23
2.3.5 Tiempo de concentración	24
2.3.6 Precipitación máxima en 24 horas	24
2.3.7 Coeficiente de escorrentía.....	24
2.3.8 Caudal de diseño.....	25
2.4 MÉTODO RACIONAL	25
2.5 ANÁLISIS DIMENSIONAL Y SIMILITUD, DISEÑO HIDRÁULICO	29
2.5.1 Análisis dimensional	29

2.5.2	Modelo	30
2.5.3	Tipos de flujos.....	33
2.5.4	Similitud.....	34
2.5.5	Modelo físico	34
2.5.6	Modelos matemáticos	35
2.5.7	Importancia y uso de modelos físicos en una investigación	36
2.5.8	Bases teóricas de modelación física.....	36
2.5.9	Aplicación de las leyes de semejanza al diseño de modelos físicos	37
2.5.10	Principios de similitud en modelos físicos.....	38
2.5.11	Efectos de Escala	44
2.5.12	Calibración.....	45
2.6	HIPÓTESIS	48
2.6.1	Hipótesis alternativa (H1)	48
2.6.2	Hipótesis nula (H0)	48
2.7	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	49
2.7.1	Variable independiente:	49
2.7.2	Variable dependiente:	49
	CAPÍTULO 3	50
3.1	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	51
3.2.1	Población.....	51
3.2.2	Muestra	52
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	53
3.3.1	Operacionalización de variable independiente.....	53
3.3.2	Operacionalización de variable dependiente.....	55
3.4	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	56
3.5	PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	57
3.5.1	Plan de procesamiento y análisis.....	57
	CAPÍTULO 4	58

4.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO	58
4.1.1	Descripción del prototipo.....	58
4.1.2	Ubicación del Prototipo	60
4.1.3	Equipamiento para la investigación	62
4.2	COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL AFORO	65
4.3	COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL AFORO	67
4.3.1	Cuadro de calibración de vertederos.....	67
4.3.2	Cuadro de comparación de errores.....	70
4.4	CUADRO DE CAUDALES DEL MODELO Y DEL PROTOTIPO	72
4.5	CURVAS DE EFICIENCIA DEL PROTOTIPO Y MODELO CON SUMIDERO T45	152
4.6	CALIBRACIÓN DE LA EFICIENCIA ENTRE CURVAS DEL PROTOTIPO Y EL MODELO BOMBEO 2%.	156
4.7	CURVAS DE EFICIENCIA DEL PROTOTIPO Y MODELO CON SUMIDERO T45	197
4.8	GRÁFICAS DEL CAUDAL EN SUMIDERO VS CAUDAL EN VÍA CON BOMBEO 2%.	200
4.9	GRÁFICAS DEL CAUDAL EN SUMIDERO VS CAUDAL EN VÍA CON BOMBEO 4%.	205
4.10	PROGRAMA PARA CÁLCULO DE EFICIENCIA Y CAUDAL CAPTADO CON SUMIDERO T45.....	210
	CAPÍTULO 5	211
5.1	CONCLUSIONES.....	211
5.2	RECOMENDACIONES	212

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de pendiente transversal de diseño recomendados para vías de dos carriles y caminos vecinales.....	9
Tabla 2. Pendientes para el diseño longitudinal.....	10
Tabla 3. Ancho del pavimento.....	12
Tabla 4. Intensidades máximas en 24 horas determinadas con información pluviográfica.....	14
Tabla 5. Intensidades máximas ecuaciones representativas de estaciones pluviográficas	16
Tabla 6. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 5min < 34 min.....	18
Tabla 7. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 34min < 1440 min.....	21
Tabla 8. Periodos de retorno para diferentes obras.....	23
Tabla 9. Factor de escurrimiento para el método racional, drenaje en cuenca según topografía, suelos, cobertura.....	26
Tabla 10. Factor de escurrimiento para el método racional, drenaje en cuenca según topografía.....	27
Tabla 11. Factor de escurrimiento, drenaje urbano.....	28
Tabla 12. Factor de escurrimiento, drenaje urbano según zona.....	28
Tabla 13. Relación de escala de acuerdo a la magnitud.....	48
Tabla 14. Número de combinaciones con diferentes pendientes del estudio.....	52
Tabla 15. Número de combinaciones analizadas.....	53
Tabla 16. Operacionalización de Variable independiente.....	54
Tabla 17. Operacionalización de Variable dependiente.....	55
Tabla 18. Plan de Recolección de Información.....	56
Tabla 19. Fórmulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto u aplicable a la ecuación del caudal para vertedores rectangulares con o sin contracción.....	67

Tabla 20. Toma de datos y cálculo de caudales.	67
Tabla 21. Datos de aforación analítica mediante las fórmulas de Hegly,Rehbock (1829).	69
Tabla 22. Resumen caudal volumétrico vs caudal teórico.	70
(Continuación)Tabla 23. Resumen caudal volumétrico vs caudal teórico.....	71
Tablas 24. Sumidero Escenario 1 con 2% de Bombeo.	72
Tablas 25. Sumidero Escenario 2 con 2% de Bombeo.	80
Tabla 26. Sumidero Escenario 3 con 2% de Bombeo.....	88
Tabla 27. Sumidero Escenario 4 con 2% de Bombeo.....	96
Tabla 28. Sumidero Escenario 5 con 2% de Bombeo.....	104
Tablas 29. Escenario 1 Sumidero con 4% de Bombeo	112
Tabla 30. Sumidero Escenario 2 con 4% de Bombeo.....	120
Tabla 31. Sumidero Escenario 3 con 4% de bombeo.....	128
Tabla 32. Sumidero Escenario 4 con 4% de Bombeo.....	136
Tabla 33. Sumidero Escenario 5 con 4% de Bombeo.....	144
Tabla 34. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5%.	156
Tabla 35. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4%. 157	
Tabla 36. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8%.	158
Tabla 37. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12%.	159
Tabla 38. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 05%.	160
Tabla 39. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4%.	161
Tabla 40. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8%.	162
Tabla 41. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12%.	163

Tabla 42. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5%.	164
Tabla 43. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4%.	165
Tabla 44. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4%.	166
Tabla 45. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 2.	167
Tabla 46. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12% Escenario 2.	168
Tabla 47. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 2.	169
Tabla 48. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 2.	170
Tabla 49. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8% Escenario 2.	171
Tabla 50. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 3.	172
Tabla 51. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5% Escenario 3.	173
Tabla 52. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4% Escenario 3.	174
Tabla 53. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 3.	175
Tabla 54. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12% Escenario 3.	176
Tabla 55. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 3.	177
Tabla 56. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 3.	178

Tabla 57. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 3.....	179
Tabla 58. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 3.....	180
Tabla 59. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5% Escenario 4.....	181
Tabla 60. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4% Escenario 4.....	182
Tabla 61. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 4.....	183
Tabla 62. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 4.....	184
Tabla 63. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 4.....	185
Tabla 64. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 4.....	186
Tabla 65. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8% Escenario 4.....	187
Tabla 66. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 4.....	188
Tabla 67. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 5.....	189
Tabla 68. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4% Escenario 5.....	190
Tabla 69. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 5.....	191
Tabla 70. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12% Escenario 5.....	192
Tabla 71. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 5.....	193

Tabla 72. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 5.	194
Tabla 73. Eficiencia del Prototipo vs Modelo con pendiente 4% y 8% Escenario 5.	195
Tabla 74. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 5.	196
Tabla 75. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 1 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj}	197
Tabla 76. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 2 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj}	198
Tabla 77. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 3 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj}	198
Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj}	199
Tabla 79. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 5 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj}	199

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Corte general de la Vía Urbana con bombeo de 2% y 4%	9
Figura 2. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 5min < 34 min.	20
Figura 3. Corte general de la Vía Urbana con bombeo de 2% y 4%.	30
Figura 4. Prototipo de vía a escala 1:4 con escenario 1 en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.....	58
Figura 5. Canal con disipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.....	59
Figura 6. Canal con disipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.....	60
Figura 7. Canal con disipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.....	61
Figura 8. Canal con disipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.....	61
Figura 9. Canal con disipador de energía en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.	62
Figura 10. Canal con disipador de energía en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.	63
Figura 11. Canal con disipador de energía en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.	64
Figura 12. Canal con disipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.....	65
Figura 13. Escenarios propuestos por el proyecto de investigación con diferente número, posición y pendiente de sumideros.	71
Figura 14. Curvas de eficiencia de captación del prototipo con bombeo de 2%.	152

Figura 15. Curvas de eficiencia de captación del prototipo con bombeo de 4%.	153
Figura 16. Curvas de eficiencia de captación del modelo con bombeo de 2%.	154
Figura 17. Curvas de eficiencia de captación del modelo con bombeo de 4%.	155
Figura 18. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5%.	156
Figura 19. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4%.	157
Figura 20. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8%.	158
Figura 21. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12%.	159
Figura 22. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 05% Escenario 1.	160
Figura 23. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 1.	161
Figura 24. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 8% Escenario 1.	162
Figura 25. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 1.	163
Figura 26. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 2.	164
Figura 27. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 2.	165
Figura 28. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 2.	166
Figura 29. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 2.	167
Figura 30. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 2.	168

Figura 31. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 0.5% Escenario 2.....	169
Figura 32. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 2.....	170
Figura 33. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 8% Escenario 2.....	171
Figura 34. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 2.....	172
Figura 35. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 3.....	173
Figura 36. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 3.....	174
Figura 37. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 3.....	175
Figura 38. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 3.....	176
Figura 39. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 0.5% Escenario 3.....	177
Figura 40. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 3.....	178
Figura 41. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 3.....	179
Figura 42. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 3.....	180
Figura 43. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 4.....	181
Figura 44. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 4.....	182
Figura 45. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 4.....	183

Figura 46. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 4.....	184
Figura 47. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 4.....	185
Figura 48. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 4.....	186
Figura 49. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 8% Escenario 4.....	187
Figura 50. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 4.....	188
Figura 51. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 5.....	189
Figura 52. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 5.....	190
Figura 53. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 5.....	191
Figura 54. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 5.....	192
Figura 55. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 0.5% Escenario 5.....	193
Figura 56. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 5.....	194
Figura 57. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8% Escenario 5.....	195
Figura 58. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 5.....	196
Figura 59. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario1.....	200
Figura 60. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario2.....	201
Figura 61. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario3.....	202
Figura 62. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario 4.....	203

Figura 63. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 5.....	204
Figura 64. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 1.....	205
Figura 65. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 2.....	206
Figura 66. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 3.....	207
Figura 67. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 4.....	208
Figura 68. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 5.....	209

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “Modelación hidráulica para la determinación de la eficiencia de los sumideros de aguas lluvia”

AUTORAS: Ivonne Alexandra Núñez Acosta, Estefanía Jacqueline Sánchez Tenesaca

TUTOR: Ing. MEng. Lenin Rafael Maldonado Narváez

La necesidad de buscar una forma óptima para ubicar los sumideros en las vías urbanas. Al observar que varias vías del centro de nuestra ciudad colapsan con una cantidad mínima de agua lluvia, teniendo en cuenta que el agua es muy erosiva para las carreteras cuando se encuentra en forma estancada cuando las mismas no cuentan con un buen drenaje, afecta también a la libre movilización vehicular y peatonal; estos parámetros han sido una motivación para realizar la presente investigación, es necesario mencionar también que el MTOP no cuenta con una norma fija para ubicar los sumideros.

Se realizó un modelo hidráulico a escala 1:4 simulando una media vía, hecho en madera debidamente cubierto con pintura anticorrosiva el cual está adaptado a un sistema de recirculación de agua; este prototipo es abastecido por medio de un canal hidráulico. En la orilla derecha central de la vía se ubicaron las diferentes rejillas T45 asumiendo varios escenarios con las mismas en total 5 ubicando las rejillas en diferentes posiciones y variando el número de las mismas creado diferentes escenarios.

Se trabajó con caudales en el modelo (escala real) de 20.74,48.17,79.11 y 111.65 litros por segundo y con caudales en el prototipo (escala 1:4) de 0.5 ,1.5,2.5 y 3.5 litros por segundo. Se varió las pendientes longitudinales utilizando valores de 0.5%, 4%, 8% y 12% y transversal o bombeo de la vía con 2% y 4%.

Para el cálculo del caudal de salida captado en el sumidero se utilizó el método volumétrico. Se realizaron 8 combinaciones para cada escenario variando las pendientes y el caudal; obteniendo eficiencias de captación entre 10 y máximas del 90 por ciento.

Con los datos obtenidos se realizó un programa para el cálculo de la eficiencia y el caudal captado en los sumideros para distintos escenarios topográficos e hidrológicos.

EXECUTIVE SUMMARY

SUBJECT: Hydraulic modeling for the determination of the efficiency of the rain water tanks.

AUTHOR: Ivonne Alexandra Núñez Acosta, Estefania Jacqueline Sánchez Tenesaca

TUTOR: Ing. MEng. Lenin Rafael Maldonado Narváez

The need to find an optimal way to locate the sinks on urban roads. When observing that several roads in the center of our city collapse with a minimum amount of rainwater, taking into account that water is very erosive for roads when it is in a stagnant state when they do not have good drainage, it also affects the free movement of vehicles and pedestrians; These parameters have been a motivation to carry out the present investigation. It is also necessary to mention that the MTOP does not have a fixed standard to locate the sinks.

A hydraulic model was made at a scale of 1: 4 simulating a half way, made of wood duly covered with anticorrosive paint which is adapted to a water recirculation system; this prototype is supplied by means of a hydraulic channel. On the right central bank of the road, the different T45 grids were located, assuming several scenarios with the same in total, 5 placing the grids in different positions and varying the number of them creating different scenarios.

We worked with flows in the model (real scale) of 20.74,48.17,79.11 and 111.65 liters per second and with flows in the prototype (scale 1: 4) of 0.5, 1.5,2.5 and 3.5 liters per second. The longitudinal slopes were varied using values of 0.5%, 4%, 8% and 12% and transversal or pumping of the road with 2% and 4%.

The volumetric method was used to calculate the output flow captured in the sump. 8 combinations were made for each scenario varying the slopes and the flow; obtaining uptake efficiencies between 10 and maximum of 90 percent.

With the data obtained, a program was carried out to calculate the efficiency and the flow captured in the drains for different topographic and hydrological scenarios.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIA.

1.2 ANTECEDENTES

El agua procedente de precipitaciones atmosféricas, cuando se encuentra en la superficie desciende a lo largo de la calzada pendiente abajo; su presencia hace que el comportamiento de los materiales que constituyen la estructura vial tenga reacciones particulares a diferentes solicitaciones. Por lo tanto, un aspecto importante es el control del agua de cualquier origen para precautelar la obra vial y de esta manera tener un buen funcionamiento de los materiales para que así se mantengan dentro de las condiciones previstas para su diseño y construcción, esto se logra con un apropiado sistema de drenaje formados por conductos diseñados hidráulicamente [1] .

La calidad en de las obras de drenaje en una vía debe precautelar el buen funcionamiento de materiales y por ende la sollicitación de su vida útil, pues sí estas obras son eficientes permitirán una operación continua y segura de los vehículos y peatones sobre las vías. Cualquier interrupción del tráfico por inundación de la vía ocasionada por deficiencias en el drenaje, representan pérdidas a costos económicos elevados [2].

Dadas las características topográficas en nuestro país en los últimos años las obras de drenaje han merecido mayor cuidado. De todos los componentes hidráulicos de captación, conducción y desalajo de aguas de las vías, existe un elemento hidráulico como es el sumidero cuya función es captar el agua que corre por la calzada y entregarla a la alcantarilla en forma inmediata, lo que permite mantener las características físicas del pavimento, por lo tanto, es relevante establecer con detalle cómo se lleva a cabo el proceso de captación.

El comportamiento hidráulico de las alcantarillas y sus condiciones de diseño hoy en día tenemos varios trabajos técnicos referidos al comportamiento hidráulico de las alcantarillas y sus condiciones de diseño [3]. Contando también con manuales de carreteras, con diferentes instructivos y varios criterios sobre el dimensionamiento en el campo hidráulico. Pero con esto no se logra solucionar el problema para captar de la mayor parte de agua que escurre y se dirige a las alcantarillas, no existe suficiente bibliografía con la que se pueda trabajar, ya que debido a los cambios que han tenido distintos países en el área urbana esta ha debido tomando diferentes parámetros. Por esto hay que revisar con detenimiento todas las normativas dependiendo de la región que nos encontremos.

Se puede citar, algunos países como Chile en donde concluyeron que para que los sumideros sean más eficientes se deberían colocar en todo el largo de la venida, también se tuvieron muy buenos resultados haciendo que se encause el escurrimiento hacia el sumidero. Han hecho cambios importantes en lo que se refiere a los modelos matemáticos donde más allá de la forma del sumidero también se tomó en cuenta los periodos de lluvia, sus periodos y como estos van variando; tomando en cuenta estos aspectos se pudo deducir de una manera más exacta como va a ser el comportamiento hidráulico de este sistema de drenaje; este estudio fue realizado en Venezuela. Por otro lado, en España proponen colocar pequeños ductos de drenaje sobre ramblas o barrancos este fue el criterio de varios ingenieros hidromorfológicos para mejorar la eficiencia de las obras de drenaje. Refiriéndose al mismo tema en Portugal hay varias propuestas sobre coeficientes de descarga, para la determinación del comportamiento hidráulico de un barranco o depresión en condiciones de drenaje [4].

No solo en el campo práctico se pueden realizar estas investigaciones si no también utilizando algunos Softwares como FLOW3D el cual ha dado buenos resultados.

Se han realizado investigaciones en Alemania y Reino Unido con diseños y resultados similares comparados con los estudios realizados en Iberoamérica.

En tanto en el Ecuador los estudios hidráulicos realizados suponen que el agua que fluye en la calzada esta es captada en su totalidad por la tubería de conducción y desde ese momento empiezan los estudios hidráulicos; pero esto no es lo que ocurre en la realidad ya que la alcantarilla solo capta cierta parte del caudal de escorrentía y no su totalidad. Esto quiere decir que existe mucho riesgo de inundaciones, accidentes, y todas las consecuencias que estos conllevan, también se puede dar el caso que la tubería de conducción no sea suficiente o a su vez esté sobredimensionada [5].

Por tanto, atribuyendo todos los factores antes mencionados en este proyecto podremos establecer cuál es la relación entre el caudal que escurre por la calzada urbana y el que es captado por el sumidero; esto nos permitirá presentar un diseño con más criterio y adecuado para que mejore la eficiencia del alcantarillado pluvial.

Para ello, se cuenta con el laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato donde se montará un modelo físico calibrado previamente, en donde son ensayados todos los parámetros más relevantes que intervienen para la captación de agua por medio de un sumidero; así deducir como se relacionan estos y con ello validar la forma correcta de implantación y combinación para alcanzar un diseño de alcantarillado pluvial más eficiente.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es un elemento esencial para la vida. El hombre la utiliza para satisfacer sus necesidades básicas y en gran parte de sus actividades. Además, interviene en la mayor parte de los procesos relacionados con la transformación de la superficie de la tierra y del clima.

Considerando la poca información de uso habitual, para la colocación y diseño de sumideros se puede apreciar que el tratamiento del tema es muy generalizado.

“Las metodologías y los criterios utilizados para cuantificar la peligrosidad asociada al flujo en calles es un tema en el cual no existe consenso, por esta razón, es común encontrarse investigaciones donde se construyen mapas de peligrosidad y riesgo pluvial aplicando los mismos criterios que se utilizan en la gestión de inundaciones ocurridas en ambientes urbanos” [6].

A diferencia de la gestión de inundaciones de origen fluvial, la gestión del drenaje pluvial urbano requiere del conocimiento exhaustivo de la evolución de caudales y profundidades de flujo en las calles.

Los caminos producen una alteración en el drenaje natural, de forma particular en las laderas por las que discurren, e interceptan los cauces de agua; en esta misma línea, la escorrentía superficial corta los caminos en forma de regueros de diferente caudal. Estas alteraciones requieren soluciones de drenaje diferentes; por un lado, será necesario actuar sobre los puntos en los que se corta un drenaje importante (cauce o arroyo) y, por otro, en aquellos en los que hay un cambio de sentido de la pendiente de la rasante [6].

Los sumideros son elementos de gran importancia dentro de la infraestructura de los alcantarillados de aguas lluvias, teniendo en cuenta que son estructuras encargadas de recolectar la escorrentía producida en la superficie de las áreas de drenaje y conducirla al sistema de tuberías de alcantarillado dentro de unas condiciones seguras para los vehículos, las edificaciones y los peatones.

Para que un sumidero trabaje con una óptima capacidad hidráulica debe tener una geometría correcta esto acompañado de las características del flujo de la calzada. La capacidad de recolección de un conjunto de sumideros para aguas lluvias tiene que estar diseñada teniendo en cuenta el caudal de diseño para garantizar que llegue a la red de evacuación con la capacidad que admite la misma [7].

La hidráulica del drenaje vial es muy complicada o muy sencilla, según sea el punto de vista con que se enfoque. Es muy complicada, puesto que no se ha logrado solucionar analíticamente los principales problemas del cálculo de las alcantarillas, los disipadores de energía y otras estructuras. Pero, por otra parte, todos esos problemas han sido solucionados empíricamente, publicándose los gráficos, nomogramas y figuras que permiten obtener resultados sin entrar en el razonamiento teórico del problema. Este manejo empírico del problema permite que, a veces, se enfrente el dimensionamiento hidráulico de las estructuras sin la necesaria profundidad de conocimientos [8].

Considerando que, nuestro país está expuesto a un fuerte impacto de construcción y población producido en los últimos años sobre las cuencas urbanas y la transformación de la respuesta de las mismas, bajo una temporada de lluvia; surge la gran necesidad de la optimización y un rediseño de los sumideros para que la relación que existe entre el caudal que escurre por la vía urbana y el que está captando el sumidero, sea el mayor posible [9].

En nuestro país se ha obtenido la deducción teórica para el diseño del alcantarillado pluvial el cual tomo en consideración que el agua de lluvia una vez en la superficie instantáneamente se encuentra en el interior de la tubería de conducción; lo cual efectivamente no es completamente verídico, porque el agua de lluvia fluye por la calzada y solo un porcentaje del caudal total es atrapado por el sumidero [10].

Tomando en cuenta que debido a esto se tendrá gran probabilidad de colapsos de tubería, y ocurrirán inundaciones con sus peligros e incómodas consecuencias; por otra parte, en un determinado intervalo, la tubería de conducción quedará sobredimensionada [11].

Por esta razón, es preciso plantear nuevos diseños de sumideros, para la zona central del país, para así captar la mayor cantidad de agua lluvia mientras escurre por la calzada [12].

Para lograr esto, es importante analizar todos los aspectos involucrados en la misma como son: Cálculos, topografía, tipo de pavimento, normativa, criterios hidrológicos e hidráulicos, prototipos físicos; con esto podremos sacar valores con precisión y así proponer un buen drenaje y eficiente de acuerdo a las necesidades que se presentan [13].

Con los resultados de esta investigación se pondrá en práctica sustentando los resultados con modelos a escala, basados en normas vigentes de vías urbanas así también se validará los mismos en donde corresponda [14].

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

Determinar la eficiencia hidráulica en la captación de agua en sumideros implantados en vías urbanas.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Comparar diferentes configuraciones de sumideros en cuanto a su eficiencia hidráulica.
- Seleccionar uno o varios modelos más eficientes que el modelo prototipo actual.
- Validar la investigación insertando parámetros en la normativa de diseño de drenaje pluvial en vías urbanas

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los sumideros son estructuras encargadas de recolectar la escorrentía producida en la superficie de las áreas de drenaje y conducirlos al sistema de tuberías de alcantarillado dentro de condiciones seguras para vehículos, las edificaciones y los peatones. La existencia de un sistema de sumideros permite controlar el nivel máximo y el ancho de la lámina de flujo en las zonas urbanas evitando que se presenten problemas asociados con las inundaciones de las propiedades públicas y privadas [7].

2.2 NORMAS Y CRITERIOS QUE REGULAN EL DISEÑO VIAL

En el Ecuador, el Ministerio de Obras Públicas es una institución la cual norma los estudios y construcción de “proyectos viales”, considerando los sistemas de drenaje como son canales y sumideros [15].

El presente proyecto de investigación también hace referencia al Instituto Ecuatoriano de normalización:

Material

Según la norma NTE INEN 2499 grado 65-45-12 [16].

Rejilla

Fabricado de conformidad con clase C400 de la norma NTE INEN 2496 [17].

2.2.1 Criterios Generales para la Alineación Transversal y Longitudinal

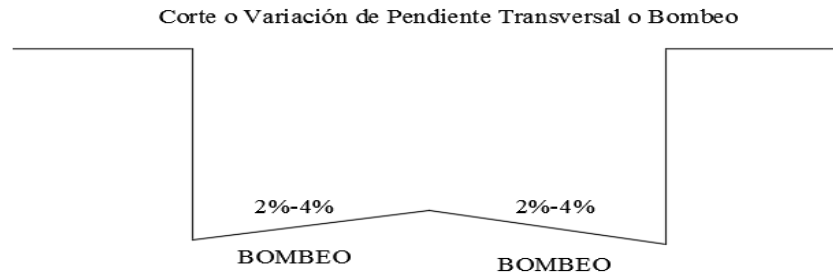
En su mayor parte el procesamiento de diseño de vías se basa en criterios formulados por el Ministerio de obras Públicas; los cuales son fundados en recomendaciones de la “Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales” (AASHTO), cuyo propósito es facilitar al Ingeniero con aspectos básicos para emplearse al diseño [15].

Para el desarrollo de la presente investigación se considera la normativa vigente de los manuales del MTOP, los aspectos que más influyen para el comportamiento de los sumideros son las pendientes transversales y longitudinales mismas que se resumen a continuación [15].

2.2.2 Pendiente Transversal

Con el objetivo de permitir el adecuado escurrimiento del agua en la calzada, debe darse una pendiente transversal partiendo del eje hacia cada uno de los lados, determinándose lo que se conoce en diseño vial como “bombeo”. Esta pendiente varía dependiendo del tipo de material con el que está confeccionado de calle, siendo el 1.5% para pavimentos con capa de rodadura asfáltica y 4% para revestimiento rugoso como, afirmados, empedrados y adoquinados (Figura 1) [15].

Figura 1. Corte general de la Vía Urbana con bombeo de 2% y 4%



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez,

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

La normativa vigente en el Ministerio de Obras Públicas del Ecuador referente al diseño geométrico transversal recomienda tener presente los siguientes criterios en cuanto pendientes transversales [15].

Tabla 1. Valores de pendiente transversal de diseño recomendados para vías de dos carriles y caminos vecinales.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Tipo de vía-Tráfico Promedio Diario Anual	Pendiente(%)
CLASE I TPDA 3000-8000	1.5 - 2
CLASE II TPDA 1000-3000	2
CLASE III TPDA 300-1000	2
CLASE IV TPDA 100-300	2.5 - 4

CLASE IV TPDA <100	4

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: A. Vergara. Diseño Geométrico de Vías (2003)



2.2.3 Pendiente Longitudinal

El valor de la pendiente longitudinal en diseño vial se basa en el criterio de la eficiencia de operación de los vehículos de transporte, pues el uso de pendientes altas limita circunstancialmente la velocidad de los automotores, haciendo crítico el empleo para la circulación de vehículos pesados [15].

El aumento de la pendiente en diseño vial hace que aumente el costo del transporte, sin embargo, el diseño con pendientes bajas disminuye el costo de transporte y eleva el costo de la vía.

El MTOP determina el valor de pendientes máximas dentro de los términos razonables de acuerdo con las diferentes categorías y características topográficas por donde cruza [15].

Tabla 2. Pendientes para el diseño longitudinal.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
CATEGORÍA Clase de vía	RECOMENDABLE	MÀXIMO
	LL O M	LL O M

I	3	4	6	3	5	7
II	3	4	6	4	6	8
III	3	5	7	4	7	9
IV	4	6	8	6	8	10
V	4	6	8	6	8	12

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: A. Vergara. Diseño Geométrico de Vías (2003)

Donde:

I= Colectora, Corredor Arterial

II= Colectora, Corredor Arterial

III= Colectora

IV= Colectora, Vecinal

V= Colectora, Vecinal

Donde:

LL= Terreno Plano

O= Terreno Ondulado

M= Terreno Montañoso

2.2.3.1 Pendiente Longitudinal Mínima

La pendiente tiene íntima relación con el drenaje de la vía, el valor de pendiente mínima adoptada tiene el carácter de convencional y normalmente se acepta un valor de pendiente mínima de 0.5% [18].



2.2.4 Sección Típica

Según las normas del Ministerio de Obras Públicas, como es lógico la sección transversal a adoptarse para una vía depende casi exclusivamente de el volumen del tráfico y del terreno, y por consiguiente de la velocidad de diseño más apropiada.

Para la sección de la sección transversal debe tomarse en cuenta los beneficios a los usuarios, así como los costos de mantenimiento siendo fundamental el aspecto de seguridad para los usuarios de la vía que se diseñe.

En el caso de las vías urbanas (Tabla 3) se considera como parte importante de la sección transversal el ancho del pavimento de la sección típica [15].

Tabla 3. Ancho del pavimento.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
CLASE DE VÍA	RECOMENDABLE(m)	ABSOLUTO(m)
R-1 o R-2 más que 8000 TPDA	7.30	7.30
I 3000 a 8000 TPDA	7.30	7.30
II 1000 a 3000 TPDA	7.30	6.50
III 300 a 1000 TPDA	6.70	6.00
IV* 100 a 300 TPDA	7.50	6.00
V* < de 100 TPDA	6.50	4.00

Realizó: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: A. Vergara. Diseño Geométrico de Vías (2003)

2.3 ASPECTOS HIDROLÓGICOS

La determinación de las características hidrológicas de diseño, dependen directamente de los siguientes aspectos:

2.3.1 Área de Drenaje

La función primordial del área de drenaje es la de permitir el desfogue de aguas pluviales que se acumulan en depresiones topográficas en el terreno.

En las cartas topográficas del IGM, o en fotografías aéreas se puede determinar el área de drenaje, y se considerará como la superficie en proyección horizontal limitada por el parte-aguas. Esta área se calculará por cualquier método y se expresará en hectáreas o en kilómetros cuadrados [19].

2.3.2 Intensidad

La intensidad se define como la cantidad de lluvia que cae en un determinado punto, por unidad de tiempo, la cual es inversamente proporcional a la duración de la precipitación. Cuando la información hidrológica disponible no es suficiente para poder calcular la intensidad, el INAMHI publica, periódicamente, análisis estadísticos de intensidades que permite calcular, por medio de las ecuaciones pluviométricas, la relación intensidad-frecuencia-duración, para cada una de las denominadas “zonas de intensidades” en que está dividido el país.

El Ecuador está dividido en función de la distribución temporal y espacial de la de precipitación.

El INAMHI es la entidad pública de carácter científico y técnico, dependiente de la “Secretaría Nacional de agua” encargada del sector Hidro-meteorológico nacional por medio del cual se realiza la recolección de datos y estudio de precipitaciones en las diferentes zonas del Ecuador [20].

2.3.2.1 Estudio de Intensidades

Con la información de 65 estaciones pluviográficas ubicadas en el Ecuador que cuentan con registros de precipitaciones máximas para 5, 10, 15, 30, 60, 120, 360 y 1440 minutos y 113 estaciones pluviométricas con información de máximas en 24 horas para el periodo 1964 – 1998 [20].

Obtenidas las precipitaciones máximas para varias duraciones y periodos de retorno, estas se pusieron en función de la intensidad máxima en 24 horas para el trazado de ajuste de las curvas de intensidades representando con la siguiente ecuación Ec. 2 - 1:

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \text{ Ec. 2 - 1}$$

Ecuación en función de la intensidad diaria Ec 2 - 2:

$$I = \frac{KId_{TR}}{t^n} \text{ Ec. 2 - 2}$$

Donde:

I_{TR} : Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h



Id_{TR} : Intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h.

TR: Periodo de retorno

t: Tiempo de duración de la lluvia en minutos

K, m, y n: Constantes de ajuste determinado aplicando mínimos cuadrados

Tabla 4. Intensidades máximas en 24 horas determinadas con información pluviográfica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
CÓDIGO	ESTACIÓN	COORDENADAS		Tr (años)

		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (mts)	5	10	25	50	100
M-066	Ambato Aerop.	01° 12' 00" S	78° 34' 00" W	2515	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
M-067	Cuenca	02° 53' 12" S	78° 59' 00" W	2516	2.20	2.50	2.90	3.20	3.50
M-068	Tiputini Aerop.	00° 46' 00" S	75° 32' 00" W	213	4.70	5.70	7.10	8.30	9.70
M-072	Machala Aerop.	03° 15' 50" S	79° 57' 40" W	4	4.01	4.64	5.37	5.88	6.37
M-073	Taura	02° 16' 00" S	79° 40' 50" W	17	4.04	4.92	6.06	6.99	7.93

(continuación) **Tabla 4.** Intensidades máximas en 24 horas determinadas con información pluviográfica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
CÓDIGO	ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD (mts)	Tr (años)				
		LATITUD	LONGITUD		5	10	25	50	100
M-074	Manta Aerop.	00° 5' 00" S	80° 41' 00" W	12	3.97	5.05	6.40	7.39	8.36
M-079	Sucua Aerop.	02° 2' 18" S	78° 09' 45" W	995	3.00	3.40	3.80	4.20	4.50
M-105	Otavalo	00° 14' 16" S	78° 15' 35" W	2550	1.70	1.80	2.00	2.10	2.20
M-107	Chahuasqui- FAO	00° 31' 06" S	78° 12' 40" W	2335	1.70	1.80	2.20	2.10	2.20
M-120	Cotopaxi - Minitrak	00° 37' 09" S	78° 34' 19" W	3590	1.70	1.90	3.30	2.40	2.70

M-131	Sn. Pablo de Atenas	01° 48' 56" S	79° 03' 55" W	2750	2.50	2.90	2.00	3.70	4.10
M-138	Paute	02° 46' 39" S	78° 45' 32" W	2289	1.70	1.90	2.50	2.10	2.20
M-139	Gualaceo	02° 52' 55" S	78° 45' 35" W	2230	1.90	2.20	2.00	2.40	2.90
M-141	El Labrado	02° 43' 58" S	79° 00' 29" W	3335	1.40	1.70	3.40	3.70	2.70
M-142	Saraguro	03° 37' 14" S	79° 13' 56" W	2525	2.30	2.80	3.50	2.10	4.30
M-146	Cariamanga	04° 20' 00" S	79° 33' 16" W	1950	3.00	3.20	4.60	2.70	3.80

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.



Fuente: G, Pérez, J, Rodríguez. Apuntes de Hidrología Superficial.2009

Tabla 5. Intensidades máximas ecuaciones representativas de estaciones pluviograficas

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
CÓDIGO	ESTACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
M-066	Ambato Aerop.	5min < 34 min 34min < 1440 min	$I_{TR} = 197.86 t^{\wedge} - 0.556 Id_{TR}$ $I_{TR} = 616.96 t^{\wedge} - 0.885 Id_{TR}$
M-067		5min < 50 min 50min < 1440 min	$I_{TR} = 104.32 t^{\wedge} - 0.404 Id_{TR}$ $I_{TR} = 717.47 t^{\wedge} - 0.8982 Id_{TR}$
M-068	Tiputini Aerop.	5min < 33 min 33min < 1440 min	$I_{TR} = 46.934 t^{\wedge} - 0.2596 Id_{TR}$ $I_{TR} = 219.14 t^{\wedge} - 0.7622 Id_{TR}$
M-072	Machala Aerop.	5min < 30 min 30 min < 1440 min	$I_{TR} = 43.085 t^{\wedge} - 0.3812 Id_{TR}$ $I_{TR} = 94.664 t^{\wedge} - 0.6276 Id_{TR}$
M-073	Taura	5min < 49 min 49 min < 1440 min	$I_{TR} = 42.22 t^{\wedge} - 0.1828 Id_{TR}$ $I_{TR} = 643.99 t^{\wedge} - 0.8852 Id_{TR}$

M-074	Manta Aerop.	5min < 185 min 185 min < 1440 min	$I_{TR} = 51.584 t^{\wedge} - 0.3842 Id_{TR}$ $I_{TR} = 1019.5 t^{\wedge} - 0.9502 Id_{TR}$
M-079	Sucua Aerop.	5min < 23 min 23 min < 1440 min	$I_{TR} = 54.246 t^{\wedge} - 0.4596 Id_{TR}$ $I_{TR} = 89.858 t^{\wedge} - 0.6234 Id_{TR}$
M-105	Otavalo	5min < 65 min 65 min < 1440 min	$I_{TR} = 193.83 t^{\wedge} - 0.6062 Id_{TR}$ $I_{TR} = 642.16 t^{\wedge} - 0.8917 Id_{TR}$
M-107	Chahuasqui-FAO	5min < 230 min 230 min < 1440 min	$I_{TR} = 110.85 t^{\wedge} - 0.4943 Id_{TR}$ $I_{TR} = 3197.1 t^{\wedge} - 1.1077 Id_{TR}$
M-120	Cotopaxi - Minitrak	5min < 13 min 13 min < 1440 min	$I_{TR} = 112.97 t^{\wedge} - 0.6248 Id_{TR}$ $I_{TR} = 125.39 t^{\wedge} - 0.6621 Id_{TR}$
M-131	Sn. Pablo de Atenas	5min < 113 min 113 min < 1440 min	$I_{TR} = 97.275 t^{\wedge} - 0.5344 Id_{TR}$ $I_{TR} = 365.64 t^{\wedge} - 0.8115 Id_{TR}$
M-138	Paute	5min < 120 min 120 min < 1440 min	$I_{TR} = 163.15 t^{\wedge} - 0.5018 Id_{TR}$ $I_{TR} = 2477.3 t^{\wedge} - 0.1077 Id_{TR}$



(continuación) **Tabla 5.** Intensidades máximas ecuaciones representativas de estaciones pluviográficas

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
CÓDIGO	ESTACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
M-141	El Labrado	5min < 41 min 41 min < 1440 min	$I_{TR} = 177.26 t^{\wedge} - 0.5958 Id_{TR}$ $I_{TR} = 466.46 t^{\wedge} - 0.843 Id_{TR}$
M-142	Saraguro	5min < 197 min 197 min < 1440 min	$I_{TR} = 87.477 t^{\wedge} - 0.5798 Id_{TR}$ $I_{TR} = 159.22 t^{\wedge} - 0.6989 Id_{TR}$
M-146	Cariamanga	5min < 50 min 50 min < 1440 min	$I_{TR} = 69.036 t^{\wedge} - 0.335 Id_{TR}$ $I_{TR} = 510.71 t^{\wedge} - 0.849 Id_{TR}$



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: G, Pérez, J, Rodríguez. Apuntes de Hidrología Superficial.2009

Tabla 6. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 5min < 34 min.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" 					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Tr: 5 años		Tr: 10 años		Tr: 15 años	
Tiempo	Itr	Tiempo	Itr	Tiempo	Itr
5	67.61	5	61.82	5	56.53
6	59.87	6	54.19	6	49.05
7	54.01	7	48.48	7	43.50

(continuación)Tabla 6. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 5min < 34 min.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" 					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
Tr: 5 años		Tr: 10 años		Tr: 15 años	
Tiempo	Itr	Tiempo	Itr	Tiempo	Itr
8	49.41	8	44.02	8	39.21
9	45.68	9	40.42	9	35.77
10	42.58	10	37.46	10	32.96
11	39.95	11	34.97	11	30.60
12	37.70	12	32.83	12	28.60
13	35.74	13	30.99	13	26.87
14	34.01	14	29.37	14	25.36
15	32.48	15	27.94	15	24.04
16	31.11	16	26.67	16	22.86

17	29.88	17	25.53	17	21.81
18	28.76	18	24.49	18	20.86
19	27.74	19	23.55	19	20.00
20	26.81	20	22.70	20	19.21
21	25.95	21	21.91	21	18.50
22	25.16	22	21.19	22	17.84
23	24.42	23	20.52	23	17.23
24	23.74	24	19.89	24	16.67
25	23.10	25	19.32	25	16.15
26	22.51	26	18.78	26	15.67
27	21.95	27	18.27	27	15.21
28	21.42	28	17.80	28	14.79
29	20.92	29	17.35	29	14.39

(continuación)Tabla 6. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 5min < 34 min.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Tr: 5 años	Tr: 10 años	Tr: 15 años

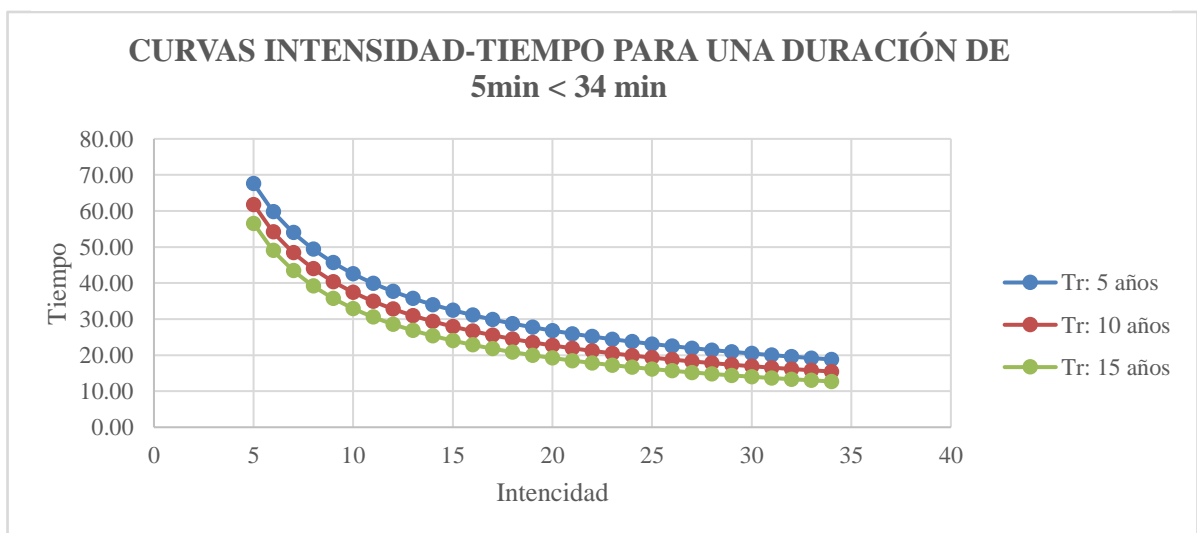
Tiempo	Itr	Tiempo	Itr	Tiempo	Itr
--------	-----	--------	-----	--------	-----

30	20.46	30	16.93	30	14.01
31	20.01	31	16.53	31	13.66
32	19.59	32	16.16	32	13.33
33	19.20	33	15.80	33	13.01
34	18.82	34	15.47	34	12.71

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: G, Pérez, J, Rodríguez. Apuntes de Hidrología Superficial.2009



Figura 2. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 5min < 34 min.





Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez,

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 7. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 34min < 1440 min.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" 					
Tr: 5 años		Tr: 10 años		Tr: 15 años	
Tiempo	Itr	Tiempo	Itr	Tiempo	Itr
34	14.58	34	10.67	34	7.81
50	9.68	50	6.85	50	4.84
100	4.64	100	3.09	100	2.05
150	3.01	150	1.93	150	1.24
200	2.22	200	1.39	200	0.87
250	1.75	250	1.08	250	0.66
300	1.44	300	0.87	300	0.53
350	1.23	350	0.73	350	0.43
400	1.06	400	0.63	400	0.37
450	0.94	450	0.55	450	0.32
500	0.84	500	0.48	500	0.28
550	0.76	550	0.43	550	0.25
600	0.69	600	0.39	600	0.22
650	0.64	650	0.36	650	0.20
700	0.59	700	0.33	700	0.18
750	0.55	750	0.30	750	0.17
800	0.51	800	0.28	800	0.16
850	0.48	850	0.26	850	0.14
900	0.45	900	0.25	900	0.13
950	0.42	950	0.23	950	0.13
1000	0.40	1000	0.22	1000	0.12
1050	0.38	1050	0.21	1050	0.11
1100	0.36	1100	0.20	1100	0.11
1150	0.35	1150	0.19	1150	0.10
1200	0.33	1200	0.18	1200	0.09
1250	0.32	1250	0.17	1250	0.09
1300	0.30	1300	0.16	1300	0.09

(continuación)Tabla 7. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 34min < 1440 min.

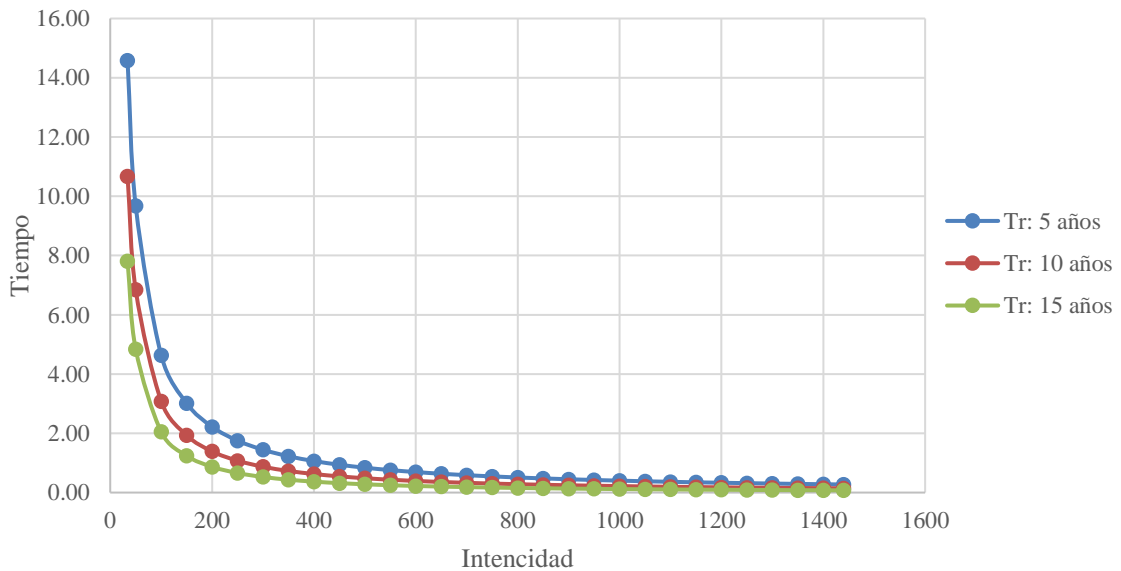
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
Tr: 5 años		Tr: 10 años		Tr: 15 años	
Tiempo	Itr	Tiempo	Itr	Tiempo	Itr
1350	0.29	1350	0.15	1350	0.08
1400	0.28	1400	0.15	1400	0.08
1440	0.27	1440	0.14	1440	0.08

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Análisis de lluvias intensas INHAMI.2009

Gráfico 2. Intensidad – Duración del código M-66 para la ciudad de Ambato para una duración de 34min < 1440 min.

CURVAS INTENSIDAD-TIEMPO PARA UNA DURACIÓN DE 34min < 1440 min



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

2.3.3 Duración de la lluvia

Es el tiempo desde el inicio de la precipitación hasta que la misma termina. Consideramos que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración, debido que el tiempo de concentración es cuando la escorrentía superficial alcanza su mayor valor ya que toda el área de drenaje se encuentra aportando [21].

2.3.4 Período de retorno

El periodo de retorno es la probabilidad de que un evento hidrológico se repita cada determinado tiempo puede ser en años dependiendo el tipo de obra se considerara un tiempo de retorno diferente como se muestra en la (Tabla 8).

Se aplica de acuerdo al tipo de la magnitud de la obra que se intente diseñar, es la frecuencia de recurrencia de lluvias de magnitud específica.

Tabla 8. Periodos de retorno para diferentes obras.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Obra	Periodo de retorno
Puentes	50 años
Alcantarillas	25 años
Obras menores	10 años
Cunetas	5 años

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: G, Pérez, J, Rodríguez. Apuntes de Hidrología Superficial.2009

2.3.5 Tiempo de concentración

Se define como el tiempo para que una gota de lluvia llegue desde el punto más lejano de la cuenca hasta la salida, punto de desagüe o de cierre de la cuenca se expresa en unidades de tiempo. A partir de ese momento el caudal de esorrentía es constante, se recomienda tomar el tiempo de duración de la lluvia igual al tiempo de concentración, considerando que en ese lapso se produce la mayor aportación de la cuenca al cauce. [19]

2.3.6 Precipitación máxima en 24 horas.

La precipitación máxima en 24 horas se obtendrá de los registros de las estaciones pluviométricas más cercana a la zona del proyecto, cuando no se disponen de tales datos se podría recurrir al mapa de isolíneas del INAHMI, en correlación con la zonificación con la que han sido determinadas las ecuaciones. [19]

2.3.7 Coeficiente de esorrentía.

El coeficiente de esorrentía forma la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios elementos: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendiente longitudinales y cobertura vegetal. [19]

2.3.8 Caudal de diseño.

El cálculo del caudal de diseño, para un periodo de retorno establecido, dependerá de la información hidrológica disponible, de la importancia de la estructura que se diseña y del servicio de drenaje que prestará. [22]

2.4 Método racional

Un método adecuado y ampliamente utilizado para estimar el caudal máximo en cuencas pequeñas, que no excedan a 400 Ha, es el denominado “Método Racional” que permite determinar el caudal en función de los datos de precipitación pluvial en el lugar, del área de la cuenca, de la topografía y del tipo de suelo.

El método se expresa por la (Ec. 2 – 3):

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad \text{Ec. 2 – 3}$$

-DONDE:

Q = El caudal máximo probable, en m³/seg.

c = El coeficiente de escorrentía, (Tabla 10).

I = La intensidad de la precipitación, en mm/h, para una duración igual al tiempo de concentración.

A = El área de la cuenca, en Ha.

El coeficiente de escurrimiento “C” se puede obtener o calcular en base a las tablas que presentamos a continuación, siendo cada una de aplicación separada:

Tabla 9. Factor de escurrimiento para el método racional, drenaje en cuenca según topografía, suelos, cobertura. Factores de Clasificación Valores de c' (*) [23]

Topografía:

Terreno plano, con pendiente de 0.15% 0.30 Terreno ondulado, con pendiente de 0.35%
0.20 Terreno accidentado, con pendiente de 4.00% 0.10

Suelos:

Arcilloso - firme 0.10 Arcilloso - arenoso 0.20 Arcilloso – arenoso suelto 0.40

Cobertura:

Terrenos cultivados 0.10 Bosques 0.20 (*) El coeficiente de escurrimiento “C” se obtiene restando de la unidad las sumas de los c' para cada uno de los 3 factores.



Tabla 9. Factor de escurrimiento para el método racional, drenaje en cuenca según topografía, suelos, cobertura.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" 		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
Factores De Clasificación		Valores de c
Topografía	Terreno plano, con pendiente de 0.15 %	0.30
	Terreno ondulado, con pendiente de 0.35 %	0.20
	Terreno accidentado, con pendiente de 4.00 %	0.10
Suelos	Arcilloso –firme	0.10
	Arcilloso -arenoso	0.20
	Arcilloso -arenoso suelto	0.40
Cobertura	Terrenos cultivados	0.10
	Bosques	0.20

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: G, Pérez, J, Rodríguez. Apuntes de Hidrología Superficial.2009

Tabla 10. Factor de escurrimiento para el método racional, drenaje en cuenca según topografía.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
Topografía	Descripción de tipo de suelos o tipo de SCS	Cobertura Vegetal	Coefficiente "C"
Llana	Arcilloso firme impenetrable (D)	Cultivo	0.5
		Bosque	0.4
	Arcilla arenoso firme (C y B)	Cultivo	0.4
		Bosque	0.3
	Arcilla arenosa abierto (A)	Cultivo	0.2
		Bosque	0.1
Llana	Arcilloso firme impenetrable (D)	Cultivo	0.6
		Bosque	0.5
	Arcilla arenoso firme (C y B)	Cultivo	0.5
		Bosque	0.4
	Arcilla arenosa abierto (A)	Cultivo	0.3
		Bosque	0.2
Llana	Arcilloso firme impenetrable (D)	Cultivo	0.7
		Bosque	0.6
	Arcilla arenoso firme (C y B)	Cultivo	0.6
		Bosque	0.5
	Arcilla arenosa abierto (A)	Cultivo	0.4
		Bosque	0.3

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: G, Pérez, J, Rodríguez. Apuntes de Hidrología Superficial.2009

Tabla 11. Factor de escurrimiento, drenaje urbano.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" 	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
SEGÚN EL TIPO DE SUPERFICIE	
TIPO DE SUPERFICIE	VALOR DE "C"
CUBIERTAS METALICAS O TEJAS VIDRIADAS	0.95
CUBIERTA CON TEJA ORDINARIA O IMPERMEABILIZADA	0.9
PAVIMENTOS ASFALTICOS EN BUENAS CONDICIONES	0.85-0.90
PAVIMENTOS DE HORMIGON	0.80-0.85
ADOQUINADOS	0.75-0.85
EMPEDRADOS	0.4-0.5
LASTRADOS	0.25-0.6
SUPERFICIES DE TIERRA	0.10-0.30
PARQUES Y JARDINES	0.05-0.25

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: D, Moya. Apuntes de Abastecimiento de Agua Potable.2016

Tabla 12. Factor de escurrimiento, drenaje urbano según zona.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" 	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
SEGÚN LA ZONA	
Tipo de zona	Valor de "C"
Zonas comerciales o densamente pobladas	0.7-0.9
Zonas adyacentes a las anteriores	0.5-0.7
Zonas residenciales con casas separadas	0.25-0.50
Zonas suburbanas no desarrolladas totalmente	0.11-0.25

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: D, Moya. Apuntes de Abastecimiento de Agua Potable.2016

2.5 ANÁLISIS DIMENSIONAL Y SIMILITUD, DISEÑO HIDRÁULICO

2.5.1 Análisis dimensional

El análisis dimensional permite simplificar el estudio de cualquier fenómeno en el que estén involucradas muchas magnitudes físicas en forma de variables independientes.

Su resultado nos ha permitido cambiar el conjunto original de parámetros de entrada dimensionales de un problema físico por otro conjunto de parámetros de entrada adimensionales más reducido para la obtención de los parámetros adimensionales se realiza combinaciones adecuadas, de este modo, al obtener uno de estos conjuntos de tamaño mínimo se consigue.

- Analizar con mayor facilidad el sistema objeto de estudio
- Reducir drásticamente el número de ensayos que debe realizarse para averiguar el comportamiento o respuesta del sistema.

Los ensayos con modelos a escala reducida utilizan como base el análisis dimensional a partir de dichos ensayos se obtiene información sobre lo que ocurre en el fenómeno a escala real cuando existe semejanza física entre el fenómeno real y el ensayo, gracias a que los resultados obtenidos en un modelo a escala son válidos para el prototipo a tamaño real si los números adimensionales que se toman como variables independientes para la experimentación tienen el mismo valor en el modelo y en el prototipo real. Así, para este tipo de cálculos, se utilizan ecuaciones dimensionales, que son expresiones algebraicas que tienen como variables a las unidades fundamentales y derivadas, las cuales se usan para demostrar fórmulas, equivalencias o para dar unidades a una respuesta.

Con este fin se comprueba la congruencia de las unidades empleadas en los cálculos, prestando especial atención a las unidades de los resultados [21].

2.5.2 Modelo

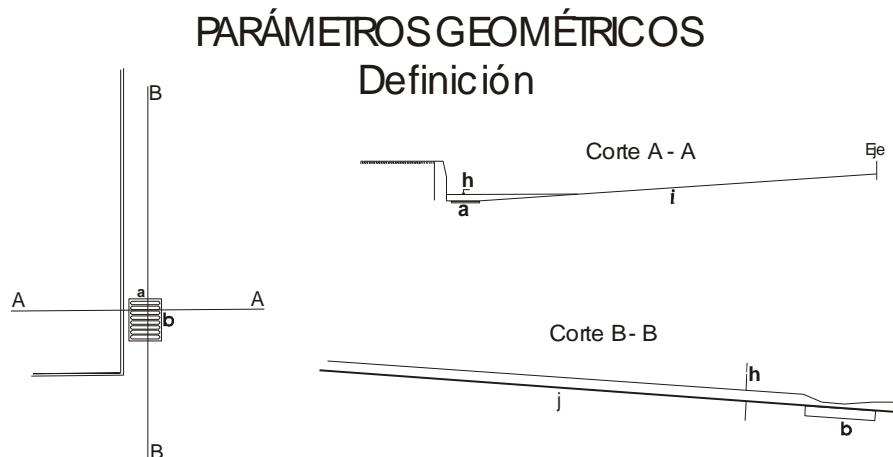
“En hidráulica, el término modelo corresponde a un sistema que simula un objeto real llamado prototipo, mediante la entrada de cierta información se procesa y se presenta adecuada para emplearse en el diseño y operación de obras de ingeniería civil. Un modelo físico a escala reducida es una representación a escala del objeto real o prototipo, y cumple ciertas condiciones matemáticas definidas” [24].

Tenemos dos tipos de modelos:

- Físicos: maquetas, prototipos, modelos
- Matemáticos: Ecuaciones

El empleo de parámetros adimensionales en el estudio de un fenómeno ayuda a comprender de mejor manera general el fenómeno en cuestión, de acuerdo con la (Figura 3) se tiene:

Figura 3. Corte general de la Vía Urbana con bombeo de 2% y 4%.



Realizó: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: F, Pazmiño. L, Amoroso. Determinación de Ábacos Para Diseño de Sumideros Tipo en Vías Urbanas.2003

Los parámetros a continuación descritos fueron utilizados en el presente proyecto de investigación.

Parámetros Geométricos:

Ancho del sumidero	a (L)
Longitud del sumidero	b (L)
Altura de agua antes del sumidero	h (L)
Pendiente longitudinal	j
Pendiente transversal	i

Parámetros del fluido:

Viscosidad del fluido	μ (M L ⁻¹ T ⁻¹) Ec. 2 – 4
Tensión superficial	σ (M T ⁻²) Ec. 2 – 5
Densidad del fluido	δ (M L ⁻³) Ec. 2 – 6
Elasticidad	E (M L ⁻¹ T ⁻²) Ec. 2 – 7
Fuerzas Internas	ΔP (M L ⁻¹ T ⁻²) Ec. 2 – 8

Parámetros del flujo:

Caudal captado	Q_c (L ³ T ⁻¹) Ec. 2 – 9
Velocidad	V (L T ⁻¹) Ec. 2 – 10
Aceleración de la gravedad	g (L T ⁻²) Ec. 2 – 11

Donde:

M= masa

L= longitud

T=tiempo

El fenómeno del flujo para un drenaje en la vía urbana se puede expresar de la siguiente manera:

$$f(a, b, h, j, i, \mu, \sigma, \delta, E, \Delta P, Q_c, V, g) = 0 \text{ Ec. 2 – 11}$$

Analizando cada uno de los grupos adimensionales, se tiene:

Re (Número de Reynolds). Se define como la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas. El número de Reynolds es utilizado frecuentemente como el criterio de semejanza en la prueba de modelos de naves aéreas, cuerpos sumergidos en un flujo, medidores de gasto, transiciones en conductos, en los cuales las características de flujo están sujetas a efectos viscosos, razón por la que no interviene en la presente investigación. [25]

$$Re = \frac{hV}{\nu} = \frac{\text{fuerzas de inercia}}{\text{fuerzas viscosas}} \quad \text{Ec. 2 - 12}$$

Donde:

hV = Fuerza de inercia

ν = fuerza viscosas

Fr (Número de Froude). Está definido por la relación entre las fuerzas de inercia y las de gravedad y se expresa en fórmula de la siguiente manera [25]:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g h}} = \frac{\text{fuerzas de inercia}}{\text{fuerzas de gravedad}} \quad \text{Ec. 2 - 13}$$

Donde:

V = Fuerza de inercia

h = altura

g = gravedad

El Froude es un parámetro que indica si el flujo es supercrítico o subcrítico, dependiendo si su valor es mayor o menor que la unidad respectivamente. El factor $\sqrt{g h}$, representa la velocidad de una onda elemental superficial en el fluido en reposo (V'), y si V es mayor que V' , $Fr > 1$, se tiene un flujo supercrítico y si $Fr < 1$ se tiene flujo subcrítico. El número de Froude tiene importancia en flujos con velocidades grandes que ocurren por acción exclusiva de la gravedad, como es el caso de flujo turbulento a superficie libre, donde los efectos viscosos son despreciables. A medida que crece el número de Froude es

mayor la reacción inercial de cualquier fuerza y cuando este disminuye mayor es el efecto de la fuerza gravitacional. Por lo señalado se determina que el número de Froude gobierna el fenómeno en esta investigación [25].

2.5.3 Tipos de flujos

Se llama flujos laminares, al movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado y suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria llamada línea de corriente. Reynolds predijo si un flujo es laminar o turbulento a través de un parámetro adimensional: el n° de Reynolds, que representa la relación entre la viscosidad y la inercia en el movimiento de un fluido [25].

$$Re = v_s \times D / \nu_c$$

ν_c = Viscosidad cinemática

v_s = Velocidad característica del fluido

D = Diámetro de la sección por la que circula el fluido

Cuando:

Re < 2000 Flujo Laminar: Las fuerzas viscosas son proporcionalmente más fuertes que las fuerzas de inercia. Las partículas tienden a moverse en líneas de corriente.

Re > 4000 Flujo turbulento: Las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia. Las partículas se mueven en recorridos irregulares.

2000 < Re < 4000: Flujo transicional (no puede ser modelado [25]).

2.5.4 Similitud

El tema de investigación aplicado en esta tesis pretende desarrollar un modelo hidráulico que permita analizar controlar o modificar diseños de estructuras hidráulicas, tomando en cuenta que los usos de modelos físicos han permitido experimentar proyectos con costos reducidos, combinando el análisis matemático con la verificación experimental.

En los trabajos experimentales, es común tener que realizar experimentos con objetos de grandes dimensiones, demasiado grandes para que la prueba se pueda llevar a cabo a un costo razonable.

También hay flujos de interés en los que intervienen dimensiones más bien pequeñas, como el flujo alrededor de un álabe de turbina, el flujo en un tubo capilar, el flujo alrededor de un microorganismo, el flujo a través de una válvula de control pequeña y el flujo alrededor y en el interior de una gotita que cae. Estos flujos requerirían un modelo más grande que el prototipo, a fin de poder hacer observaciones con un grado de exactitud aceptable. [26]

2.5.5 Modelo físico

Es la simulación física de un fenómeno hidráulico, que ocurre en relación con una obra de ingeniería, en un sistema semejante simplificado que permite observarlo y controlarlo con facilidad, además confirmar la validez del diseño de la obra, optimizarla o tomar nota de los efectos colaterales, que deberán ser considerados durante la operación de la misma. Según las características propias de los modelos se pueden clasificar en:

Clasificación respecto de la semejanza geométrica con el prototipo:

Modelos geoméricamente semejantes: son aquellos en los que se conserva la semejanza de todas las variables geométricas. Existe un único factor de reducción o amplificación,

llamado escala, de todas las magnitudes geométricas y las que se derivan de ellas, además de la igualdad de ángulos correspondientes entre el modelo y el prototipo. Dentro de estos tenemos: modelos de desarenadores, bocatomas, canales. etc.

Dentro de estos tenemos: modelos de desarenadores, desgravadores, bocatomas, canales. etc.

Modelos geoméricamente distorsionados: se conserva la semejanza con el prototipo, pero los factores a usar de reducción o ampliación son distintos para diferentes dimensiones del mismo. Es frecuente que las dimensiones horizontales tengan una escala o factor y las dimensiones verticales, otras.

El uso de distorsiones resulta, muchas veces, necesario cuando el factor único produce una reducción demasiado grande en las dimensiones verticales, lo cual originaría efectos significativos en fuerzas que en el modelo son despreciables o inexistentes en el prototipo. Este tipo de modelos es usual en estructuras marítimas. [26]

2.5.6 Modelos matemáticos

Son aquellos en la que se hace uso de las ecuaciones o expresiones matemáticas que definen de una manera simplificada el fenómeno en estudio que ocurre en el prototipo.

Son tres los modelos matemáticos:

- Modelos determinísticos: Los procesos físicos involucrados se expresan a través de relaciones funcionales determinísticas en los que no se considera la probabilidad de ocurrencia del fenómeno.
- Modelos estocásticos: Los procesos físicos se representan haciendo uso de variables aleatorias, probabilísticas que involucran el fenómeno en estudio.
- Modelos de simulación numérica: son modelos en los que se emplea, principalmente, ecuaciones diferenciales y condiciones iniciales de borde, que son resueltos utilizando técnicas de análisis numérico, tales como métodos de diferencias finitas y elementos finitos.

Los métodos de diferencias finitas son capaces de simular algunos procesos que son imposibles de resolver con el simple cálculo. Ambos métodos resuelven las ecuaciones que tienen dominio continuo mediante la solución en un número finito de puntos discretos en dicho dominio, llamados nodos.

Este método es esencialmente útil y versátil para acomodar geometrías complejas, permitiendo acomodar el tamaño y forma de los elementos a las necesidades de modelación.

Por lo general, los modelos físicos son deseables para investigar configuraciones locales del flujo; mientras que, por lo general, los modelos numéricos son deseables para simular procesos de flujo a gran escala. [26]

2.5.7 Importancia y uso de modelos físicos en una investigación

Los modelos físicos se utilizan normalmente como una herramienta técnica de apoyo al diseño de estructuras hidráulicas y en general a la ingeniería hidráulica, cuando éstos involucran fenómenos complejos o desconocidos para los cuales no hay una teoría y solución aceptadas, como son los fenómenos de turbulencia y la dificultad que imponen los contornos reales tridimensionales caprichosos, tal es el caso de un río. [26]

2.5.8 Bases teóricas de modelación física

Las similitudes junto con el análisis dimensional constituyen la base teórica de la modelación física. El análisis dimensional es una técnica que ha probado ser muy útil para reducir al mínimo el número de experimentos requerido. Aunque no produce soluciones analíticas de los problemas, proporciona información acerca de la forma de las relaciones que guardan entre sí las variables pertinentes, y sugiere el modo más efectivo de agrupar estas variables entre sí, dando lugar a las leyes de semejanza. En relación cercana al análisis dimensional, se encuentra el concepto de similitud que es la condición por la cual

las variables características, en el modelo y en el prototipo, guardan perfecta correspondencia; gracias a ellas las observaciones efectuadas en el modelo pueden ser utilizadas para predecir el comportamiento del prototipo y viceversa. [26]

2.5.9 Aplicación de las leyes de semejanza al diseño de modelos físicos

Efectivamente la experimentación en modelos hidráulicos está basada en la aplicación de un conjunto de relaciones conocidas con el nombre de leyes de semejanza, las cuales se han derivado del análisis dimensional y expresan las relaciones entre los distintos parámetros que gobiernan el comportamiento de un fluido.

Debido a razones prácticas no se puede asegurar una similitud mecánica total tanto en el modelo como en su prototipo.

El conjunto de leyes de semejanza que aseguran esta similitud no podrá ser aplicado a los fines de diseño de los modelos por resultar incompatibles. El hecho de que normalmente se use el mismo fluido (agua) en el modelo y en el prototipo ya impide lograr una semejanza hidráulica completa. Por ejemplo, si se exige que un modelo cumpla simultáneamente las condiciones de semejanza de Reynolds $Re_r = 1$ y de Froude $Fr = 1$, dado que $\mu_r = 1$ y $g_r = 1$. La escala de velocidades resultaría: [26]

$$\frac{\rho V_p L_p}{\mu_p} = \frac{\rho V_M L_M}{\mu_M} \quad \text{Ec. 2 - 14}$$

Reynolds:

$$= \frac{L_M}{L_P} = L^{-1} r \quad \text{Ec. 2 - 15}$$

$$\frac{V_p}{\sqrt{g_p L_p}} = \frac{V_\mu}{\sqrt{g_M L_M}} \quad \text{Ec. 2 - 16}$$

Froude:

$$\frac{V_p}{V_m} = \frac{\sqrt{L_p}}{\sqrt{L_M}} = L^{-1/2} r \quad \text{Ec. 2 - 17}$$

Donde:

ρ = es la densidad del fluido

V=es la velocidad del flujo

L=longitud característica

μ =es el valor de la viscosidad

Lr=es la relación de longitudes

g =es la gravedad.

2.5.10 Principios de similitud en modelos físicos

Para asegurar que el modelo represente adecuadamente al prototipo, es necesario que aquel sea mecánicamente similar con éste, es decir, exista similitud geométrica, cinemática y dinámica, además de las similitudes relacionadas con los sedimentos.

2.5.10.1 Similitud geométrica

Esta similitud es independiente de la clase de movimiento y contempla sólo similitud en la forma. La propiedad característica de los sistemas geoméricamente similares, ya sea figuras planas, cuerpos sólidos o modelos de flujo, es que la relación de cualquier longitud en el modelo con respecto a la longitud correspondiente en el prototipo, es en todas partes igual. Esta relación se conoce como factor de escala y puede expresarse como sigue:

$$Lr = \frac{LM}{LP} \quad \text{Ec. 2 - 18}$$

Donde:

LM= Dimensión lineal en el modelo

Lp= Dimensión lineal en el prototipo

Lr= Factor de Escala

Relación de Áreas:

$$A_r = \left(\frac{L_M}{L_p}\right)^2 = L_r^2 \quad \text{Ec. 2 - 19}$$

Donde:

LM= Dimensión lineal en el modelo

Lp= Dimensión lineal en el prototipo

Lr= Factor de Escala

Ar= Relación de Áreas

Relación de Volúmenes:

$$V_r = \left(\frac{L_M}{L_p}\right)^3 = L_r^3 \quad \text{Ec. 2 - 20}$$

Donde:

LM= Dimensión lineal en el modelo

Lp= Dimensión lineal en el prototipo

Lr= Factor de Escala

Vr= Relación de volúmenes

La similitud geométrica es quizá el requisito más obvio en un sistema modelo proyectado para corresponder a un sistema prototipo dado. Sin embargo, la similitud geométrica perfecta no siempre es fácil de obtener. No sólo debería ser la forma general del modelo geoméricamente similar a la del prototipo, sino que también deberían ser geoméricamente similares las inevitables rugosidades de la superficie. En un modelo pequeño la rugosidad superficial podría no ser reducida de acuerdo con el factor de escala a menos que las superficies del modelo se pudieran hacer mucho más pulidas que las del prototipo. Y, por ejemplo, en el estudio del movimiento de los sedimentos en los ríos, un modelo pequeño requeriría de acuerdo con el factor de escala el uso para representar la

arena, de un polvo de finura imposible de obtener. Si por cualquier razón el factor de escala no es igual en todas partes, resulta un modelo distorsionado, tal como ya se explicó anteriormente.

Por ejemplo, un prototipo y su modelo pueden tener la misma conformación general, que es geoméricamente similar, pero tener acabados superficiales que no lo son. En el caso de prototipos muy grandes, tales como ríos, el tamaño del modelo se limitará con probabilidad por el espacio que se dispone; pero si el factor de escala utilizado para reducir las longitudes horizontales se usa también para reducir las longitudes verticales, el resultado puede ser una corriente de tan poca profundidad que la tensión superficial produzca un efecto considerable y, además, el flujo puede ser laminar en lugar de turbulento. En este caso puede ser inevitable un modelo distorsionado. Naturalmente, el grado hasta el cual debe buscarse la similitud geométrica perfecta depende del problema bajo investigación, y de la precisión requerida en la solución. [26]

2.5.10.2 Similitud cinemática

La similitud cinemática implica similitud en el movimiento. Esto implica similitud de longitud (esto es similitud geométrica) y en adición similitud de intervalos de tiempo. Entonces, ya que las longitudes correspondientes se encuentran en una relación fija, las velocidades de las partículas correspondientes deben estar en una relación fija de magnitudes de tiempos correspondientes. Si la relación de longitudes correspondiente es L_r y la relación de intervalos de tiempo correspondiente es T_r , entonces las magnitudes de las velocidades correspondientes están en la relación:

$$V_r = \frac{L_r}{T_r} \quad \text{Ec. 2 - 21}$$

Donde:

V_r = Relación de la velocidad

L_r = Relación de longitudes

T_r = Relación de tiempo

2.5.10.3 Similitud dinámica

La similitud dinámica entre dos sistemas geométrica y cinemática mente similares, requiere que la razón de todas las fuerzas homólogas (incluyendo la fuerza de inercia) en los dos sistemas sea la misma. La segunda ley de Newton puede escribirse como sigue:

$$M \cdot a = \sum F \quad \text{Ec. 2 - 22}$$

$$M \cdot a = F_p + F_g + F_v + F_t + F_e \quad \text{Ec. 2 - 23}$$

Donde:

M= masa

a= aceleración

Si se opta por realizar estudios con modelos, es necesario contar con un mecanismo para predecir una cantidad en el prototipo con base en una cantidad correspondiente medida en un modelo. Podemos desarrollar tal mecanismo si existe similitud dinámica entre el modelo y el prototipo; es decir, si las fuerzas que actúan sobre masas correspondientes en el flujo modelo y el flujo prototipo mantienen la misma proporción en todos los puntos de campo de flujo. Supongamos que están presentes fuerzas de presión, inerciales, viscosas y de gravedad; entonces, la similitud dinámica exige que, en puntos correspondientes de los campos de flujo,

$$\frac{(f_l)_m}{(f_l)_y} = \frac{(f_y)_m}{(f_y)_y} = \frac{(f_\mu)_m}{(f_\mu)_y} = \frac{(f_g)_m}{(f_g)_y} = \text{constante de} \quad \text{Ec. 2 - 24}$$

Donde:

m = modelo

y = prototipo

Si las fuerzas que mencionamos son las únicas presentes, podemos escribir

$$fI = f(F_p, F_\mu, F_g) \quad \text{Ec. 2 - 25}$$

Donde:

F_p = fuerza de presión

F_μ = fuerzas de rozamiento

F_g = fuerzas gravitatorias

Puesto que sólo hay una dimensión básica, es decir, la fuerza, el análisis dimensional nos permite escribir la ecuación anterior en términos de cocientes de fuerzas, o sea,

$$E = f(R, F) \quad \text{Ec. 2 - 26}$$

Donde:

E = el número de Euler,

R = el número de Reynolds

F = el número de Froude.

Así, podríamos concluir que, si el número de Reynolds y el de Froude son iguales en el modelo y en el prototipo, el número de Euler también debe ser el mismo. De este modo, se garantiza la similitud dinámica entre el modelo y el prototipo igualando el número de Reynolds y el número de Froude del modelo a los del prototipo, respectivamente. Si incluyéramos aquí fuerzas de compresibilidad, el análisis anterior daría lugar a la inclusión del número de Mach (M). [26]

Podemos escribir la relación de fuerzas inerciales así:

$$\frac{(FI)_m}{(FI)_y} = \frac{a_m m_m}{a_y m_y} \quad \text{Ec. 2 - 27}$$

Donde:

FI= similitud dinámica

a_m = aceleración del modelo

m_m =masa del modelo

a_y =aceleración del prototipo

m_y =masa del prototipo

Lo que indica que la relación de aceleraciones entre puntos correspondientes del modelo y el prototipo es una constante siempre que la relación de masas de los elementos de fluido correspondientes sea también constante. Podemos escribir la relación de aceleraciones así:

$$\frac{a_m}{a_y} = \frac{V^2_m/l_m}{V^2_y/l_y} \text{ Ec. 2 - 28}$$

Donde:

l_m = longitud modelo

l_y = longitud prototipo

V_y =velocidad prototipo

V_m =velocidad modelo

Lo que muestra que la relación de velocidades entre puntos correspondientes es un constante, siempre que la relación de longitudes sea también constante. La constancia de la relación de velocidades entre todos los puntos correspondientes de los campos de flujo es la expresión de la similitud cinemática. El resultado de esta condición es que el patrón de líneas de corriente alrededor del modelo es el mismo que alrededor excepto por un factor de escala. La constancia de la relación de longitudes (puntos correspondientes de los campos de flujo es el requisito de similitud geométrica que exige que el modelo tenga la misma forma que el prototipo. Por tanto, para asegurar una similitud completa entre el modelo y el prototipo exigimos que:

- Se satisfaga la similitud geométrica
- La relación de masas de los elementos de fluido correspondientes sea constante
- Los parámetros adimensionales tales como F, R, E, M sean iguales.

2.5.11 Efectos de Escala

Al no darse las condiciones de completa semejanza mecánica, pueden aparecer “efectos de escala” en los modelos donde en razón de la magnitud de la transformación adoptada existen fuerzas que cobran importancia, fundamentalmente, las fuerzas moleculares que son, por lo general, insignificantes en el prototipo y que, en cambio, por el reducido tamaño del modelo se hacen relevantes los fenómenos observados en éste. Tales fuerzas se asocian, principalmente, con las fuerzas capilares derivadas de la tensión superficial y con las fuerzas viscosas o de fricción interna. Es por ello, que en el diseño del modelo se deben considerar ciertos límites para evitar o minimizar estos efectos de escala.

– En los modelos a semejanza de Froude: Los efectos de capilaridad se hacen despreciables cuando la carga en vertederos de pared delgada o napas vertientes a través de aberturas es mayor de 6 cm ($h \geq 6$ cm), así mismo la longitud de ondas de superficie debe ser $L \geq 1,7$ cm. Para que se produzcan ondas de gravedad, la velocidad de la corriente en superficie libre debe ser $V \geq 23$ cm/s.

La profundidad del escurrimiento debe ser $h \geq 1,5$ cm. Los fenómenos de cavitación, efectos de viscosidad y la tensión superficial se eliminan, si tanto el número de Weber y el número de Reynolds son suficientemente grandes.

– El régimen de escurrimiento en el modelo y prototipo debe ser el mismo: laminar o turbulento. El límite de régimen laminar $RED = 2000$ a 2300 , basado en el diámetro de la tubería o bien, $RER = 500$ a 580 , basado en el radio hidráulico, permite asegurar que en el modelo no se establezca este tipo de régimen cuando en el prototipo se tiene régimen turbulento.

- El régimen turbulento que puede ser hidrodinámicamente liso, rugoso o en transición lisa-rugosa, debe conservarse en el modelo, reproduciéndose así las características del prototipo.
- Para la modelación de arrastre de fondo, debe garantizarse que las partículas granulares del prototipo, al ser reproducidas en modelo, no sean tan pequeñas que pasen a ser cohesivas. Adicionalmente debe asegurarse la independencia respecto del número de Reynolds del grano, para así lograr que la escala de diámetros relativos del grano, sea simplemente la geométrica ($d_r = L_r$)
- Cuando se utilizan modelos distorsionados, o los modelos cambian la pendiente con relación a la del prototipo, o usan sedimento de distinta densidad, es posible preservar la similitud dinámica, aunque se abandone la similitud geométrica. Estas recomendaciones no pueden ser siempre observadas, por lo que ciertos resultados del modelo pierden sus cualidades cuantitativas y sólo pueden usarse como referencias cualitativas del comportamiento del prototipo. [26]

2.5.12 Calibración

Para que el modelo en estudio refleje las cualidades del prototipo que se trata de reproducir, es necesario verificar si es efectivamente capaz de reproducirlas o si es necesario efectuar cambios para superar todo aquello que discrepe con la realidad.

Estos pasos son esenciales antes de empezar cualquier investigación.

La calibración, generalmente, consiste en adecuar las condiciones y características físicas e hidráulicas, como la rugosidad del lecho, la descarga y los niveles de agua, con las del prototipo.

En modelos de cauces naturales, generalmente, la calibración consiste en un proceso iterativo en el cual se modifica la rugosidad del cauce hasta hacer equivalentes las curvas tirante-caudal del modelo con las del prototipo, en secciones de medición establecidas de antemano en el prototipo. [4]

2.5.12.1 Análisis Teórico De Similitudes

En la investigación con modelos se descubren dos metas que son:

- Reducir el número de variables, que se lo resuelve efectuando el análisis dimensional previo del fenómeno para determinar la o las variables de las cuales depende el problema planteado.
- Predecir el comportamiento del prototipo a partir de los resultados obtenidos experimentalmente en un modelo a escala.

El análisis teórico de similitudes que se plantea para la presente investigación se resuelve de la siguiente manera:

a) El modelo debe ser geoméricamente semejante al prototipo, lo que determina que las dimensiones geométricas cumplen las siguientes relaciones:

$$\text{Longitudes} \quad L_e = \frac{L_p}{L_m} \quad \text{Ec. 2 - 29}$$

$$\text{Áreas} \quad A_e = L_e^2 \quad \text{Ec. 2 - 30}$$

$$\text{Volúmenes} \quad V_e = L_e^3 \quad \text{Ec. 2 - 31}$$

Donde:

L_e = es la escala geométrica del prototipo con relación al modelo.

b) El modelo debe ser dinámicamente semejante, lo que implica que los flujos o líneas de corriente han de ser semejantes.

En flujos a cielo abierto como es el caso de la presente investigación, las fuerzas que controlan el comportamiento del flujo son las derivadas por la acción de la gravedad, es decir que el movimiento se verifica por acción de su peso propio y por las fuerzas cinéticas

o de inercia. Las fuerzas de gravedad son significativas, lográndose que el adimensional Froude (Fr) sea importantísimo en este fenómeno, consecuentemente para cumplir la condición de similitud entre modelo y prototipo debe verificarse que Froude en modelo debe ser igual al Froude en prototipo. [4]

$$\frac{Fr_p}{Fr_m} = 1 = \frac{v_e}{\sqrt{g_e L_e}} \quad \text{Ec. 2 - 32}$$

Donde:

Fr_p = número de Froude del modelo

Fr_m =número de Froude del modelo

Siendo el factor de escala $g_e = 1$ para modelo y prototipo se tiene:

$$v_e = (g_e L_e)^{1/2} = L_e^{1/2} \quad \text{Ec. 2 - 33}$$

Donde:

L_e =longitud modelo

g_e = factor de escala

La escala de caudales será:

$$Q_e = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{A_p v_p}{A_m v_m} = \frac{A_p}{A_m} \frac{v_p}{v_m} = L_e^2 L_e^{1/2} = L_e^{5/2} \quad \text{Ec. 2 - 34}$$

Donde:

Q = relación de caudales

A =relación de áreas

V =relación de velocidades

Siguiendo procedimientos análogos a los anteriores se determina las siguientes relaciones de escala para las diferentes magnitudes que se utilizará en la investigación (Tabla 13):

Tabla 13. Relación de escala de acuerdo a la magnitud.

MAGNITUD	Longitud	Área	Volumen	Tiempo	Velocidad	Aceleración	Caudal	Rugosidad
RELACIÓN DE ESCALA	L_e	L_e^2	L_e^3	$L_e^{1/2}$	$L_e^{1/2}$	1	$L_e^{5/2}$	$L_e^{1/6}$

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: F, Pazmiño. L, Amoroso. Determinación de Ábacos Para Diseño de Sumideros Tipo en Vías Urbanas.2003

2.6 HIPÓTESIS

2.6.1 Hipótesis alternativa (H1)

La pendiente longitudinal, transversal y caudal pluvial no influye directamente en la eficiencia de captación de los sumideros.

2.6.2 Hipótesis nula (H0)

La pendiente longitudinal, transversal y caudal pluvial influye directamente en la eficiencia de captación de los sumideros.

2.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.7.1 Variable independiente:

- Geometría de la vía
- Caudal pluvial-Escorrentamiento superficial
- Numero de Froude

2.7.2 Variable dependiente:

Eficiencia sumideros

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está desarrollada bajo los niveles de investigación: aplicada, investigación de laboratorio.

Investigación de laboratorio

Para realizar la presente tesis se desarrollará la Investigación de Laboratorio el cual se encuentra especialmente equipado con diversos instrumentos y elementos de medida, en orden a satisfacer las demandas y necesidades de experimentos o investigaciones diversas, esta modalidad de investigación se realizará en un ambiente controlado, en este caso la recolección de información para desarrollar la presente tesis se realizará en el laboratorio de hidráulica, se trabajará con un prototipo a escala que simulara la calzada, el canal hidráulico se encargara de dar el caudal con recirculación de agua y diferentes pendientes longitudinales, transversales se realizarán las aforaciones de los sumideros en diferentes escenarios para obtener el porcentaje de eficiencia en los sumideros. Todo lo descrito se

realizará siguiente lo dispuesto en las respectivas normas MTOP (Ministerio de transporte y obras públicas) y manuales de diseño hidráulico.

3.1.1.1 La experimentación:

En el presente tema de investigación se ha desarrollado un procedimiento activo que provoca el fenómeno, modifica los hechos para estudiarlos en circunstancias en que naturalmente no se presentan.

Investigación aplicada

Este proyecto de tesis bajo esta modalidad de investigación buscara dar solución a los problemas a algún sector de la sociedad con los resultados obtenidos. En este caso por objetivo del presente trabajo, la investigación será del tipo aplicada, ya que se busca obtener resultados que permitan aplicar a ciertos sectores con topografías irregulares y problemáticas uno de los diferentes escenarios propuestos con los sumideros como solución a problemas de drenaje de aguas lluvias en la calzada.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

La población la conforma el conjunto de combinaciones propuestas para la calzada tanto en porcentaje longitudinal como transversal dando 36 escenarios.

Tabla 14. Número de combinaciones con diferentes pendientes del estudio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
CUADRO DE COMBINACIONES		
Pendiente Transversal	Pendiente Longitudinal	Combinaciones
1.5%	3%	(1.5,2,2.5,4)-(3)
	4%	(1.5,2,2.5,4)-(4)
2%	5%	(1.5,2,2.5,4)-(5)
	6%	(1.5,2,2.5,4)-(6)
2.5%	7%	(1.5,2,2.5,4)-(7)
	8%	(1.5,2,2.5,4)-(8)
4%	9%	(1.5,2,2.5,4)-(9)
	10%	(1.5,2,2.5,4)-(10)
	12%	(1.5,2,2.5,4)-(12)
Total : 36		

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: F, Pazmiño. L, Amoroso. Determinación de Ábacos Para Diseño de Sumideros Tipo en Vías Urbanas.2003

3.2.2 Muestra

Para el presente trabajo experimental se analizará y estudiará 8 combinaciones tomadas de las 36 descritas en la Tabla 14.

Tabla 15. Número de combinaciones analizadas.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
CUADRO DE COMBINACIONES		
Pendiente Transversal	Pendiente Longitudinal	Combinaciones
2%	0.5%	2-0.5
	4%	2-4
	8%	2-8
	12%	2-12
4%	0.5%	4-0.5
	4%	4-4
	8%	4-8
	12%	4-12
TOTAL		8

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.



3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Operacionalización de variable independiente


- Geometría de la vía
- Caudal pluvial-Escurrimiento superficial

- Numero de Froude

Tabla 16. Operacionalización de Variable independiente..

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
Variable independiente	Conceptualización	Indicadores	Items	Técnicas e instrumentos
Geometría de la via	Son las características de la carretera como ancho, largo y pendientes tanto longitudinal como transversal	Porcentaje de pendiente longitudinal y transversal	¿Cuál es el porcentaje de pendiente longitudinal y transversal?	- Experimental - Bibliográfica
		Dimensiones de la calzada	¿Cuáles son las dimensiones de la calzada ?	- Bibliográfica
Caudal pluvial- Escorrimento superficial	La redes de evacuación de aguas pluviales son una infraestructura que tiene por objeto: Evitar inundaciones transportando el agua generada por un aguacero o proceso de lluvia, desde la urbanización al cauce o colector receptor (punto de vertido).	Caudal pluvial	¿Cuál es el porcentaje de caudal pluvial captado?	- Experimental - Bibliográfica
		Escorrimento Superficial	¿Cuál es el porcentaje de caudal de escorrimento superficial?	- Experimental - Bibliográfica

(Continuación)Tabla 16. Operacionalización de Variable independiente

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
Variable independiente	Conceptualización	Indicadores	Items	Técnicas e instrumentos
Número de Froude	Es un numero adimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido.	Numero de Froude	¿Cuál es el número de Froude?	- Experimental - Bibliográfica

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

3.3.2 Operacionalización de variable dependiente

Eficiencia sumideros

Tabla 17. Operacionalización de Variable dependiente.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
Variable independiente	Conceptualización	Indicadores	Items	Técnicas e instrumentos
Eficiencia sumideros	Optimizar los escenarios que pueden haber en la calzada por medio de la colocación de sumideros de aguas lluvia con	Porcentaje de pendiente longitudinal y transversal	¿Cuál es el porcentaje de pendiente longitudinal y transversal?	- Experimental - Bibliográfica
				- Experimental



diferentes pendientes longitudinales y transversales.	Numero de sumideros	¿Cuáles son las dimensiones de la calzada ?	Bibliográfica
---	---------------------	---	---------------

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 18. Plan de Recolección de Información.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para determinar un porcentaje de eficiencia de los sumideros de aguas lluvia en diferentes escenarios en la calzada.
2. ¿De qué personas u objetos?	De un prototipo a escala con pendiente transversal de 4 y 2%, longitudinal de 0.5 ,4,8 y 12%; utilizando distintos caudales y 5 escenarios cambiando las posiciones de los sumideros.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Sobre el porcentaje de eficiencia y comportamientos en diferentes escenarios de los sumideros.
4. ¿Quién?	Las Srtas. Ivonne Alexandra Núñez Acosta, Estefania Jacqueline Sanchez Tenesaca autoras del presente trabajo experimental y el Ing. MEng. Lenin Maldonado
5. ¿Dónde?	Laboratorio de Hidráulica y estudios hídricos de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	-Investigación Bibliográfica -Ensayo laboratorios -Norma Ecuatoriana Vial nevi-12

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

El plan de procesamiento y análisis se realizará como se indica en el libro “Tutoría de la Investigación Científica” [27], en donde se encuentra la guía completa para elaborar un trabajo de graduación.

3.5.1 Plan de procesamiento y análisis

- Revisión de norma de diseño vial del Ecuador.
- Revisión técnica del manual de intensidad de lluvia INAMHI, determinación del caudal de escorrentía.
- Análisis dimensional y relación de escala modelo-prototipo.
- Construcción del modelo a escala en el laboratorio de Hidráulica.
- Operación del modelo bajo diferentes escenarios de funcionamiento.
- Determinación de la eficiencia del sumidero mediante un modelo matemático para el caudal captado.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1.1 Descripción del prototipo

Para realizar la presente investigación, se ha diseñado y construido un prototipo en el cual está modelada media vía; el cual fue instalado y acoplado al canal hidráulico que es parte del laboratorio de hidráulica de la facultad de ingeniería civil de la universidad técnica de Ambato

Figura 4. Prototipo de vía a escala 1:4 con escenario 1 en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

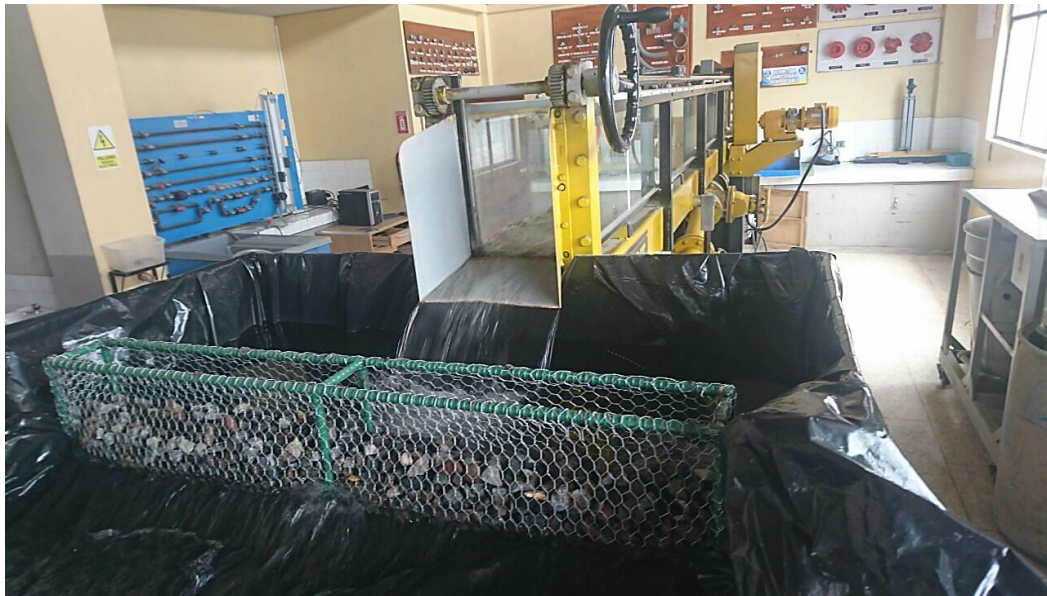
Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

El prototipo está construido con madera terciada e impermeabilizado con pintura anti-corrosiva; consta de dos secciones:

-La primera es una sección de uniformización de flujo.

-La segunda la parte de experimentación.

Figura 5. Canal con disipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.



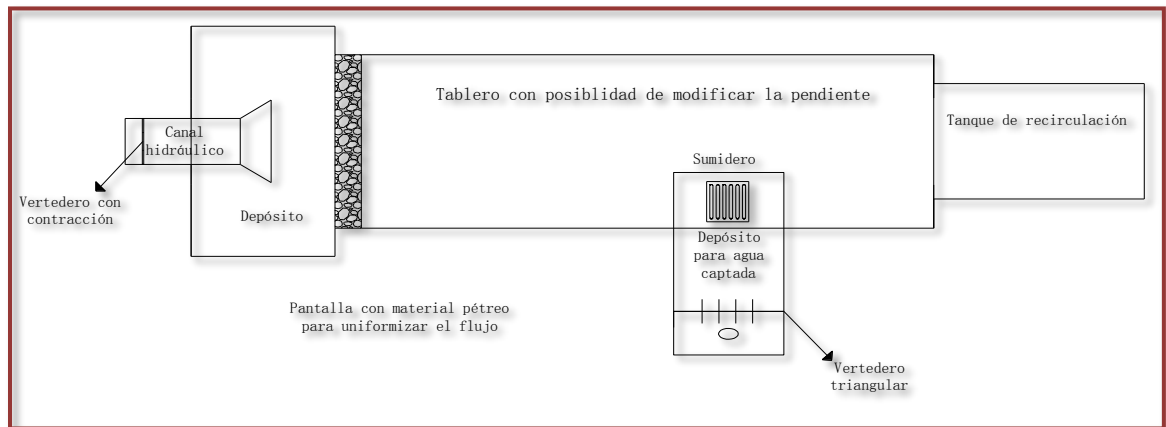
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

La sección uniformizadora del flujo, trabaja de forma que el agua que fluye dentro del canal; cae perpendicularmente en un tipo tanque construido de madera para que el flujo

vaya perdido velocidad y una pantalla de malla metálica que dentro de ella se encuentra ripio tiene una profundidad de 30 centímetros, un ancho de 100 centímetros y 12 centímetros de espesor esto va ir distribuyendo con uniformidad el flujo.

Figura 6. Canal con disipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.



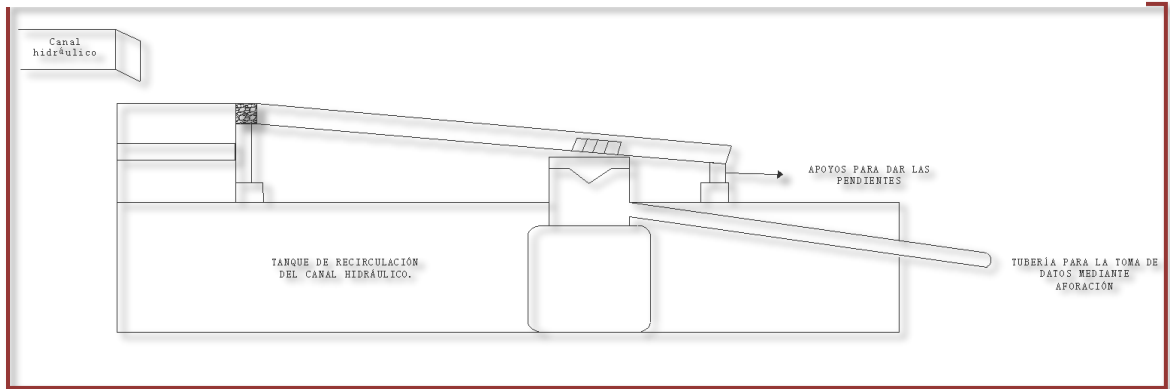
Realizó: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

4.1.2 Ubicación del Prototipo

La zona de experimentación está comprendida desde la zona de uniformización hasta el fin del canal, los sumideros que se van a analizar en la parte derecha. todo el canal está armado de forma hermética lo que hace que no tengamos fugas de agua.

Figura 7. Canal con dissipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.



Realizó: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Pendiente de la solera del canal, se puede variar mediante apoyos de madera hechos a medidas y adaptables a la medida de la pendiente que se necesita tanto transversal como longitudinalmente de acuerdo a la presente experimentación.

Figura 8. Canal con dissipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.



Realizó: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Para la toma de datos debajo de los sumideros se ubica un cajón donde es atrapada toda el agua y debajo de este está conectado un sistema de tubería la cual sirve para facilitar la toma de datos. El agua sobrante es redirigida hacia el tanque de recirculación que alimenta el canal.

4.1.3 Equipamiento para la investigación

Para la investigación ha sido necesario utilizar los siguientes equipos.

- Canal hidráulico
- Vertedero triangular
- Vertedero con contracción
- Sistema de recirculación

Canal hidráulico

El canal hidráulico está provisto de un depósito de almacenamiento en la parte inferior del canal, el mismo que provee el agua mediante una bomba centrífuga que lleva el líquido a un tanque amortiguador que está ubicado al inicio del canal.

El canal consta de una solera de aluminio, cuyas paredes son de vidrio transparente. A lo largo del canal se dispone de unas guías de implantación y medición de diferentes equipamientos hidráulicos. La variación de caudal se lo hace por medio de una válvula de compuerta ubicada inmediatamente después de la bomba centrífuga.

Antes de la válvula se dispone de orificios conectados a los piezómetros de un manómetro diferencial para medir caudales.

Figura 9. Canal con disipador de energía en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.



Realizó: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

El canal cuenta con un manómetro diferencial el cual contiene un equipo cuya instalación no permite obtener valores de caudal confiables, se instala y se calibra un manómetro diferencial para tener una fácil y segura determinación de gastos durante la investigación

Calibración del canal hidráulico

Para la calibración del canal hidráulico se utilizó un vertedero con contracción adaptado dentro de el mismo.

Figura 10. Canal con disipador de energía en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

A 30 centímetros de la descarga del canal dentro del se colocó un vertedero con contracción con el cual utilizando el método de aforamiento; este método es una operación para medir el volumen de agua en un determinado tiempo este método se utiliza para calcular caudales máximos de 10 lts/seg y el segundo para caudales mayores a 10lts/seg.

Figura 11. Canal con dissipador de energía en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

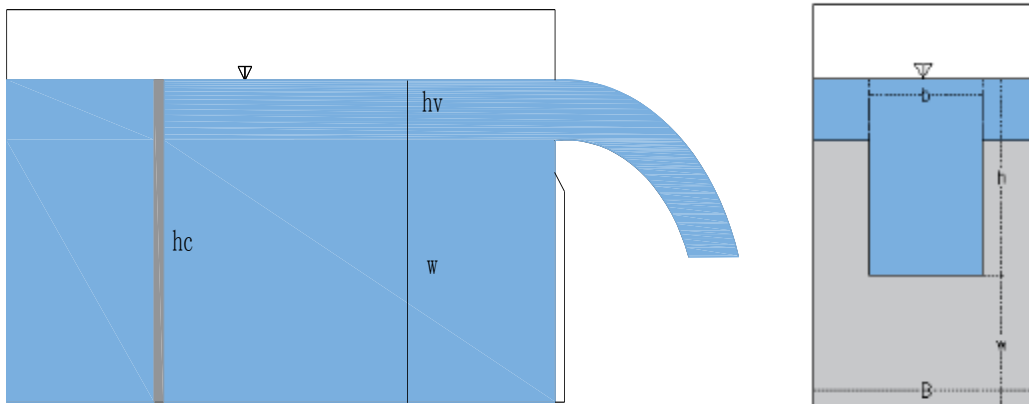
Para realizar el aforamiento se utilizó el método volumétrico que consiste en tomar el tiempo en el que se llena un recipiente debidamente marcado en este caso se utilizó un recipiente plástico con medidas; se calculó el tiempo con una medida de 4 litros.

4.2 COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL AFORO

Se utilizó el vertedero rectangular con contracción dentro del canal hidrodinámico utilizando la ecuación teórica de Rehbock y de Hengly para este tipo de vertedero.

Ecuación general para calcular el gasto en un vertedor rectangular con contracción cuya carga de velocidad de llegada es despreciable.

Figura 12. Canal con dissipador de energía en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} u b h^{\frac{3}{2}} \quad \text{Ec. 2 - 35}$$

Dónde:

Q : caudal

g : gravedad



u : coeficiente de gasto

b : ancho del Canal Hidrodinámico

h : carga sobre vertedero

Para los vertederos rectangulares con contracción se puede utilizar esta fórmula siempre y cuando en las términos de u se incluyan los efectos de b/B y de w .

Tabla 19. Fórmulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto u aplicable a la ecuación del caudal para vertedores rectangulares con o sin contracción.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
AUTOR	FÓRMULA	LÍMITES DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES
Hegly (Ref. 30) (1921)	$u = \left[0.6075 - 0.045 \left(\frac{B-b}{B} \right) + \frac{0.0041}{h} \right] \cdot \left[1 + 0.55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	$0.10 \text{ m} \leq h \leq 0.60 \text{ m}$ $0.50 \text{ m} \leq h \leq 2.00 \text{ m}$ $0.20 \text{ m} \leq h \leq 1.13 \text{ m}$	El primer límite de aplicación es el más importante. Para $h/b > 0.13$ tiene mayor precisión que la fórmula de SIAS.
Rehbock (Ref. 9) (1929)	$u = \left[0.6075 + 0.0813 \left(\frac{h - 0.0011}{w} \right) \right] \cdot \left[1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{3/2}$	$0.01 \text{ m} \leq h \leq 0.80 \text{ m}$ $b \geq 0.30 \text{ m}$ $w \geq 0.06 \text{ m}$ $\frac{h}{w} \leq 1 \text{ m}$	Vale solo para vertedores sin contracciones laterales. Es muy precisa y de las más utilizadas, por su sencillez.

Realizó: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

4.3 COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL AFORO

4.3.1 Cuadro de calibración de vertederos

Tabla 20. Toma de datos y cálculo de caudales.

h(cm)	Medición	Tiempo (s)	Promedio	Q (l/s)
16		9	9.94	0.4
		9.36		
		10.24		
		9.97		

16	1	9.49	9.94	0.4
		10.25		
		10.24		
		9.94		
		11		
16.70	2	4.12	3.67	1.09
		3.22		
		3.3		
		3.38		
		3.86		
		4.31		
		3.5		
18.50	3	1.89	1.911	2.09
		1.94		
		1.97		
		1.9		
		1.69		
		1.97		
		1.79		
		2.14		
19.20	4	1.86	1.761	2.27
		1.9		
		1.77		
		1.4		
		1.72		
		1.87		
		1.86		
		1.87		
		1.6		

(continuación) Tabla 20. Toma de datos y cálculo de caudales





h(cm)	Medición	Tiempo (s)	Promedio	Q (l/s)
19.20	5	1.39	1.49	2.67
		1.44		
		1.4		
		1.39		
		1.78		
		1.59		
19.70	6	0.96	1.12	3.56
		1.03		
		1.15		
		1.31		
		0.91		
		1.07		
		1.24		
		1.27		



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 21. Datos de aforación analítica mediante las fórmulas de Hegly, Rehbock (1829).

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 												
w(m)	h(m)	b (m)	(h/b) y (h/w)	B (m)	Hegly (1921)			Rehbock (1929)			(H)	(R)
					u	C	Q (m ³ /s)	u	C	Q (m ³ /s)	Q (l/s)	Q (l/s)
0.15	0.009	0.2	0.04	0.2	1.09	3.22	0.00	0.95	2.80	0.00	0.51	0.44
0.15	0.017	0.2	0.08	0.2	0.85	2.52	0.00	0.77	2.28	0.00	1.12	1.01
0.15	0.035	0.2	0.18	0.2	0.74	2.18	0.00	0.70	2.06	0.00	2.86	2.70

(continuación) **Tabla 21.** Datos de aforación analítica mediante las fórmulas de Hegly (1921) y Rehbock (1829)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 												
w(m)	h(m)	b (m)	(h/b) y (h/w)	B (m)	Hegly (1921)			Rehbock (1929)			(H)	(R)
					u	C	Q (m ³ /s)	u	C	Q (m ³ /s)	Q (l/s)	Q (l/s)
0.15	0.042	0.2	0.21	0.2	0.72	2.14	0.00	0.69	2.03	0.00	3.68	3.50
0.15	0.042	0.2	0.21	0.2	0.72	2.14	0.00	0.69	2.03	0.00	3.68	3.50
0.15	0.047	0.2	0.24	0.2	0.72	2.12	0.00	0.68	2.02	0.00	4.31	4.12



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.



4.3.2 Cuadro de comparación de errores

En el siguiente cuadro tenemos los datos del caudal volumétrico vs el caudal teórico; obtenemos un error de menos del 10% lo que nos quiere decir que podemos utilizar las ecuaciones de Hegly o Rehbock para calcular los datos de caudal de entrada del canal con la altura del limnómetro.

Tabla 22. Resumen caudal volumétrico vs caudal teórico.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
No. Prueba	h(m)	Volumétrico	cTeórico		% Error	
		Q(l/s)	Q(l/s) Hegly	Q(l/s) Rehbock	Hegly	Rebock
1	1	0.50	0.51	0.44	1.00%	-9.78%
2	1.7	1.09	1.12	1.01	2.42%	-8.04%

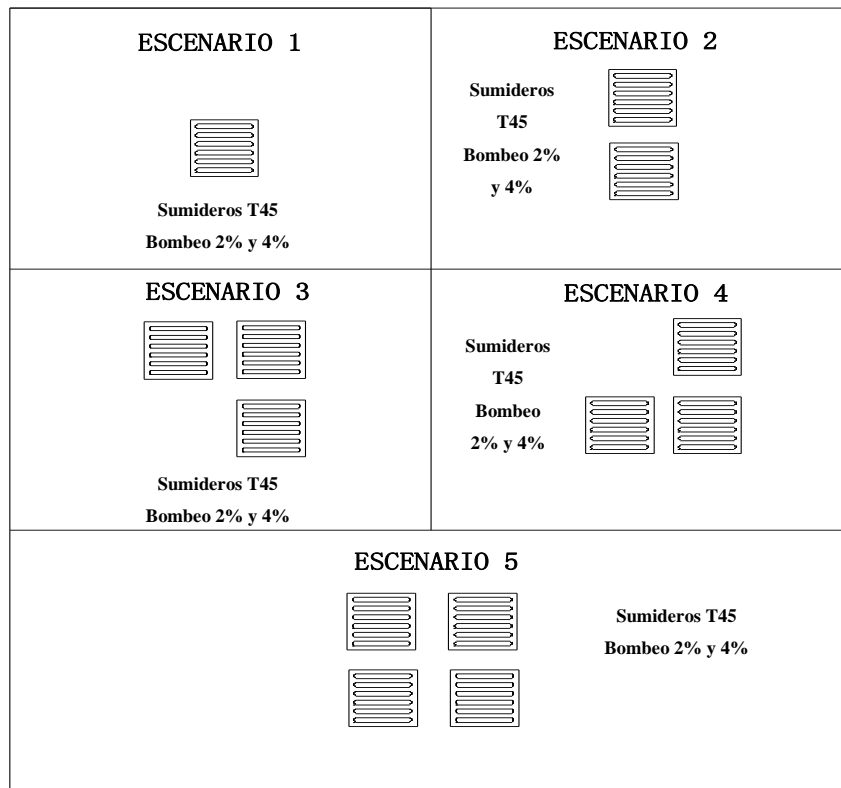
(Continuación)Tabla 23. Resumen caudal volumétrico vs caudal teórico.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
No. Prueba	h(m)	Volumétrico Q(l/s)	cTeórico		% Error	
			Q(l/s) Hegly	Q(l/s) Rebock	Hegly	Rebock
3	3.5	2.55	2.86	2.70	10.73%	5.42%
5	4.2	3.30	3.68	3.50	10.27%	5.71%
6	4.7	4.20	4.31	4.12	2.56%	-1.94%

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 13. Escenarios propuestos por el proyecto de investigación con diferente número, posición y pendiente de sumideros.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.



Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.



4.4 CUADRO DE CAUDALES DEL MODELO Y DEL PROTOTIPO



Sumidero Escenario 1 con 2% de Bombeo



B= 0.10 m - W= 0.15 m



Tablas 24. Sumidero Escenario 1 con 2% de Bombeo.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	16.46	0.53	0.51
16.0	15	1.0	16.91	16.67	0.53	0.52
16.0	15	1.0	16.91	17.74	0.53	0.55
16.0	15	1.0	16.91	17.31	0.53	0.54
16.0	15	1.0	16.91	17.38	0.53	0.54



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VÍA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	28.73	1.5	0.90
17.3	15	2.3	47.85	30.09	1.5	0.94
17.3	15	2.3	47.85	29.95	1.5	0.93
17.3	15	2.3	47.85	29.81	1.5	0.93
17.3	15	2.3	47.85	29.06	1.5	0.91



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	36.14	2.5	1.13
18.3	15	3.3	79.75	34.76	2.5	1.08
18.3	15	3.3	79.75	34.67	2.5	1.08
18.3	15	3.3	79.75	34.76	2.5	1.08
18.3	15	3.3	79.75	34.3z	2.5	1.07



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	39.02	3.5	1.22
19.2	15	4.2	111.65	39.14	3.5	1.22
19.2	15	4.2	111.65	38.90	3.5	1.21
19.2	15	4.2	111.65	39.38	3.5	1.23
19.2	15	4.2	111.65	39.14	3.5	1.23



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal:		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	10.77	0.53	0.34
16.0	15	1.0	16.91	11.29	0.53	0.35
16.0	15	1.0	16.91	11.09	0.53	0.34
16.0	15	1.0	16.91	11.30	0.53	0.35
16.0	15	1.0	16.91	11.26	0.53	0.35



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	25.72	1.5	0.81
17.3	15	2.3	47.85	27.32	1.5	0.86
17.3	15	2.3	47.85	27.44	1.5	0.86
17.3	15	2.3	47.85	27.50	1.5	0.86
17.3	15	2.3	47.85	27.09	1.5	0.85



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	36.89	2.5	1.15
18.3	15	3.3	79.75	36.98	2.5	1.15
18.3	15	3.3	79.75	36.67	2.5	1.14
18.3	15	3.3	79.75	38.09	2.5	1.19
18.3	15	3.3	79.75	36.77	2.5	1.15



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	45.57	3.5	1.43
19.2	15	4.2	111.65	45.24	3.5	1.42
19.2	15	4.2	111.65	45.89	3.5	1.44
19.2	15	4.2	111.65	46.06	3.5	1.44
19.2	15	4.2	111.65	46.40	3.5	1.45



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	5.83	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.84	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.82	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.83	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.83	0.53	0.18



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	20.03	1.5	0.63
17.3	15	2.3	47.85	20.09	1.5	0.64
17.3	15	2.3	47.85	19.97	1.5	0.63
17.3	15	2.3	47.85	20.25	1.5	0.63
17.3	15	2.3	47.85	20.22	1.5	0.63



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	30.02	2.5	0.94
18.3	15	3.3	79.75	29.67	2.5	0.93
18.3	15	3.3	79.75	29.47	2.5	0.92
18.3	15	3.3	79.75	29.27	2.5	0.92
18.3	15	3.3	79.75	29.20	2.5	0.91

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	39.14	3.5	1.23
19.2	15	4.2	111.65	38.90	3.5	1.22
19.2	15	4.2	111.65	39.26	3.5	1.23
19.2	15	4.2	111.65	38.67	3.5	1.21
19.2	15	4.2	111.65	38.55	3.5	1.21

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	3.01	0.53	0.09
16.0	15	1.0	16.91	3.01	0.53	0.09
16.0	15	1.0	16.91	3.01	0.53	0.09
16.0	15	1.0	16.91	3.03	0.53	0.09
16.0	15	1.0	16.91	2.99	0.53	0.09

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	18.28	1.5	0.57
17.3	15	2.3	47.85	18.57	1.5	0.58
17.3	15	2.3	47.85	18.51	1.5	0.58
17.3	15	2.3	47.85	18.49	1.5	0.58
17.3	15	2.3	47.85	18.55	1.5	0.58



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 12.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	28.67	2.5	0.89
18.3	15	3.3	79.75	28.54	2.5	0.89
18.3	15	3.3	79.75	28.73	2.5	0.90
18.3	15	3.3	79.75	28.87	2.5	0.90
18.3	15	3.3	79.75	28.67	2.5	0.89



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 12.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	39.02	3.5	1.22
19.2	15	4.2	111.65	38.78	3.5	1.21
19.2	15	4.2	111.65	39.26	3.5	1.23
19.2	15	4.2	111.65	39.14	3.5	1.23
19.2	15	4.2	111.65	39.02	3.5	1.22



Sumidero Escenario 2 con 2% de Bombeo



W= 0.15 m - B= 0.10 m



Tablas 25. Sumidero Escenario 2 con 2% de Bombeo.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	4.82	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.92	0.53	0.23
16.0	15	1.0	16.91	6.92	0.53	0.22
16.0	15	1.0	16.91	6.92	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.92	0.53	0.21



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	27.29	1.5	0.86
17.3	15	2.3	47.85	27.25	1.5	0.85
17.3	15	2.3	47.85	27.22	1.5	0.85
17.3	15	2.3	47.85	27.26	1.5	0.86
17.3	15	2.3	47.85	27.28	1.5	0.85



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	41.35	2.5	1.30
18.3	15	3.3	79.75	41.32	2.5	1.29
18.3	15	3.3	79.75	41.43	2.5	1.30
18.3	15	3.3	79.75	41.39	2.5	1.30
18.3	15	3.3	79.75	41.36	2.5	1.29



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	48.83	3.5	1.53
19.2	15	4.2	111.65	49.03	3.5	1.54
19.2	15	4.2	111.65	48.73	3.5	1.53
19.2	15	4.2	111.65	49.03	3.5	1.54
19.2	15	4.2	111.65	48.73	3.5	1.53



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.86	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.86	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.86	0.53	0.22
16.0	15	1.0	16.91	6.86	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.86	0.53	0.22



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	26.61	1.5	0.83
17.3	15	2.3	47.85	26.59	1.5	0.83
17.3	15	2.3	47.85	26.61	1.5	0.83
17.3	15	2.3	47.85	26.72	1.5	0.84
17.3	15	2.3	47.85	26.69	1.5	0.84



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	38.81	2.5	1.21
18.3	15	3.3	79.75	38.90	2.5	1.22
18.3	15	3.3	79.75	38.90	2.5	1.22
18.3	15	3.3	79.75	38.87	2.5	1.21
18.3	15	3.3	79.75	38.93	2.5	1.22



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	54.62	3.5	1.71
19.2	15	4.2	111.65	54.87	3.5	1.72
19.2	15	4.2	111.65	55.06	3.5	1.73
19.2	15	4.2	111.65	54.87	3.5	1.72
19.2	15	4.2	111.65	54.75	3.5	1.72



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.76	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.76	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.75	0.53	0.21
16.0	15	1.0	16.91	6.76	0.53	0.22
16.0	15	1.0	16.91	6.76	0.53	0.21



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	27.05	1.5	0.85
17.3	15	2.3	47.85	27.00	1.5	0.84
17.3	15	2.3	47.85	27.04	1.5	0.85
17.3	15	2.3	47.85	27.02	1.5	0.84
17.3	15	2.3	47.85	27.03	1.5	0.85



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	36.11	2.5	1.13
18.3	15	3.3	79.75	36.06	2.5	1.13
18.3	15	3.3	79.75	35.97	2.5	1.12
18.3	15	3.3	79.75	36.05	2.5	1.13
18.3	15	3.3	79.75	36.03	2.5	1.12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	49.17	3.5	1.54
19.2	15	4.2	111.65	49.03	3.5	1.53
19.2	15	4.2	111.65	48.43	3.5	1.52
19.2	15	4.2	111.65	48.73	3.5	1.52
19.2	15	4.2	111.65	49.12	3.5	1.54

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 12.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	5.96	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	5.97	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.96	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.96	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.97	0.53	0.19

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 12.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	23.54	1.5	0.74
17.3	15	2.3	47.85	23.51	1.5	0.73
17.3	15	2.3	47.85	23.50	1.5	0.74
17.3	15	2.3	47.85	23.56	1.5	0.73
17.3	15	2.3	47.85	23.57	1.5	0.74



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	35.36	2.5	1.11
18.3	15	3.3	79.75	35.34	2.5	1.11
18.3	15	3.3	79.75	35.18	2.5	1.10
18.3	15	3.3	79.75	35.52	2.5	1.11
18.3	15	3.3	79.75	35.34	2.5	1.11



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	46.92	3.5	1.47
19.2	15	4.2	111.65	46.32	3.5	1.45
19.2	15	4.2	111.65	46.77	3.5	1.46
19.2	15	4.2	111.65	46.59	3.5	1.46
19.2	15	4.2	111.65	12.39	3.5	1.39



Sumidero Escenario 3 con 2% de Bombeo



B= 0.10 m - W= 0.15 m



Tabla 26. Sumidero Escenario 3 con 2% de Bombeo.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	32.33	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.37	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.22	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.30	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.28	1.5	1.01



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	50.90	2.5	1.60
18.3	15	3.3	79.75	50.85	2.5	1.59
18.3	15	3.3	79.75	50.79	2.5	1.59
18.3	15	3.3	79.75	50.90	2.5	1.59
18.3	15	3.3	79.75	50.95	2.5	1.60



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	66.18	3.5	2.0747
19.2	15	4.2	111.65	66.27	3.5	2.0776
19.2	15	4.2	111.65	66.37	3.5	2.0804
19.2	15	4.2	111.65	66.18	3.5	2.0747
19.2	15	4.2	111.65	66.46	3.5	2.0833



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.36	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.36	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.36	0.53	0.20



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	30.56	1.5	0.96
17.3	15	2.3	47.85	30.57	1.5	0.96
17.3	15	2.3	47.85	30.38	1.5	0.95
17.3	15	2.3	47.85	30.67	1.5	0.96
17.3	15	2.3	47.85	30.48	1.5	0.95



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	50.05	2.5	1.57
18.3	15	3.3	79.75	50.00	2.5	1.57
18.3	15	3.3	79.75	49.89	2.5	1.56
18.3	15	3.3	79.75	49.95	2.5	1.56
18.3	15	3.3	79.75	50.05	2.5	1.56



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		4.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	64.74	3.5	2.03
19.2	15	4.2	111.65	64.74	3.5	2.03
19.2	15	4.2	111.65	64.48	3.5	2.02
19.2	15	4.2	111.65	64.57	3.5	2.02
19.2	15	4.2	111.65	64.66	3.5	2.02



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.17	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.17	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.16	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.16	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.17	0.53	0.19



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	27.05	1.5	0.84
17.3	15	2.3	47.85	27.00	1.5	0.84
17.3	15	2.3	47.85	27.03	1.5	0.85
17.3	15	2.3	47.85	27.02	1.5	0.85
17.3	15	2.3	47.85	27.04	1.5	0.85



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	44.43	2.5	1.39
18.3	15	3.3	79.75	44.39	2.5	1.39
18.3	15	3.3	79.75	44.39	2.5	1.39
18.3	15	3.3	79.75	44.35	2.5	1.39
18.3	15	3.3	79.75	44.39	2.5	1.39

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	61.98	3.5	1.94
19.2	15	4.2	111.65	61.74	3.5	1.93
19.2	15	4.2	111.65	61.90	3.5	1.94
19.2	15	4.2	111.65	62.14	3.5	1.95
19.2	15	4.2	111.65	62.06	3.5	1.94

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	5.97	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	5.97	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.98	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	5.99	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	5.97	0.53	0.19

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	29.18	1.5	0.91
17.3	15	2.3	47.85	29.14	1.5	0.91
17.3	15	2.3	47.85	29.12	1.5	0.91
17.3	15	2.3	47.85	29.12	1.5	0.91
17.3	15	2.3	47.85	29.18	1.5	0.91



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	43.62	2.5	1.36
18.3	15	3.3	79.75	43.53	2.5	1.36
18.3	15	3.3	79.75	43.54	2.5	1.36
18.3	15	3.3	79.75	43.78	2.5	1.37
18.3	15	3.3	79.75	43.86	2.5	1.37



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	71.74	3.5	2.25
19.2	15	4.2	111.65	71.42	3.5	2.24
19.2	15	4.2	111.65	71.31	3.5	2.23
19.2	15	4.2	111.65	71.20	3.5	2.23
19.2	15	4.2	111.65	71.33	3.5	2.24



Sumidero Escenario 4 con 2% de Bombeo



B= 0.10 m -W= 0.15 m



Tabla 27. Sumidero Escenario 4 con 2% de Bombeo.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.18	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.17	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.18	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.17	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.17	0.53	0.19



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	32.26	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.22	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.24	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.31	1.5	1.01
17.3	15	2.3	47.85	32.26	1.5	1.01



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	55.06	2.5	1.73
18.3	15	3.3	79.75	55.00	2.5	1.72
18.3	15	3.3	79.75	55.19	2.5	1.73
18.3	15	3.3	79.75	55.06	2.5	1.73
18.3	15	3.3	79.75	55.00	2.5	1.72



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	74.41	3.5	2.33
19.2	15	4.2	111.65	71.63	3.5	2.24
19.2	15	4.2	111.65	72.94	3.5	2.28
19.2	15	4.2	111.65	71.41	3.5	2.23
19.2	15	4.2	111.65	70.88	3.5	2.22



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.27	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.27	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.26	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.27	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.26	0.53	0.20



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	31.52	1.5	0.98
17.3	15	2.3	47.85	31.54	1.5	0.99
17.3	15	2.3	47.85	31.46	1.5	0.99
17.3	15	2.3	47.85	31.40	1.5	0.98
17.3	15	2.3	47.85	31.48	1.5	0.99



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	50.79	2.5	1.59
18.3	15	3.3	79.75	50.74	2.5	1.59
18.3	15	3.3	79.75	50.74	2.5	1.59
18.3	15	3.3	79.75	51.01	2.5	1.59
18.3	15	3.3	79.75	51.06	2.5	1.60



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	67.39	3.5	2.11
19.2	15	4.2	111.65	67.11	3.5	2.10
19.2	15	4.2	111.65	68.26	3.5	2.14
19.2	15	4.2	111.65	68.16	3.5	2.14
19.2	15	4.2	111.65	68.06	3.5	2.13



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.00	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	5.99	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	6.00	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.00	0.53	0.18
16.0	15	1.0	16.91	6.00	0.53	0.19



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	29.39	1.5	0.92
17.3	15	2.3	47.85	29.36	1.5	0.92
17.3	15	2.3	47.85	29.41	1.5	0.92
17.3	15	2.3	47.85	29.36	1.5	0.92
17.3	15	2.3	47.85	29.43	1.5	0.92



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	49.64	2.5	1.55
18.3	15	3.3	79.75	49.69	2.5	1.55
18.3	15	3.3	79.75	49.69	2.5	1.56
18.3	15	3.3	79.75	49.74	2.5	1.56
18.3	15	3.3	79.75	49.69	2.5	1.56

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		8.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	62.46	3.5	1.96
19.2	15	4.2	111.65	64.14	3.5	2.02
19.2	15	4.2	111.65	62.79	3.5	1.97
19.2	15	4.2	111.65	63.80	3.5	2.00
19.2	15	4.2	111.65	63.377	3.5	1.99

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	5.29	0.53	0.17
16.0	15	1.0	16.91	5.23	0.53	0.16
16.0	15	1.0	16.91	5.22	0.53	0.16
16.0	15	1.0	16.91	5.24	0.53	0.17
16.0	15	1.0	16.91	5.23	0.53	0.16

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	28.82	1.5	0.90
17.3	15	2.3	47.85	28.82	1.5	0.90
17.3	15	2.3	47.85	28.72	1.5	0.90
17.3	15	2.3	47.85	28.79	1.5	0.90
17.3	15	2.3	47.85	28.81	1.5	0.90



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	47.56	2.5	1.49
18.3	15	3.3	79.75	47.94	2.5	1.50
18.3	15	3.3	79.75	48.04	2.5	1.51
18.3	15	3.3	79.75	48.13	2.5	1.51
18.3	15	3.3	79.75	48.09	2.5	1.51



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	63.04	3.5	1.98
19.2	15	4.2	111.65	63.80	3.5	2.00
19.2	15	4.2	111.65	65.01	3.5	2.04
19.2	15	4.2	111.65	64.40	3.5	2.02
19.2	15	4.2	111.65	17.06	3.5	0.53



Sumidero Escenario 5 con 2% de Bombeo



B= 0.10 m-W= 0.15 m



Tabla 28. Sumidero Escenario 5 con 2% de Bombeo.



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	5.31	0.53	0.17
16.0	15	1.0	16.91	5.31	0.53	0.16
16.0	15	1.0	16.91	5.37	0.53	0.17
16.0	15	1.0	16.91	5.38	0.53	0.17
16.0	15	1.0	16.91	5.37	0.53	0.16



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	40.68	1.5	1.27
17.3	15	2.3	47.85	40.72	1.5	1.27
17.3	15	2.3	47.85	40.69	1.5	1.27
17.3	15	2.3	47.85	40.55	1.5	1.27
17.3	15	2.3	47.85	40.38	1.5	1.26



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	62.38	2.5	1.95
18.3	15	3.3	79.75	62.30	2.5	1.95
18.3	15	3.3	79.75	62.38	2.5	1.95
18.3	15	3.3	79.75	62.30	2.5	1.95
18.3	15	3.3	79.75	62.46	2.5	1.95



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	77.55	3.5	2.43
19.2	15	4.2	111.65	76.80	3.5	2.40
19.2	15	4.2	111.65	76.92	3.5	2.41
19.2	15	4.2	111.65	76.80	3.5	2.40
19.2	15	4.2	111.65	76.93	3.5	2.41



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	6.36	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.20
16.0	15	1.0	16.91	6.35	0.53	0.19



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	34.77	1.5	1.09
17.3	15	2.3	47.85	34.80	1.5	1.09
17.3	15	2.3	47.85	34.77	1.5	1.09
17.3	15	2.3	47.85	34.80	1.5	1.09
17.3	15	2.3	47.85	34.77	1.5	1.09



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	56.76	2.5	1.77
18.3	15	3.3	79.75	56.76	2.5	1.77
18.3	15	3.3	79.75	56.89	2.5	1.78
18.3	15	3.3	79.75	56.56	2.5	1.77
18.3	15	3.3	79.75	56.62	2.5	1.77



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 4.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	64.40	3.5	2.01
19.2	15	4.2	111.65	74.41	3.5	2.33
19.2	15	4.2	111.65	64.14	3.5	2.01
19.2	15	4.2	111.65	64.05	3.5	2.00
19.2	15	4.2	111.65	64.22	3.5	2.01



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	5.33	0.53	0.16
16.0	15	1.0	16.91	5.33	0.53	0.16
16.0	15	1.0	16.91	5.31	0.53	0.17
16.0	15	1.0	16.91	5.31	0.53	0.16
16.0	15	1.0	16.91	5.31	0.53	0.17



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	33.00	1.5	1.03
17.3	15	2.3	47.85	32.95	1.5	1.03
17.3	15	2.3	47.85	32.55	1.5	1.02
17.3	15	2.3	47.85	33.46	1.5	1.05
17.3	15	2.3	47.85	32.75	1.5	1.02



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	53.28	2.5	1.67
18.3	15	3.3	79.75	53.22	2.5	1.67
18.3	15	3.3	79.75	53.11	2.5	1.66
18.3	15	3.3	79.75	52.58	2.5	1.65
18.3	15	3.3	79.75	53.34	2.5	1.67

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	67.68	3.5	2.12
19.2	15	4.2	111.65	61.98	3.5	1.94
19.2	15	4.2	111.65	65.37	3.5	2.04
19.2	15	4.2	111.65	65.73	3.5	2.06
19.2	15	4.2	111.65	65.64	3.5	2.06

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 12.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.0	15	1.0	16.91	4.67	0.53	0.15
16.0	15	1.0	16.91	4.67	0.53	0.15
16.0	15	1.0	16.91	4.68	0.53	0.14
16.0	15	1.0	16.91	4.67	0.53	0.14
16.0	15	1.0	16.91	4.67	0.53	0.15

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 12.00%						
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.3	15	2.3	47.85	26.45	1.5	0.82
17.3	15	2.3	47.85	26.43	1.5	0.83
17.3	15	2.3	47.85	26.36	1.5	0.83
17.3	15	2.3	47.85	26.21	1.5	0.82
17.3	15	2.3	47.85	26.61	1.5	0.83

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.3	15	3.3	79.75	43.46	2.5	1.36
18.3	15	3.3	79.75	43.03	2.5	1.34
18.3	15	3.3	79.75	42.53	2.5	1.33
18.3	15	3.3	79.75	42.34	2.5	1.33
18.3	15	3.3	79.75	40.97	2.5	1.28

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		12.00%				
ALTURA LIMNÍMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.2	15	4.2	111.65	70.36	3.5	2.20
19.2	15	4.2	111.65	68.84	3.5	2.16
19.2	15	4.2	111.65	69.05	3.5	2.16
19.2	15	4.2	111.65	69.15	3.5	2.17
19.2	15	4.2	111.65	68.25	3.5	2.16



Escenario 1 Sumidero con 4% de Bombeo

B= 10cm

W= 15cm

Tablas 29. Escenario 1 Sumidero con 4% de Bombeo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	16.46	0.65	0.52
16.20	15.00	1.20	20.74	16.68	0.65	0.52
16.20	15.00	1.20	20.74	17.75	0.65	0.56
16.20	15.00	1.20	20.74	17.31	0.65	0.54
16.20	15.00	1.20	20.74	17.38	0.65	0.54

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	32.30	1.51	1.01
17.30	15.00	2.30	48.17	32.06	1.51	1.01
17.30	15.00	2.30	48.17	32.39	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	31.98	1.51	1.00
17.30	15.00	2.30	48.17	31.74	1.51	1.00



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	41.56	2.48	1.30
18.30	15.00	3.30	79.11	38.20	2.48	1.20
18.30	15.00	3.30	79.11	38.78	2.48	1.22
18.30	15.00	3.30	79.11	38.78	2.48	1.22
18.30	15.00	3.30	79.11	37.75	2.48	1.18



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	47.43	3.50	1.49
19.20	15.00	4.20	111.65	51.04	3.50	1.60
19.20	15.00	4.20	111.65	48.70	3.50	1.53
19.20	15.00	4.20	111.65	52.08	3.50	1.63
19.20	15.00	4.20	111.65	51.24	3.50	1.61



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	7.71	0.65	0.24
16.20	15.00	1.20	20.74	7.71	0.65	0.24
16.20	15.00	1.20	20.74	7.71	0.65	0.24
16.20	15.00	1.20	20.74	7.72	0.65	0.24
16.20	15.00	1.20	20.74	7.71	0.65	0.24



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	25.47	1.51	0.80
17.30	15.00	2.30	48.17	25.37	1.51	0.80
17.30	15.00	2.30	48.17	25.42	1.51	0.80
17.30	15.00	2.30	48.17	25.02	1.51	0.78
17.30	15.00	2.30	48.17	25.07	1.51	0.79



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	38.20	2.48	1.20
18.30	15.00	3.30	79.11	37.53	2.48	1.18
18.30	15.00	3.30	79.11	36.56	2.48	1.15
18.30	15.00	3.30	79.11	36.46	2.48	1.14
18.30	15.00	3.30	79.11	38.78	2.48	1.22





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	45.00	3.50	1.58
19.20	15.00	4.20	111.65	50.84	3.50	1.59
19.20	15.00	4.20	111.65	50.63	3.50	1.59
19.20	15.00	4.20	111.65	50.43	3.50	1.58
19.20	15.00	4.20	111.65	50.84	3.50	1.59

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.50	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.50	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.50	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.50	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.50	0.65	0.17

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 8.00%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	20.00	1.51	0.63
17.30	15.00	2.30	48.17	19.95	1.51	0.63
17.30	15.00	2.30	48.17	19.96	1.51	0.63
17.30	15.00	2.30	48.17	20.00	1.51	0.63
17.30	15.00	2.30	48.17	19.97	1.51	0.63



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	30.25	2.48	0.95
18.30	15.00	3.30	79.11	30.32	2.48	0.95
18.30	15.00	3.30	79.11	30.08	2.48	0.94
18.30	15.00	3.30	79.11	30.02	2.48	0.94
18.30	15.00	3.30	79.11	30.00	2.48	0.94



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	40.79	3.50	1.28
19.20	15.00	4.20	111.65	40.79	3.50	1.28
19.20	15.00	4.20	111.65	40.62	3.50	1.27
19.20	15.00	4.20	111.65	40.86	3.50	1.28
19.20	15.00	4.20	111.65	40.55	3.50	1.27



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	4.86	0.65	0.22
16.20	15.00	1.20	20.74	6.86	0.65	0.22
16.20	15.00	1.20	20.74	6.86	0.65	0.22
16.20	15.00	1.20	20.74	6.86	0.65	0.22
16.20	15.00	1.20	20.74	6.86	0.65	0.22



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	18.45	1.51	0.58
17.30	15.00	2.30	48.17	18.46	1.51	0.58
17.30	15.00	2.30	48.17	18.55	1.51	0.58
17.30	15.00	2.30	48.17	18.58	1.51	0.58
17.30	15.00	2.30	48.17	18.59	1.51	0.58



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	29.30	2.48	0.92
18.30	15.00	3.30	79.11	29.34	2.48	0.92
18.30	15.00	3.30	79.11	29.36	2.48	0.92
18.30	15.00	3.30	79.11	29.37	2.48	0.92
18.30	15.00	3.30	79.11	29.39	2.48	0.92



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL





Pendiente Longitudinal : 12.00%



ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	39.64	3.50	1.24
19.20	15.00	4.20	111.65	39.68	3.50	1.24
19.20	15.00	4.20	111.65	39.61	3.50	1.24
19.20	15.00	4.20	111.65	39.58	3.50	1.24
19.20	15.00	4.20	111.65	39.58	3.50	1.24

Sumidero Escenario 2 con 4% de Bombeo

B= 0.30 cm W= 15cm

Tabla 30. Sumidero Escenario 2 con 4% de Bombeo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	32.66	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.71	1.51	1.03
17.30	15.00	2.30	48.17	32.53	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.48	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.64	1.51	1.02



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	49.43	2.48	1.55
18.30	15.00	3.30	79.11	49.38	2.48	1.55
18.30	15.00	3.30	79.11	49.38	2.48	1.55
18.30	15.00	3.30	79.11	49.43	2.48	1.55
18.30	15.00	3.30	79.11	49.33	2.48	1.55



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	67.68	3.50	2.12
19.20	15.00	4.20	111.65	67.30	3.50	2.11
19.20	15.00	4.20	111.65	67.11	3.50	2.10
19.20	15.00	4.20	111.65	67.02	3.50	2.10
19.20	15.00	4.20	111.65	67.21	3.50	2.11



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	2.59	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.59	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.59	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.59	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.59	0.65	0.08



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	26.34	1.51	0.92
17.30	15.00	2.30	48.17	29.48	1.51	0.92
17.30	15.00	2.30	48.17	29.30	1.51	0.92
17.30	15.00	2.30	48.17	29.32	1.51	0.92
17.30	15.00	2.30	48.17	29.45	1.51	0.92



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	45.70	2.48	1.43
18.30	15.00	3.30	79.11	45.79	2.48	1.44
18.30	15.00	3.30	79.11	45.75	2.48	1.43
18.30	15.00	3.30	79.11	45.57	2.48	1.43
18.30	15.00	3.30	79.11	45.66	2.48	1.43



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	67.40	3.50	2.18
19.20	15.00	4.20	111.65	70.16	3.50	2.20
19.20	15.00	4.20	111.65	68.75	3.50	2.16
19.20	15.00	4.20	111.65	69.75	3.50	2.19
19.20	15.00	4.20	111.65	68.55	3.50	2.15



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	1.35	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08
16.20	15.00	1.20	20.74	2.55	0.65	0.08



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	24.66	1.51	0.84
17.30	15.00	2.30	48.17	26.70	1.51	0.84
17.30	15.00	2.30	48.17	26.67	1.51	0.84
17.30	15.00	2.30	48.17	26.72	1.51	0.84
17.30	15.00	2.30	48.17	26.67	1.51	0.84



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	41.07	2.48	1.29
18.30	15.00	3.30	79.11	41.00	2.48	1.29
18.30	15.00	3.30	79.11	41.11	2.48	1.29
18.30	15.00	3.30	79.11	41.14	2.48	1.29
18.30	15.00	3.30	79.11	40.97	2.48	1.28



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	65.91	3.50	2.07
19.20	15.00	4.20	111.65	65.82	3.50	2.06
19.20	15.00	4.20	111.65	66.00	3.50	2.07
19.20	15.00	4.20	111.65	66.18	3.50	2.07
19.20	15.00	4.20	111.65	66.18	3.50	2.07



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	1.79	0.65	0.06
16.20	15.00	1.20	20.74	1.79	0.65	0.06
16.20	15.00	1.20	20.74	1.79	0.65	0.06
16.20	15.00	1.20	20.74	1.79	0.65	0.06
16.20	15.00	1.20	20.74	1.79	0.65	0.06



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	25.00	1.51	0.78
17.30	15.00	2.30	48.17	24.99	1.51	0.78
17.30	15.00	2.30	48.17	25.03	1.51	0.78
17.30	15.00	2.30	48.17	25.04	1.51	0.78
17.30	15.00	2.30	48.17	24.97	1.51	0.78



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	40.11	2.48	1.26
18.30	15.00	3.30	79.11	40.31	2.48	1.26
18.30	15.00	3.30	79.11	40.28	2.48	1.26
18.30	15.00	3.30	79.11	40.24	2.48	1.26
18.30	15.00	3.30	79.11	40.11	2.48	1.26



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL





Pendiente Longitudinal : 12.00%



ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	63.97	3.50	2.01
19.20	15.00	4.20	111.65	64.23	3.50	2.01
19.20	15.00	4.20	111.65	64.57	3.50	2.02
19.20	15.00	4.20	111.65	64.23	3.50	2.01
19.20	15.00	4.20	111.65	63.89	3.50	2.00

Sumidero Escenario 3 con 4% de bombeo

B= 10 cm W= 15cm

Tabla 31. Sumidero Escenario 3 con 4% de bombeo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	6.25	0.65	0.20
16.20	15.00	1.20	20.74	6.26	0.65	0.20
16.20	15.00	1.20	20.74	6.25	0.65	0.20
16.20	15.00	1.20	20.74	6.25	0.65	0.20
16.20	15.00	1.20	20.74	6.25	0.65	0.20

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	33.60	1.51	1.05
17.30	15.00	2.30	48.17	33.60	1.51	1.05
17.30	15.00	2.30	48.17	33.58	1.51	1.05
17.30	15.00	2.30	48.17	33.51	1.51	1.05
17.30	15.00	2.30	48.17	33.48	1.51	1.05



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	51.51	2.48	1.61
18.30	15.00	3.30	79.11	51.56	2.48	1.62
18.30	15.00	3.30	79.11	51.56	2.48	1.62
18.30	15.00	3.30	79.11	51.29	2.48	1.61
18.30	15.00	3.30	79.11	51.51	2.48	1.61



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	71.42	3.50	2.24
19.20	15.00	4.20	111.65	71.21	3.50	2.23
19.20	15.00	4.20	111.65	71.42	3.50	2.24
19.20	15.00	4.20	111.65	70.89	3.50	2.22
19.20	15.00	4.20	111.65	70.99	3.50	2.23



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	6.14	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	6.13	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	6.13	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	6.12	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	6.12	0.65	0.19



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	32.84	1.51	1.03
17.30	15.00	2.30	48.17	32.75	1.51	1.03
17.30	15.00	2.30	48.17	32.73	1.51	1.03
17.30	15.00	2.30	48.17	32.82	1.51	1.03
17.30	15.00	2.30	48.17	32.86	1.51	1.03



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	50.61	2.48	1.59
18.30	15.00	3.30	79.11	50.63	2.48	1.59
18.30	15.00	3.30	79.11	50.90	2.48	1.60
18.30	15.00	3.30	79.11	50.85	2.48	1.59
18.30	15.00	3.30	79.11	50.69	2.48	1.59



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	69.05	3.50	2.16
19.20	15.00	4.20	111.65	68.95	3.50	2.16
19.20	15.00	4.20	111.65	68.75	3.50	2.16
19.20	15.00	4.20	111.65	69.25	3.50	2.17
19.20	15.00	4.20	111.65	68.85	3.50	2.16



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.40	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.40	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.40	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.40	0.65	0.17
16.20	15.00	1.20	20.74	5.40	0.65	0.17



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	31.77	1.51	1.00
17.30	15.00	2.30	48.17	31.77	1.51	1.00
17.30	15.00	2.30	48.17	31.86	1.51	1.00
17.30	15.00	2.30	48.17	31.88	1.51	1.00
17.30	15.00	2.30	48.17	31.86	1.51	1.00



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	50.69	2.48	1.59
18.30	15.00	3.30	79.11	50.63	2.48	1.59
18.30	15.00	3.30	79.11	50.47	2.48	1.58
18.30	15.00	3.30	79.11	50.53	2.48	1.58
18.30	15.00	3.30	79.11	50.53	2.48	1.58



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	65.28	3.50	2.05
19.20	15.00	4.20	111.65	65.10	3.50	2.04
19.20	15.00	4.20	111.65	65.01	3.50	2.04
19.20	15.00	4.20	111.65	65.46	3.50	2.05
19.20	15.00	4.20	111.65	65.19	3.50	2.04



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	4.95	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.95	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.95	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.95	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.95	0.65	0.16



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	31.69	1.51	0.99
17.30	15.00	2.30	48.17	31.71	1.51	0.99
17.30	15.00	2.30	48.17	31.77	1.51	1.00
17.30	15.00	2.30	48.17	31.69	1.51	0.99
17.30	15.00	2.30	48.17	31.73	1.51	0.99



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	49.79	2.48	1.56
18.30	15.00	3.30	79.11	49.90	2.48	1.56
18.30	15.00	3.30	79.11	49.64	2.48	1.56
18.30	15.00	3.30	79.11	49.53	2.48	1.55
18.30	15.00	3.30	79.11	49.59	2.48	1.55



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL





Pendiente Longitudinal : 12.00%



ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	63.80	3.50	2.00
19.20	15.00	4.20	111.65	63.63	3.50	1.99
19.20	15.00	4.20	111.65	63.55	3.50	1.99
19.20	15.00	4.20	111.65	63.38	3.50	1.99
19.20	15.00	4.20	111.65	63.80	3.50	2.00



Sumidero Escenario 4 con 4% de Bombeo



B= 0.10 m - W= 15 cm

Tabla 32. Sumidero Escenario 4 con 4% de Bombeo

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.92	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	5.91	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	5.92	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	5.91	0.65	0.19
16.20	15.00	1.20	20.74	5.91	0.65	0.19

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	34.30	1.51	1.08
17.30	15.00	2.30	48.17	34.52	1.51	1.08
17.30	15.00	2.30	48.17	34.72	1.51	1.09
17.30	15.00	2.30	48.17	34.15	1.51	1.07
17.30	15.00	2.30	48.17	34.42	1.51	1.08

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	52.07	2.48	1.63
18.30	15.00	3.30	79.11	51.90	2.48	1.63
18.30	15.00	3.30	79.11	52.52	2.48	1.65
18.30	15.00	3.30	79.11	59.59	2.48	1.87
18.30	15.00	3.30	79.11	55.32	2.48	1.73

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal : 0.50%						
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	76.93	3.50	2.41
19.20	15.00	4.20	111.65	71.74	3.50	2.25
19.20	15.00	4.20	111.65	73.17	3.50	2.29
19.20	15.00	4.20	111.65	74.77	3.50	2.34
19.20	15.00	4.20	111.65	74.88	3.50	2.35



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.69	0.65	0.18
16.20	15.00	1.20	20.74	5.66	0.65	0.18
16.20	15.00	1.20	20.74	5.65	0.65	0.18
16.20	15.00	1.20	20.74	5.58	0.65	0.18
16.20	15.00	1.20	20.74	5.60	0.65	0.18



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	32.54	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.86	1.51	1.03
17.30	15.00	2.30	48.17	32.54	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	33.18	1.51	1.04
17.30	15.00	2.30	48.17	33.18	1.51	1.04



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	54.31	2.48	1.70
18.30	15.00	3.30	79.11	54.38	2.48	1.70
18.30	15.00	3.30	79.11	53.29	2.48	1.67
18.30	15.00	3.30	79.11	53.11	2.48	1.66
18.30	15.00	3.30	79.11	52.58	2.48	1.65



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	73.96	3.50	2.32
19.20	15.00	4.20	111.65	75.47	3.50	2.37
19.20	15.00	5.00	111.65	74.77	3.50	2.34
19.20	15.00	4.20	111.65	76.44	3.50	2.40
19.20	15.00	4.20	111.65	64.14	3.50	2.01



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.21	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.21	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.22	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.22	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.21	0.65	0.16



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	32.46	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.44	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.41	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.44	1.51	1.02
17.30	15.00	2.30	48.17	32.44	1.51	1.02



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	52.70	2.48	1.65
18.30	15.00	3.30	79.11	52.01	2.48	1.63
18.30	15.00	3.30	79.11	52.30	2.48	1.64
18.30	15.00	3.30	79.11	53.11	2.48	1.66
18.30	15.00	3.30	79.11	53.76	2.48	1.69



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	75.59	3.50	2.37
19.20	15.00	4.20	111.65	76.32	3.50	2.39
19.20	15.00	4.20	111.65	76.19	3.50	2.39
19.20	15.00	4.20	111.65	62.14	3.50	1.95
19.20	15.00	4.20	111.65	60.19	3.50	1.89



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.05	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.99	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.97	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.07	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.99	0.65	0.16



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	30.69	1.51	0.96
17.30	15.00	2.30	48.17	30.30	1.51	0.95
17.30	15.00	2.30	48.17	29.98	1.51	0.94
17.30	15.00	2.30	48.17	30.36	1.51	0.95
17.30	15.00	2.30	48.17	30.34	1.51	0.95



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	48.09	2.48	1.51
18.30	15.00	3.30	79.11	49.08	2.48	1.54
18.30	15.00	3.30	79.11	48.73	2.48	1.53
18.30	15.00	3.30	79.11	56.90	2.48	1.78
18.30	15.00	3.30	79.11	56.56	2.48	1.77



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL





Pendiente Longitudinal : 12.00%



ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	63.38	3.50	1.99
19.20	15.00	4.20	111.65	63.46	3.50	1.99
19.20	15.00	4.20	111.65	63.55	3.50	1.99
19.20	15.00	4.20	111.65	63.80	3.50	2.00
19.20	15.00	4.20	111.65	63.29	3.50	1.98

Sumidero Escenario 5 con 4% de Bombeo

B= 10 cm - W= 15 cm

Tabla 33. Sumidero Escenario 5 con 4% de Bombeo.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.14	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.14	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.14	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.14	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.14	0.65	0.16

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 						
Pendiente Longitudinal :		0.50%				
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	45.31	1.51	1.42
17.30	15.00	2.30	48.17	45.88	1.51	1.44
17.30	15.00	2.30	48.17	45.92	1.51	1.44
17.30	15.00	2.30	48.17	45.97	1.51	1.44
17.30	15.00	2.30	48.17	45.79	1.51	1.44



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	62.63	2.48	1.96
18.30	15.00	3.30	79.11	66.37	2.48	2.08
18.30	15.00	3.30	79.11	73.73	2.48	2.31
18.30	15.00	3.30	79.11	62.63	2.48	1.96
18.30	15.00	3.30	79.11	73.05	2.48	2.29



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 0.50%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	83.80	3.50	2.63
19.20	15.00	4.20	111.65	83.07	3.50	2.60
19.20	15.00	4.20	111.65	83.95	3.50	2.63
19.20	15.00	4.20	111.65	84.39	3.50	2.65
19.20	15.00	4.20	111.65	83.51	3.50	2.62



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	5.06	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.02	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	4.99	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.01	0.65	0.16
16.20	15.00	1.20	20.74	5.01	0.65	0.16



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	45.30	1.51	1.42
17.30	15.00	2.30	48.17	43.70	1.51	1.37
17.30	15.00	2.30	48.17	44.66	1.51	1.40
17.30	15.00	2.30	48.17	44.34	1.51	1.39
17.30	15.00	2.30	48.17	43.70	1.51	1.37



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	64.23	2.48	2.01
18.30	15.00	3.30	79.11	63.89	2.48	2.00
18.30	15.00	3.30	79.11	64.06	2.48	2.01
18.30	15.00	3.30	79.11	64.06	2.48	2.01
18.30	15.00	3.30	79.11	64.06	2.48	2.01



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 4.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	80.42	3.50	2.52
19.20	15.00	4.20	111.65	78.96	3.50	2.48
19.20	15.00	4.20	111.65	78.57	3.50	2.46
19.20	15.00	4.20	111.65	85.91	3.50	2.69
19.20	15.00	4.20	111.65	86.37	3.50	2.71



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	4.82	0.65	0.15
16.20	15.00	1.20	20.74	4.79	0.65	0.15
16.20	15.00	1.20	20.74	4.79	0.65	0.15
16.20	15.00	1.20	20.74	4.79	0.65	0.15
16.20	15.00	1.20	20.74	4.80	0.65	0.15



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	41.14	1.51	1.29
17.30	15.00	2.30	48.17	41.43	1.51	1.30
17.30	15.00	2.30	48.17	41.61	1.51	1.30
17.30	15.00	2.30	48.17	41.64	1.51	1.31
17.30	15.00	2.30	48.17	41.57	1.51	1.30



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	61.90	2.48	1.94
18.30	15.00	3.30	79.11	59.96	2.48	1.88
18.30	15.00	3.30	79.11	64.23	2.48	2.01
18.30	15.00	3.30	79.11	57.65	2.48	1.81
18.30	15.00	3.30	79.11	65.55	2.48	2.05



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 8.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	78.70	3.50	2.47
19.20	15.00	4.20	111.65	80.56	3.50	2.53
19.20	15.00	4.20	111.65	78.70	3.50	2.47
19.20	15.00	4.20	111.65	78.70	3.50	2.47
19.20	15.00	4.20	111.65	79.88	3.50	2.50



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
16.20	15.00	1.20	20.74	4.54	0.65	0.14
16.20	15.00	1.20	20.74	4.54	0.65	0.14
16.20	15.00	1.20	20.74	4.53	0.65	0.14
16.20	15.00	1.20	20.74	4.52	0.65	0.14
16.20	15.00	1.20	20.74	4.52	0.65	0.14



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
17.30	15.00	2.30	48.17	40.83	1.51	1.28
17.30	15.00	2.30	48.17	40.79	1.51	1.28
17.30	15.00	2.30	48.17	41.07	1.51	1.29
17.30	15.00	2.30	48.17	40.55	1.51	1.27
17.30	15.00	2.30	48.17	40.24	1.51	1.26



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
18.30	15.00	3.30	79.11	60.96	2.48	1.91
18.30	15.00	3.30	79.11	61.50	2.48	1.93
18.30	15.00	3.30	79.11	65.28	2.48	2.05
18.30	15.00	3.30	79.11	59.22	2.48	1.86
18.30	15.00	3.30	79.11	53.64	2.48	1.68



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Pendiente Longitudinal : 12.00%

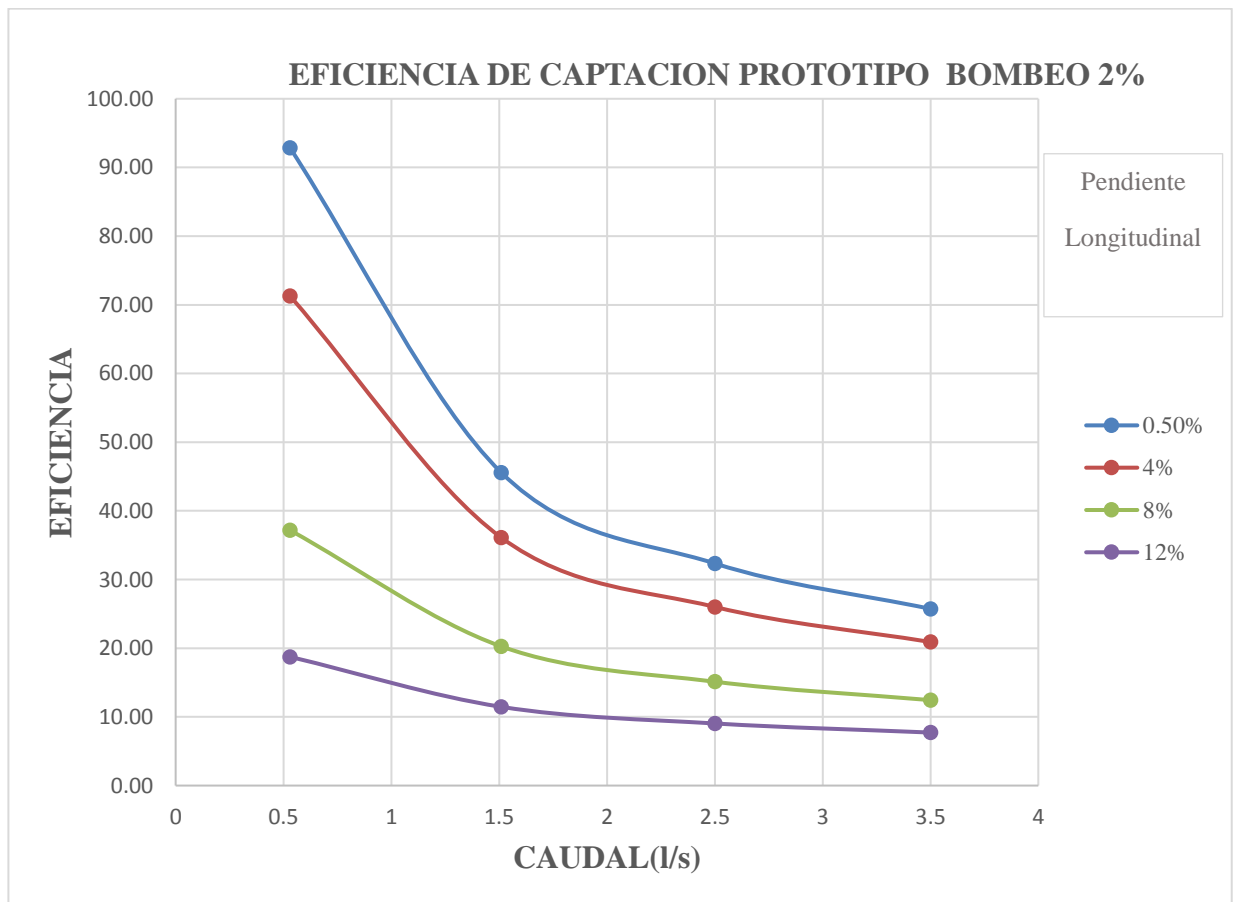
ALTURA LIMNIMETRO (cm)	VERTEDERO RECTANGULAR (cm)	CARGA SOBRE EL VERTEDERO (cm)	MODELO		PROTOTIPO	
			CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)	CAUDAL VIA (lt/s)	CAUDAL SUMIDERO (lt/s)
19.20	15.00	4.20	111.65	68.36	3.50	2.14
19.20	15.00	4.20	111.65	69.35	3.50	2.17
19.20	15.00	4.20	111.65	69.85	3.50	2.19
19.20	15.00	4.20	111.65	70.37	3.50	2.21
19.20	15.00	4.20	111.65	71.42	3.50	2.24

4.5 CURVAS DE EFICIENCIA DEL PROTOTIPO Y MODELO CON SUMIDERO T45

Eficiencia de captación (E) vs. Caudal (Q), en el modelo S1, con bombeo del 2% ($i=4$) y diferentes valores de pendiente longitudinal ($j=0,5, 4, 8, 12\%$) tomadas del proyecto de investigación de la universidad técnica de Ambato (

Figura 14).

Figura 14. Curvas de eficiencia de captación del prototipo con bombeo de 2%.

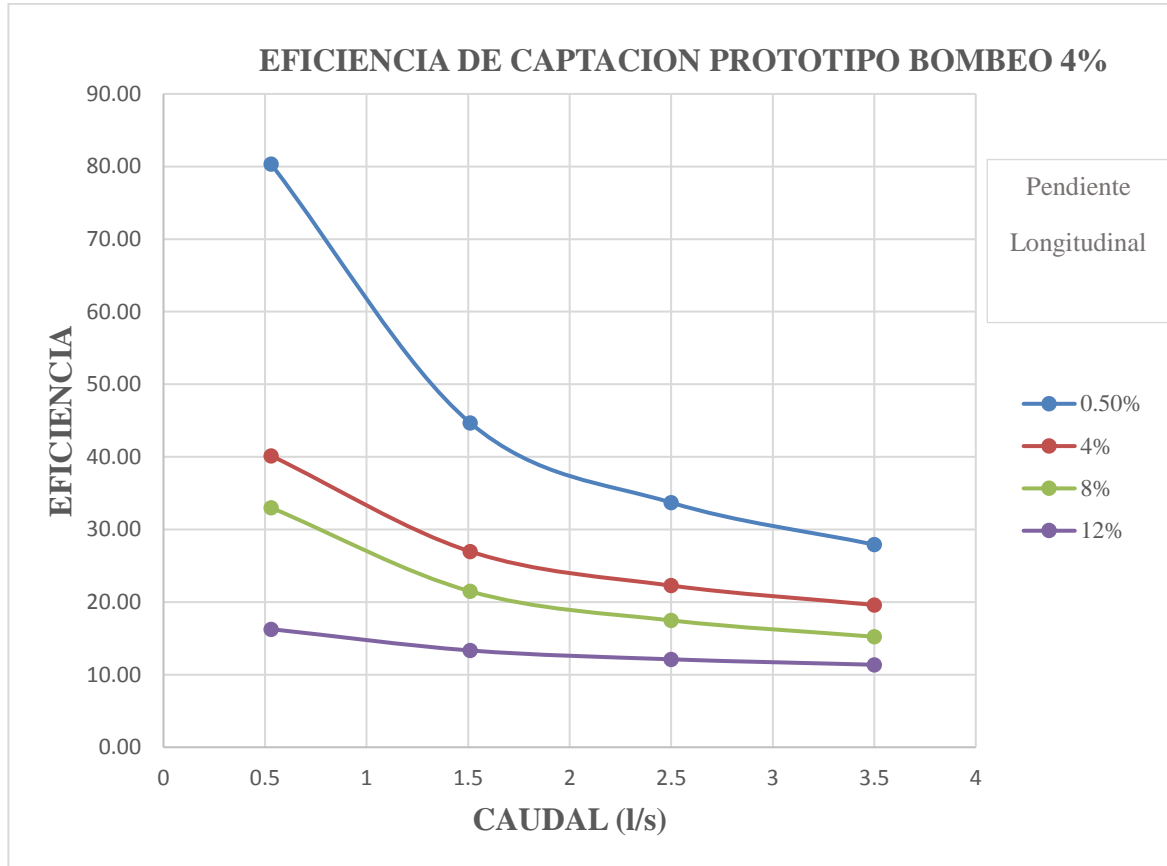


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Eficiencia de captación (E) vs. Caudal (Q), en el modelo S1, con bombeo del 4% ($i=4$) y diferentes valores de pendiente longitudinal ($j=0,5, 4, 8, 12\%$) (Figura 15).

Figura 15. Curvas de eficiencia de captación del prototipo con bombeo de 4%.

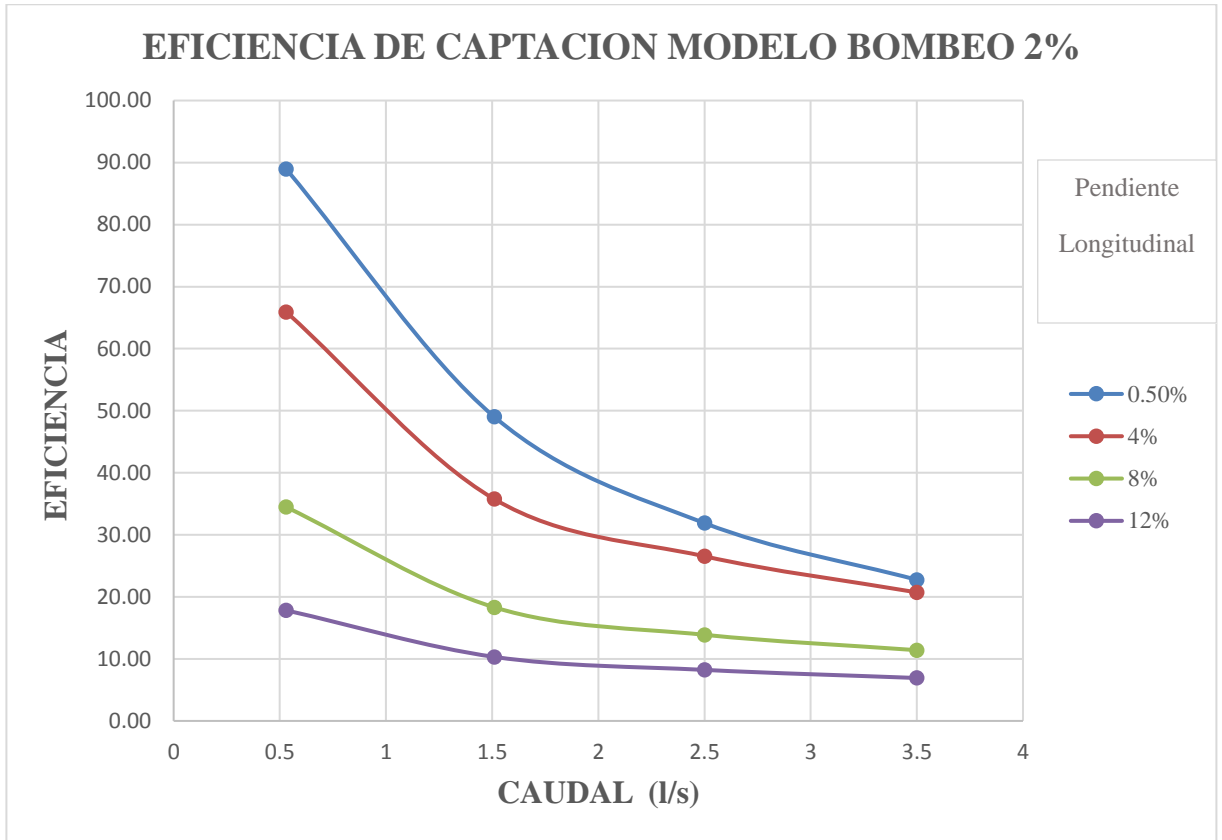


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tablas en base al estudio experimental, realizado en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Técnica de Ambato. Se consideraron dos casos para analizar su eficiencia hidráulica.

Figura 16. Curvas de eficiencia de captación del modelo con bombeo de 2%.

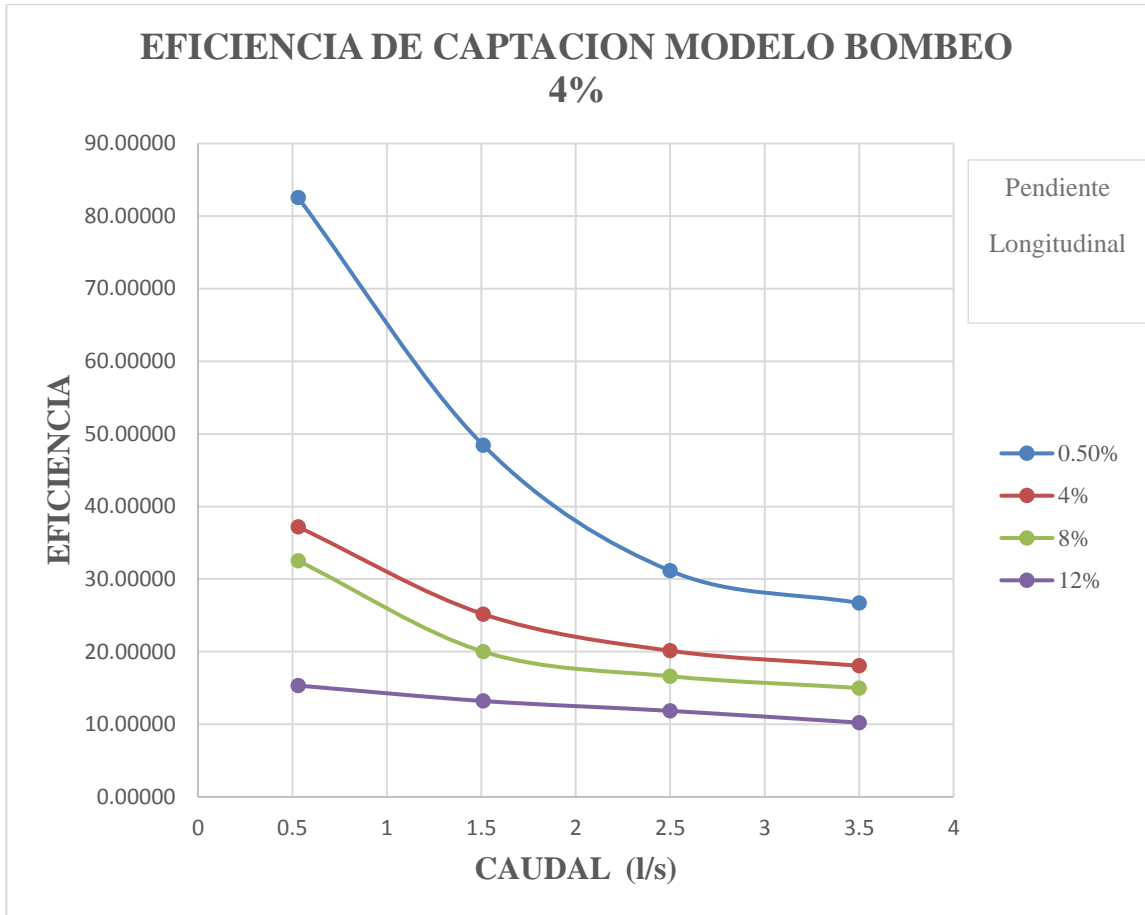


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Eficiencia de captación (E) vs. Caudal (Q), en el modelo propuesto, con bombeo del 2% ($i=4$) y diferentes valores de pendiente longitudinal ($j=0,5, 4, 8, 12\%$) (Figura 16).

Figura 17. Curvas de eficiencia de captación del modelo con bombeo de 4%.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

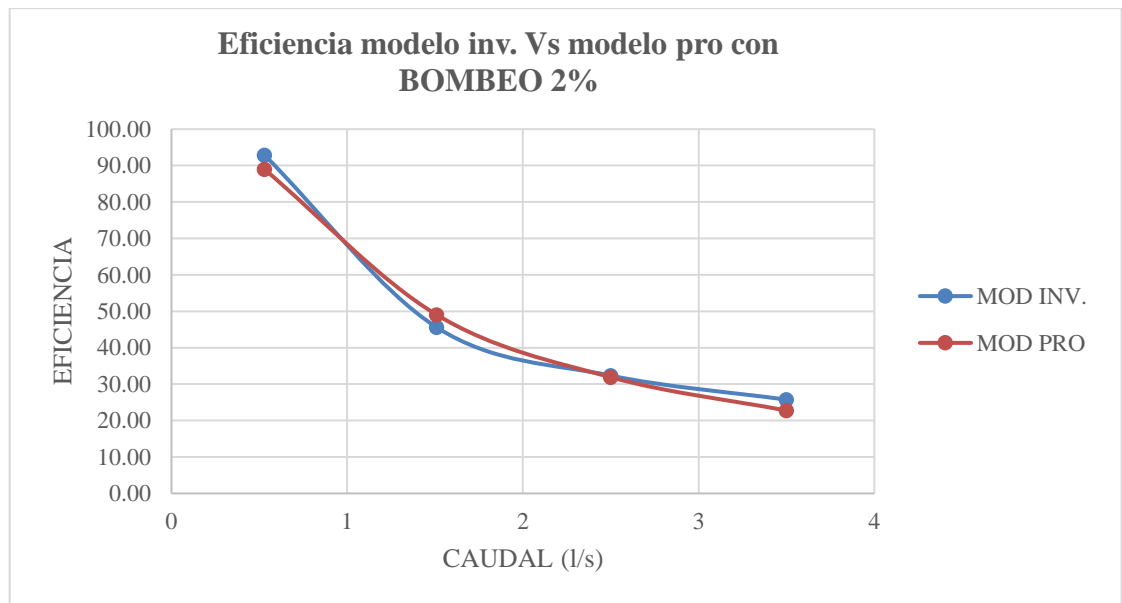
Eficiencia de captación (E) vs. Caudal (Q), en el modelo propuesto, con bombeo del 2% (i=4) y diferentes valores de pendiente longitudinal (j=0,5, 4, 8, 12%) (Figura 17).

4.6 CALIBRACIÓN DE LA EFICIENCIA ENTRE CURVAS DEL PROTOTIPO Y EL MODELO BOMBEO 2%.

Las Gráficas a continuación describe la comparación de los resultados de eficiencia del modelo propuesto vs el modelo de la investigación del área de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Escenario 1

Figura 18. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5%.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

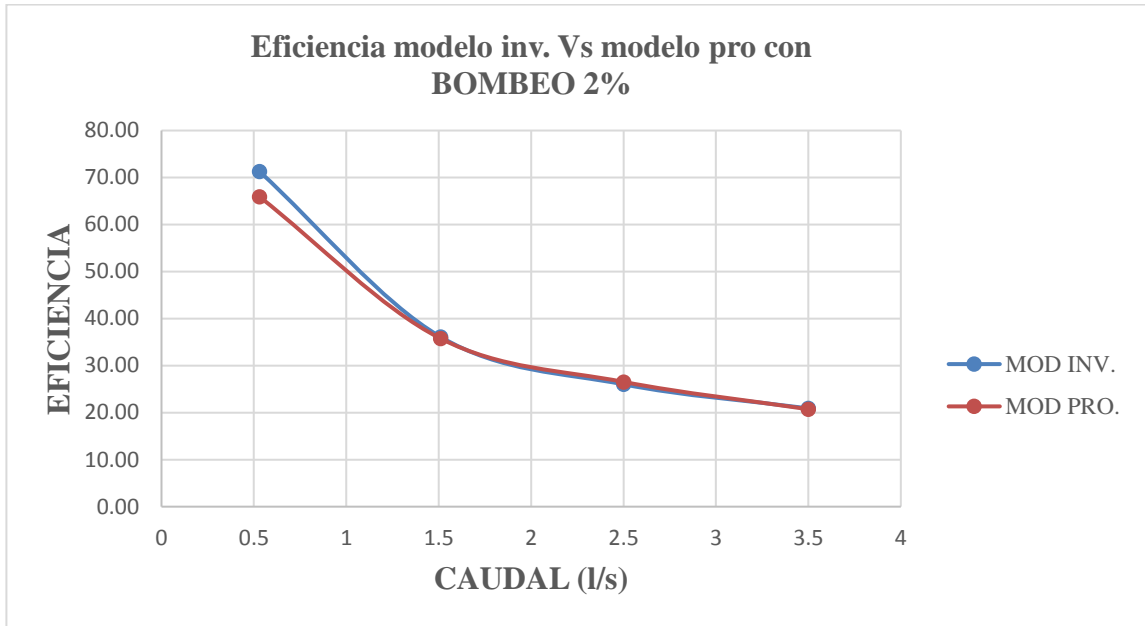
Tabla 34. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	0.5	0.53	92.87	88.96
		1.51	45.57	49.02
		2.50	32.34	31.89
		3.50	25.73	22.75

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 19. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4%.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

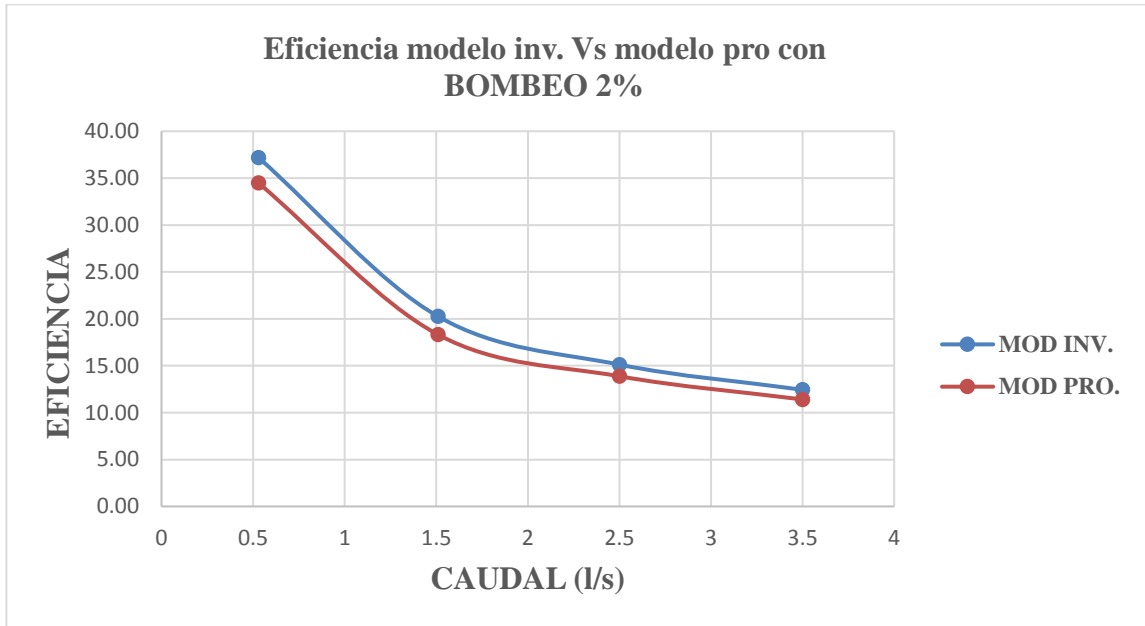
Tabla 35. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	4	0.53	71.30	65.92
		1.51	36.10	35.76
		2.50	26.01	26.54
		3.50	20.90	20.72

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 20. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8%.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

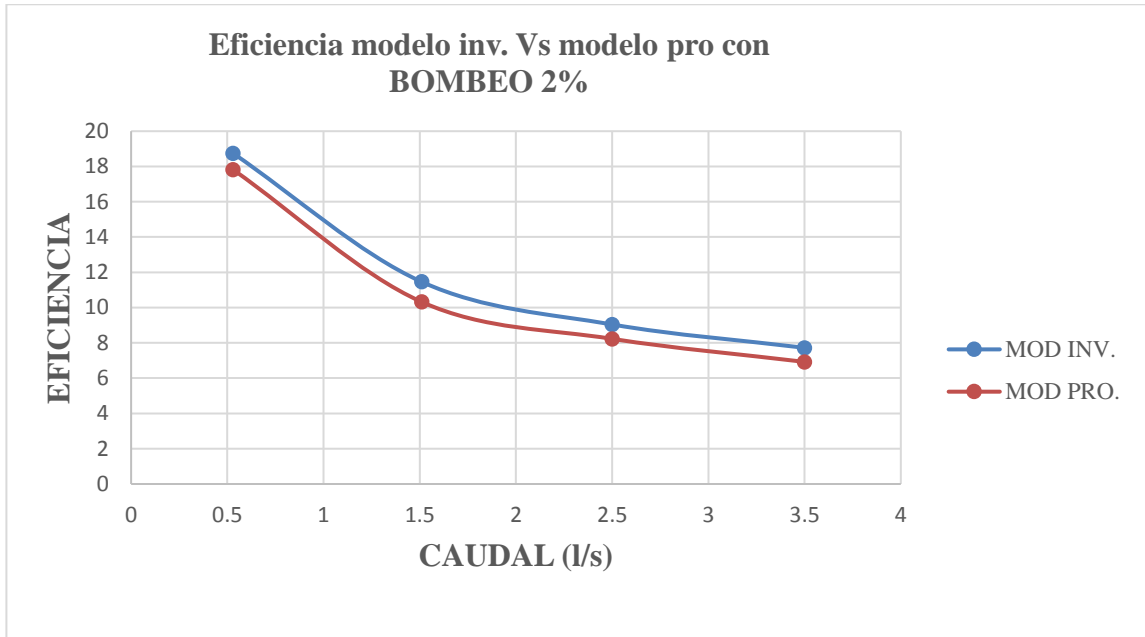
Tabla 36. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	8	0.53	37.18	34.48
		1.51	20.26	18.32
		2.50	15.12	13.88
		3.50	12.44	11.40

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

Figura 21. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12%.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 37. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	12	0.53	18.74638238	17.82
		1.51	11.46061609	10.32
		2.50	9.042641761	8.23
		3.50	7.719961761	6.92

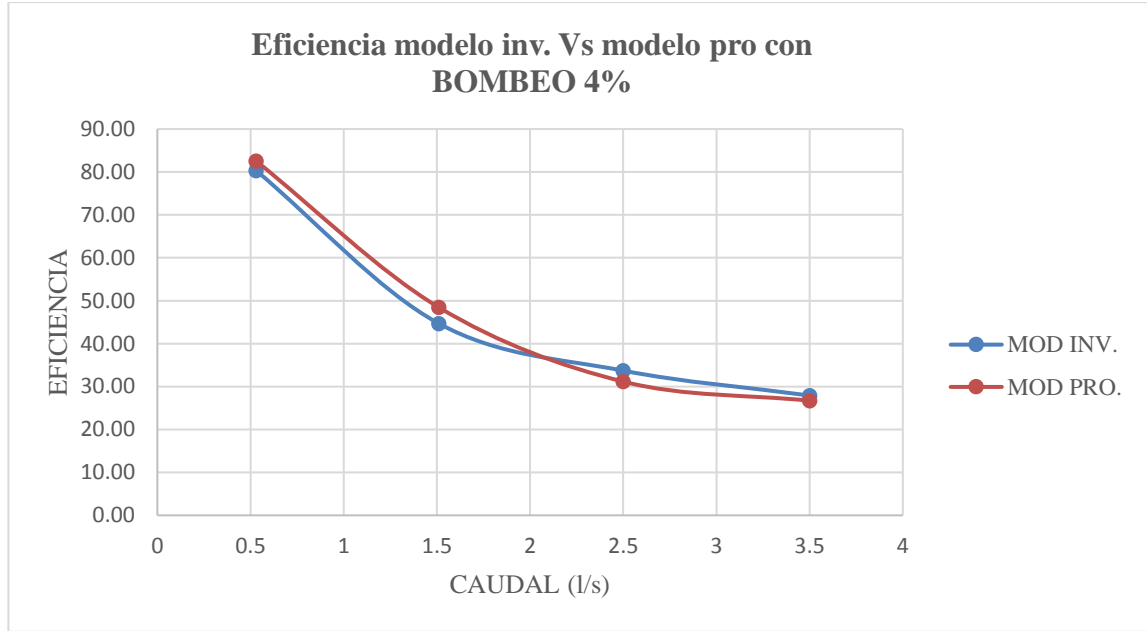
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 4%

Escenario 1

Figura 22. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 05% Escenario 1.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

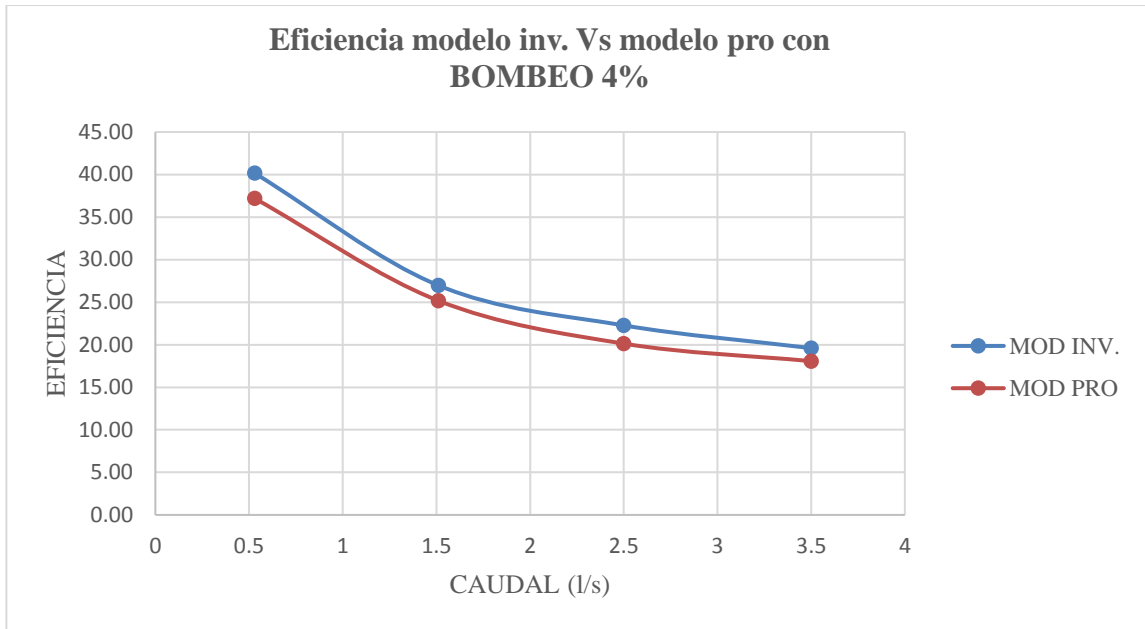
Tabla 38. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 05%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	0.5	0.53	80.34	82.55
		1.51	44.70	48.46
		2.50	33.70	31.15
		3.50	27.91	26.70

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 23. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 1.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

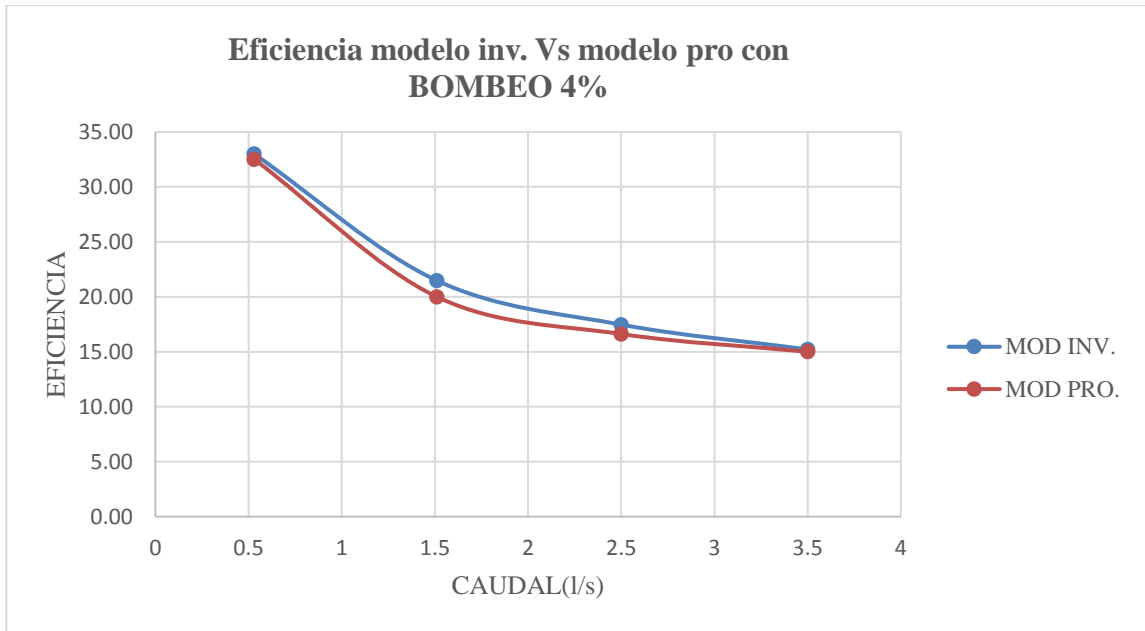
Tabla 39. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	4%	0.53	40.16	37.19
		1.51	26.98	25.18
		2.50	22.27	20.13
		3.50	19.60	18.07

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 24. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 8% Escenario 1.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

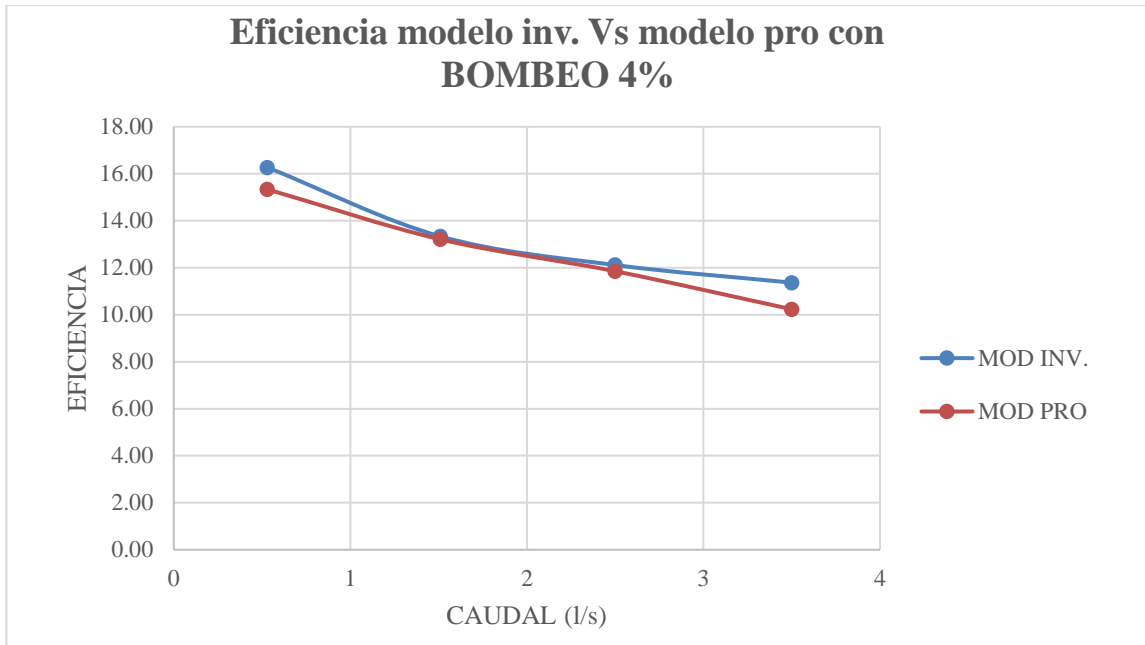
Tabla 40. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	8%	0.53	33.00	32.53
		1.51	21.49	20.01
		2.50	17.47	16.62
		3.50	15.22	15.00

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 25. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 1.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 41. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	12%	0.53	16.27	15.34
		1.51	13.33	13.21
		2.50	12.12	11.85
		3.50	11.37	10.23

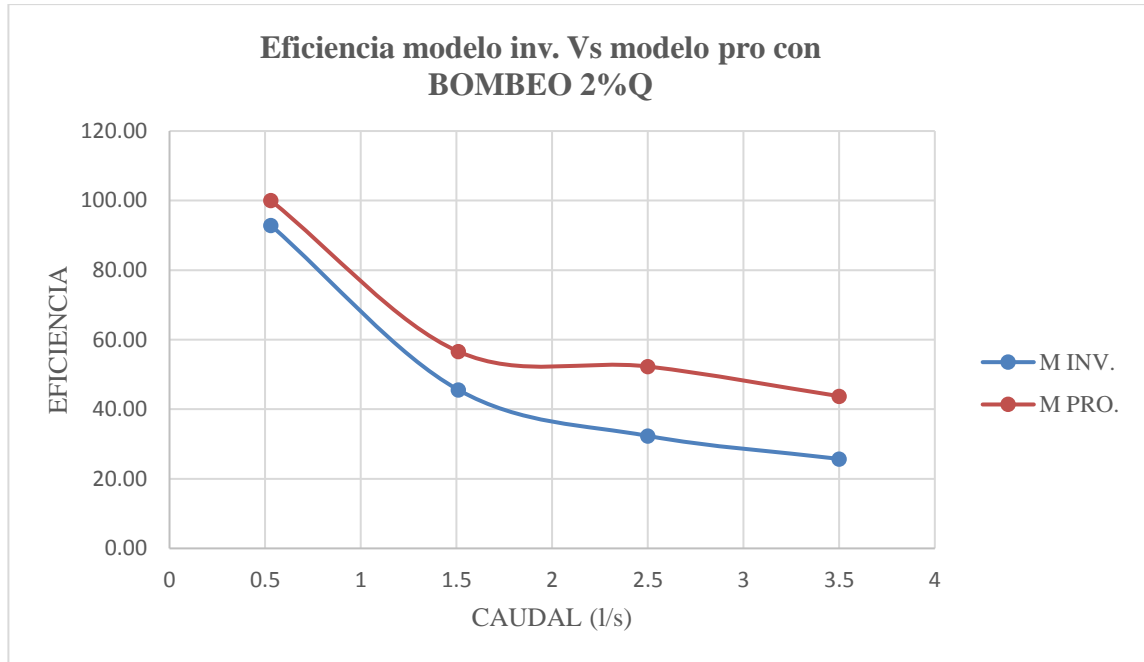
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 2%

Escenario 2

Figura 26. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

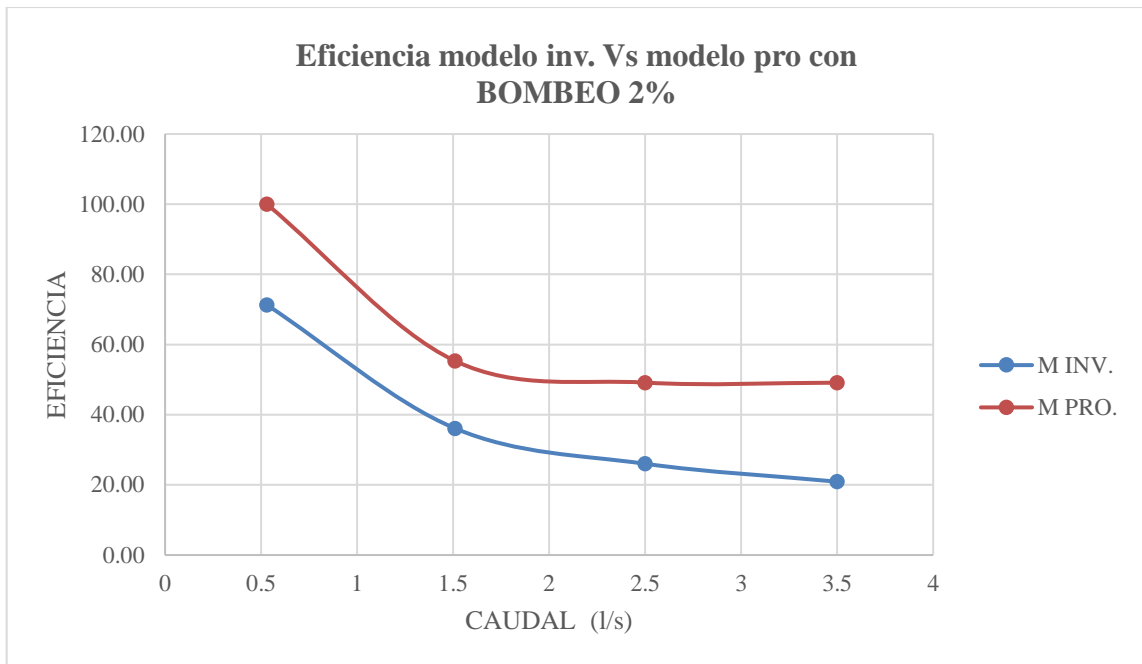
Tabla 42. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	0.5	0.53	92.87	100.00
		1.51	45.57	56.60
		2.50	32.34	52.29
		3.50	25.73	43.77

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

Figura 27. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

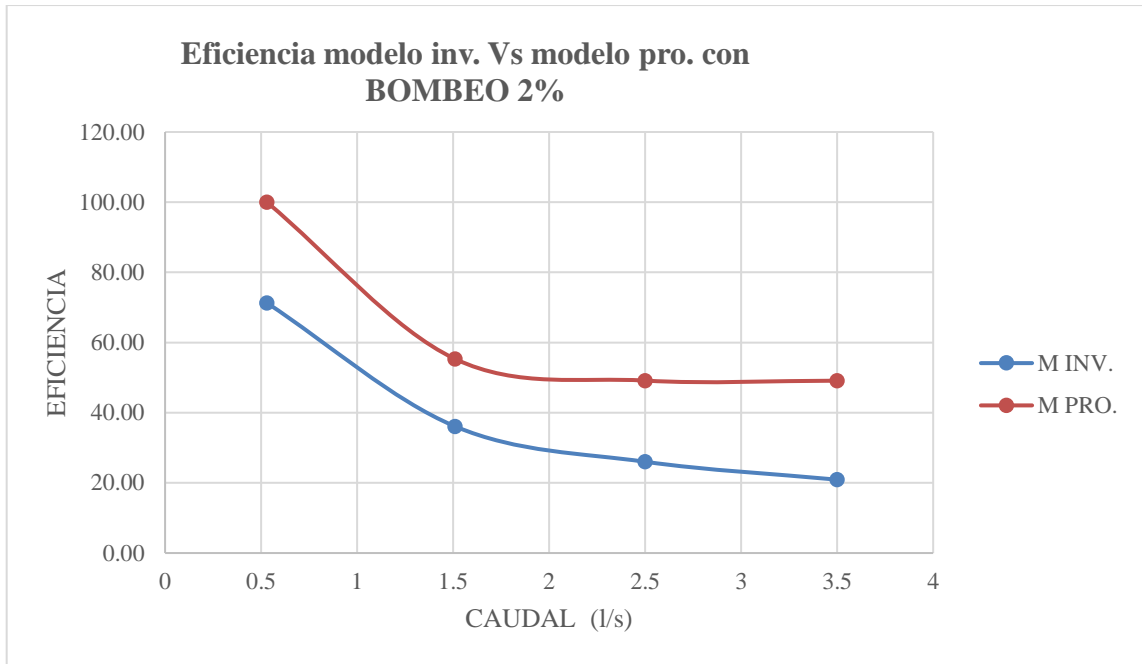
Tabla 43. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	4	0.53	71.30	100.00
		1.51	36.10	55.32
		2.50	26.01	49.15
		3.50	20.90	49.11

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

Figura 28. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

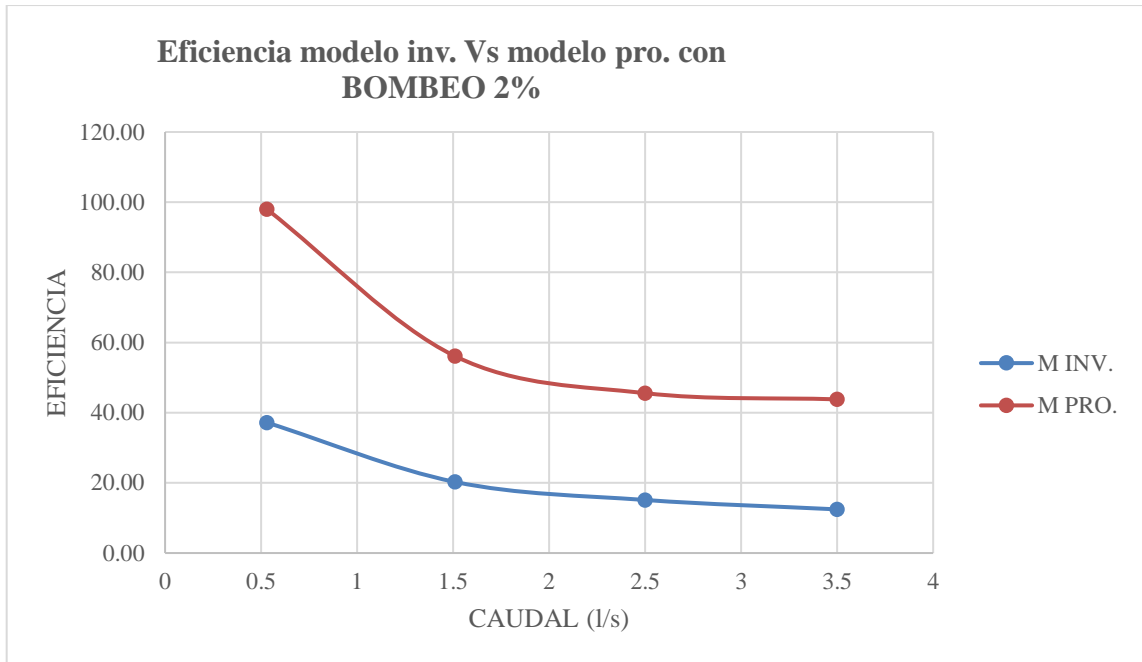
Tabla 44. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4%.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	4	0.53	71.30	100.00
		1.51	36.10	55.32
		2.50	26.01	49.15
		3.50	20.90	49.11

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

Figura 29. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

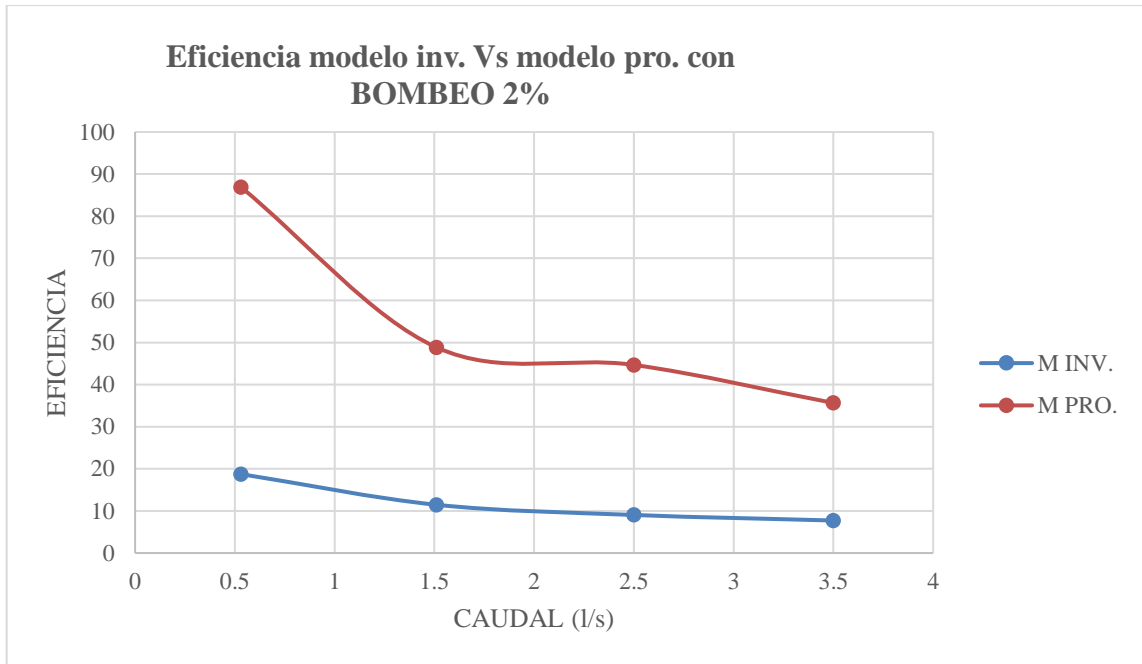
Tabla 45. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 2.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	8	0.53	37.18	98.00
		1.51	20.26	56.11
		2.50	15.12	45.57
		3.50	12.44	43.80

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

Figura 30. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 46. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12% Escenario 2.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	12	0.53	18.74638238	86.94
		1.51	11.46061609	48.86
		2.50	9.042641761	44.68
		3.50	7.719961761	35.64

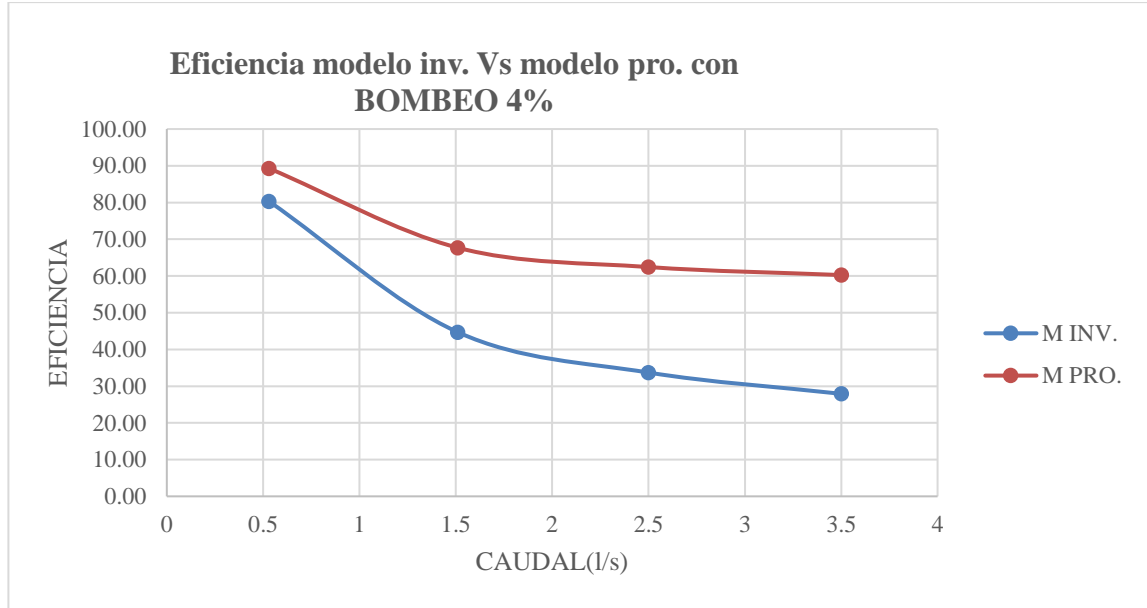
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 4%

Escenario 2

Figura 31. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 0.5% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

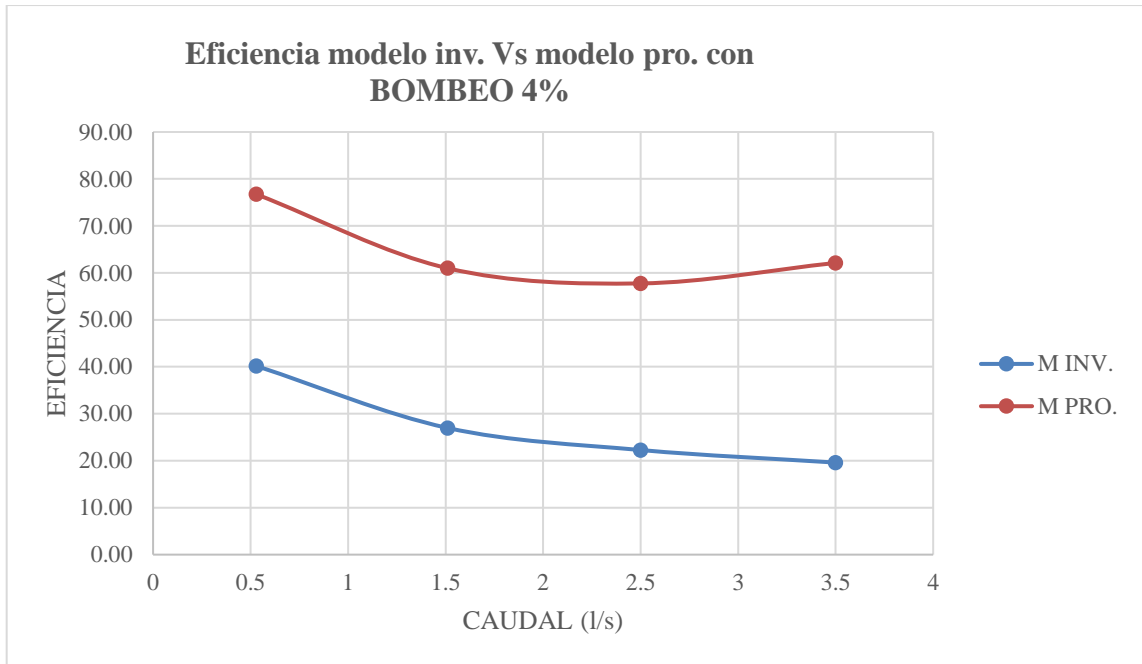
Tabla 47. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 2.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	0.5	0.53	80.34	89.30
		1.51	44.70	67.69
		2.50	33.70	62.43
		3.50	27.91	60.24

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

Figura 32. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

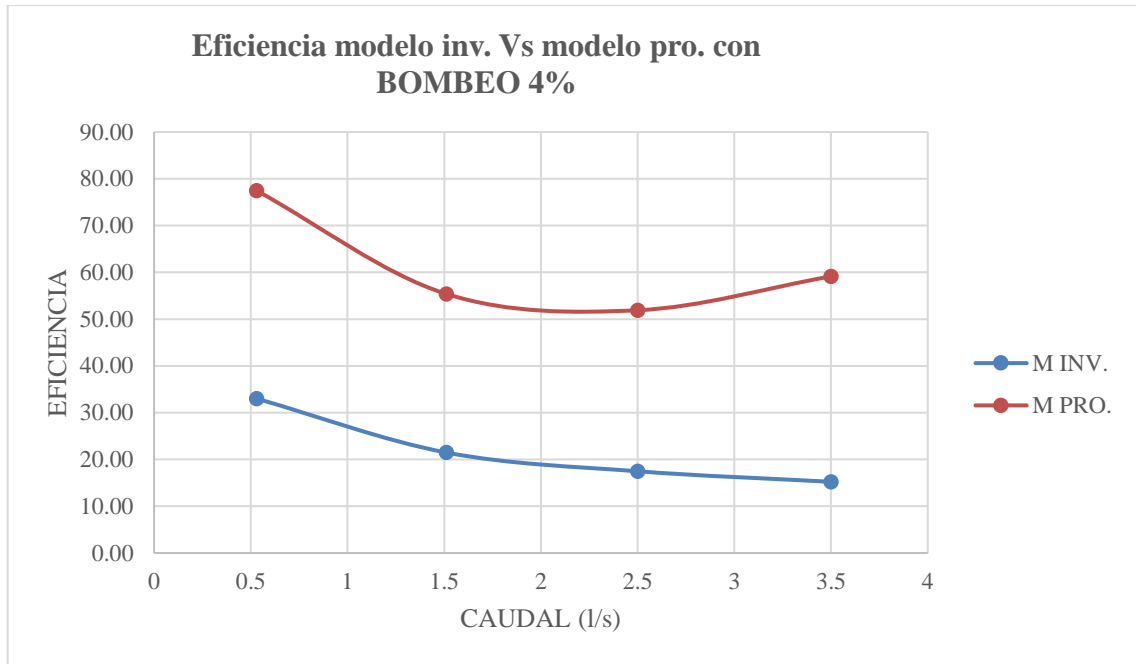
Tabla 48. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 2.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	4%	0.53	40.16	76.73
		1.51	26.98	60.99
		2.50	22.27	57.76
		3.50	19.60	62.12

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

Figura 33. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 8% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

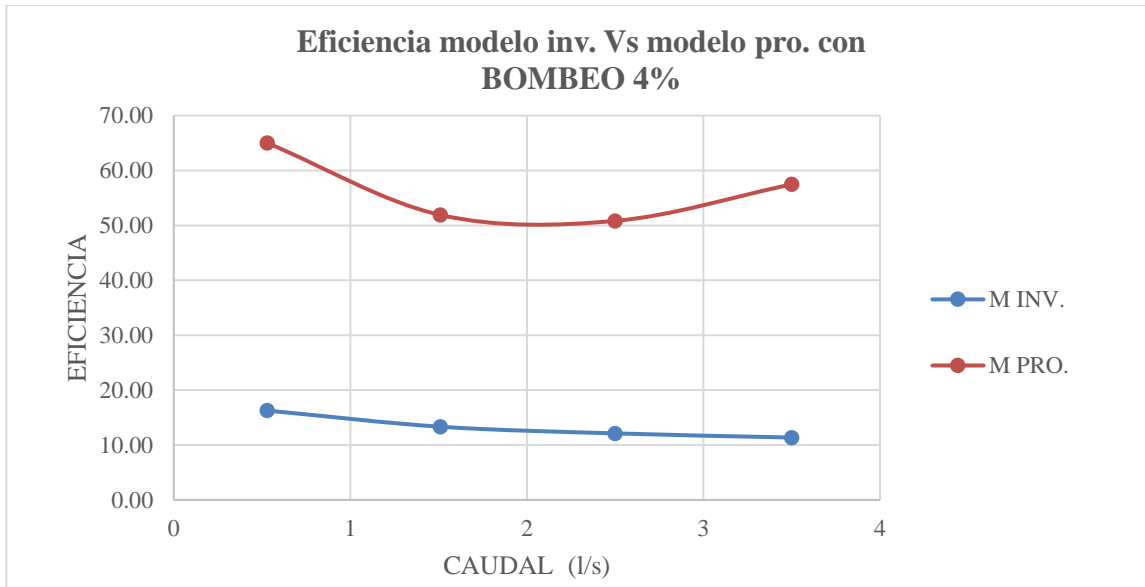
Tabla 49. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8% Escenario 2.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	8%	0.53	33.00	77.47
		1.51	21.49	55.40
		2.50	17.47	51.90
		3.50	15.22	59.13

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 34. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 2.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez

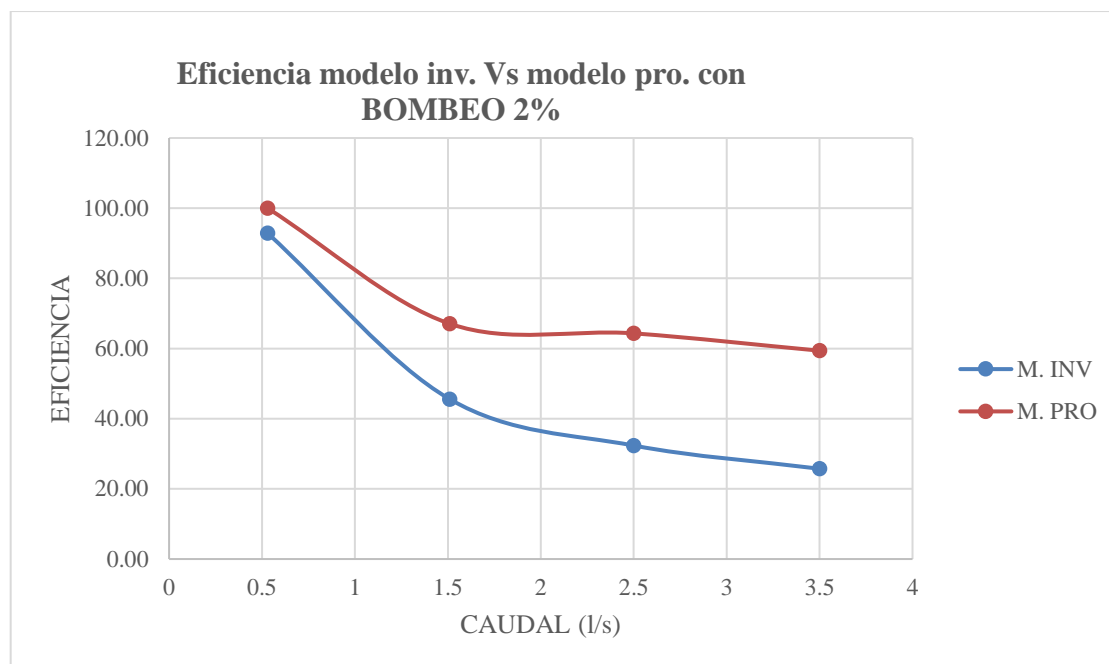
Tabla 50. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	12%	0.53	16.27	65.01
		1.51	13.33	51.91
		2.50	12.12	50.83
		3.50	11.37	57.48

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 35. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 3.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

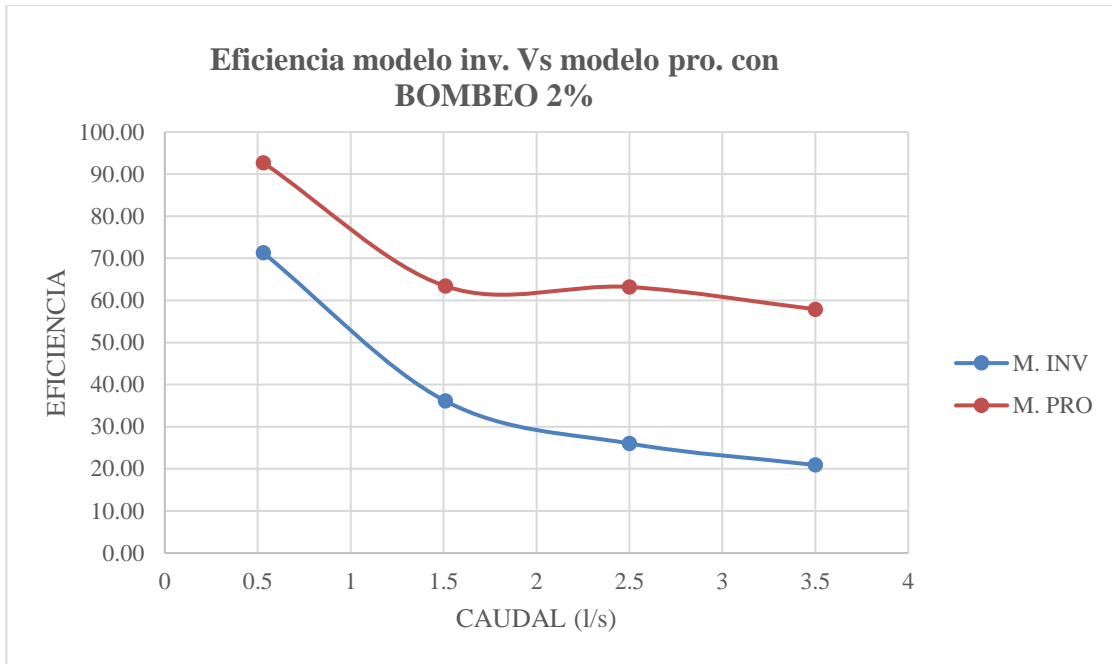
Tabla 51. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	0.5	0.53	92.87	100.00
		1.51	45.57	67.07
		2.50	32.34	64.32
		3.50	25.73	59.38

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 36. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 3.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

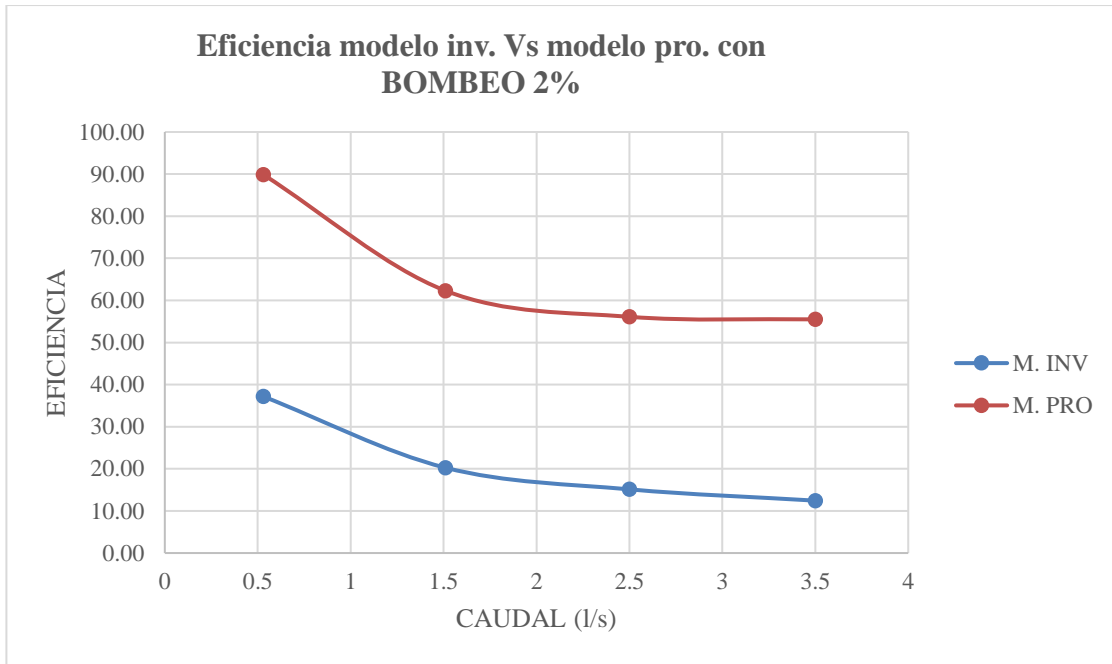
Tabla 52. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	4	0.53	71.30	92.69
		1.51	36.10	63.39
		2.50	26.01	63.19
		3.50	20.90	57.90

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 37. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 3



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

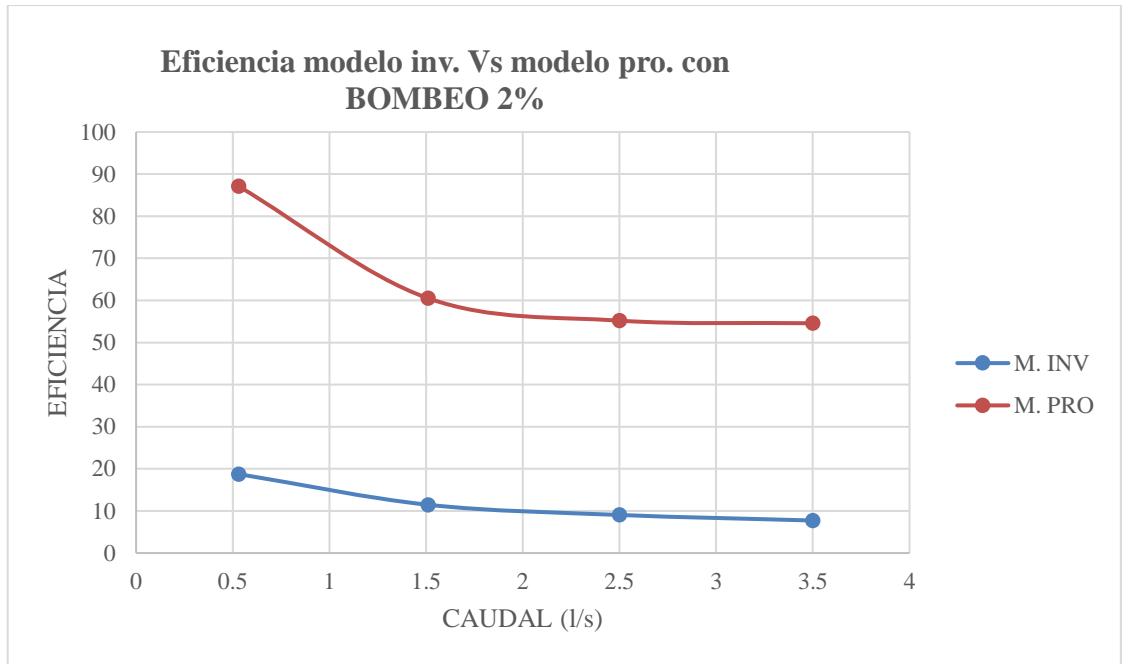
Tabla 53. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	8	0.53	37.18	89.88
		1.51	20.26	62.30
		2.50	15.12	56.11
		3.50	12.44	55.50

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 38. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 3.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 54. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	12	0.53	18.74638238	87.12
		1.51	11.46061609	60.51
		2.50	9.042641761	55.20
		3.50	7.719961761	54.57

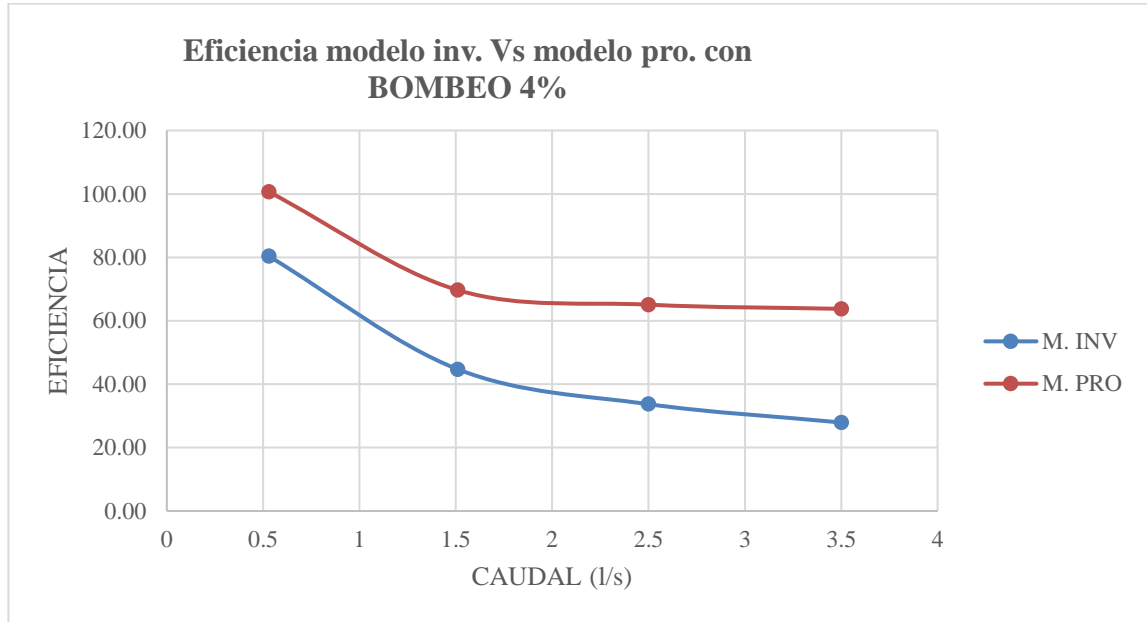
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 4%

Escenario 3

Figura 39. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 0.5% Escenario 3



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

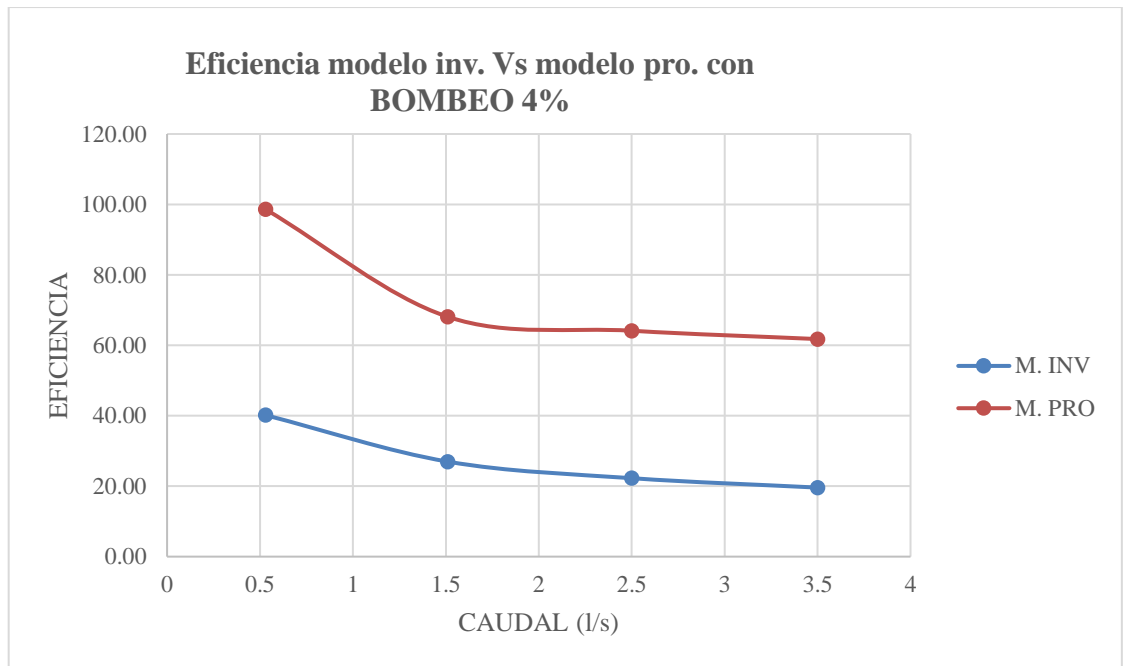
Tabla 55. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	0.5	0.53	80.34	100.63
		1.51	44.70	69.66
		2.50	33.70	65.08
		3.50	27.91	63.76

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 40. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 3.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

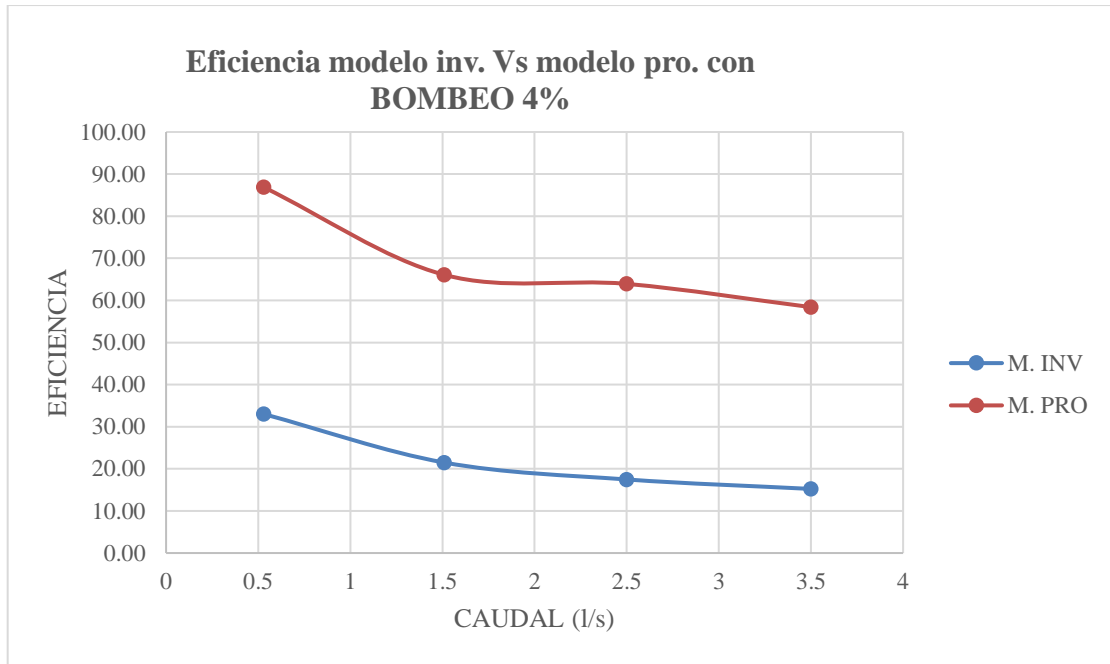
Tabla 56. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	4%	0.53	40.16	98.61
		1.51	26.98	68.10
		2.50	22.27	64.13
		3.50	19.60	61.77

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 41. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 3.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

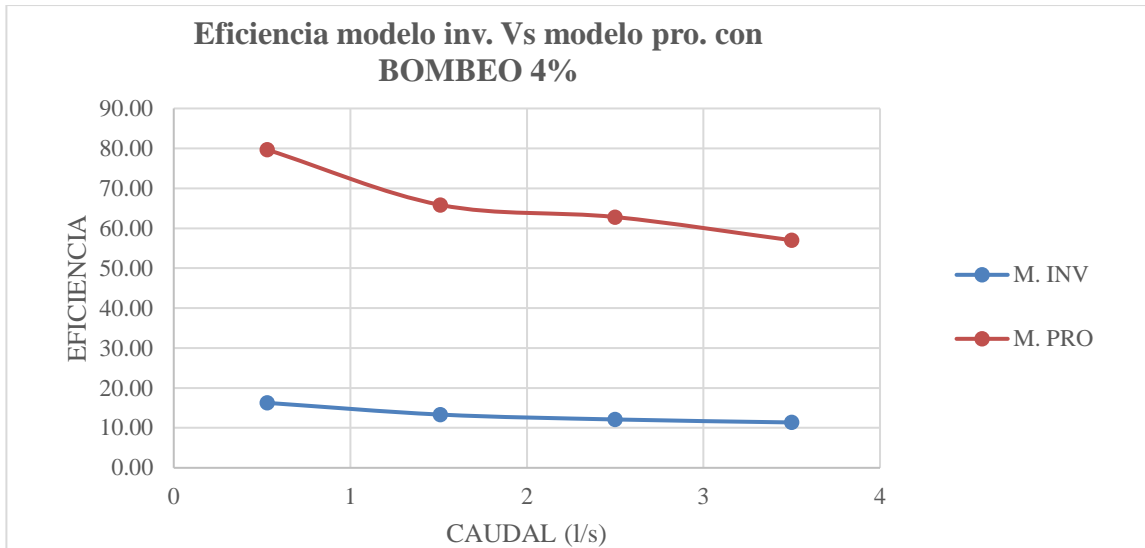
Tabla 57. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	8%	0.53	33.00	86.87
		1.51	21.49	66.08
		2.50	17.47	63.92
		3.50	15.22	58.40

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 42. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 3.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 58. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 3.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	12%	0.53	16.27	79.66
		1.51	13.33	65.85
		2.50	12.12	62.81
		3.50	11.37	56.99

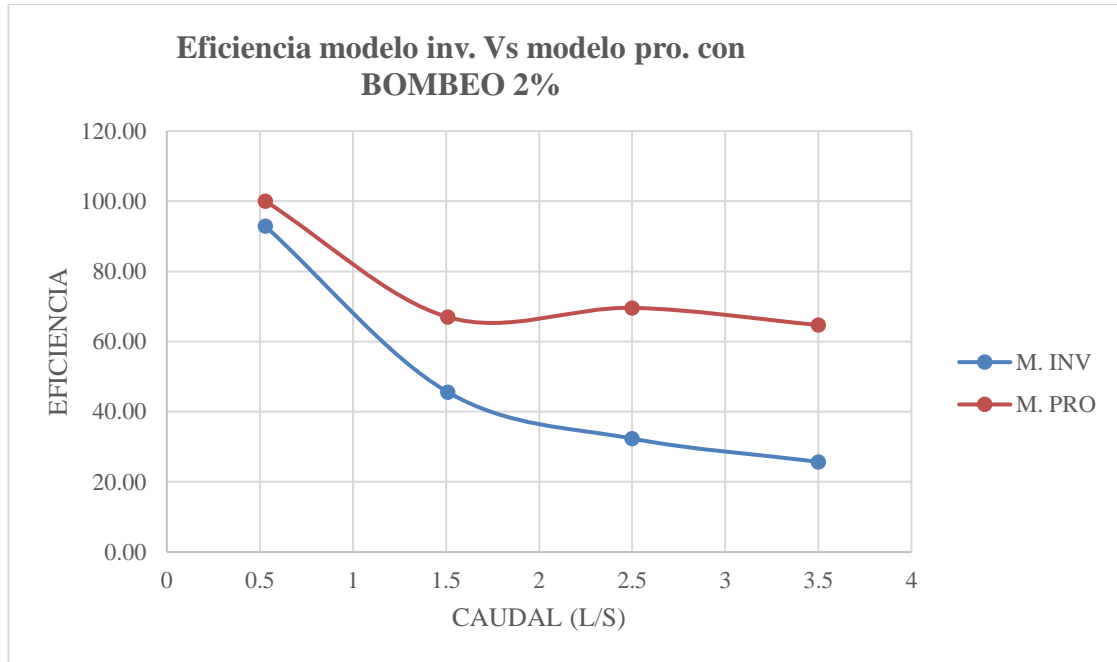
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 2%

Escenario 4

Figura 43. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

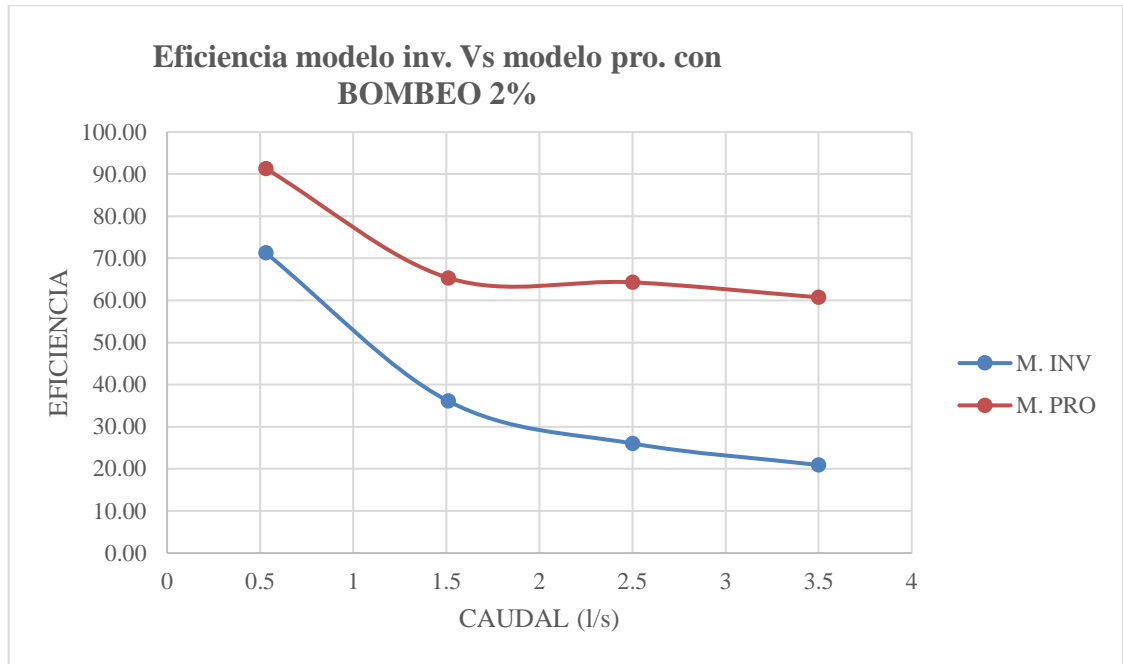
Tabla 59. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 0.5% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	0.5	0.53	92.87	100.00
		1.51	45.57	66.98
		2.50	32.34	69.60
		3.50	25.73	64.72

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 44. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

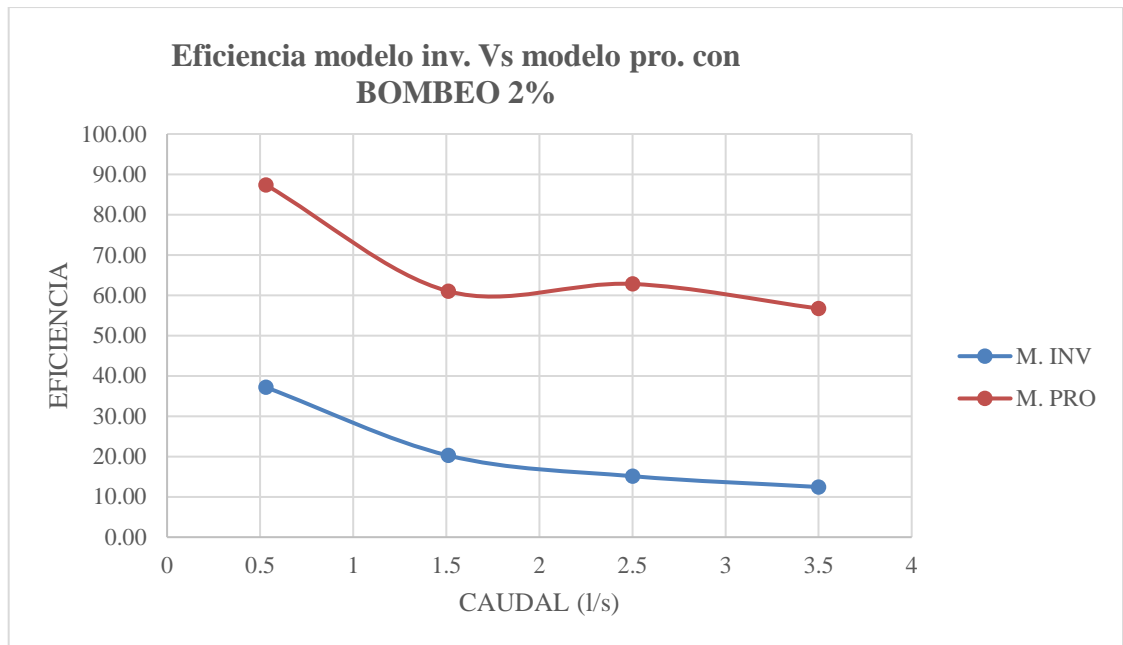
Tabla 60. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	4	0.53	71.30	91.31
		1.51	36.10	65.35
		2.50	26.01	64.30
		3.50	20.90	60.72

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 45. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

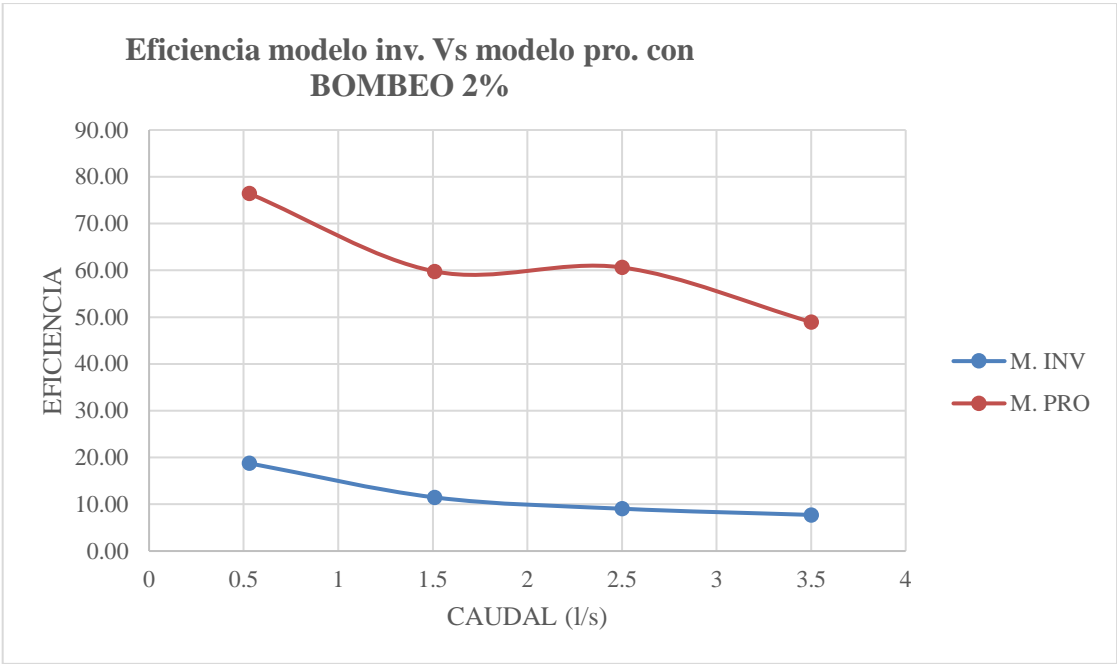
Tabla 61. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	8	0.53	37.18	87.40
		1.51	20.26	61.01
		2.50	15.12	62.81
		3.50	12.44	56.71

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 46. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 62. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	12	0.53	18.75	76.41
		1.51	11.46	59.78
		2.50	9.04	60.62
		3.50	7.72	48.96

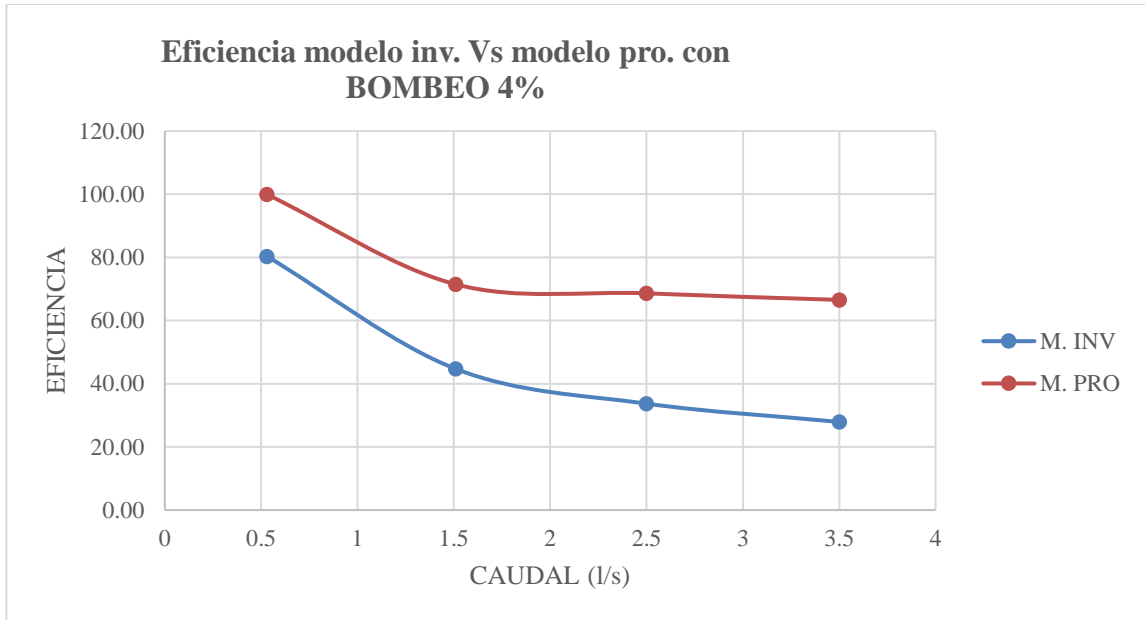
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 4%

Escenario 4

Figura 47. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

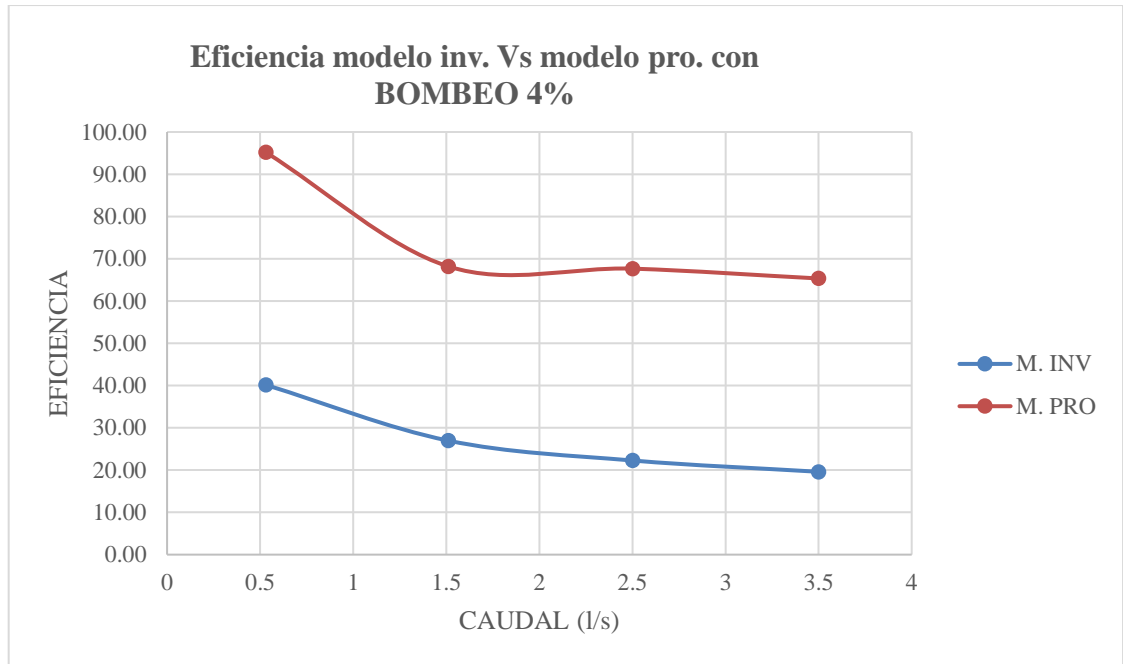
Tabla 63. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	0.5	0.53	80.34	99.93
		1.51	44.70	71.47
		2.50	33.70	68.61
		3.50	27.91	66.54

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 48. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

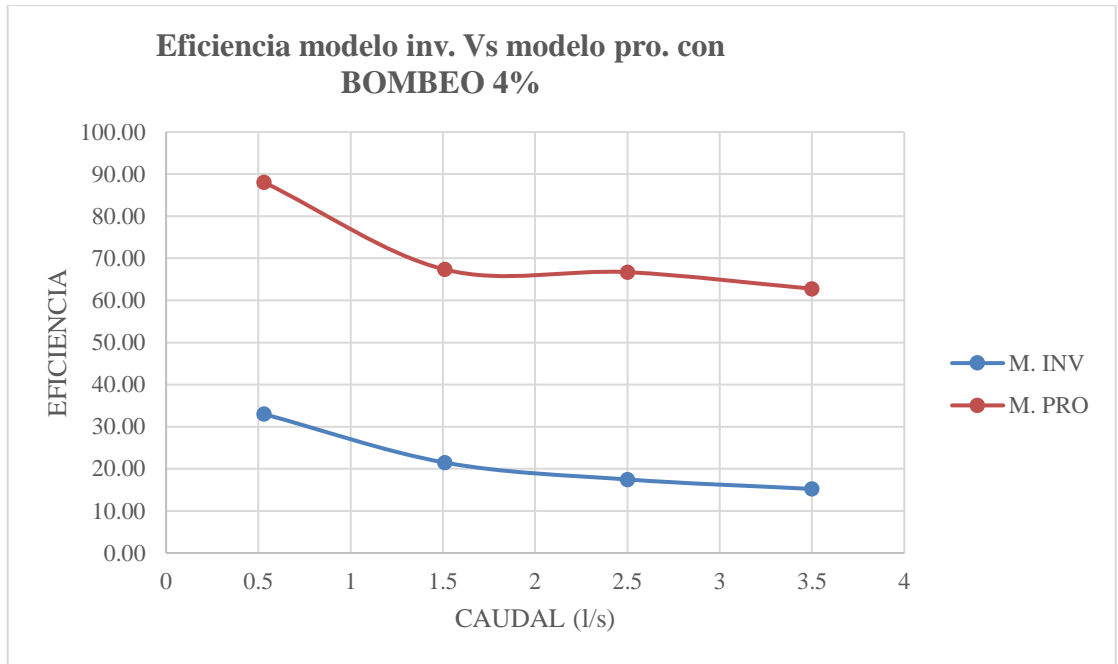
Tabla 64. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	4%	0.53	40.16	95.21
		1.51	26.98	68.20
		2.50	22.27	67.67
		3.50	19.60	65.34

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 49. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 8% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

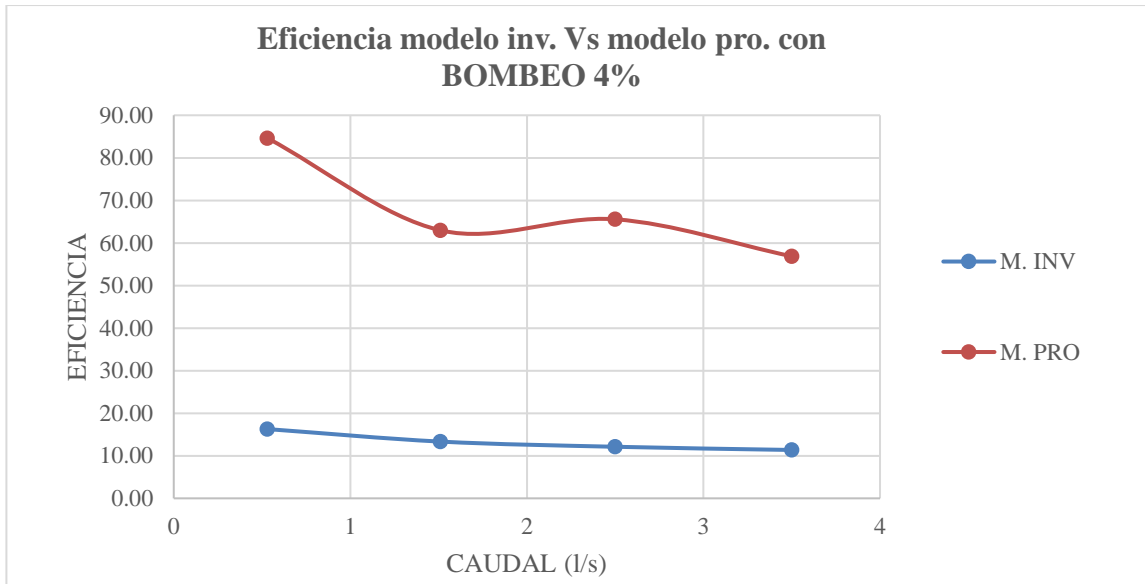
Tabla 65. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	8%	0.53	33.00	88.06
		1.51	21.49	67.34
		2.50	17.47	66.71
		3.50	15.22	62.77

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 50. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 4.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 66. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 4.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	12%	0.53	16.27	84.65
		1.51	13.33	62.98
		2.50	12.12	65.57
		3.50	11.37	56.87

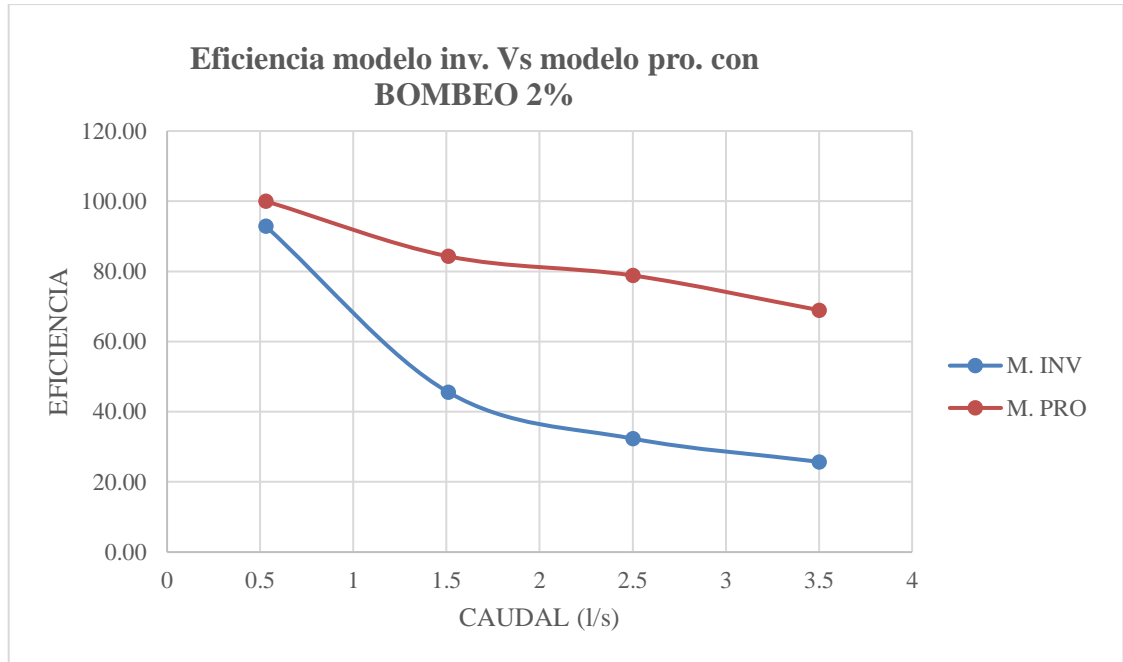
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 2%

Escenario 5

Figura 51. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 0.5% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

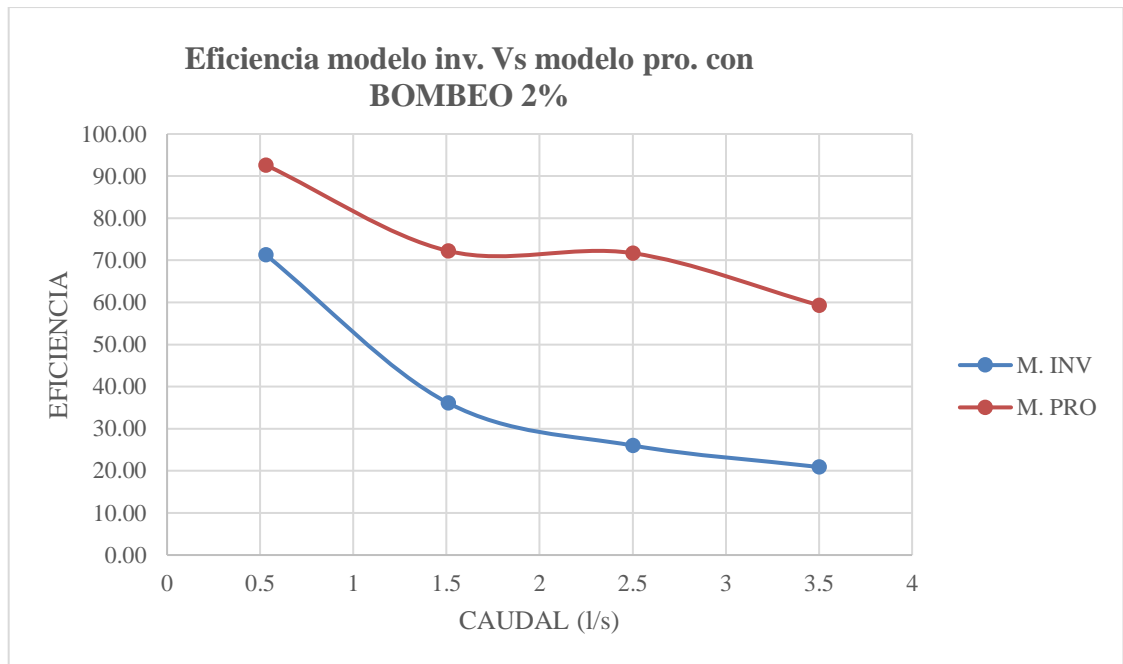
Tabla 67. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	0.5	0.53	92.87	100.00
		1.51	45.57	84.30
		2.50	32.34	78.84
		3.50	25.73	68.97

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 52. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 4% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

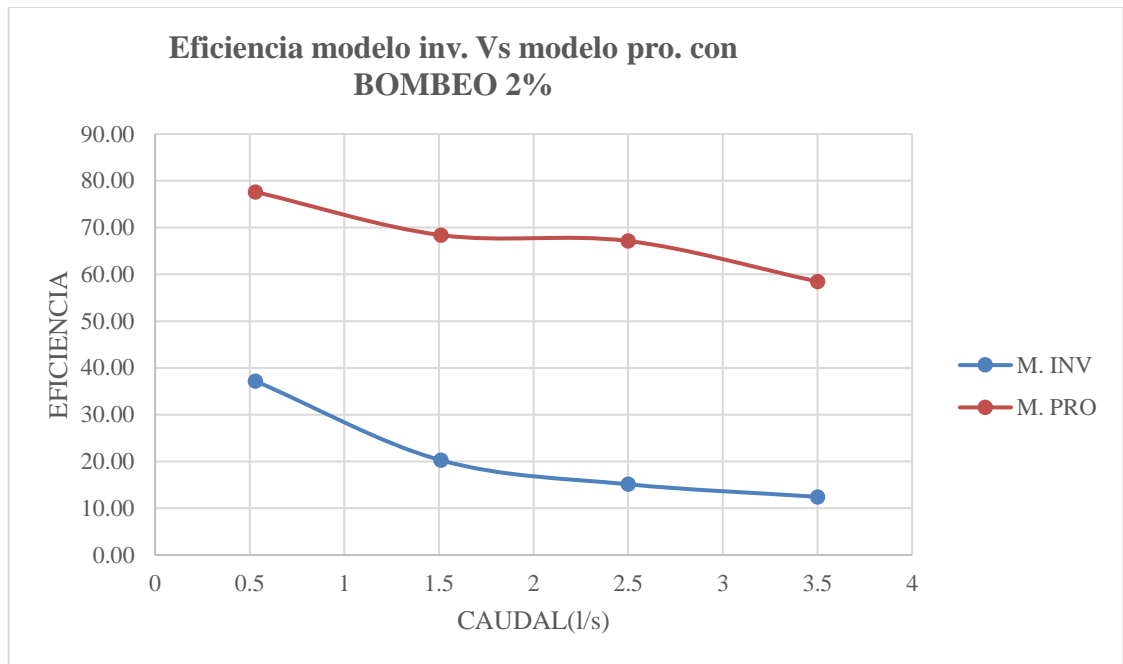
Tabla 68. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 4% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	4	0.53	71.30	92.63
		1.51	36.10	72.21
		2.50	26.01	71.70
		3.50	20.90	59.34

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 53. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 8% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

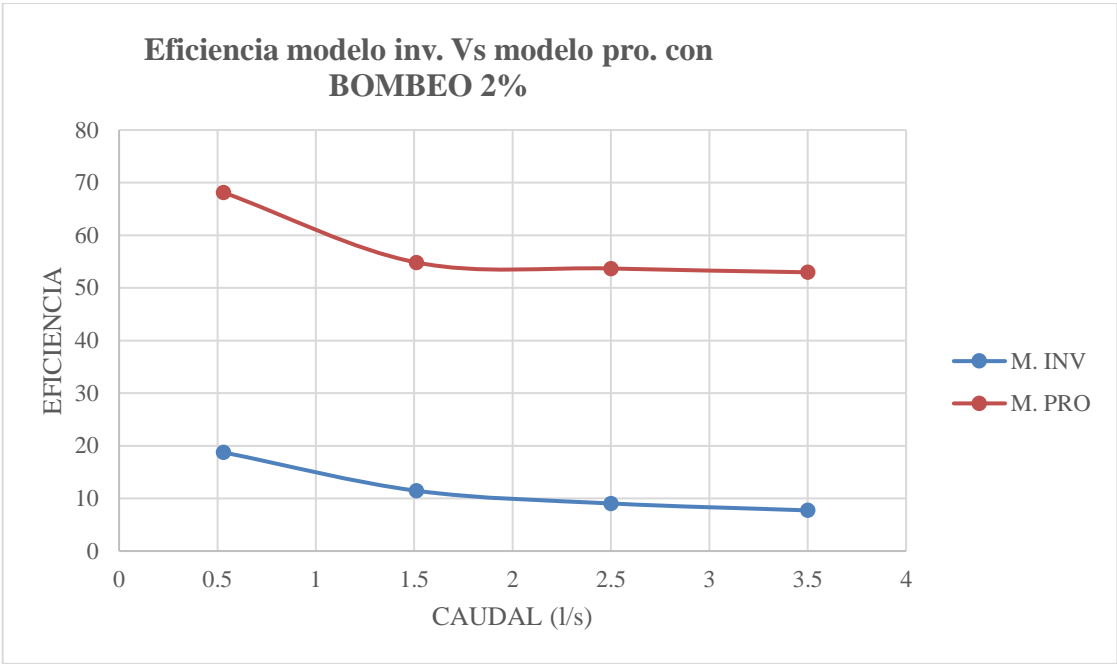
Tabla 69. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 8% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	8	0.53	37.18	77.61
		1.51	20.26	68.39
		2.50	15.12	67.13
		3.50	12.44	58.47

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 54. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 2% y 12% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 70. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 2% y 12% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
2%	12	0.53	18.74638238	68.14
		1.51	11.46061609	54.84
		2.50	9.042641761	53.68
		3.50	7.719961761	52.96

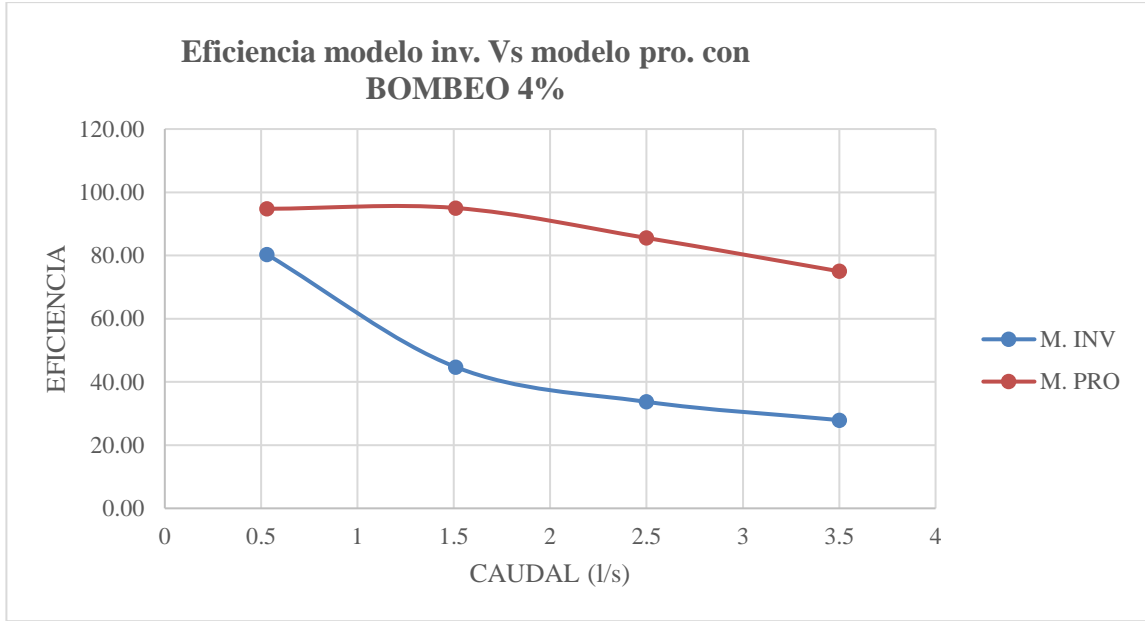
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Calibración de la eficiencia entre curvas del prototipo y el modelo bombeo 4%

Escenario 5

Figura 55. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 0.5% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

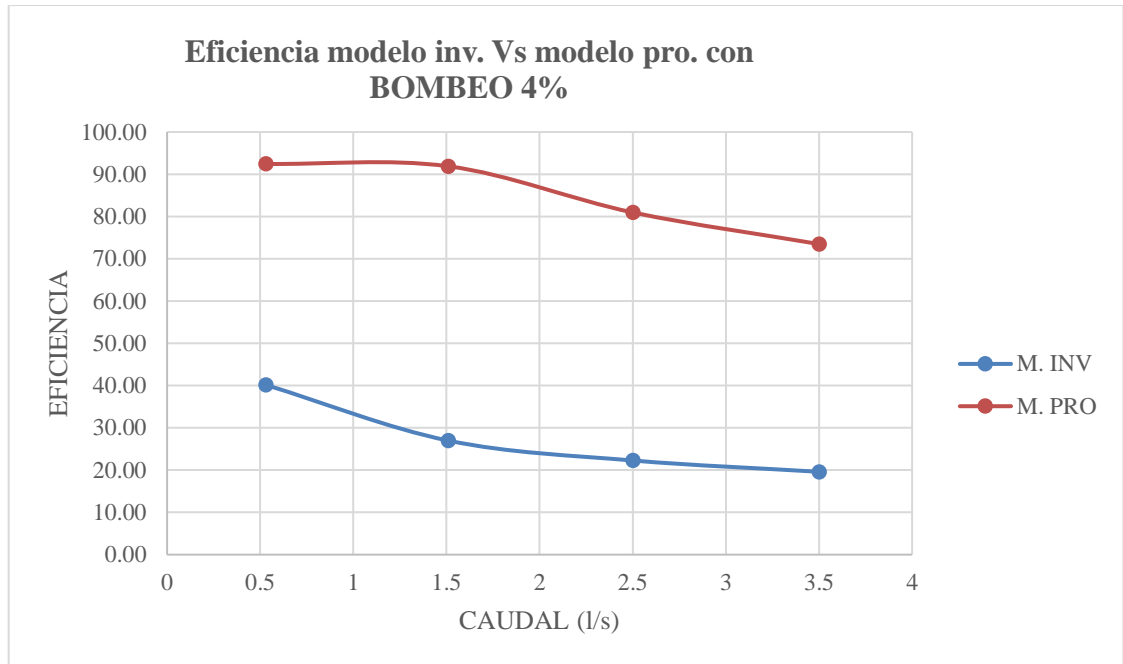
Tabla 71. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 0.5% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	0.5	0.53	80.34	94.77
		1.51	44.70	95.03
		2.50	33.70	85.55
		3.50	27.91	75.01

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 56. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 4% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

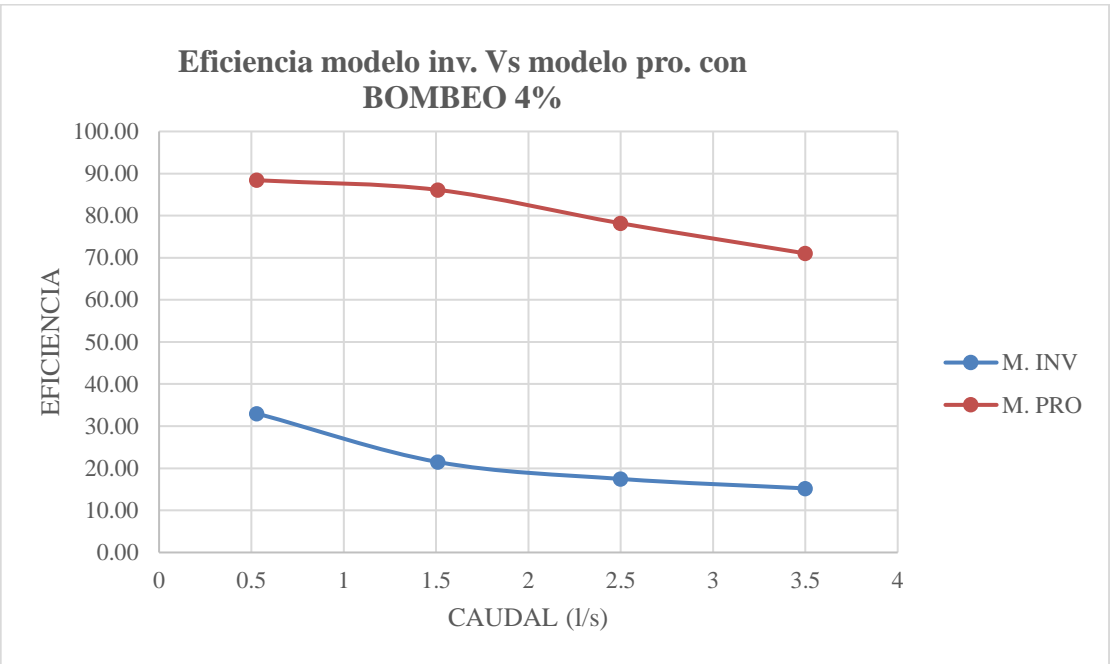
Tabla 72. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 4% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	4%	0.53	40.16	92.45
		1.51	26.98	91.89
		2.50	22.27	80.97
		3.50	19.60	73.49

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 57. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 8% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

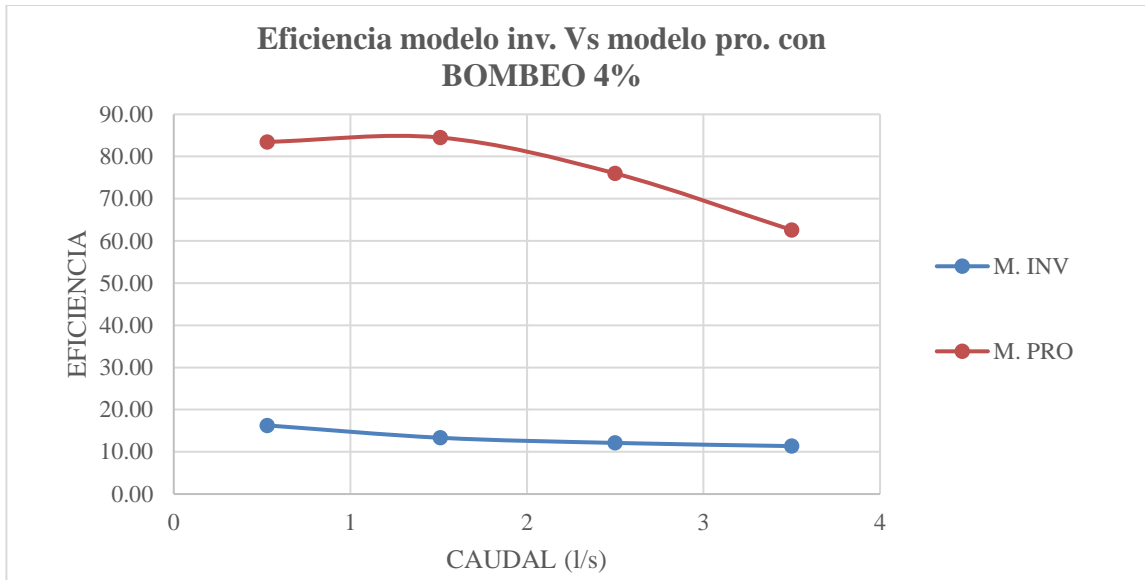
Tabla 73. Eficiencia del Prototipo vs Modelo con pendiente 4% y 8% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	8%	0.53	33.00	88.42
		1.51	21.49	86.11
		2.50	17.47	78.19
		3.50	15.22	71.03

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Figura 58. Curvas de eficiencia Modelo Inv. vs Modelo Pro. con pendiente 4% y 12% Escenario 5.



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Tabla 74. Eficiencia Modelo Investigación vs Modelo Propuesto con pendiente 4% y 12% Escenario 5.

PENDIENTE		Q	MODELO INV	MODELO PRO
4%	12%	0.53	16.27	83.47
		1.51	13.33	84.49
		2.50	12.12	75.99
		3.50	11.37	62.58

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.



Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

4.7 CURVAS DE EFICIENCIA DEL PROTOTIPO Y MODELO CON SUMIDERO T45

Basados en la recopilación de datos de caudal de entrada y caudal de salida, eficiencia de captación se ha determinado mediante la ecuación $y = \beta * Q^{-\alpha}$ de la función polinómica los coeficientes correspondientes para el modelo matemático que sigue esta distribución.

En la Tabla 74. se muestra los valores numéricos de los coeficientes de ajuste α y β para el escenario 1, los que serán importantes para estimar la eficiencia de un sistema de drenaje, en diferentes situaciones topográficas.

Tabla 75. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 1 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} .



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
	j=0.5%	j=4%	j=8%	j=12%
i=2%	$\alpha=59.53$ $\beta= -0.708$ $R^2=0.983$	$\alpha= 45.30$ $\beta= -0.609$ $R^2=0.998$	$\alpha= 23.64$ $\beta= -0.585$ $R^2=0.999$	$\alpha= 12.89$ $\beta= -0.499$ $R^2=0.999$
i=4%	$\alpha= 57.51$ $\beta= -0.611$ $R^2=0.987$	$\alpha= 26.17$ $\beta= -0.387$ $R^2=0.998$	$\alpha= 24.57$ $\beta= -0.415$ $R^2=0.994$	$\alpha= 13.81$ $\beta= -0.201$ $R^2=0.940$

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 75. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 1 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} . se muestra los valores numéricos de los coeficientes de ajuste α y β para el escenario 2, los que serán importantes para estimar la eficiencia de un sistema de drenaje, en diferentes situaciones topográficas.

Tabla 76. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 2 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} .



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
	j=0.5%	j=4%	j=8%	j=12%
i=2%	$\alpha= 66.77$ $\beta= -0.253$ $R^2=0.999$	$\alpha= 64.22$ $\beta= -0.288$ $R^2=0.999$	$\alpha= 62.09$ $\beta= -0.299$ $R^2=0.995$	$\alpha= 55.09$ $\beta= -0.3$ $R^2=0.997$
i=4%	$\alpha= 70.19$ $\beta= -0.107$ $R^2=0.878$	$\alpha= 65.83$ $\beta= -0.165$ $R^2=0.938$	$\alpha=60.97$ $\beta= -0.206$ $R^2=0.929$	$\alpha=59.67$ $\beta= -0.261$ $R^2=0.720$

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 77. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 3 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} . se muestra los valores numéricos de los coeficientes de ajuste α y β para el escenario 3, los que serán importantes para estimar la eficiencia de un sistema de drenaje, en diferentes situaciones topográficas.

Tabla 77. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 3 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} .

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
	j=0.5%	j=4%	j=8%	j=12%
i=2%	$\alpha= 74.31$ $\beta= -0.180$ $R^2=0.992$	$\alpha= 55.09$ $\beta= -0.600$ $R^2=0.997$	$\alpha= 67.74$ $\beta= -0.180$ $R^2=0.991$	$\alpha= 66.08$ $\beta= -0.175$ $R^2=0.989$
i=4%	$\alpha= 76.34$ $\beta= -0.164$ $R^2=0.990$	$\alpha= 74.68$ $\beta= -0.166$ $R^2=0.993$	$\alpha= 70.18$ $\beta= -0.131$ $R^2=0.987$	$\alpha= 67.50$ $\beta= -0.106$ $R^2=0.960$



Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 77. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 3 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} . se muestra los valores numéricos

de los coeficientes de ajuste α y β para el escenario 4, los que serán importantes para estimar la eficiencia de un sistema de drenaje, en diferentes situaciones topográficas.

Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} .



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
	j=0.5%	j=4%	j=8%	j=12%
i=2%	$\alpha= 76.78$ $\beta= -0.151$ $R^2=0.936$	$\alpha= 72.19$ $\beta= -0.147$ $R^2=0.979$	$\alpha= 68.65$ $\beta= -0.150$ $R^2=0.949$	$\alpha= 62.85$ $\beta= -0.135$ $R^2=0.856$
i=4%	$\alpha= 78.02$ $\beta= -0.142$ $R^2=0.988$	$\alpha= 75.39$ $\beta= -0.132$ $R^2=0.969$	$\alpha= 72.41$ $\beta= -0.113$ $R^2=0.983$	$\alpha= 68.64$ $\beta= -0.123$ $R^2=0.919$

Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} . se muestra los valores numéricos de los coeficientes de ajuste α y β para el escenario 5, los que serán importantes para estimar la eficiencia de un sistema de drenaje, en diferentes situaciones topográficas.

Tabla 79. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 5 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} .

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "AMBATO" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
	j=0.5%	j=4%	j=8%	j=12%
i=2%	$\alpha= 84.05$ $\beta= -0.107$ $R^2=0.892$	$\alpha= 75.73$ $\beta= -0.139$ $R^2=0.896$	$\alpha= 69.07$ $\beta= -0.085$ $R^2=0.829$	$\alpha= 58.51$ $\beta= -0.094$ $R^2=0.975$
i=4%	$\alpha= 88.21$ $\beta= -0.0557$ $R^2=0.898$	$\alpha= 75.39$ $\beta= -0.132$ $R^2=0.969$	$\alpha= 81.59$ $\beta= -0.058$ $R^2=0.938$	$\alpha= 77.12$ $\beta= -0.066$ $R^2=0.920$

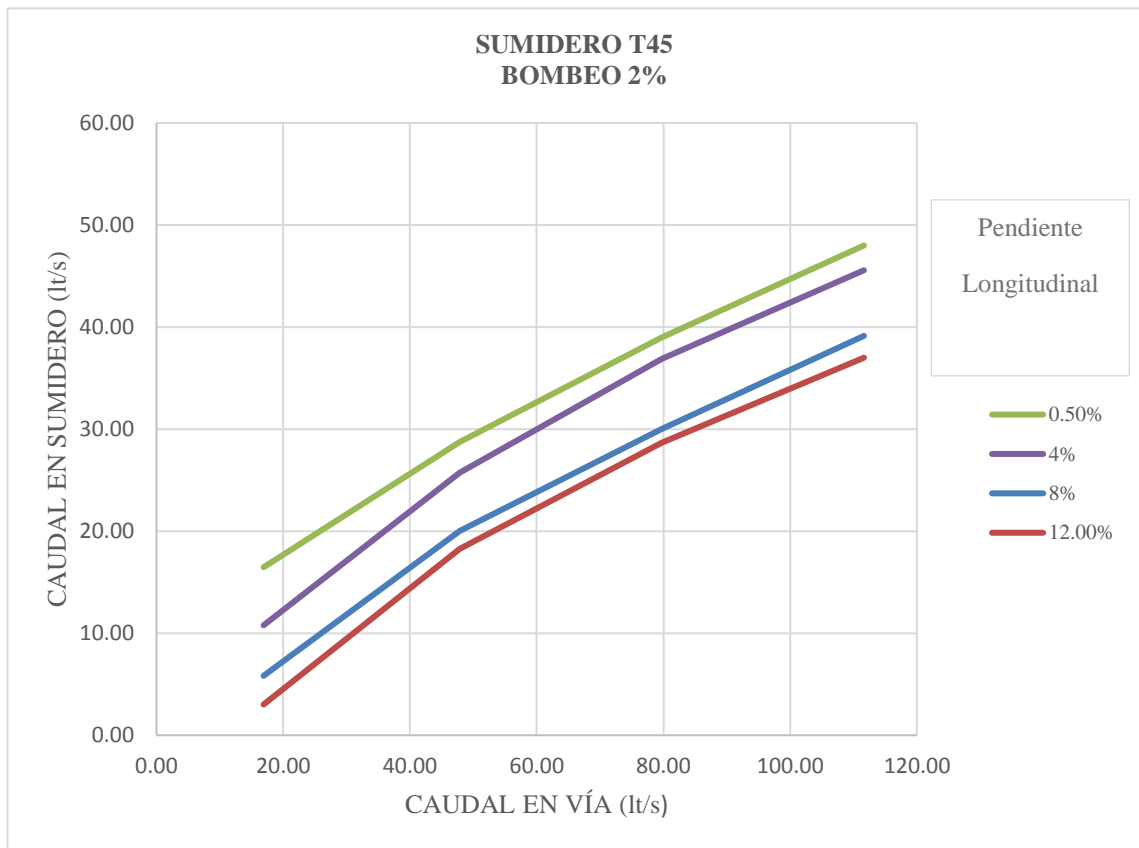
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

4.8 GRÁFICAS DEL CAUDAL EN SUMIDERO VS CAUDAL EN VÍA CON BOMBEO 2%.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 59. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario 1.

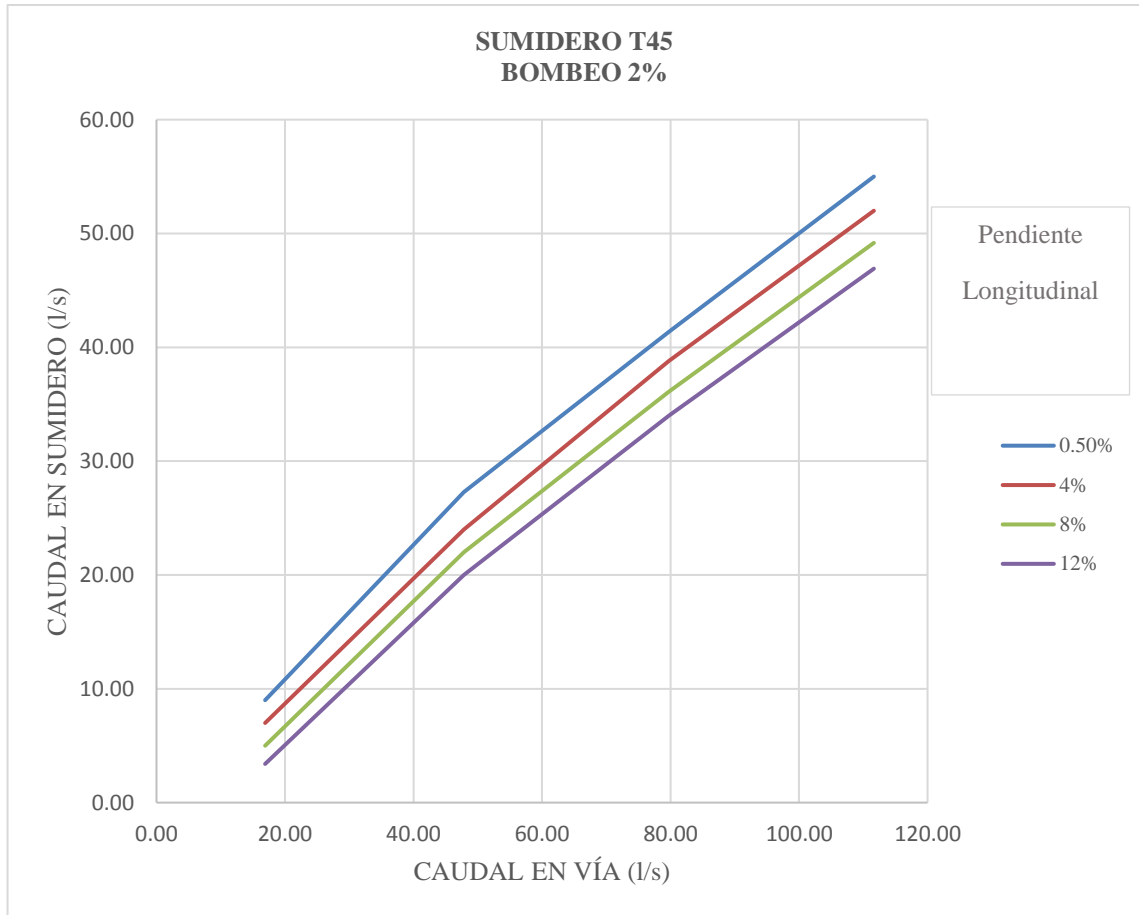


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 60. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario2.

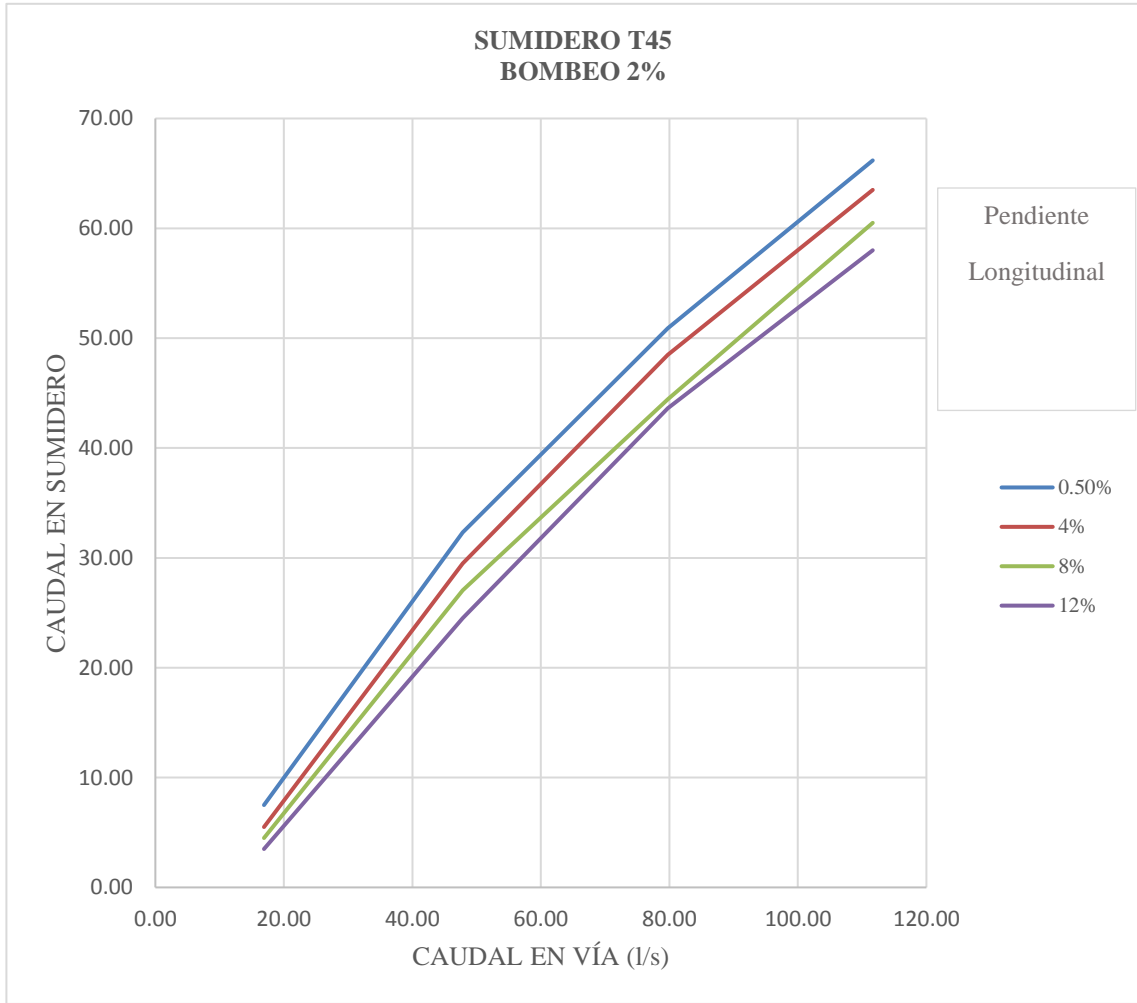


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 61. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario3.

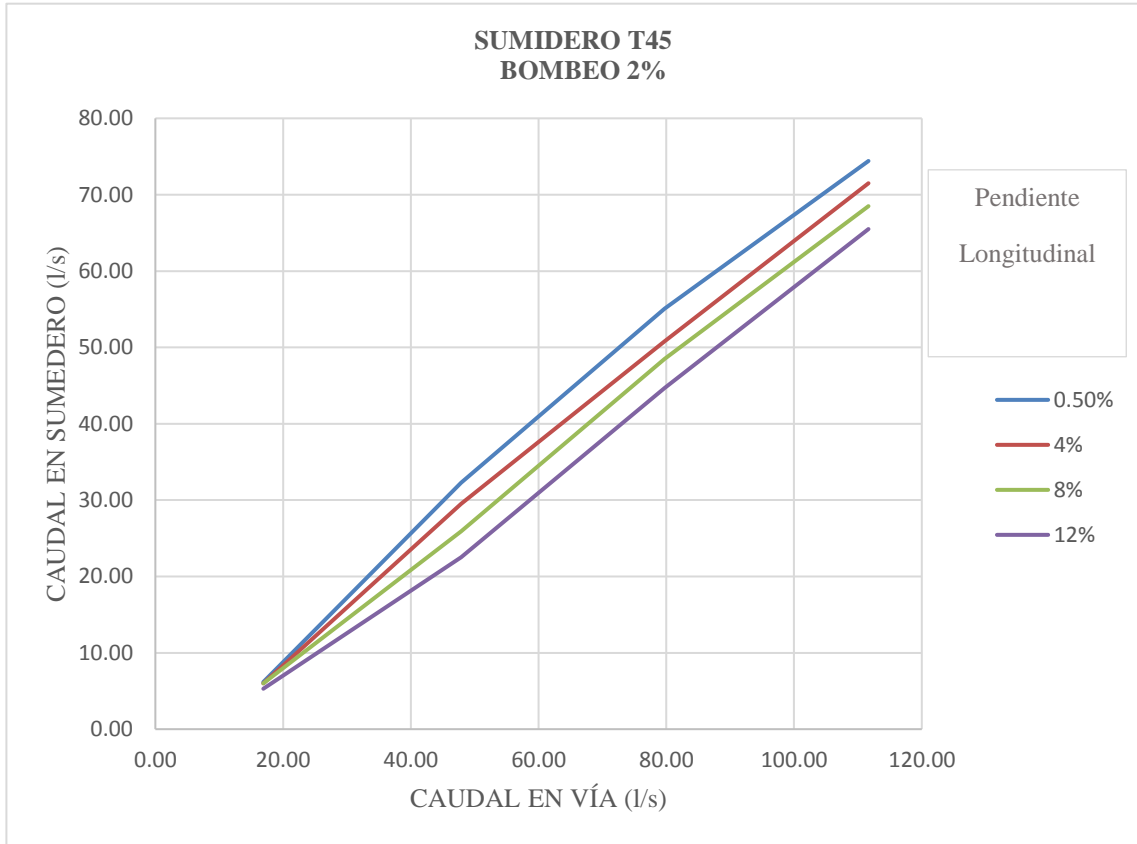


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 62. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero. Escenario 4.

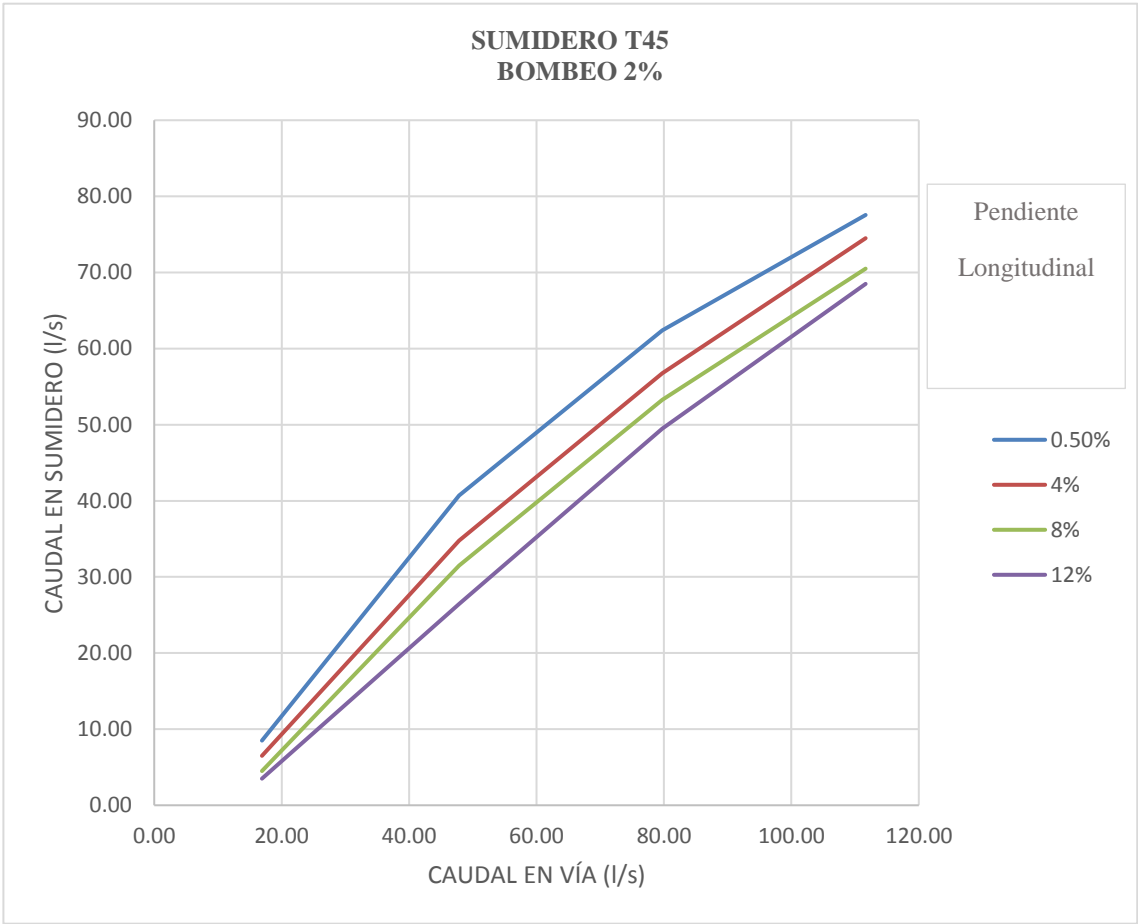


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 63. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 5.



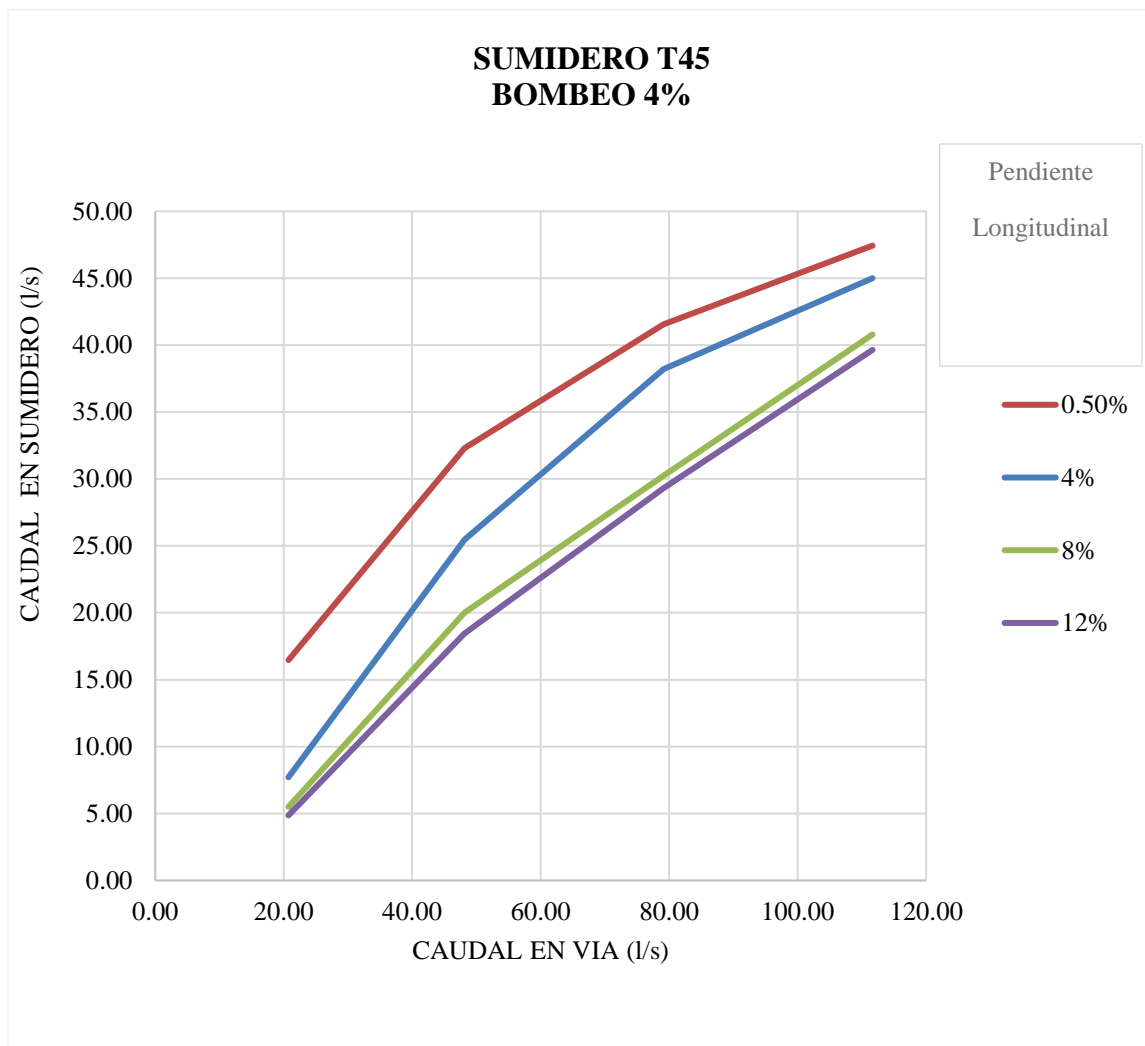
Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

4.9 GRÁFICAS DEL CAUDAL EN SUMIDERO VS CAUDAL EN VÍA CON BOMBEO 4%.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 64. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario1.

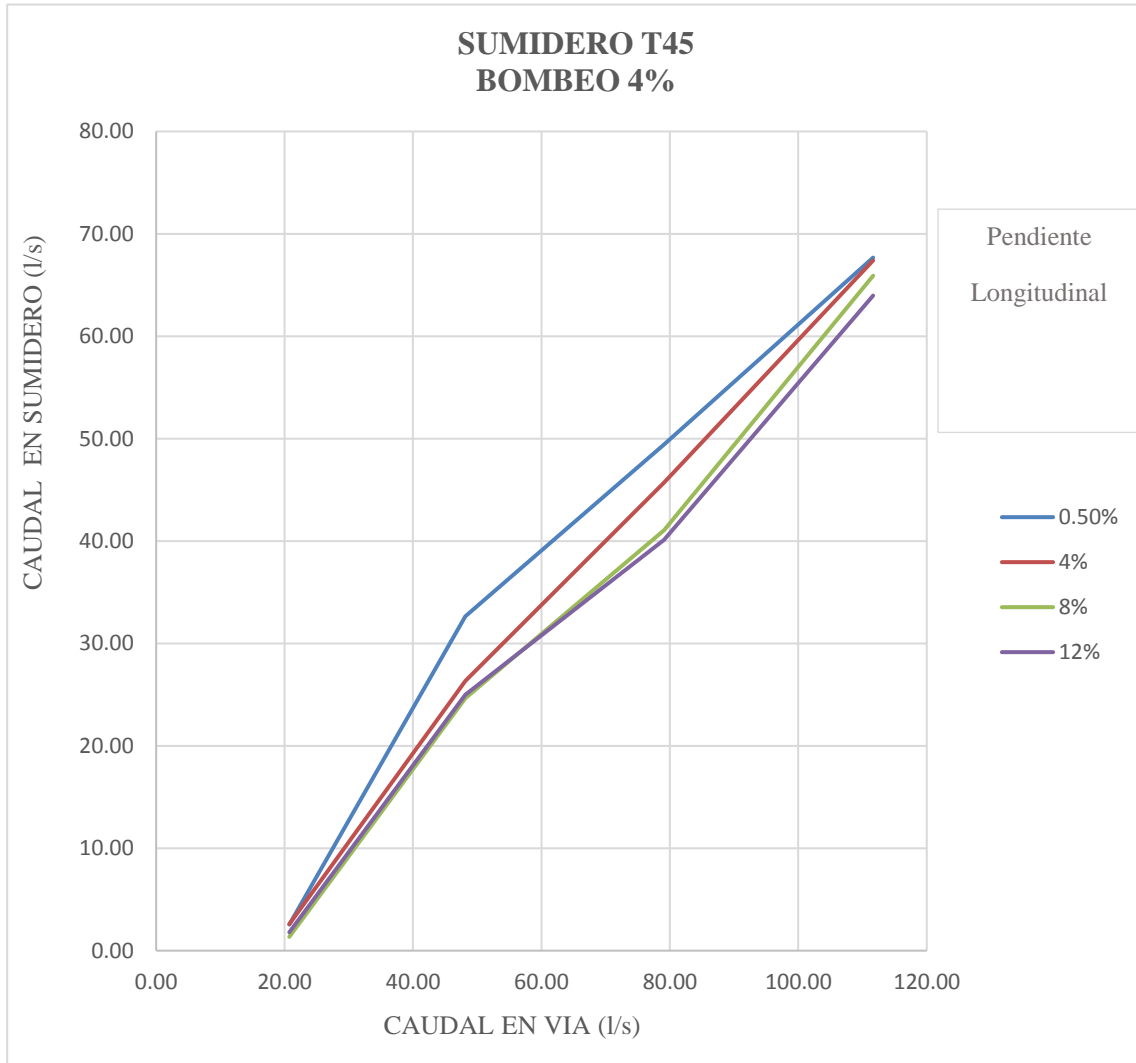


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 65. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 2.

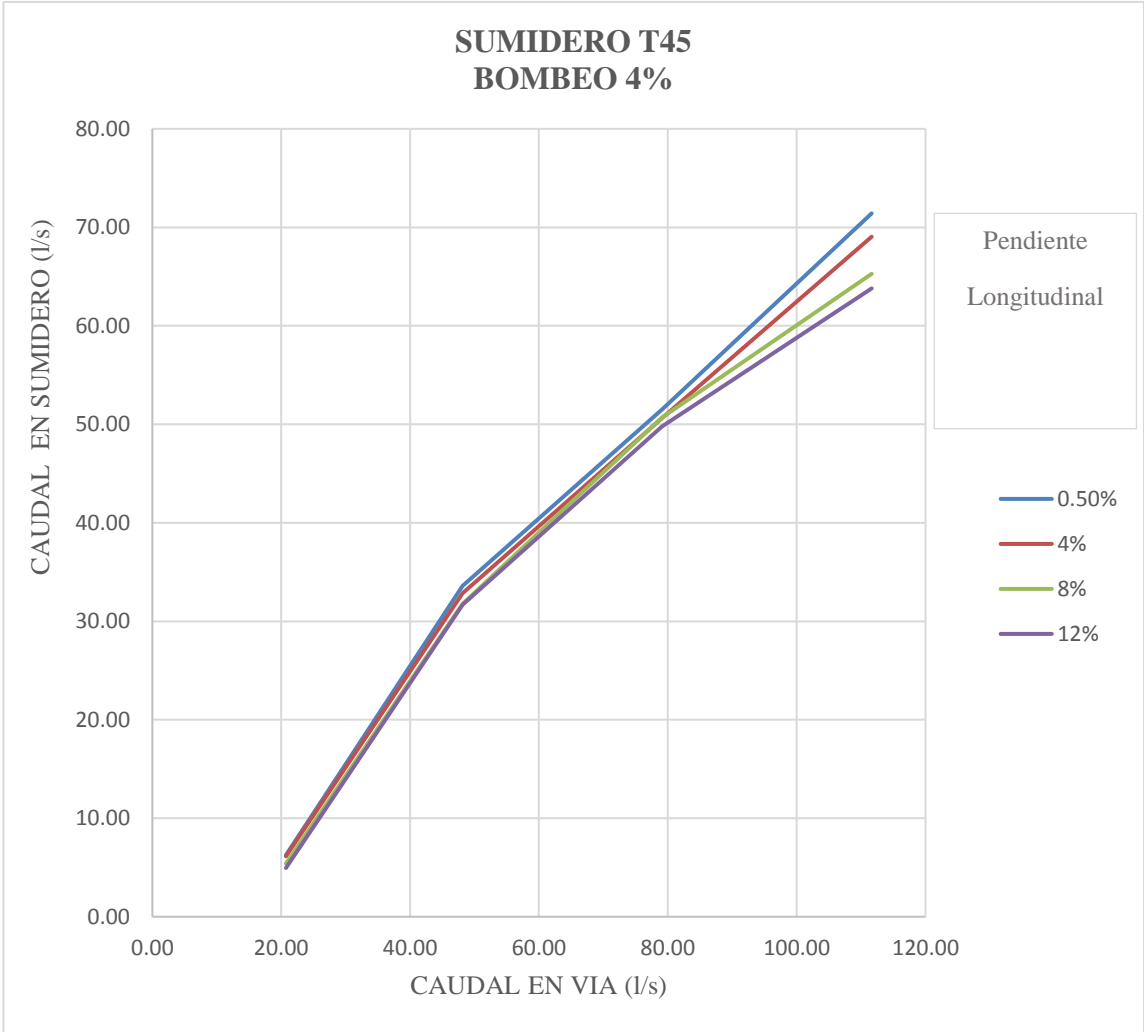


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 66. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 3.

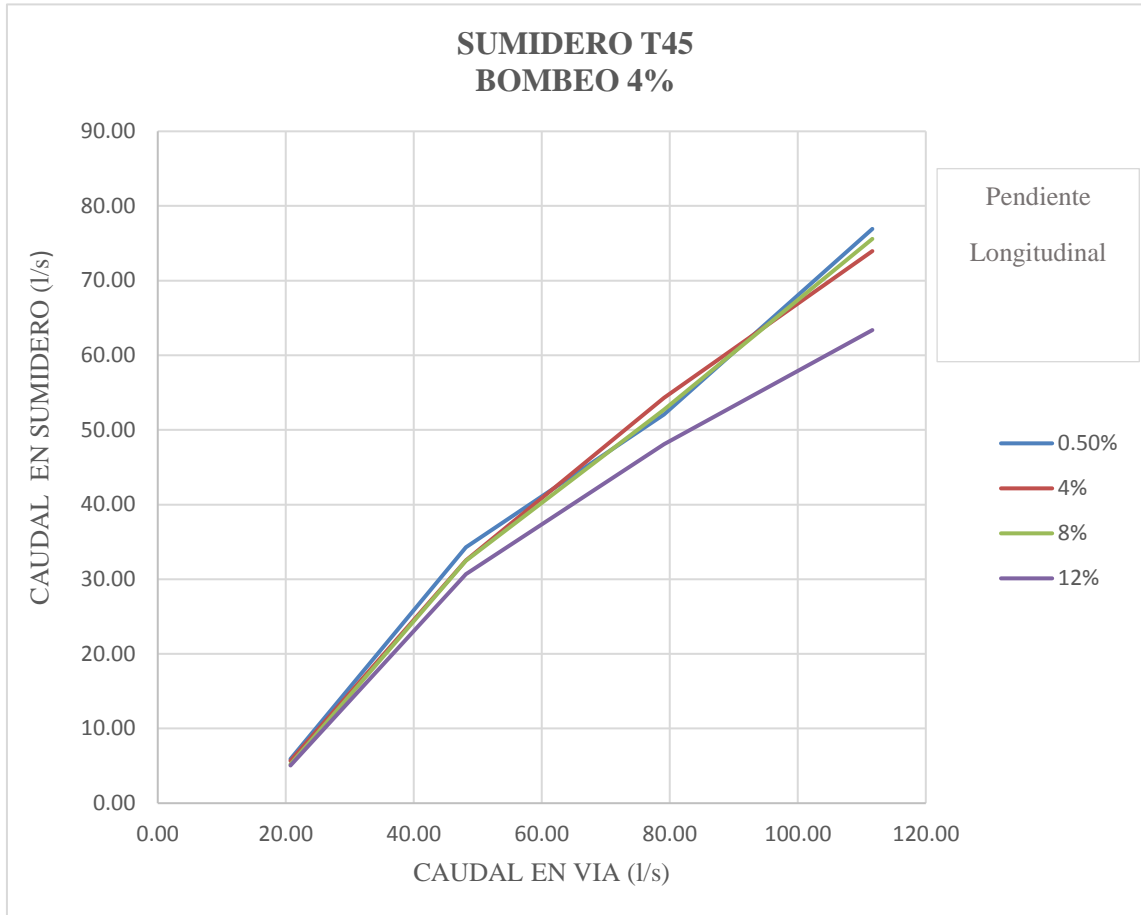


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R_{2adj} .

Figura 67. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 4.

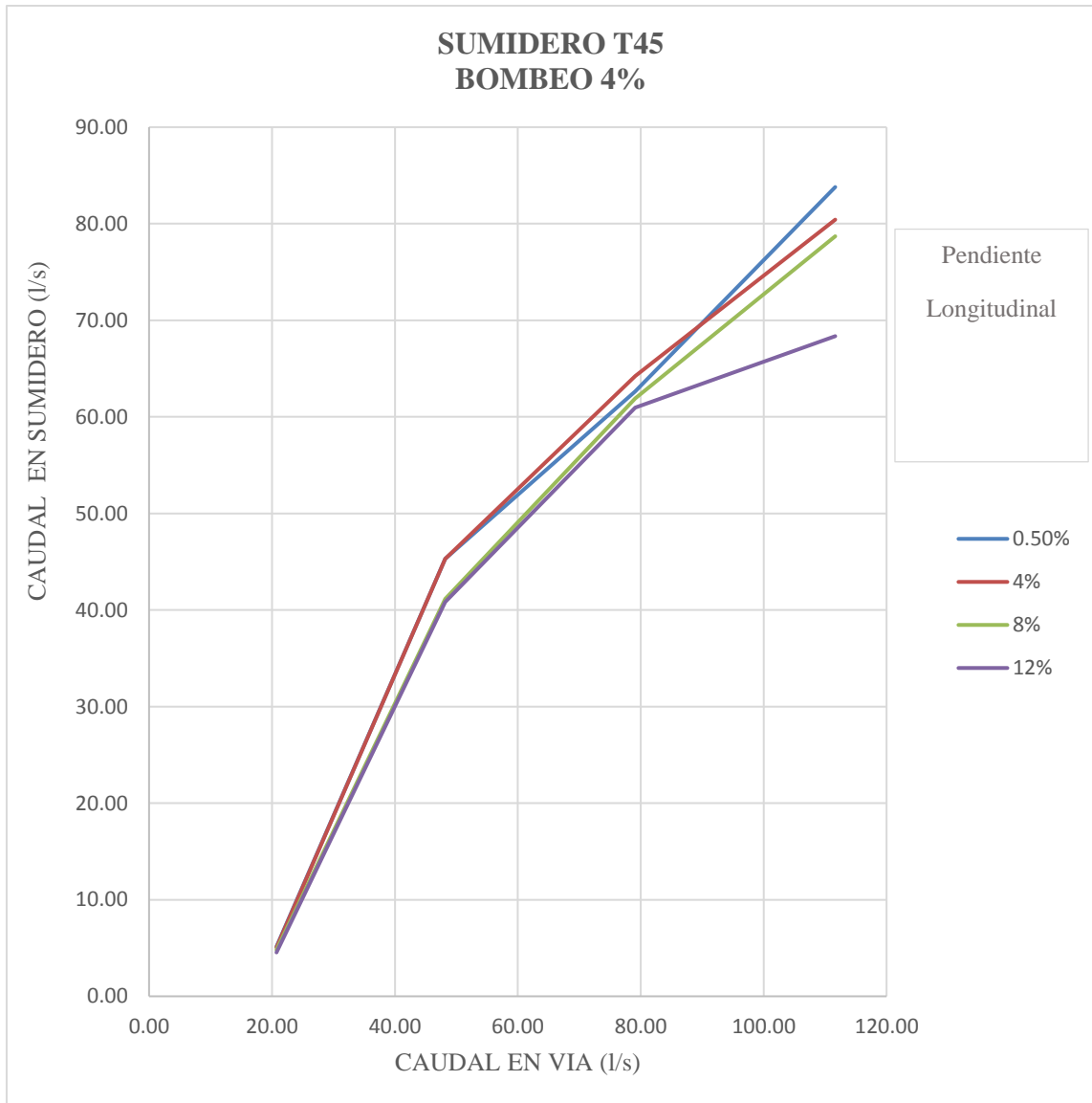


Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

En la Tabla 78. Valores numéricos de los parámetros α y β para el escenario 4 y sus respectivos coeficientes de determinación ajustado R^2_{adj} .

Figura 68. Curvas de caudal en vía vs caudal en sumidero Escenario 5.




Realizo: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.


Fuente: Estefanía Sánchez, Ivonne Núñez.

4.10 PROGRAMA PARA CÁLCULO DE EFICIENCIA Y CAUDAL CAPTADO CON SUMIDERO T45.



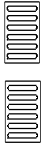
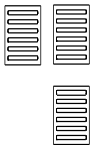
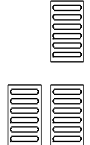
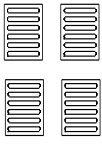
Se realizó un programa el cual mediante la ecuación $y = \beta * Q^{-\alpha}$ y los diferentes escenarios y datos del proyecto de investigación. En donde con mucha facilidad se ingresa los datos geométricos de la vía y se obtiene los caudales captados por los sumideros y sus respectivas combinaciones.



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA INGENIERIA CIVIL



“MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIA.”

DATOS DE ENTRADA						
PENDIENTE TRANSVERSAL	4					
PENDIENTE LONGITUDINAL	12					
CAUDAL EN LA VIA (VALORES 20-112 l/s)	20					
ESCENARIOS SUMIDEROS	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	ESCENARIO 5	
	 Sumidero T45	 Sumidero T45	 Sumidero T45	 Sumidero T45	 Sumidero T45	
T45:CAUDAL CAPTADO EN SUMIDERO (l/s)	3.03	13.48	14.18	14.54	15.91	
T45: EFICIENCIA	15.17	67.40	70.92	72.70	79.53	

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la realización de este trabajo experimental, se determinó la eficiencia hidráulica tomando en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal y transversal de la calzada para la captación de agua en sumideros de vías urbanas.
- Ubicando un sumidero T45 en el prototipo variando el caudal, con un bombeo del 2% y una pendiente longitudinal del 12%; se obtuvo la menor eficiencia en el escenario 5 con un valor de 6.92 %. La mayor eficiencia se logró en el escenario 1, con un valor de 88.96% y una pendiente longitudinal del 0.5%.
- Ubicando dos sumideros sumidero T45 en forma lateral en el prototipo variando el caudal, con un bombeo del 4% y una pendiente longitudinal del 12%, se obtuvo la menor eficiencia en el escenario 5 con un valor de 10.61 %. La mayor eficiencia se logró en el escenario 1, con un valor de 67,69% y una pendiente longitudinal del 0.5%.
- Ubicando tres sumideros T45 en forma de L invertida en el prototipo variando el caudal, con un bombeo del 2% y una pendiente longitudinal del 12%, se obtuvo la menor eficiencia en el escenario 5 con un valor de 54.57 %. La mayor eficiencia se logró en el escenario 1, con un valor de 100% y una pendiente longitudinal del 0.5%.
- Ubicando tres sumideros T45 en forma de L en el prototipo variando el caudal, con un bombeo del 2% y una pendiente longitudinal del 12%, se obtuvo la menor eficiencia en el escenario 5 con un valor de 48,96 %. La mayor eficiencia se logró en el escenario 1, con un valor de 100% y una pendiente longitudinal del 0.5%.

- Ubicando cuatro sumideros T45 en forma cuadrática en el prototipo variando el caudal, con un bombeo del 2% y una pendiente longitudinal del 12%, se obtuvo la menor eficiencia en el escenario 5 con un valor de 52.96 %. La mayor eficiencia se logró en el escenario 1, con un valor de 100% y una pendiente longitudinal del 0.5%.
- Los escenarios 2,4 y 5 superan a la investigación anteriormente propuesta se obtuvo una mayor eficiencia de captación debido a la ubicación, pendientes y número de sumideros utilizados en el proyecto de investigación.
- Los materiales y la geometría del prototipo que fueron empleados en el presente trabajo estuvieron dentro de los límites establecidos por las normas NTE INEN 2496, NTE INEN 2499, Nevi-12 MTOP, ASSTHO.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para obtener mejor eficiencia de captación en el sumidero se recomienda trabajar con velocidades bajas y caudales altos.
- En caso de tener pendientes excesivas se recomienda trabajar en el prototipo considerando la ubicación de un montículo con el fin de disminuir la velocidad del fluido.
- Para complementar la investigación propuesta se recomienda cambiar la geometría del sumidero trabajando con barras longitudinales y no transversales.
- Se recomienda la investigación de diferentes sistemas de drenaje según la norma NTE INEN.

BIBLIOGRAFÍA

- [G Espinosa Gutiérrez, «Alcantarillado Pluvial,» de *Teoría y Cálculo de Alcantarillado*
1 *Y Drenajes*, Mexico, Garceta, 2010, p. 375.
]
- [A. A, «Repositorio Universidad Salesiana,» 14 Julio 2014. [En línea]. Available:
2 <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9136/6/UPS-ST001489.pdf>. [Último
] acceso: 18 Junio 2018].
- [R. Maidment, Ven Te Chow, *Hidrología Aplicada*, Londres: McGraw-hill
3 latinoamericana. S.A, 2013.
]
- [R. H. D. F. R. M. F. J. L. M. Francisco Pazmiño Gavilánez, «Cálculo experimental de
4 la eficiencia hidráulica en sumideros de aguas pluviales,» *Scielo*, vol. 38, n° 454, p. 80,
] 2017.
- [P., Sanchez, D., Martinez, A., Knapen, E., *Alcantarillado Pluvial*, España: Universidad
5 De Cordova, 2014.
]
- [Y. M. G. I. Luis Alejandro Sánchez Román I, «Scielo,» 14 Diciembre 2014. [En línea].
6 Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-
] 24222014000600004. [Último acceso: 28 Julio 2018].
- [Mexichem Colombia S.A., «Scribd,» Universidad de Los Andes, 15 Febrero 2009.
7 [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/49107325/06-Sumideros-en->
] *Alcantarillados-de-Aguas-Lluvias*. [Último acceso: 4 Agosto 2018].

[M. Bengaray, Drenaje Vial Para Ingenieros Viales, Caracas , 2001.

8

]

[C.Lora, J. Ocampo, B. Valdez, M.Schorr, Research Gate, España, 2015.

9

]

[Martinez G., Viguera E., «Researchgate,» 1 Diciembre 2009. [En línea]. Available:
1 [https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
2 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
3 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
4 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
5 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
6 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
7 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
8 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
9 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
10 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
11 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
12 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
13 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
14 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
15 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
16 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
17 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
18 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
19 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
20 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
21 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
22 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
23 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
24 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
25 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
26 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
27 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
28 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
29 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
30 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
31 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
32 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
33 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
34 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
35 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
36 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
37 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
38 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
39 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
40 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
41 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
42 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
43 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
44 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
45 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
46 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
47 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
48 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
49 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
50 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
51 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
52 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
53 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
54 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
55 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
56 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
57 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
58 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
59 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
60 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
61 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
62 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
63 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
64 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
65 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
66 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
67 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
68 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
69 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
70 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
71 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
72 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
73 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
74 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
75 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
76 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
77 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
78 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
79 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
80 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
81 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
82 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
83 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
84 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
85 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
86 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
87 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
88 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
89 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
90 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
91 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
92 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
93 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
94 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
95 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
96 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
97 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
98 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
99 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)
100 [NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-](https://www.researchgate.net/profile/RAUL_ALBERTO_MORALES_LUCKIE/publication/286088724_NANOCIENCIA_NANOQUIMICA_Y_NANOTECNOLOGIA/inks/5665fde608ae192bbf92772b/NANOCIENCIA-NANOQUIMICA-Y-NANOTECNOLOGIA.pdf#page=16)

[McCormac J., Brown R., «Concretos de alta resistencia,» de *Diseño de Concreto*
1 *reforzado*, México D.F., Alfaomega, 2011, pp. 18,19.

1

]

[CONCRETO POLIMERICO PERÚ, «In

4

]

[Ministerio de Transporte Y Obras Publicas , *NEVI 12- MTOP*, Quito, 2013.

1

5

]

[Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2499 Material sumideros y
1 rejillas, Quito: INEN, 2011.

6

]

[Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2496 Forma y Especificaciones
1 de las rejillas y sumideros, Quito: INEN, 2010.

7

]

[E.,Salgado, *Diseño Geometrico de Carreteras*, Quito: Omega, 2003.

1

8

]

[Chow, Ven te, *Hidrologia Aplicada*, Santafé de Bogotá: McGraw-Hill., 1993.

1

9

]

[Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, «ecuador.ird,» 20 Enero 2011. [En
2 línea]. Available: [http://www.ecuador.ird.fr/contrapartes/institutos-de-](http://www.ecuador.ird.fr/contrapartes/institutos-de-0-investigacion/inamhi)
0 investigacion/inamhi. [Último acceso: 8 Agosto 2018].

]

[Analisis Dimensional Fisica , «Scribd,» 18 Septiembre 2015. [En línea]. Available:
2 <https://es.scribd.com/document/281859161/Analisis-Dimensional>. [Último acceso: 18
1 Agosto 2018].

]

[J. F. R. Celleri, The Hydrology of Tropical Andean Ecosystems, Knowledge, 2009.

2

2

]

[A. Bateman, «Grupo de investigacion en Transporte de Sedimentos,» 16 Octubre 2007.

2 [En línea]. Available: <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>. [Último acceso:

3 30 Agosto 2018].

]

[G.,Sotelo, Hidraulica General, 1ra ed., Mexico : Limusa , 2015.

2

4

]

[S. G, Hidráulica de Sotelo, México : Mc
2 Graw Hill, 1981.

5

]

[U. H. General, «fluidos.eia.edu.co,» 13 Septiembre 2004. [En línea]. Available:

2 <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/conceptosbasicosmfluidos/dimensional>

6 /similitud.htm. [Último acceso: 28 Agosto 2018].

]

[L. Herrera, Tutoría de la Investigación Científica, Ambato: Gráficas Corona, 2004.

2

7

]

[F. Leiva, Nociones de metodología de investigación científica", Riobamba, 2015.

2

8

]

