



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACION

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

HIDRÁULICA

TEMA:

DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DESCARGA EN ORIFICIOS CIRCULARES, DE PARED DELGADA EN DESCARGA LIBRE PARA DIFERENTES DIÁMETROS EN MODELOS FÍSICOS.

AUTORES

ARREAGA PAREDES WILLIAM ALFREDO

MANTILLA VILLALTA DIEGO FERNANDO

TUTOR

ING. JOSUE RODRIGUEZ SANTOS. M, Sc.

2016

GUAYAQUIL – ECUADOR

Agradecimientos

Agradezco a DIOS, por darme la salud, el bienestar y el conocimiento que he puesto durante el desempeño de mi trabajo y el curso de titulación, con lo cual he podido alcanzar la meta que me he propuesto. También les estoy muy agradecido a mis padres porque nunca dudaron de mis habilidades y siempre me han apoyado en mis objetivos, igualmente a mis profesores de los cuales he tenido la oportunidad de aprender mucho durante el transcurso de mis estudios en la Facultad de ciencias matemáticas y físicas. Agradezco al Ing. Josué Rodríguez Santos por la guía que me brindo durante el periodo de elaboración de mi proyecto y a los profesores del núcleo de Hidráulica los cuales aportaron mucho en mi desarrollo, Ing. Alfredo Silva, Ing. Patricia Cárdenas, Ing. Juan Chanabá

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanos, a los profesores que me guiaron durante el transcurso de mi paso por la facultad y a mi compañero de trabajo.

Agradecimientos

A DIOS, por bendecirme, a mis padres por ser un ejemplo de vida, a mi esposa e hijos que son mi fortaleza, a mis profesores que han sabido ayudarme en mi formación, a los profesores del núcleo de Hidráulica.

A mi tutor Ing. Josué Rodríguez Santos, por brindarnos la guía para el desarrollo de nuestro trabajo.

En especial a mi compañero de trabajo.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mis padres Carlos Mantilla y Rocio Villalta a mi esposa Evelyn Assan a mis hijos Angelina y Carlitos en especial a mi compañero de trabajo Willian Arreaga.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, M. Sc.
DECANO

Ing. Josué Rodríguez, M. Sc.
TUTOR

Ing. Manuel Gómez de la Torre, M. Sc.
VOCAL

Ing. Guillermo Pacheco, M. I.
VOCAL

Declaración Expresa

Art.XI.- Del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo de Titulación corresponde exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual de la Universidad de Guayaquil.

ARREAGA PAREDES WILLIAM ALFREO
C.I. 092874513-2

MANTILLA VILLALTA DIEGO FERNANDO
C.I. 092362107-2

INDICE GENERAL

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Origen del estudio en orificios.....	2
1.1.2. Estudios de este tipo realizados anteriormente	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2 .1 Objetivos generales.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Delimitación del problema.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Modelaje Hidráulico.	7
2.2. Clasificación general de los modelos hidráulicos	7
2.2.1. Modelos Físicos.....	8
2.2.2. Modelos Matemáticos.....	8
2.3. Aplicación y aporte de los modelos Hidráulicos.	9
2.4. Orificios.....	10
2.4.1. Clasificación de orificios.	11
2.4.1.1. Orificios con descarga libre.	12
2.4.1.2 Orificios sumergidos o ahogados	12
2.4.1.3 Orificios de pared delgada	14
2.4.1.4. Orificios de pared gruesa	15

2.4.2. Funcionamiento hidráulico	16
2.4.3. Ecuaciones de cálculo del caudal	17
4.3.1.1. Coeficientes en orificios de pared delgada	20
2.4.3.2. Pérdida de energía.....	28

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Modelos físicos	32
3.2. Obtención de coeficientes de descarga.	35
3.3. Modelos Matemáticos para coeficiente de descarga software SPSS 23.	53
3.4. Coeficientes de descarga en función de altura de agua y el diámetro del orificio.....	93

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.-Conclusiones	95
4.2.- Recomendaciones.	95

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Orificio de descarga libre.	12
Figura 2: Orificio sumergido totalmente.....	13
Figura 3: Orificio sumergido parcialmente.....	14
Figura 4: Orificio de pared delgada.	15
Figura 5: Orificio de pared gruesa.....	15
Figura 6: Orificio de tubo.....	16
Figura 7: El orificio.	17
Figura 8: Esta figura describe la derivación del coeficiente de contracción	21
Figura 9: Variación de los coeficientes.....	27
Figura 10: Esquema de cómo se instaló las placas en el canal	33
Figura 11: Esquema de cómo disminuyo el nivel de agua	35
Figura 12: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 6,58 mm	37
Figura 13: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 9,60 mm.....	39
Figura 14: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 12,55 mm.....	41
Figura 15: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 15,53 mm.....	43
Figura 16: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 18,55 mm.....	45
Figura 17: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 21,59 mm.....	47
Figura 18: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 23,56 mm.....	49
Figura 19: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 25,57 mm.....	51
Figura 20: Inicio de la inserción de datos en SPSS 23.	57
Figura 21: Elección del archivo de Excel para procesarlos en SPSS 23.	57
Figura 22: Selección de hoja de cálculo en SPSS 23.....	58
Figura 23: Datos dispuestos en SPSS 23, para su procesamiento.	58
Figura 24: Proceso para determinación de los coeficientes de correlación.	59
Figura 25: Elección del tipo de coeficiente a utilizar	59
Figura 26: Datos adicionales que se desean de la correlación.	60
Figura 27: Obtención de la expresión matemática que describe la curva.....	60
Figura 28: Elección del tipo de expresión que se quiere obtener.	61
Figura 29: Gráficos de la ecuación del orificio de 6,58 mm.	65
Figura 30: Gráficos de la ecuación del orificio de 9,60 mm	69
Figura 31: Gráficos de la ecuación del orificio de 12,55 mm	73
Figura 32: Gráficos de la ecuación del orificio de 15,53 mm	77

Figura 33: Gráficos de la ecuación del orificio de 18,55 mm	81
Figura 34: Gráficos de la ecuación del orificio de 21,59 mm	85
Figura 35: Gráficos de la ecuación del orificio de 23,56 mm	89
Figura 36: Gráficos de la ecuación del orificio de 25,57 mm	93
Figura 37: Variación entre coeficientes de descarga	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diámetros Teóricos y Reales	4
Tabla 2. Determinación de Cc y Cd.	26
Tabla 3. Resultados obtenidos para orificios de 6,58 mm.....	38
Tabla 4. Resultados obtenidos para orificios de 9,60 mm.....	40
Tabla 5. Resultados obtenidos para orificios de 12,55 mm.....	41
Tabla 6. Resultados obtenidos para orificios de 15,53 mm.....	43
Tabla 7. Resultados obtenidos para orificios de 18,55 mm.....	45
Tabla 8. Resultados obtenidos para orificios de 21,59 mm.....	48
Tabla 9. Resultados obtenidos para orificios de 23,56mm.....	50
Tabla 10. Resultados obtenidos para orificios de 25,57 mm.....	51
Tabla 11. Estadísticos descriptivos.....	62
Tabla 12. Correlaciones de Pearson	62
Tabla 13. Correlaciones de Spearman	63
Tabla 14. Descripción del modelo.....	63
Tabla 15. Resumen de procesamiento de casos	63
Tabla 16. Resumen de procesamiento de variables	64
Tabla 17. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	64
Tabla 18. Estadísticos descriptivos.....	66
Tabla 19. Correlaciones de Pearson	66
Tabla 20. Correlaciones Spearman	67
Tabla 21. Descripción del modelo.....	67
Tabla 22. Resumen de procesamiento de casos	67
Tabla 23. Resumen de procesamiento de variables	68
Tabla 24. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	68
Tabla 25. Estadísticos descriptivos.....	69
Tabla 26. Correlaciones de Pearson	70
Tabla 27. Correlaciones de Spearman	70
Tabla 28. Descripción del modelo.....	71
Tabla 29. Resumen de procesamiento de casos	71
Tabla 30. Resumen de procesamiento de variables.	72
Tabla 31. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	72
Tabla 32. Estadísticos descriptivos.....	73

Tabla 33. Correlaciones de Pearson	73
Tabla 34. Correlaciones de Spearman	74
Tabla 35. Descripción del modelo.....	75
Tabla 36. Resumen de procesamiento de casos	75
Tabla 37. Resumen de procesamiento de variables	75
Tabla 38. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	76
Tabla 39. Estadísticos descriptivos.....	77
Tabla 40. Correlaciones de Pearson	77
Tabla 41. Correlaciones de Spearman	78
Tabla 42. Descripción del modelo.....	79
Tabla 43. Resumen de procesamiento de casos	79
Tabla 44. Resumen de procesamiento de variables	80
Tabla 45. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	80
Tabla 46. Estadísticos descriptivos.....	81
Tabla 47. Correlaciones de Pearson	81
Tabla 48. Correlaciones de Spearman	82
Tabla 49. Descripción del modelo.....	83
Tabla 50. Resumen de procesamiento de casos	83
Tabla 51. Resumen de procesamiento de variables	84
Tabla 52. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	84
Tabla 53. Estadísticos descriptivos.....	85
Tabla 54. Correlaciones de Pearson	85
Tabla 55. Correlaciones de Spearman	86
Tabla 56. Descripción del modelo.....	87
Tabla 57. Resumen de procesamiento de casos	87
Tabla 58. Resumen de procesamiento de variables	88
Tabla 59. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	88
Tabla 60. Estadísticos descriptivos.....	89
Tabla 61. Correlaciones de Pearson	89
Tabla 62. Correlaciones de Spearman	90
Tabla 63. Descripción del modelo.....	91
Tabla 64. Resumen de procesamiento de casos	91
Tabla 65. Resumen de procesamiento de variables	92
Tabla 66. Resumen de modelo y estimaciones de parámetro	92

Tabla 67. Variaciones de coeficientes de descarga.	93
Tabla 68. Relaciones para las cuales C_d se vuelve constante.	93

RESUMEN

En este proyecto, el cual es de tipo investigativo fue concebido por la obtención de datos a través de ensayos experimentales en modelos físicos, con el fin de obtener coeficientes de descarga para orificios circulares, de pared delgada en descarga libre con la finalidad de realizar un aporte a la Ingeniería en el campo de la Hidráulica. Estas estructuras son de mucha importancia ya que permiten aforar de una manera muy exacta, además de ser importantes para el diseño de diversas estructuras Hidráulicas como desagües de represas, obras de toma y diseño de tuberías entre otros.

La metodología empleada para la obtención de los datos fue la implementación de modelos reducidos instalados en el canal de hidráulico, en el Laboratorio Experimental de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, dichos modelos son un conjunto de placas las cuales permiten realizar los ensayos para los diámetros de orificios propuestos.

Con los datos del modelo se continua la investigación la cual está encaminada a encontrar una relación entre los coeficientes de descarga y establecer una comparación, llegando a generar con esto un conjunto de curvas en la cual se describe el rango de acción del coeficiente de descarga para cada diámetro de orificio y una expresión la cual se ajusta a la tendencia obtenida con los datos experimentales.

INTRODUCCION

Teniendo en cuenta que el 90% de la formulación Hidráulica es experimental y que solo un 10% de las expresiones matemáticas obtenidas han sido comprobadas, pero este porcentaje pequeño debe ser corregido con coeficientes de calibración. Con esta premisa se puede decir que la modelación hidráulica es una herramienta muy útil la cual aporta al desarrollo continuo de la Hidráulica.

La necesidad de determinar la magnitud de la velocidad la cual fluya a través de una estructura, datos que son de vital importancia la concepción de nuevas obras. Esto se debe a que la medición de caudales es indispensable para el control de las operaciones hidráulicas.

Por lo general un sistema de conducción hidráulico se lo determina a partir de la necesidad que presente una sociedad establecida, entre los factores se pueden mencionar la población, actividades industriales y agrícolas.

Para la medición del flujo en canales abiertos los orificios de pared delgada en descarga libre son estructuras muy eficaces que proporcionan resultados muy aceptados en función de la carga de agua que esta sobre ellos.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

La necesidad del abastecimiento de agua, fue un factor decisivo que impacto de una manera que indujo a que la sociedad que existía en ese entonces cambiara su forma de vivir, asentándose en poblaciones dejando de ser nómadas. Desde entonces se buscó la forma de utilizar el agua a nuestra conveniencia y con el transcurrir del tiempo, se comenzó la búsqueda del conocimiento comportamiento del agua en el aspecto hidráulico, siendo esta necesidad de servir a las comunidades o sociedades que existían y crecían se vio como un necesidad de vital importancia, para la generación de las obras hidráulicas.

Desde que se inició con la investigación hasta la actualidad se ha logrado tener mucho avance en los conocimientos Hidráulicos tanto en la parte teórica como en la experimental esto se debió gracias al gran esmero que se tuvo por lograr comprender los fenómenos que se presentaban y con estos sus posibles soluciones.

La Ingeniería Civil toma un papel muy importante en la Hidráulica, debido a esto se ha tenido que realizar un sinnúmero de ensayos e investigaciones desde hace mucho tiempo atrás, desarrollando nuevos modelos y métodos para la modelación.

Estos modelos se los denomina modelos hidráulicos que sirven para estudiar el funcionamiento hidráulico y propiedades de las estructuras que se desean concebir ayudándonos de tal forma que nos muestran los aspectos negativos que pueden llegar a darse en la posterioridad y que sean tratados de una manera correcta.

1.1.1. Origen del estudio en orificios.

Los orificios son de mucha importancia para el desarrollo de la Hidráulica como bien podemos hacer referencia en formulaciones que son la continuación de otros estudios. Así tenemos el estudio de Bernoulli que fue continuado por Torricelli, este estudio consiste en el estudio del flujo contenido por un orificio, donde se estudió la velocidad con la que este salía, las fuerzas que intervienen y como este flujo se comportaba al cambiar las variables así como su estado perfecto el cual es la base para un sinnúmero de obras hidráulicas.

A partir del teorema de Torricelli se puede calcular el caudal de salida de un líquido por un orificio. La velocidad de un líquido en una vasija abierta, por un orificio, es la que tendría un cuerpo cualquiera, cayendo libremente en el vacío desde el nivel del líquido hasta el centro de gravedad del orificio.

A lo largo del desarrollo de la hidráulica el estudio de orificios se ha venido dando en varios tipos de modelos, estos estudios han permitido que estos elementos puedan ser utilizados de una buena forma y que sean implementados adecuadamente en obras hidráulicas.

El objetivo de estudiar los orificios es el de conocer todas las propiedades que estos puedan generar, ya que luego toda la información obtenida de dichos elementos pueden ser utilizados en obras hidráulicas que transportan líquidos como son las tuberías, compuertas y vertedores.

Los coeficientes de descarga en un orificio nos indican cual es el caudal que se va a descargar y con esto darle el correcto dimensionamiento a la estructura que construirá en la posterioridad y de allí la importancia de y la concepción de este trabajo.

Teniendo como premisa que en la hidráulica todas las formulas son de carácter experimental y que estas expresiones deben de ser calibradas o corregidas por coeficientes el desarrollo de este trabajo es el de encontrar dichos coeficientes para la descarga del fluido por los diferentes diámetros que se estudian en este trabajo.

1.1.2. Estudios de este tipo realizados anteriormente.

Anteriormente también se han realizado trabajos de este tipo, los cuales también generaron coeficientes de descarga como se puede citar el que se realizó en el 2013 en la Universidad San Carlos en Guatemala, dicho trabajo consistió en analizar el flujo en orificios y compuertas. Se obtuvieron los coeficientes de descarga para orificios de 15, 10 y 5 centímetros.

En el anterior trabajo que se menciona, se compara el caudal real y el teórico y se genera una media graficando, usando al caudal teórico en el eje de las X y el real en

el eje de las Y. Además de denotar la diferencia que existe entre ambos caudales de descarga, logrando esto al graficar juntos ambos caudales.

1.2. Objetivos

1.2 .1 Objetivos generales.

Analizar el comportamiento del flujo a través de orificios de pared delgada no sumergidos en los siguientes diámetros:

Tabla 1: Diámetros Teóricos y Reales

Diámetro Teórico mm	Diámetro Real mm
6	6,58
9	9,6
12	12,55
15	15,53
18	18,55
21	21,59
23	23,56
25	25,57

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Los diámetros teóricos son los propuestos, los cuales resultaron con una pequeña variación al ser medidos con un calibrador digital.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar coeficientes de descarga experimentalmente en orificios circulares de pared delgada no sumergidos.
- Generación de ábaco de coeficiente de descarga.
- Generar una expresión la cual describa el grafico de coeficiente de descarga.
- Representar gráficamente la variación de los valores de los coeficientes de descarga en función del tirante aguas arriba y el diámetro de orificio de descarga y presentarlo como trabajo investigativo de la Universidad de Guayaquil, a nivel nacional e internacional.

1.3. Delimitación del problema

Este trabajo está dirigido a la generación de ábacos de coeficiente de descarga a partir de un ensayo en el cual intervendrán las variables como son el diámetro del orificio, el tirante de agua, velocidad, coeficiente de descarga y el caudal que pase por dicho orificio.

El trabajo se va realizar en 8 orificios de distintos diámetros para generar valores coeficientes de descarga en orificios de pared delgada no sumergidos o de flujo libre. En el laboratorio se dispondrá a trabajar en el canal que existe en el

Laboratorio Experimental de Hidráulica, haciendo pasar un caudal por orificios de distintos diámetros cuya cualidad será que su descarga sea libre y que el orificio este sobre una pared delgada.

Los ábacos o tablas de valores que se puedan generar estarán netamente en función de los datos obtenidos a través del laboratorio, además se trabajara el modelo matemático al cual obedezca la curva del ábaco que se va a generar.

Los coeficientes que se van a generar y todos sus valores sirvan para las condiciones y características del orificio, como es un orificio de pared delgada no sumergido o en descarga libre, teniendo dicho orificio una forma circular.

CAPITULO II

Marco Teórico

2.1. Modelaje Hidráulico

Este nombre le es asignado a un estudio de tipo investigativo, el cual es aplicado a la Hidráulica. Este se origina con la necesidad de satisfacer el problema que se presente, es necesario esquematizar el proceso por medio del cual se alcanzaran las metas planteadas.

Al realizar estos estudios hay que tomar en cuenta que puedan generarse efectos ocasionados por fenómenos secundarios, uno de los factores que pueden afectar es el denominado “Factor Escala”. Este factor puede afectar mucho al prototipo al no ser utilizado de manera apropiada.

La diferencia entre modelo y prototipo, es que el modelo es un estudio ejecutado en un sistema a escala, realizados antes de la concepción de la obra. En tanto que el prototipo, es una obra ya concebida en la cual se realizan estudios, los cuales afirman o niegan los resultados obtenidos en el modelo.

2.2. Clasificación general de los modelos hidráulicos

Entre los modelos hidráulicos existen diversos tipos pero entre los más notables métodos tenemos los siguientes:

Modelos físicos.

Modelos matemáticos.

Modelos analógicos.

El modelo físico será el que utilizaremos para obtener los datos que necesitamos para el proyecto en el cual estamos trabajando y el modelo matemático el cual nos va a servir para la generación del ábaco, cabe señalar que estos modelos ya fueron determinados por investigaciones anteriores.

2.2.1. Modelo Físico.

Los modelos de este tipo buscan simular un fenómeno, el cual dependerá del objetivo planteado originalmente, este fenómeno se realizara bajo condiciones controladas, obteniéndose resultados muy certeros. Estos aportan mucho a la Hidráulica.

En nuestro caso en particular mostrara el comportamiento del flujo que pasa por un orificio de pared delgada de distintos diámetros y su caudal de descarga al aumentar o disminuir la carga de agua aguas arriba.

2.2.2. Modelos Matemáticos.

Realizando el uso de ecuaciones o expresiones, este proceso busca definir cómo se comporta el fenómeno estudiado. Existen varios tipos de modelos entre los cuales mencionaremos lo siguientes:

- **Modelos Determinísticos.-** En este tipo de modelos se expresan los procesos físicos involucrados mediante de relaciones funcionales determinativas en los que no se considera la probabilidad de ocurrencia del fenómeno.
- **Modelos Estocásticos.-** Se realizan analizando procesos físicos, que pueden ser sometidos a variables aleatorias. Este tipo de modelos consideran la posibilidad de que exista una frecuencia, es decir predice como se comportara el caso en cuestión.
- **Modelos de Simulación Numérica.-** En este tipo de simulación lo esencial son la aplicación de ecuaciones diferenciales y condiciones de borde, las cuales son desarrolladas por diferenciales finitas y elementos finitos.

Sin un modelo matemático sería imposible poder dar paso a lo que se quiere concebir. Así mismo este será de mucha importancia para la generación de las curvas de coeficiente de descarga.

2.3. Aplicación y aporte de los modelos Hidráulicos

Los modelos en la Hidráulica, son de vital importancia debido al aporte que estos brindan. Debido a que la modelación se la realiza bajo condiciones controladas y dichos modelos suelen servir para satisfacer diversos problemas.

Los aportes de la modelación se dan en cuanto a las estructuras, fenómenos de infiltración o tramos de ríos.

En los modelos destinados para las estructuras hidráulicas, se busca conocer cómo se comportara la estructura o parte de ella, al estar expuesta a diversos fenómenos que puedan atacar a la estructura. Y obtener las propiedades que estas puedan generar al ser sometida a los fenómenos.

Los modelos de infiltración se los emplea para el estudio del comportamiento de infiltración en suelos granulares y medios granulares, este estudio brinda una seguridad al momento de la construcción de diques, terraplenes y el suelo en el cual estará una estructura.

Mediante el estudio de los ríos se busca sacarle el mayor provecho a la energía eléctrica que este pueda generar, así como resolver problemas de sedimentación que puedan afectar al río.

2.4. Orificios

Son elementos Hidráulicos, cuya característica es de ser perforaciones de forma regular y perímetro cerrado. Para que estos cumplan con un propósito Hidráulico, deben estar situados por debajo de un cuerpo de agua, siendo este un embalse, un tanque de almacenamiento, canales o transportando liquido por una tubería.

Los orificios, son de mucha importancia en el diseño de estructuras Hidráulicas y son muy útiles para aforar fluidos.

Al utilizar orificios con elementos de estudio es necesario considerar que están en un entorno donde el volumen de agua que esta sobre ellos es muy grande o que el caudal de entrada en el orificio es igual al de salida, para que las perdidas sean despreciables, además de que el único contacto entre el líquido y el orificio debe ser una arista biselada.

Para establecer una relación entre la descarga que se produce en un orificio y su funcionamiento es necesario, ejecutar el mismo estudio en diferentes diámetros para orificios que tengan la misma naturaleza.

2.4.1. Clasificación de orificios.

Estos elementos se pueden clasificar de diversas maneras, aquí trataremos por su tipo de descarga y tipo de pared.

Así tenemos por su descarga:

- Orificios de descarga libre.
- Orificios de descarga sumergida.

Por su tipo de pared:

- Orificios de pared delgada.
- Orificios de pared gruesa.

En el desarrollo de este trabajo se utilizaran los orificios de pared delgada no sumergidos y con esta características se cumplirán los objetivos planteados en el inicio del trabajo.

2.4.1.1. Orificios con descarga libre.

Estos estan sumergidos bajo un almacenamiento de agua y su salida esta libre, lo cual permite descargar el liquido de manera libre.

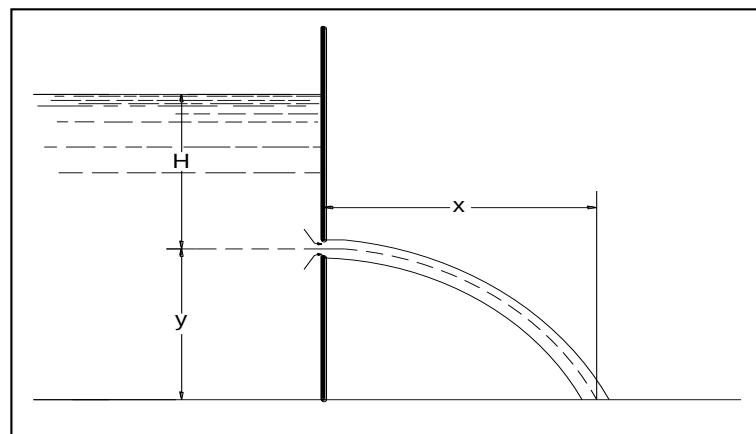


Figura 1: Orificio de descarga libre.

Fuente: (Dávila, 2011)

2.4.1.2 Orificios sumergidos o ahogados.

Este tipo de orificios tienen ambas partes la entrada y salida sumergidas bajo el líquido, estos se subdividen en orificios sumergidos totalmente y orificios ahogados parcialmente.

- **Orificios ahogados totalmente.-** En estos orificios la descarga está sumergida y existe un desnivel entre el nivel de agua en la entrada del orificio y en la salida de este denominada ΔH . Dando paso a la generación de otra ecuación a partir de la ecuación general la cual es la siguiente:

$$Q = CdA\sqrt{2g\Delta H}$$

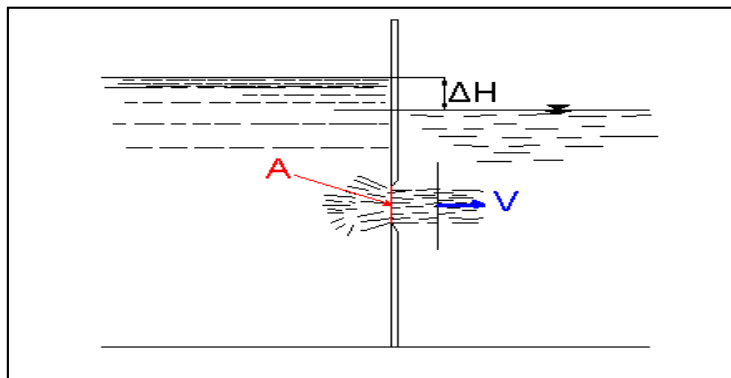


Figura 2: Orificio sumergido totalmente.

Fuente: (Dávila, 2011)

- **Orificios sumergidos parcialmente.-** Estos tienen una parte de su descarga sumergida y el gasto se lo calcula por la suma de los dos caudales de descarga.

$$Q_1 = CdA\sqrt{2gH_1}$$

$$Q_2 = CdA\sqrt{2gH}$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

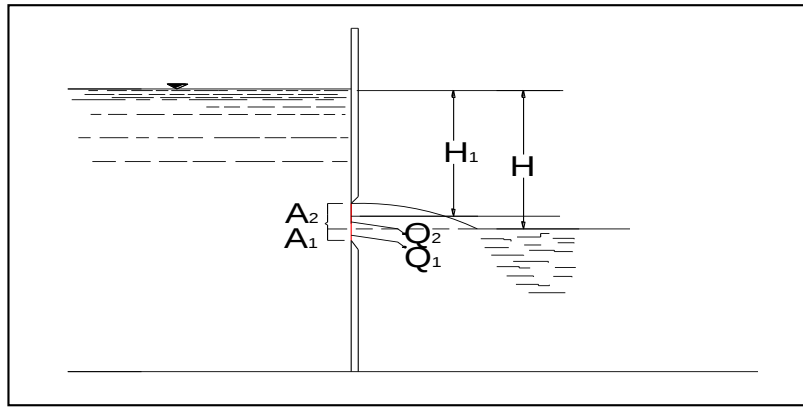


Figura 3: Orificio sumergido parcialmente.

Fuente: (Dávila, 2011)

2.4.1.3 Orificios de pared delgada.

En estos orificios el agua al salir tiene contacto con un solo punto y lo llena completamente. La vena líquida sufre una contracción, que llega a ser extrema en la parte que se denomina vena o sección contractada o contraída.

La razón o característica del porque diferencian o se pueden dividir en orificios de pared delgada y orificios de pared gruesa es la relación entre el espesor de la pared y el diámetro del orificio. Como se muestra en la figuras 4 y 5 D es el tamaño del orificio o dimensión, para eso denominaremos e como el espesor de la pared entonces tenemos que si:

- Si $e < \frac{1}{2} D$ es un orificio de pared delgada; y
- Si $e > 3D$ es un orificio de pared gruesa.

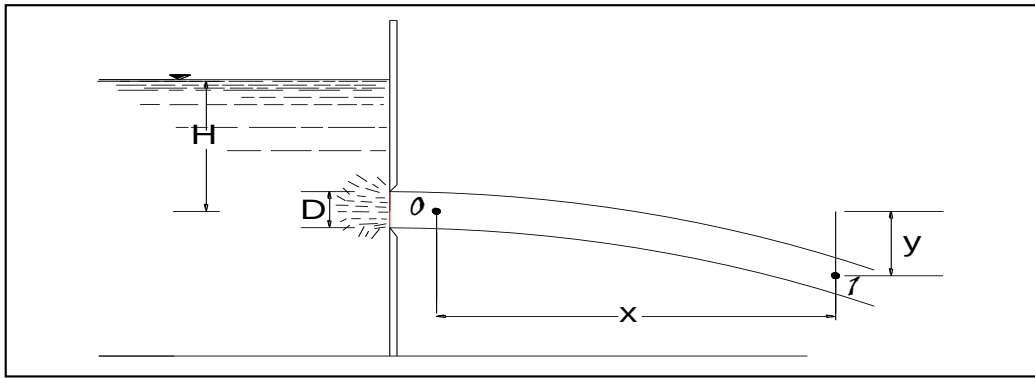


Figura 4: Orificio de pared delgada.

Fuente: (Dávila, 2011)

2.4.1.4. Orificios de pared gruesa.

Estos se diferencian a los de pared delgada por presentar un diámetro de chorro igual al del orificio en la salida, es decir en este caso el área no se contrae.

También tienen la siguiente característica: $e > 3D$.

Siendo e el espesor de la pared donde está el orificio y D la dimensión del orificio.

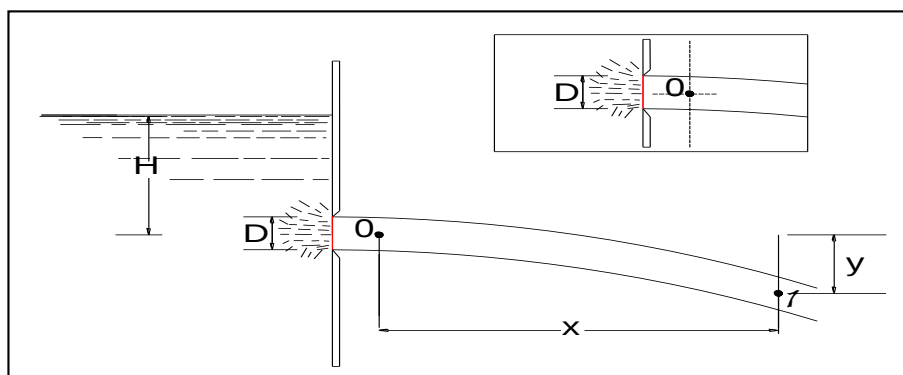


Figura 5: Orificio de pared gruesa.

Fuente: (Dávila, 2011)

Orificio de tubo.- Estos tipos de orificios están incluidos en los orificios de pared gruesa, estos cumplen la característica de estar conectados a un tubo corto, en donde el líquido no sale libremente, ya que este sale por un pequeño tubo, el cual es 2 o 3 veces el diámetro del orificio.

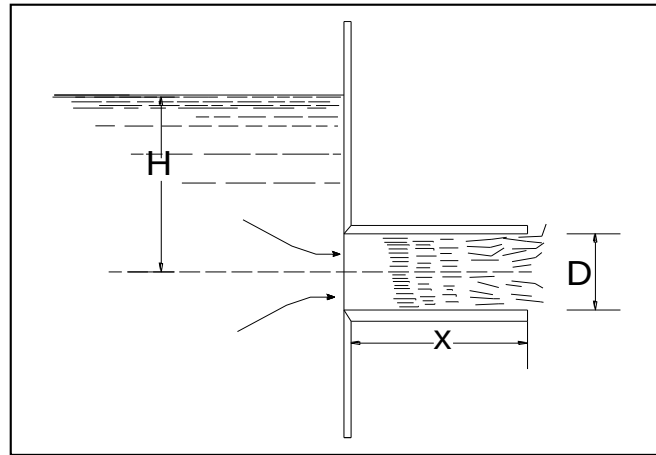


Figura 6: Orificio de tubo.

Fuente: (Dávila, 2011)

2.4.2. Funcionamiento hidráulico.

Al considerar un tanque lleno de un líquido, donde en una de sus paredes laterales se ha practicado un orificio de pequeñas dimensiones y con sección, es posible desarrollar algunos análisis.

Si se supone que el nivel en el tanque permanece constante (por ejemplo el tanque es alimentado con un caudal igual o superior al evacuado por el orificio y dispone de un sistema de rebalse), entonces el orificio descarga un caudal teórico, constante, cuya magnitud se puede determinar al plantear la ecuación de Bernoulli entre la superficie libre y la sección más contraída del chorro.

2.4.3. Ecuaciones de cálculo del caudal.

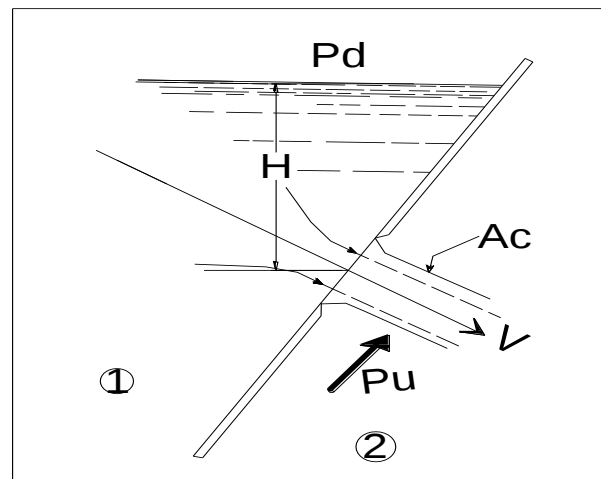


Figura 7: El orificio.

Fuente: (Dávila, 2011)

Se considera un contenedor de líquido, el cual debe estar lleno a este se le realiza una perforación a la cual se le llamara orificio. Este orificio tiene dimensiones pequeñas con respecto a la altura de agua que existe sobre el orificio. Por dicho orificio descarga un caudal Q .

Muy próximo al orificio las partículas de líquido se desplazan siguiendo la misma dirección el centro del orificio, lo cual se debe al efecto de inercia que se presenta a la salida de la vena líquida. El área que se presenta a la salida del chorro se contrae con respecto al área del orificio, por lo cual está ahora tiene menores dimensiones A_c . En dicha área las velocidades e mantienen constantes con un valor medio V .

Al suponer un plano referencial, entre las secciones del orificio, podemos deducir que al ser igual la energía en el punto uno y dos:

$$E1 = E2 \quad (1)$$

$$H + \frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} = 0 + \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} \quad (2)$$

Al despreciar el valor de la velocidad en la parte interior del recipiente se obtiene:

$$\frac{V1^2}{2g} = 0$$

$$H + \frac{P1}{\gamma} = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

Siendo:

$$\frac{P1}{\gamma} = \frac{P2}{\gamma}$$

Obtenemos:

$$H = \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

De donde obtenemos la velocidad a través de la siguiente expresión:

$$V = \sqrt{2gH} \quad (5)$$

A esta expresión se la denomina ecuación de Torricelli, como se puede observar que la velocidad de las partículas en el chorro se rige por una ley parabólica en tanto que es de mucha importancia la altura de agua que se presenta para poder

describir la velocidad V . el valor de H se lo toma a partir del centro de gravedad del orificio hasta la superficie libre del agua.

Los estudios realizados validan esto cuando el valor de H es mucho mayor a la área del orificio estudiado, los valores demuestran que los resultados son válidos siempre y cuando estos sean corregidos por un coeficiente de velocidad el cual es C_v , en la forma:

$$V = C_v \sqrt{2gH} \quad (6)$$

Los valores de este coeficiente C_v son muy próximos a uno, la función de este coeficiente es el de corregir el error en la ecuación 5 al no considerarse la pérdida de energía.

La sección una vez que esta contraída se la calcula a partir del área del orificio dando origen a un nuevo coeficiente C_c , llamado coeficiente de contracción.

$$A_o = C_c A \quad (7)$$

Teniendo como el caudal de descarga que sale por el orificio lo siguiente:

$$Q = C_v C_c A \sqrt{2gH} \quad (8)$$

Ambos coeficientes adimensionales se los reemplaza por otro coeficiente adimensional el cual es el coeficiente de descarga, $C_d = C_v C_c$. El caudal será obtenido por la siguiente expresión:

$$Q = C_d A \sqrt{2gH} \quad (9)$$

1.4.3.1. Coeficientes en orificios de pared delgada.

Los coeficientes son de tipo experimental, estos coeficientes son los que intervienen en el cálculo del caudal el coeficiente de contracción, el coeficiente de velocidad y el de descarga. Para poder encontrar el coeficiente de descarga en un orificio es necesario que este posea una forma circular, aplicando la ecuación de cantidad de movimiento la cual actuara sobre un volumen de control el cual será limitado mediante una superficie semiesférica. Esta superficie tendrá un radio igual al del orificio.

Siendo V_1 la velocidad de una partícula que actúa sobre la semiesfera de radio R , la cual se puede apreciar en la figura 8, la velocidad V_1 posee una dirección radial dirigida al centro de la semiesfera.

La semiesfera tiene un área:

$$A_1 = 2\pi R^2 \quad (10)$$

Siendo su área contraída igual a:

$$A_c = C_c A = C_c \pi R^2 \quad (11)$$

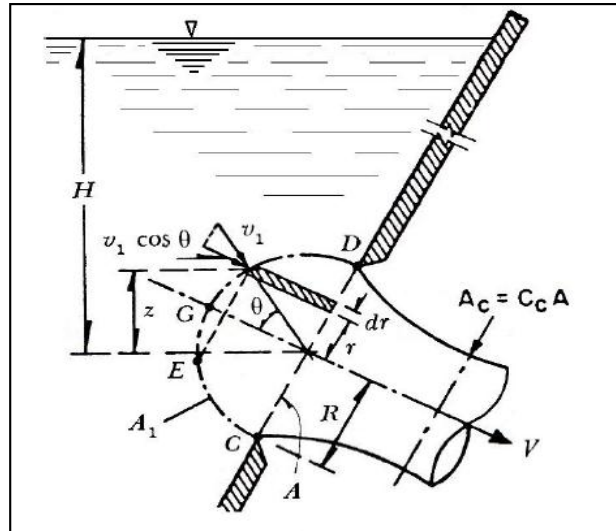


Figura 8: Esta figura describe la derivación del coeficiente de contracción para un orificio de pared delgada.

Fuente: (Dávila, 2011)

Obteniendo al tomar como referencia la ecuación de la continuidad:

$$v_1 = \frac{A_0}{A_1} V \quad (12)$$

Sustituyendo:

$$v_1 = \frac{1}{2} C_o V \quad (13)$$

Es necesario conocer el valor de la velocidad media el cual actúa en dirección del escurrimiento sobre la semiesfera, para poder aplicar la ecuación de la cantidad de movimiento. v_1 es la componente paralela al eje transversal del orificio, el cual es equivalente a $\cos \theta$, esta varía por la ley cosenoidal. Las velocidades adquieren su

magnitud, por la igualación del volumen del cilindro $V_0\pi R^2$ con el volumen cubriendo por la superficie de acuerdo a la ley cosenoidal; sea:

$$V_c = \frac{v_1}{\pi R^2} \iint \cos \theta \, dA \quad (14)$$

Con $\cos \theta = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{R}$; $dA = 2\pi r dr$; Obtenemos:

$$V_c = \frac{2v_1}{R^3} \int_0^R \sqrt{R^2 - r^2} \, dr \quad (15)$$

Al resolver se tiene:

$$V_c = -\frac{2v_1}{3R^3} \left[(R^2 - r^2)^{\frac{3}{2}} \right]_0^R \quad (16)$$

$$V_c = -\frac{2v_1}{3R^3} (-R^3) \quad (17)$$

Teniendo:

$$V_c = \frac{2}{3} v_1 \quad (18)$$

Dando como resultado final:

$$V_c = \frac{C_c}{3} V \quad (19)$$

En la sección contraída el coeficiente β que aparece en la ecuación de continuidad de movimiento es igual a uno, debido a que se supuso que la velocidad

media coincide con la distribución, pero para la semiesfera β adquiere un valor diferente a uno. El cual se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$\beta = \frac{\iint v_1^2 \cos^2 \theta \, dA}{A V^2} \quad (20)$$

Dónde:

$$dA = 2\pi r \, dr$$

Además:

$$\sin^2 \theta = \frac{r^2}{R^2} ; \cos^2 \theta = 1 - \frac{r^2}{R^2}$$

Mediante esto el valor de β_1 es:

$$\beta_1 = \frac{1}{AVc^2} \int_0^R \frac{Cc^2V^2}{3} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) 2\pi r \, dr \quad (21)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{AVc^2} \frac{Cc^2V^2}{2} \left[\frac{\pi R^2}{2} - \frac{\pi R^2}{4} \right] \quad (22)$$

Finalmente tenemos:

$$\beta_1 = \frac{9}{\pi R^2 Cc^2 V^2} Cc^2 V^2 \frac{\pi R^2}{8} = \frac{9}{8} = 1,125 \quad (23)$$

Es necesario conocer la magnitud de empuje que se aplica por el agua en la sección contraída y la semiesfera denominada p, sabiendo que la ecuación de Bernoulli para un punto en una línea de corriente es:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad (24)$$

El valor de z es suprimido debido a que H es demasiado grande con respecto a las dimensiones del radio del orificio, originando que la presión sobre la semiesfera sea constante y obedezca a siguiente valor:

$$p = \gamma \left(H - \frac{v^2}{2g} \right) \quad (25)$$

Entonces, la componente sobre la superficie semiesférica que actúa en el mismo sentido del empuje es:

$$pA = \gamma \left(H - \frac{v^2}{2g} \right) A \quad (26)$$

En la semiesfera la fuerza será cero, ya que la presión atmosférica actúa sobre la sección contraída. La masa del orificio equivale a:

$$\frac{\gamma}{g} C_c A V \quad (27)$$

Al entrar en contacto la velocidad media V con la sección contraída la masa se acelera, dando paso a la siguiente ecuación que describe la ecuación de cantidad de movimiento:

$$\gamma A \left(H - \frac{1}{2g} \left(\frac{CcV}{2} \right)^2 \right) = \frac{\gamma}{g} ACcV \left(V - \frac{9}{8} \times \frac{Cc}{3} \times V \right) \quad (28)$$

Mientras que:

$$H = \frac{1}{Cv^2} \frac{V^2}{2g} \quad (29)$$

Mediante lo cual se obtiene:

$$\frac{V^2}{2g} \left[2Cc - \frac{3}{4} Cc^2 + \frac{1}{4} Cc^2 - \frac{1}{Cc^2} \right] = 0 \quad (30)$$

Eliminando la carga obtenemos:

$$\left(\frac{3}{4} - \frac{1}{4} \right) Cc^2 - 2Cc + \frac{1}{Cv^2} = 0 \quad (31)$$

Por tanto:

$$Cc^2 - 4Cc + \frac{2}{Cv^2} = 0 \quad (32)$$

Como Cc no puede ser igual o mayor que uno 1, el valor negativo del radical es la que expresa el valor de Cc al resolver la ecuación 32.

$$Cc = 2 - \sqrt{4 - \frac{2}{Cv^2}} \quad (33)$$

A continuación se presentan los valores obtenidos con la expresión 33 para distintos valores de C_v .

Tabla 2: Determinación de C_c y C_d .

C_v	1,00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
C_o	0.586	0.60	0.615	0.631	0.647	0.664
C_d	0.586	0.586	0.603	0.612	0.621	0.631

Estos resultados se obtuvieron a partir de la ecuación 33 para diversos valores de C_v .

Fuente: (Dávila, 2011)

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

De acuerdo a diferentes estudios que se realizaron, por distintos investigadores los coeficientes de descarga, contracción y velocidad, dependen del número de Reynolds y que para $Re > 105$, dichos coeficientes adquieren los valores siguientes volviéndose constantes.

$$C_v = 0.99$$

$$C_c = 0.605$$

$$C_d = 0.60$$

Gracias al concepto de coeficiente de contracción para un orificio circular se obtiene lo siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{1}{C_c}} D_c \quad (34)$$

En lo que se refiere a orificios rectangulares con una altura pequeña, los coeficientes C_v , C_c y C_d , son los mismos que los del ábaco 1. Para esto el número de Reynolds utiliza la mínima dimensión del orificio, la ecuación que se describe en la parte inferior del ábaco, representa $A=ab$ el área del orificio, siendo b la máxima dimensión del orificio.

Los resultados son válidos siempre y cuando exista una contracción completa.

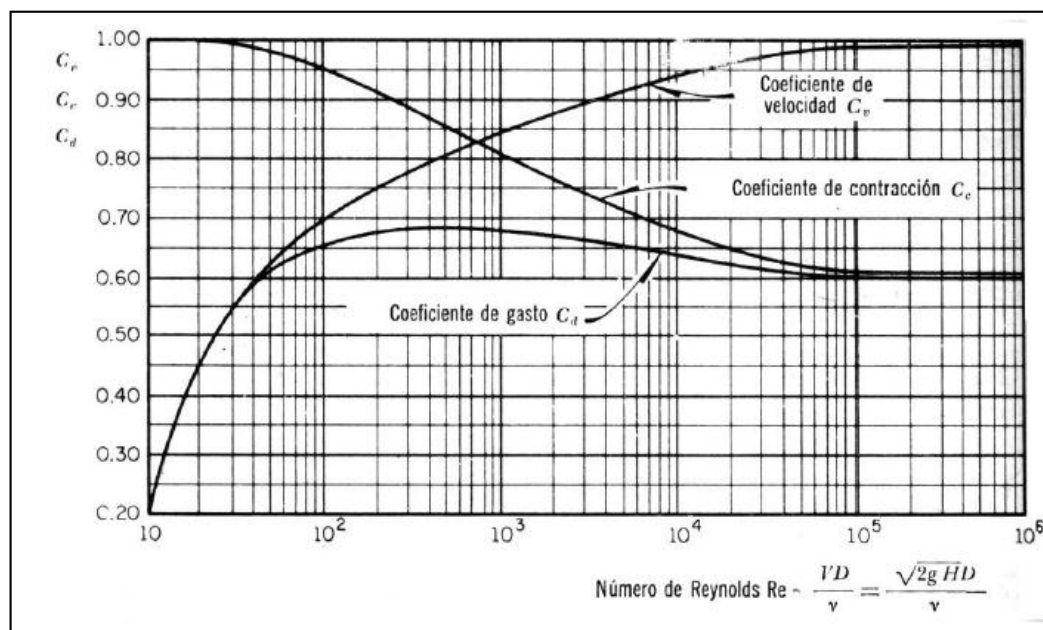


Figura 9: Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y descarga con el número de Reynolds en un orificio.

Fuente: (Dávila, 2011)

A continuación se presenta el gráfico donde se ilustra el coeficiente de descarga.

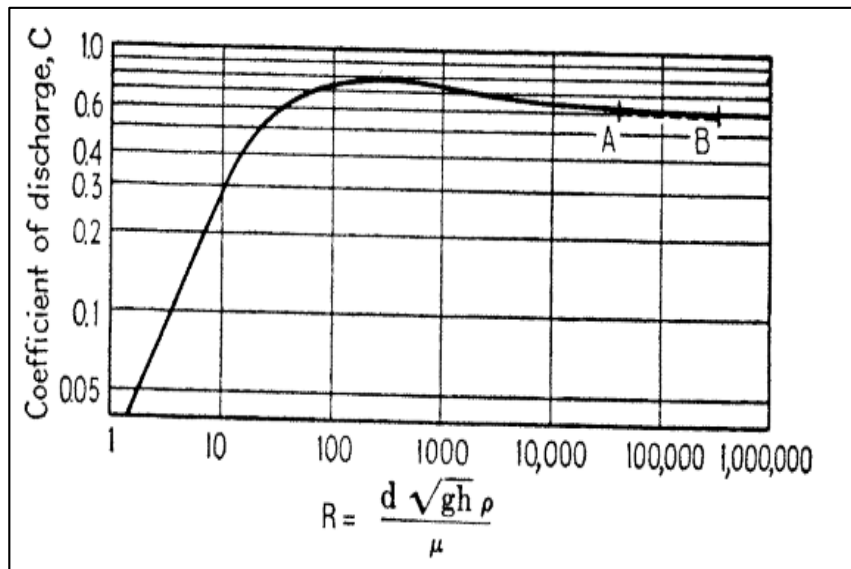


Figura 10: Variación de los coeficientes de descarga con el número de Reynolds en orificios.

Fuente: (King, 1996)

Esta curva fue generada a través de estudios de diversos investigadores los cuales tomaron los estudios previos de las pruebas realizadas, llegando a tener la curva descrita. Así también como la ejecución de estas pruebas no solo para agua sino que también se realizó estos ensayos con mezclas de aceite y glicerina. Una de las características es que en estos ensayos se ejecutaron con una contracción completa.

Otra de las características que se pueden denotar en la curva descrita es que luego del valor de A el coeficiente toma un valor prácticamente constante hasta llegar a B el cual seguirá con esa tendencia, para números de Reynolds mayores a 10^5 .

2.4.3.2. *Perdida de energía.*

Al considerar la pérdida de energía en la ecuación de Bernoulli obtenemos:

$$H = \frac{V^2}{2g} + \Delta hr \quad (35)$$

Por otra parte resulta:

$$H = \frac{1}{Cv^2} \frac{V^2}{2g} \quad (36)$$

Remplazando 36 en 35 se tiene:

$$\Delta hr = \left(\frac{1}{Cv^2} - 1 \right) \frac{V^2}{2g} = K \frac{V^2}{2g} \quad (37)$$

Esta ecuación denota que la perdida de energía es proporcional a la velocidad media en la sección contraída. K es un coeficiente el cual no tiene dimensiones y está en función de la velocidad:

$$K = \frac{1}{Cv^2} - 1 \quad (38)$$

Entonces, para Cv= 0.99, K=0.02.Obtenidos de la ecuación anterior:

$$Cv = \sqrt{\frac{1}{k+1}} \quad (39)$$

Como se puede evidenciar todas estas deducciones tienen un fundamento en la experiencia de la experimentación la cual ha generado esta cantidad de expresiones las cuales ayudan a comprender el estudio de la descarga en orificios lo cual es de mucha importancia para el trabajo que se está llevando a cabo.

Como bien se ha mencionado anteriormente en dicho en dicho trabajo estas expresiones matemáticas generadas a través de la historia tienen una gran validez ya que se obtuvieron con mucho esfuerzo y dedicación, pero no obstante estas no darán un resultado satisfactorio. Teniendo esta premisa es que el estudio de coeficientes en hidráulicos es de mucha vitalidad para las obras que benefician a las sociedades.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se cumplirán los objetivos planteados, los cuales son los que dieron origen a este trabajo, teniendo como premisa de que las fórmulas que existen en hidráulica deben ser corregidas con coeficientes procederemos a encontrar los coeficientes de descarga para orificios de pared delgada no sumergidos.

Estos coeficientes se encontraran a partir de un ensayo el cual consiste en tomar los datos como son: tirante de agua (aguas arriba), diámetro del orificio, velocidad. Con estos datos se encontraran los coeficientes de descarga para los diferentes diámetros.

Este ensayo se realizó en el canal del laboratorio experimental de hidráulica de la facultad de ciencias matemáticas y físicas de la universidad de Guayaquil. Colocando una placa de acrílico de 10 mm en la sección del canal, el cual fue concebido con la finalidad de alojar placas de 2 mm de espesor en la cuales están los orificios de distintos diámetros los orificios deben estar en estas placas ya que de estar en la de 10 mm no cumpliría la condición de pared delgada que fue lo que se escogió para la determinación de los coeficientes de descarga el cual es el tema de estudio en este trabajo. Ya que la condición de pared delgada es lo ideal para el estudio de las propiedades de los orificios.

Dichas placas de 2 mm se podrán adherir y retirar de la placa de 10 mm para poder cambiar el diámetro de los orificios.

3.1. Modelos físicos

Con este paso se plantea resolver el objetivo principal el cual consiste en analizar el flujo de agua a través del orificio en cuestión.

El modelo que utilizamos es una placa de acrílico de 10 mm de espesor, la cual estará instalada en el canal que está en el laboratorio Experimental de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

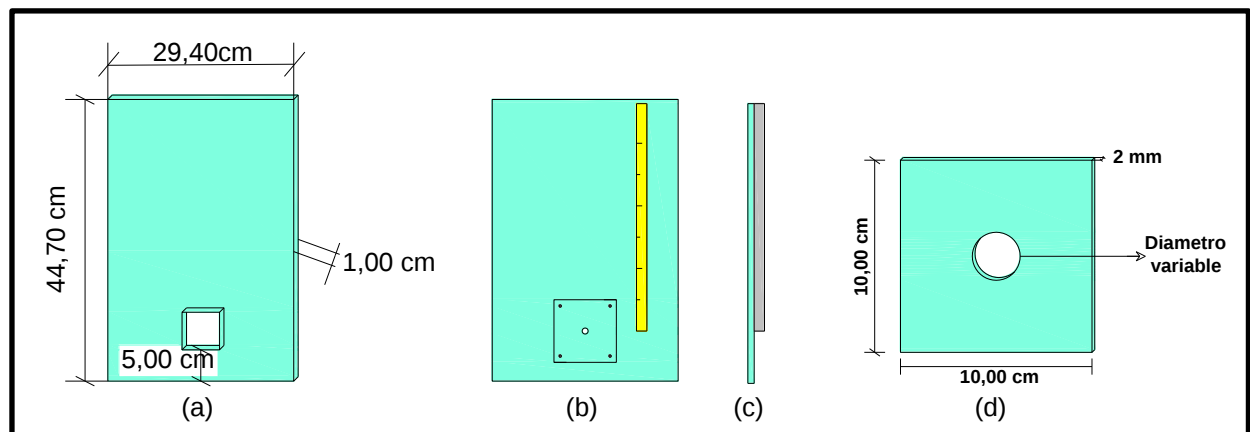


Figura 10: Placas que se utilizaran para la realización del ensayo.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

En dicha placa se podrán instalar placas de menor tamaño de 2 mm de espesor, estas placas estarán sujetas a la de 10 mm por unos pernos. El objetivo de estas placas de menor dimensiones es el de poder cambiar el diámetro de orificio ya que en este espesor se cumple la condición de orificio de pared delgada, mientras que placa de mayor dimensión será la que se use para fijar las otra placas.

La placa se dispone en el canal con dos perfiles de aluminio sujetos al canal mediante silicón, una vez instalada la placa de mayor dimensiones a la cual se denominara placa matriz se instala la placa en la cual está situada el orificio el cual se estudiara, luego se sellan los bordes que rodean la placa matiz con plastilina para evitar la filtración del agua por los bordes de la placa, posteriormente se llena el canal con agua hasta llegar quedar a punto de cubrir la altura de la placa.

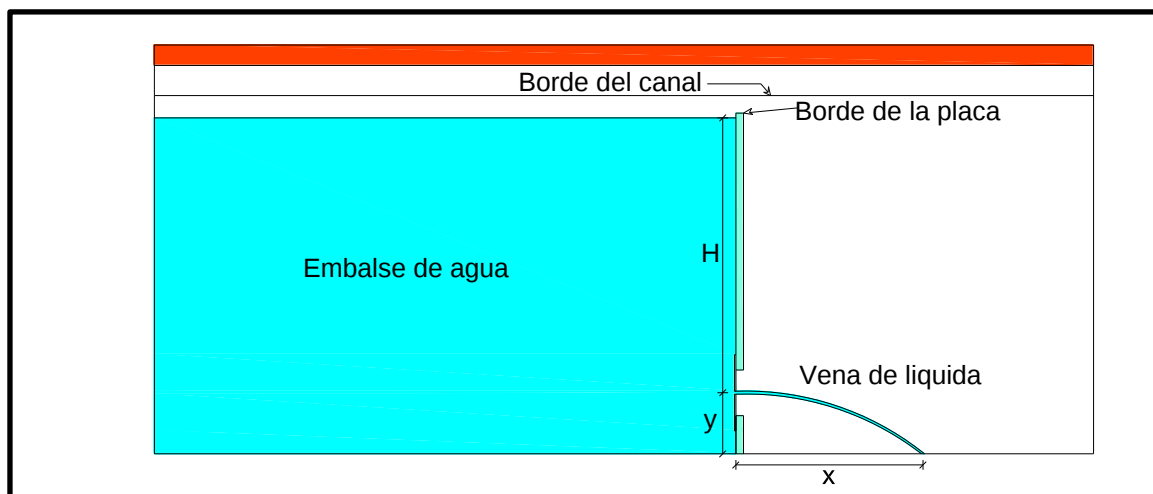


Figura 10: Esquema de cómo se instaló las placas en el canal del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la universidad de Guayaquil.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Una vez lleno el canal se espera a que se estabilice el agua que es embalsada, para tomar el valor de H , que es la carga de agua que hay sobre el orificio, para poder hacer esto se dispuso una pequeña parte de un flexómetro en la placa matiz a partir del baricentro del orificio que se colocara. Con este valor de H obtendremos el valor del caudal teórico.

$$Q_t = A\sqrt{2gH} \quad (40)$$

Ya estabilizado el agua, se procede a la obtención de los datos que necesitamos el caudal real.

$$Q_r = \text{Volumen}/\text{tiempo} \quad (41)$$

Este caudal lo obtendremos mediante la recolección del volumen de agua que pasa por el orificio, cuando este baje uno o dos milímetro en la carga de agua sobre el orificio, registrando el tiempo en que ocurra este suceso. El volumen se mide con una probeta graduada de 1 litro o 1000 ml.

Se realiza este mismo proceso una vez tomada la lectura uno o dos milímetros por debajo del nivel al que se tomó la primera lectura, para comparar el caudal que se obtiene de las dos mediciones y sacar una media dándonos cuenta que el caudal que se obtiene entre las dos mediciones es muy similar.

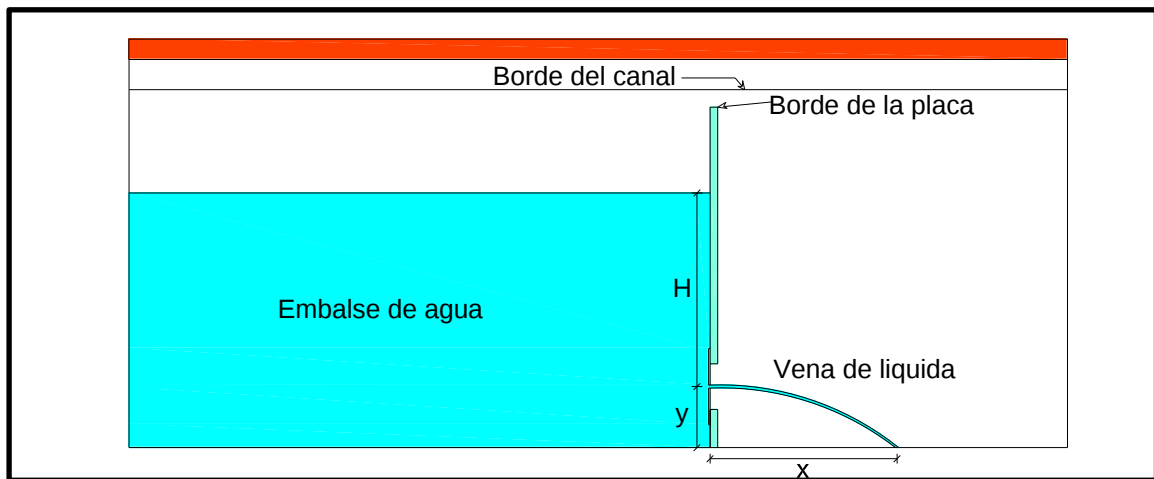


Figura 11: Esquema de cómo disminuyo el nivel de agua en el canal del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la universidad de Guayaquil.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Ya tomada las primeras dos mediciones de volumen y tiempo se baja el nivel del embalse para ir tomando más datos de este tipo, este proceso se repite 10 veces mediante el cual se obtienen 20 datos, el nivel de agua se va disminuyendo entre 2,3 o 4 centímetros para que esto no sea constante ya que no es necesario.

Ya obtenidos los datos se procede al vaciado del nivel de agua almacenado para cambiar el diámetro del orificio y continuar con el ensayo.

3.2. Obtención de coeficientes de descarga.

El ensayo se repite con 8 orificios, una vez obtenido los datos necesarios se procede con el cálculo del coeficiente de descarga el cual es igual a:

$$Cd = \frac{\text{Caudal Real}}{\text{Caudal Teórico}} \quad (42)$$

El otro valor que sirve para la generación del grafico es el que se produce con la relación que hay entre el diámetro del orificio y la carga de agua sobre el orificio, siendo estos valores adimensionales.

$$\frac{H}{\phi}$$

Con estos datos se procede a la graficación de los puntos obtenidos mediante los datos obtenidos experimentalmente.

Con la obtención de los datos que se obtuvieron y el proceso descrito anteriormente se generan las siguientes tablas y gráficos marcando una tendencia con el programa Microsoft Excel, en dicha tabla se pueden apreciar los datos de diámetro de orificio el cual fue obtenido con un calibrador digital en 6 posiciones del orificio del cual se obtuvo un promedio para trabajar, el área del orificio, altura de agua sobre este, caudal real, caudal teórico, coeficiente de descarga y la relación entre la carga de agua y el diámetro del orificio.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE: HIDRAULICA

PROYECTO: DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DESCARGA PARA
ORIFICIOS CIRCULARES DE PARED DELGADA, EN DESCARGA
LIBRE PARA DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS FISICOS

LUGAR Y FECHA: 16 de julio del 2016

HORA DE INICIO: 10 h 05 min

HORA DE FINALIZACION: 13 h 12 min

DIAMETRO DEL ORIFICIO: 6,58mm

Lecturas	ϕ (mm)
1	6,55
2	6,57
3	6,60
4	6,57
5	6,59
6	6,58
promedio	6,58

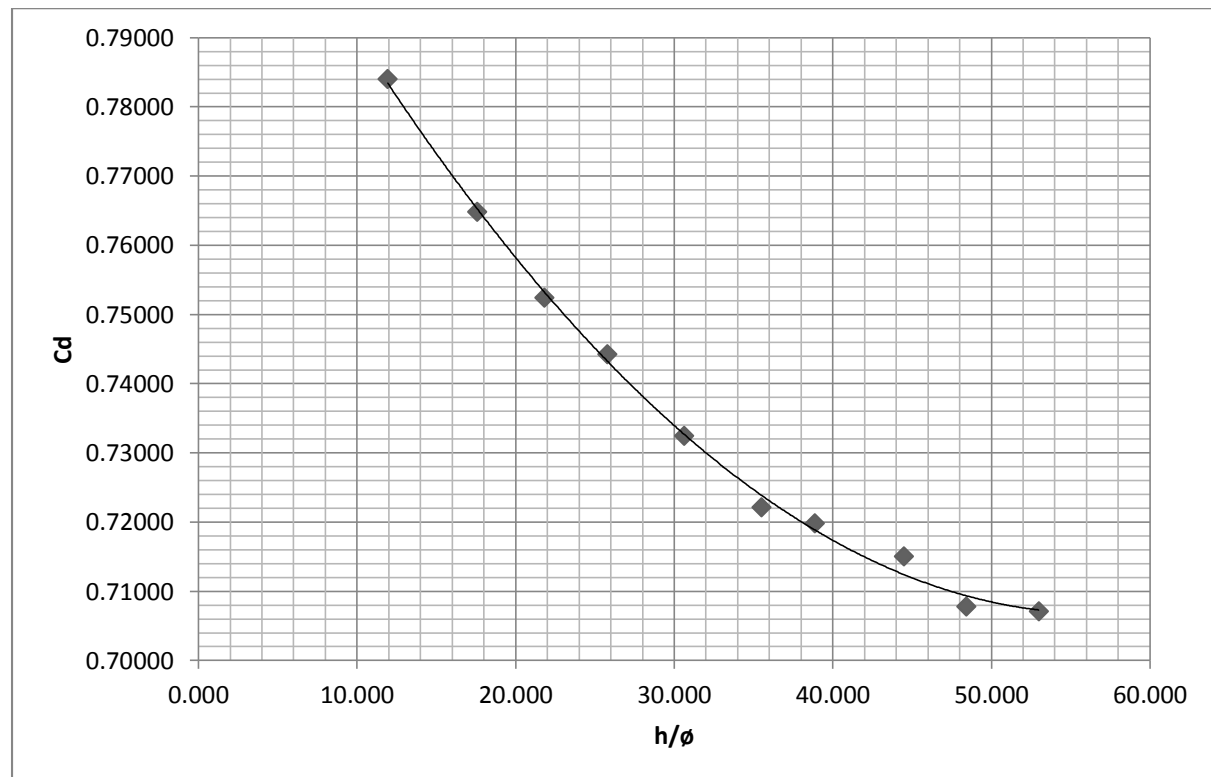


Figura 12: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 6,58 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 3: Resultados obtenidos para orificios de 6.58 mm

Nº	Ø cm	h cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	h/Ø	h/Ø prom.
1	0,66	34,90	32,00	0,34	6,242	99,22	0,06	261,87	0,09	0,71	0,71	53,07	52,99
2		34,80	32,00		6,280	99,99	0,06	261,50	0,09	0,71		52,91	
3		31,90	31,00		6,180	103,1	0,06	250,37	0,09	0,70	0,71	48,50	48,43
4		31,80	31,00		6,250	103,56	0,06	249,97	0,08	0,71		48,35	
5		29,30	29,40		6,240	107,11	0,06	239,95	0,08	0,71	0,72	44,55	44,48
6		29,20	29,40		6,250	107,37	0,06	239,54	0,08	0,72		44,40	
7		25,60	27,10		6,050	110,11	0,05	224,29	0,08	0,72	0,72	38,93	38,85
8		25,50	27,10		6,100	111,65	0,05	223,85	0,08	0,72		38,77	
9		23,40	26,00		6,070	115,41	0,05	214,43	0,07	0,72	0,72	35,58	35,50
10		23,30	26,00		6,110	116,40	0,05	213,97	0,07	0,72		35,43	
11		20,20	23,50		6,010	121,32	0,05	199,23	0,07	0,73	0,73	30,71	30,64
12		20,10	23,50		6,050	122,26	0,05	198,74	0,07	0,73		30,56	
13		17,00	21,20		5,960	128,56	0,05	182,77	0,06	0,75	0,74	25,85	25,77
14		16,90	21,20		6,020	131,10	0,05	182,23	0,06	0,74		25,70	
15		14,40	19,40		6,260	145,58	0,04	168,21	0,06	0,75	0,75	21,90	21,82
16		14,30	19,40		6,230	145,44	0,04	167,63	0,06	0,75		21,74	
17		11,60	16,80		6,130	155,76	0,04	150,98	0,05	0,77	0,76	17,64	17,56
18		11,50	16,80		6,090	156,44	0,04	150,32	0,05	0,76		17,49	
19		7,90	14,10		5,560	149,34	0,04	124,59	0,04	0,88	0,79	12,01	11,94
20		7,80	14,10		6,220	180,48	0,03	123,80	0,04	0,82		11,86	

Fuente: Programa Excel**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE: HIDRAULICA

PROYECTO: DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DESCARGA PARA ORIFICIOS CIRCULARES DE PARED DELGADA, EN DESCARGA LIBRE PARA DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS FISICOS

LUGAR Y FECHA: 13 de julio del 2016

HORA DE INICIO: 11 h 20 min

HORA DE FINALIZACION: 15 h 50 min

DIAMETRO DEL ORIFICIO: 9,60 mm

lecturas	ϕ (mm)
1	9,62
2	9,60
3	9,59
4	9,61
5	9,57
6	9,60
promedio	9,60

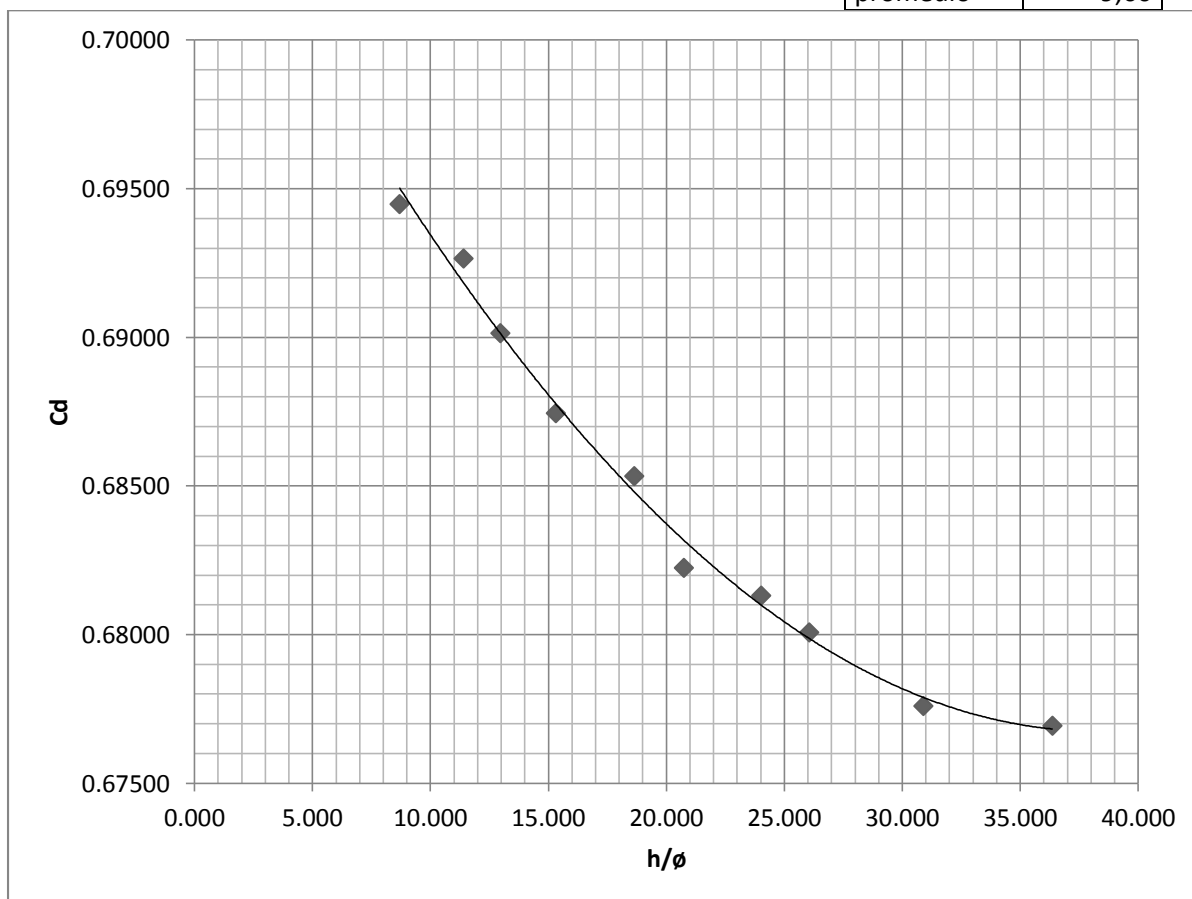


Figura 13. Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 9,60 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 4: Resultados obtenidos para orificios de 9,60 mm

N°	Ø cm	h cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	h/Ø	h/Ø prom.
1	0,96	35,00	32,50	0,72	6,87	53,82	0,13	262,05	0,19	0,67	0,68	36,46	36,36
2		34,80	32,40		6,97	54,16	0,13	261,30	0,19	0,68		36,26	
3		29,70	32,20		7,17	60,31	0,12	241,39	0,17	0,68	0,68	30,94	30,89
4		29,60	32,00		7,10	60,36	0,12	240,99	0,17	0,67		30,84	
5		25,10	27,00		6,43	59,21	0,11	221,91	0,16	0,68	0,68	26,15	26,05
6		24,90	26,90		6,56	59,98	0,11	221,03	0,16	0,68		25,94	
7		23,10	26,50		6,62	63,60	0,10	212,89	0,15	0,68	0,68	24,07	24,01
8		23,00	26,40		6,43	60,90	0,11	212,43	0,15	0,69		23,96	
9		20,00	24,50		6,41	65,11	0,10	198,09	0,14	0,69	0,68	20,84	20,73
10		19,80	24,30		6,36	65,81	0,10	197,10	0,14	0,68		20,63	
11		18,00	22,00		6,25	67,83	0,09	187,93	0,14	0,68	0,69	18,75	18,65
12		17,80	21,90		6,23	66,48	0,09	186,88	0,14	0,69		18,54	
13		14,80	20,50		6,39	75,78	0,08	170,40	0,12	0,68	0,69	15,42	15,32
14		14,60	20,20		6,34	74,92	0,08	169,25	0,12	0,69		15,21	
15		12,50	19,50		6,67	85,70	0,08	156,60	0,11	0,69	0,69	13,02	12,97
16		12,40	19,20		6,65	84,97	0,08	155,98	0,11	0,69		12,92	
17		11,00	17,50		7,04	95,48	0,07	146,91	0,11	0,69	0,69	11,46	11,41
18		10,90	17,40		7,06	96,46	0,07	146,24	0,11	0,69		11,36	
19		8,40	14,50		6,41	99,73	0,06	128,38	0,09	0,69	0,69	8,75	8,70
20		8,30	14,30		6,39	99,28	0,06	127,61	0,09	0,70		8,65	

Fuente: Programa Excel

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE:
HIDRAULICA

PROYECTO: DETERMINACION DE COEFICIENTES DE
DESCARGA PARA ORIFICIOS CIRCULARES DE
PARED DELGADA, EN DESCARGA LIBRE PARA
DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS FISICOS

LUGAR Y FECHA: 14 de julio del 2016
HORA DE INICIO: 7 h 54 min
HORA DE FINALIZACION: 12 h 26 min
DIAMETRO DEL
ORIFICIO: 12,55 mm

Lecturas	$\varnothing$ (mm)
1	12,55
2	12,55
3	12,56
4	12,52
5	12,54
6	12,57
promedio	12,55

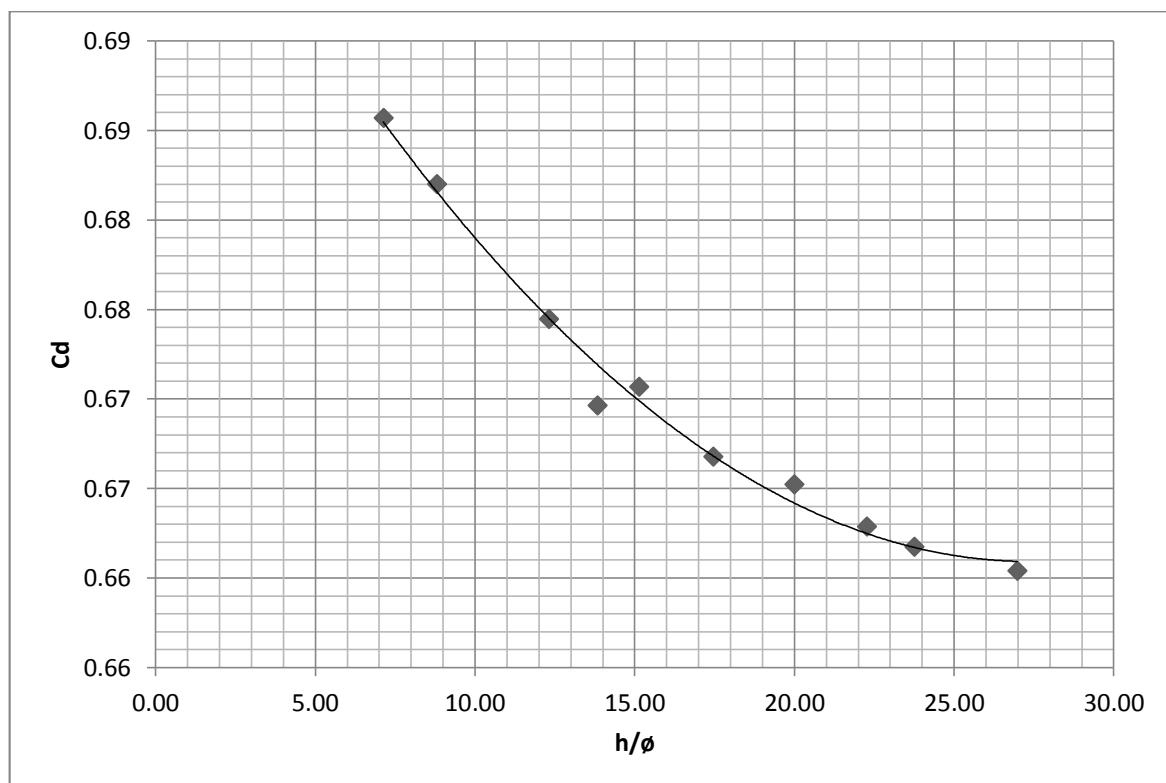


Figura 14: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 12,55 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 5: Resultados obtenidos para orificios de 12,55 mm

N°	∅ cm	h cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	h/∅	h/∅ prom.
1	1,25	33,90	32,20	1,24	6,28	29,85	0,21	257,90	0,32	0,66	0,66	27,02	26,98
2		33,80	32,20		6,26	29,73	0,21	257,52	0,32	0,66		26,94	
3		30,00	30,20		7,00	35,27	0,20	242,61	0,30	0,66	0,66	23,91	23,75
4		29,60	30,20		6,98	35,38	0,20	240,99	0,30	0,66		23,59	
5		28,00	29,00		6,38	33,23	0,19	234,38	0,29	0,66	0,66	22,31	22,27
6		27,90	29,00		6,43	33,50	0,19	233,97	0,29	0,66		22,23	
7		25,20	26,00		6,14	33,67	0,18	222,36	0,27	0,66	0,67	20,08	20,00
8		25,00	26,00		6,11	33,43	0,18	221,47	0,27	0,67		19,92	
9		22,00	25,30		6,06	35,41	0,17	207,76	0,26	0,67	0,67	17,53	17,45
10		21,80	25,30		5,98	35,03	0,17	206,81	0,26	0,67		17,37	
11		19,20	23,40		6,93	43,20	0,16	194,09	0,24	0,67	0,67	15,30	15,14
12		18,80	23,40		6,92	43,29	0,16	192,06	0,24	0,67		14,98	
13		17,40	22,20		6,89	45,12	0,15	184,77	0,23	0,67	0,67	13,87	13,83
14		17,30	22,20		6,91	45,20	0,15	184,24	0,23	0,67		13,79	
15		15,50	21,60		6,59	45,35	0,15	174,39	0,22	0,67	0,67	12,35	12,31
16		15,40	21,60		6,57	45,27	0,15	173,82	0,21	0,68		12,27	
17		11,10	18,00		6,25	50,05	0,12	147,57	0,18	0,68	0,68	8,85	8,81
18		11,00	18,00		6,19	50,12	0,12	146,91	0,18	0,68		8,77	
19		9,00	15,50		6,17	54,93	0,11	132,88	0,16	0,68	0,69	7,17	7,13
20		8,90	15,40		6,13	54,53	0,11	132,14	0,16	0,69		7,09	

Fuente: Programa Excel**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE:
HIDRAULICA

PROYECTO: DETERMINACION DE COEFICIENTES DE
DESCARGA PARA ORIFICIOS CIRCULARES DE
PARED DELGADA, EN DESCARGA LIBRE PARA
DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS
FISICOS

LUGAR Y FECHA: 14 de julio del 2016
HORA DE INICIO: 11 h 20 min
HORA DE FINALIZACION: 14 h 05 min
DIAMETRO DEL ORIFICIO: 15,53 mm

lecturas	$\varnothing$ (mm)
1	15,50
2	15,56
3	15,55
4	15,50
5	15,50
6	15,54
promedio	15,53

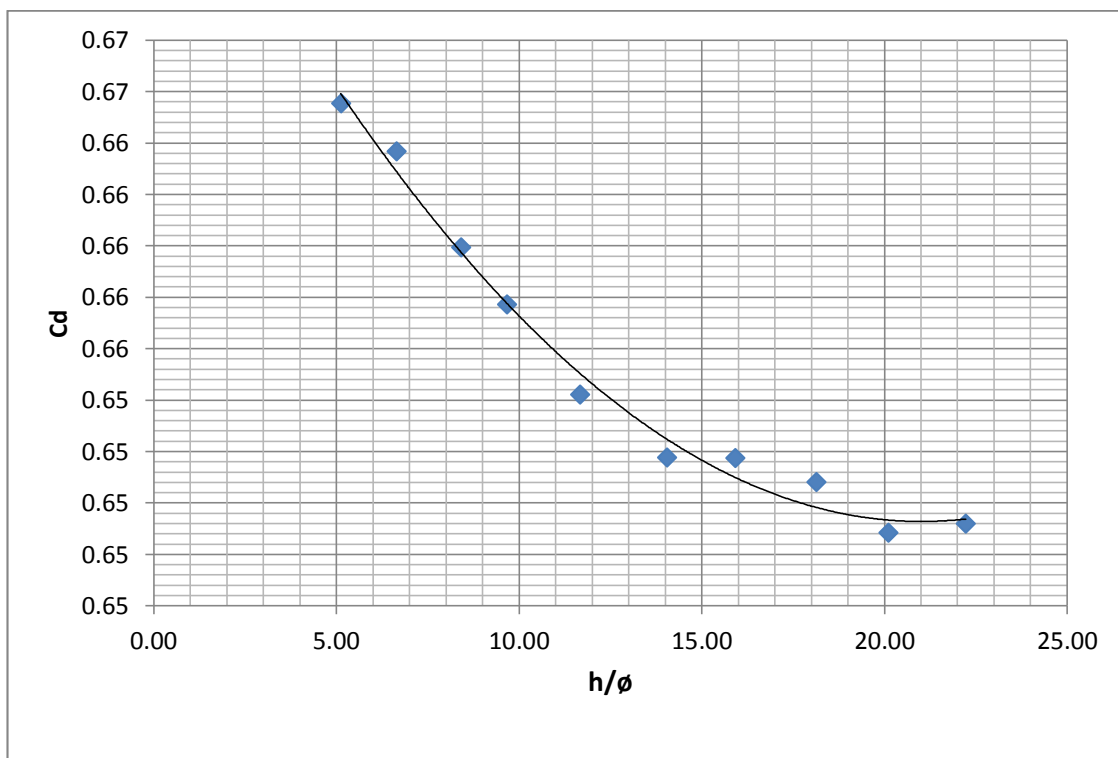


Figura 15. Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 15,53 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 6: Resultados obtenidos para orificios de 15,53 mm

N°	Ø cm	h cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	h/Ø	h/Ø prom.
1	1,55	34,60	33,00	1,89	6,22	19,45	0,32	260,55	0,49	0,65	0,65	22,29	22,22
2		34,40	33,00		6,16	19,27	0,32	259,79	0,49	0,65		22,16	
3		31,30	30,00		6,65	21,83	0,30	247,81	0,47	0,65	0,65	20,16	20,10
4		31,10	30,00		6,33	20,88	0,30	247,02	0,47	0,65		20,03	
5		28,20	29,30		6,43	22,16	0,29	235,22	0,45	0,65	0,65	18,16	18,13
6		28,10	29,30		6,35	21,98	0,29	234,80	0,44	0,65		18,10	
7		24,80	27,00		6,87	25,21	0,27	220,58	0,42	0,65	0,65	15,97	15,91
8		24,60	27,00		6,77	25,01	0,27	219,69	0,42	0,65		15,85	
9		21,90	25,20		7,08	27,73	0,26	207,29	0,39	0,65	0,65	14,11	14,04
10		21,70	25,20		7,14	28,00	0,26	206,34	0,39	0,65		13,98	
11		18,20	23,10		6,73	28,73	0,23	188,97	0,36	0,65	0,65	11,72	11,66
12		18,00	23,10		6,58	28,30	0,23	187,93	0,36	0,65		11,59	
13		15,10	21,00		6,26	29,12	0,21	172,12	0,33	0,66	0,66	9,73	9,66
14		14,90	21,00		6,22	29,31	0,21	170,98	0,32	0,66		9,60	
15		13,10	19,50		6,12	30,43	0,20	160,32	0,30	0,66	0,66	8,44	8,41
16		13,00	19,50		6,02	30,30	0,20	159,71	0,30	0,66		8,37	
17		10,40	17,00		6,03	33,59	0,18	142,85	0,27	0,66	0,66	6,70	6,63
18		10,20	17,00		6,03	33,94	0,18	141,47	0,27	0,66		6,57	
19		8,00	14,80		6,65	42,12	0,16	125,28	0,24	0,67	0,67	5,15	5,12
20		7,90	14,80		6,34	40,43	0,16	124,50	0,24	0,67		5,09	

Fuente: Programa Excel**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE: HIDRAULICA

PROYECTO: DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DESCARGA PARA ORIFICIOS CIRCULARES DE PARED DELGADA, EN DESCARGA LIBRE PARA DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS FISICOS

LUGAR Y FECHA: 15 de julio del 2016
 HORA DE INICIO: 10 h 02 min
 HORA DE FINALIZACION: 12 h 50 min
 DIAMETRO DEL ORIFICIO: 18,55 mm

lecturas	$\varnothing$ (mm)
1	18,59
2	18,51
3	18,55
4	18,54
5	18,57
6	18,53
promedio	18,55

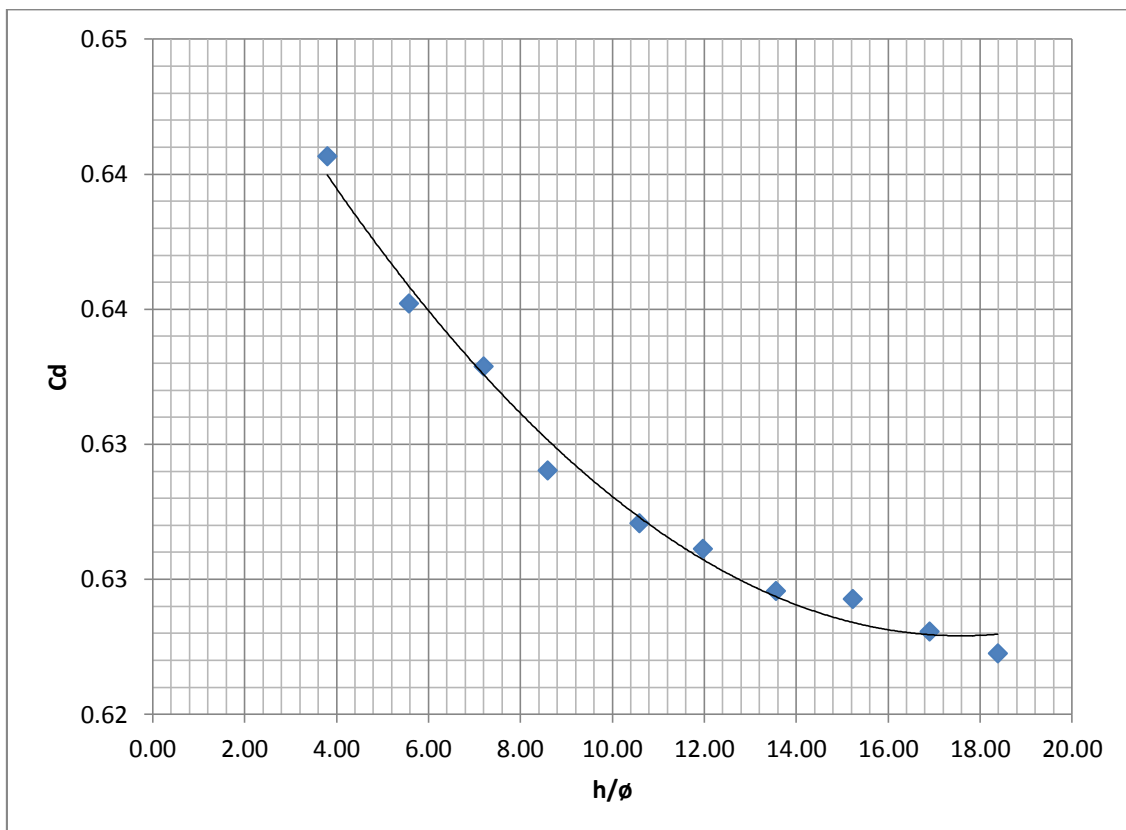


Figura 16: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 18,55 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 7: Resultados obtenidos para orificios de 18,55 mm

N°	Ø cm	h cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	h/Ø	h/Ø prom.
1	1,85	34,20	32,00	2,70	5,62	12,85	0,44	259,04	0,70	0,62	0,62	18,44	18,38
2		34,00	32,00		5,86	13,55	0,43	258,28	0,70	0,62		18,33	
3		31,40	30,00		6,64	15,97	0,42	248,21	0,67	0,62	0,62	16,93	16,90
4		31,30	30,00		6,34	15,12	0,42	247,81	0,67	0,63		16,87	
5		28,30	28,50		6,23	15,67	0,40	235,64	0,64	0,62	0,62	15,26	15,23
6		28,20	28,50		5,76	14,52	0,40	235,22	0,64	0,62		15,20	
7		25,20	27,00		6,11	16,32	0,37	222,36	0,60	0,62	0,62	13,59	13,56
8		25,10	27,00		6,01	16,01	0,38	221,91	0,60	0,63		13,53	
9		22,30	25,20		6,49	18,41	0,35	209,17	0,57	0,62	0,63	12,02	11,97
10		22,10	25,20		6,44	18,21	0,35	208,23	0,56	0,63		11,91	
11		19,80	24,00		6,31	18,78	0,34	197,10	0,53	0,63	0,63	10,67	10,59
12		19,50	24,00		6,18	18,76	0,33	195,60	0,53	0,62		10,51	
13		16,00	21,00		6,41	21,42	0,30	177,18	0,48	0,63	0,63	8,63	8,60
14		15,90	21,00		6,19	20,49	0,30	176,62	0,48	0,63		8,57	
15		13,40	19,60		6,16	22,18	0,28	162,14	0,44	0,63	0,63	7,22	7,20
16		13,30	19,60		6,09	22,08	0,28	161,54	0,44	0,63		7,17	
17		10,40	17,30		6,31	25,68	0,25	142,85	0,39	0,64	0,64	5,61	5,58
18		10,30	17,30		6,16	25,30	0,24	142,16	0,38	0,63		5,55	
19		7,05	14,20		5,85	28,60	0,20	117,61	0,32	0,64	0,64	3,80	3,80
20		7,04	14,20		5,81	28,69	0,20	117,53	0,32	0,64		3,80	

Fuente: Programa Excel**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE: HIDRAULICA

PROYECTO:

DETERMINACION DE COEFICIENTES DE
DESCARGA PARA ORIFICIOS CIRCULARES DE
PARED DELGADA, EN DESCARGA LIBRE PARA
DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS
FISICOS

LUGAR Y FECHA:

15 de julio del 2016

HORA DE INICIO:

13 h 52 min

HORA DE FINALIZACION:

15 h 28 min

DIAMETRO DEL ORIFICIO:

21,59 mm

lecturas	ϕ (mm)
1	21,59
2	21,61
3	21,59
4	21,58
5	21,57
6	21,60
promedio	21,59

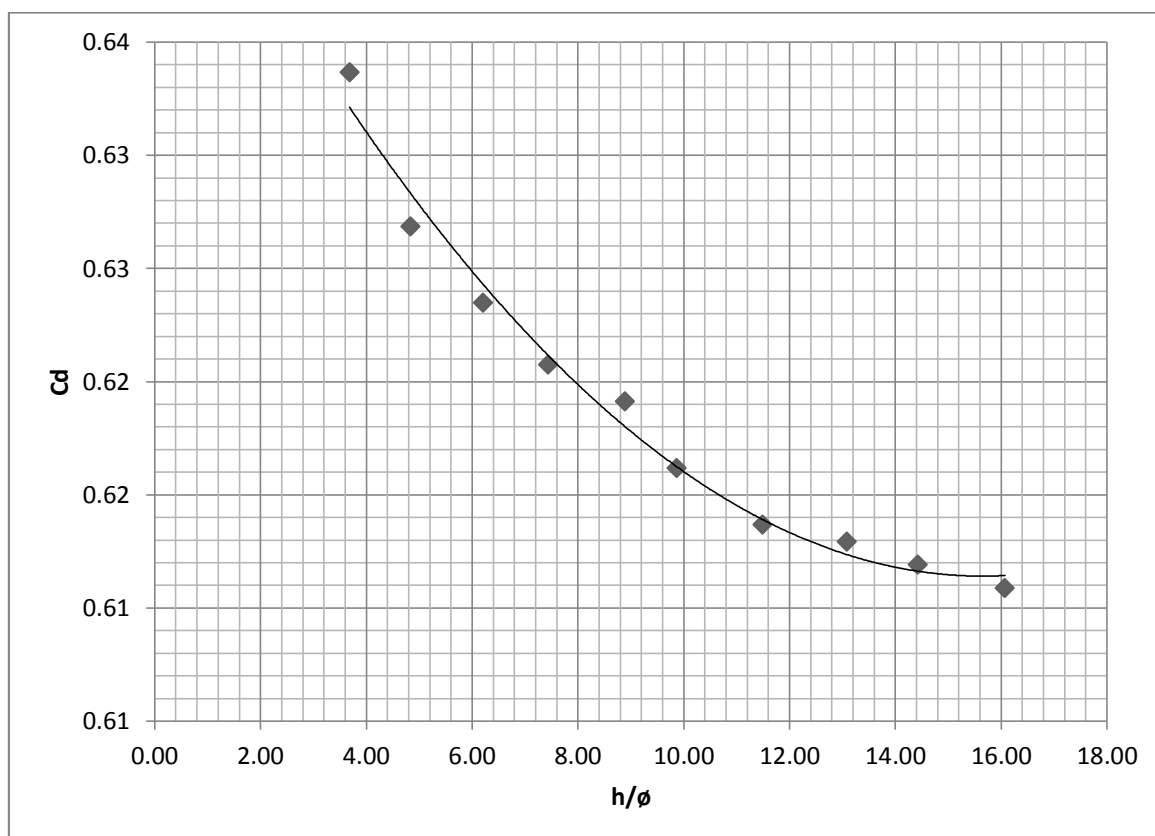


Figura 17: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 21,59 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 8: Resultados obtenidos para orificios de 21,59 mm

N°	Ø cm	h cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	h/Ø	h/Ø prom.
1	2,16	34,80	32,00	3,66	6,20	10,59	0,59	261,30	0,96	0,61	0,61	16,12	16,07
2		34,60	32,00		5,88	10,11	0,58	260,55	0,95	0,61		16,03	
3		31,20	30,30		6,78	12,32	0,55	247,42	0,91	0,61	0,61	14,45	14,43
4		31,10	30,30		6,76	12,13	0,56	247,02	0,90	0,62		14,40	
5		28,30	28,20		7,07	13,37	0,53	235,64	0,86	0,61	0,61	13,11	13,08
6		28,20	28,20		6,84	12,96	0,53	235,22	0,86	0,61		13,06	
7		24,90	26,00		7,02	14,22	0,49	221,03	0,81	0,61	0,61	11,53	11,49
8		24,70	26,00		6,96	13,99	0,50	220,14	0,81	0,62		11,44	
9		21,40	24,40		7,07	15,32	0,46	204,91	0,75	0,62	0,62	9,91	9,87
10		21,20	24,40		6,70	14,54	0,46	203,95	0,75	0,62		9,82	
11		19,30	23,10		6,15	13,96	0,44	194,59	0,71	0,62	0,62	8,94	8,89
12		19,10	23,10		6,08	13,84	0,44	193,58	0,71	0,62		8,85	
13		16,10	21,30		6,13	15,19	0,40	177,73	0,65	0,62	0,62	7,46	7,43
14		16,00	21,30		6,21	15,41	0,40	177,18	0,65	0,62		7,41	
15		13,50	19,10		6,14	16,60	0,37	162,75	0,60	0,62	0,62	6,25	6,21
16		13,30	19,10		6,11	16,50	0,37	161,54	0,59	0,63		6,16	
17		10,50	17,50		5,88	17,92	0,33	143,53	0,53	0,62	0,63	4,86	4,84
18		10,40	17,50		6,18	18,78	0,33	142,85	0,52	0,63		4,82	
19		8,00	14,50		5,98	20,50	0,29	125,28	0,46	0,64	0,63	3,71	3,68
20		7,90	14,50		6,06	21,06	0,29	124,50	0,46	0,63		3,66	

Fuente: Programa Excel**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE: HIDRAULICA

PROYECTO: DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DESCARGA PARA ORIFICIOS CIRCULARES DE PARED DELGADA, EN DESCARGA LIBRE PARA DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS FISICOS

LUGAR Y FECHA: 15 de julio del 2016

HORA DE INICIO: 15 h 48 min

HORA DE FINALIZACION: 17 h 22 min

DIAMETRO DEL ORIFICIO: 23,56 mm

lecturas	ϕ (mm)
1	23,58
2	23,57
3	23,55
4	23,56
5	23,55
6	23,57
promedio	23,56

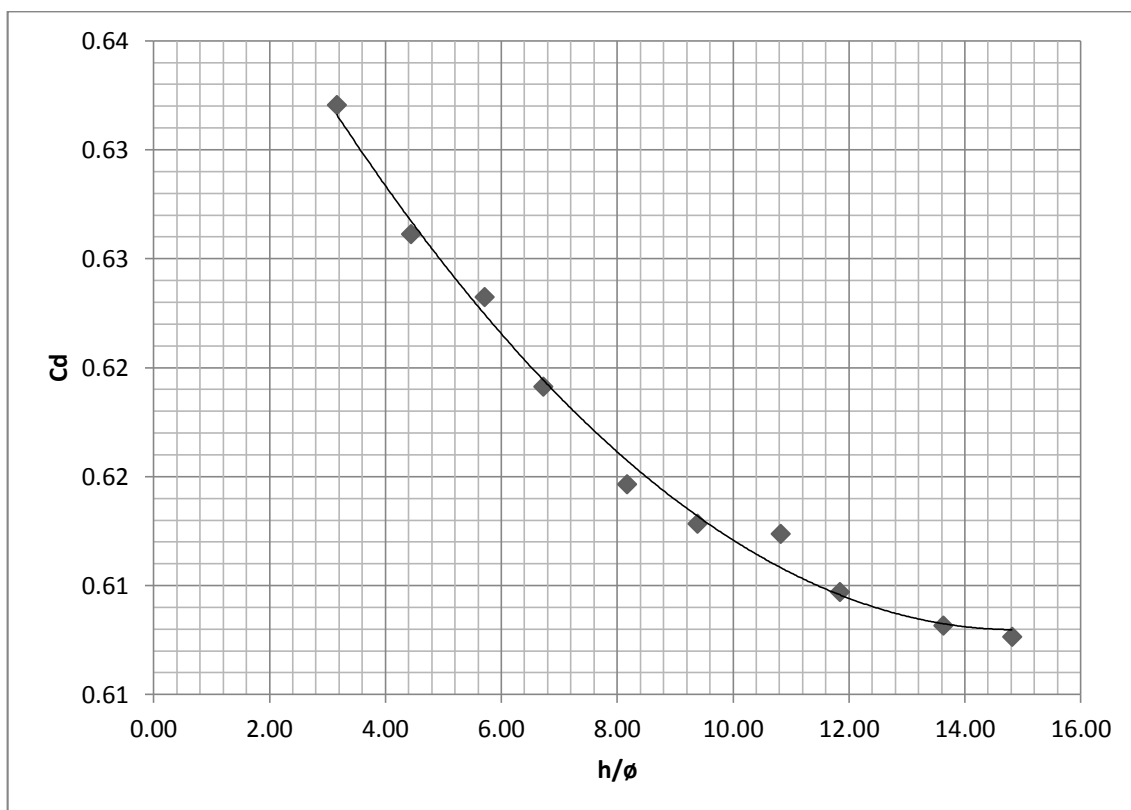


Figura 18: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 23,56 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 9: Resultados obtenidos para orificios de 23,56mm

N°	∅ cm	h cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	h/∅	h/∅ prom.
1	2,36	35,00	32,10	4,36	5,92	8,76	0,68	262,05	1,14	0,59	0,61	14,85	14,81
2		34,80	32,10		6,00	8,44	0,71	261,30	1,14	0,62		14,77	
3		32,20	30,70		6,89	10,37	0,66	251,35	1,10	0,61	0,61	13,67	13,62
4		32,00	30,70		6,86	10,29	0,67	250,57	1,09	0,61		13,58	
5		28,00	29,00		6,48	10,38	0,62	234,38	1,02	0,61	0,61	11,88	11,84
6		27,80	29,00		6,44	10,39	0,62	233,55	1,02	0,61		11,80	
7		25,60	27,10		6,18	10,32	0,60	224,11	0,98	0,61	0,61	10,86	10,82
8		25,40	26,40		6,16	10,34	0,60	223,24	0,97	0,61		10,78	
9		22,20	24,50		5,84	10,47	0,56	208,70	0,91	0,61	0,61	9,42	9,38
10		22,00	24,30		6,14	11,06	0,56	207,76	0,91	0,61		9,34	
11		19,30	22,00		6,36	12,28	0,52	194,59	0,85	0,61	0,61	8,19	8,17
12		19,20	21,90		6,48	12,37	0,52	194,09	0,85	0,62		8,15	
13		15,90	20,50		6,14	12,88	0,48	176,62	0,77	0,62	0,62	6,75	6,73
14		15,80	20,20		6,02	12,66	0,48	176,07	0,77	0,62		6,71	
15		13,50	19,50		5,91	13,33	0,44	162,75	0,71	0,62	0,62	5,73	5,71
16		13,40	19,20		5,86	13,33	0,44	162,14	0,71	0,62		5,69	
17		10,50	17,50		5,47	14,12	0,39	143,53	0,63	0,62	0,63	4,46	4,43
18		10,40	17,40		5,59	14,17	0,39	142,85	0,62	0,63		4,41	
19		7,50	14,50		5,43	16,08	0,34	121,31	0,53	0,64	0,63	3,18	3,16
20		7,40	14,30		5,77	17,55	0,33	120,49	0,53	0,63		3,14	

Fuente: Programa Excel**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

NUCLEO ESTRUCTURANTE: HIDRAULICA

PROYECTO: DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DESCARGA PARA ORIFICIOS CIRCULARES DE PARED DELGADA, EN DESCARGA LIBRE PARA DIFERENTES DIAMETROS EN MODELOS FISICOS

LUGAR Y FECHA: 16 de julio del 2016
 HORA DE INICIO: 7 h 54 min
 HORA DE FINALIZACION: 9 h 45 min
 DIAMETRO DEL ORIFICIO: 25,57 mm

lecturas	$\varnothing$ (mm)
1	25,58
2	25,57
3	25,57
4	25,55
5	25,60
6	25,56
promedio	25,57

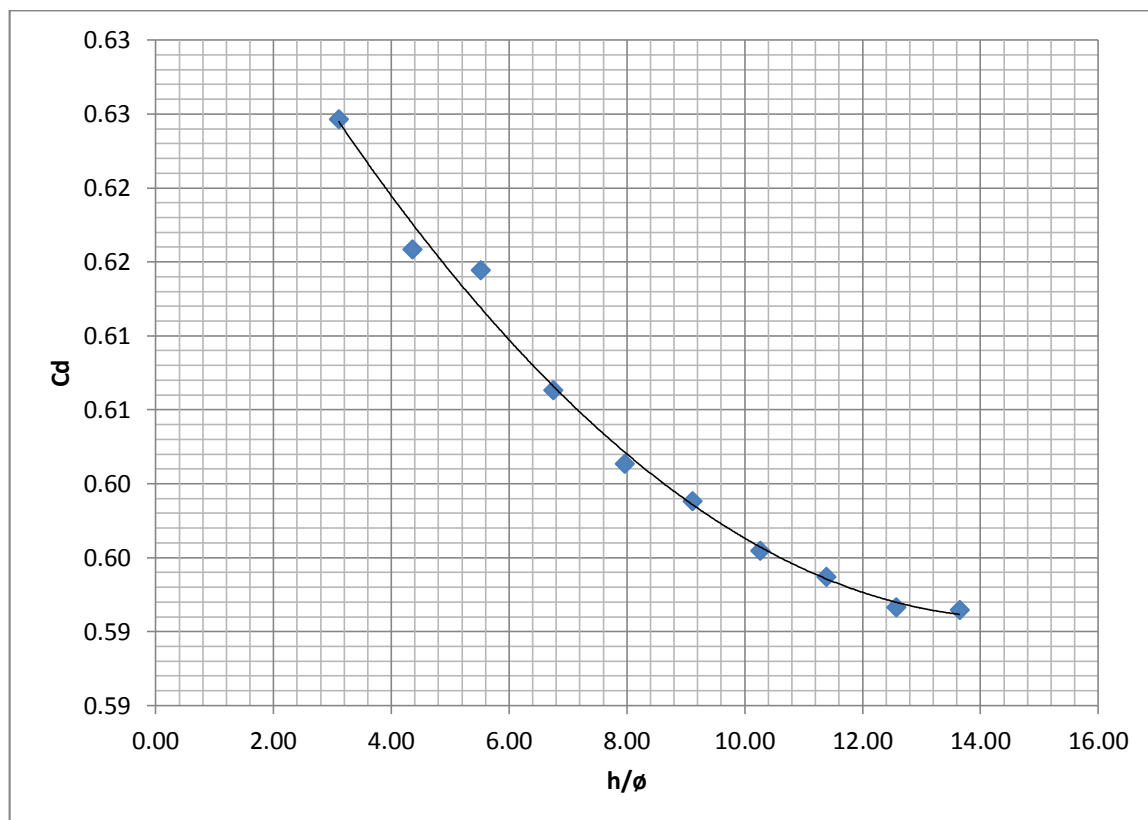


Figura 19: Tendencia del coeficiente de descarga para el orificio de 25,57 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 10: Resultados obtenidos para orificios de 25,57 mm

N°	∅ cm	H cm	X cm	A cm ²	V l	t s	Qr l/s	Vo cm/s	Qt l/s	Cd Qr/Qt	Cd prom.	H/∅	H/∅ prom.
1	2,56	35,00	32,10	5,14	5,34	6,72	0,79	262,05	1,3458	0,59	0,59	13,69	13,65
2		34,80	32,10		5,51	6,93	0,80	261,30	1,342	0,59		13,61	
3		32,20	30,40		5,63	7,34	0,77	251,35	1,2909	0,59	0,59	12,59	12,57
4		32,10	30,40		5,90	7,77	0,76	250,96	1,2889	0,59		12,55	
5		29,20	29,30		6,28	8,62	0,73	239,35	1,2293	0,59	0,59	11,42	11,38
6		29,00	29,30		6,23	8,55	0,73	238,53	1,2251	0,59		11,34	
7		26,30	27,40		6,52	9,37	0,70	227,16	1,1666	0,60	0,60	10,28	10,27
8		26,20	27,40		6,59	9,52	0,69	226,73	1,1644	0,59		10,25	
9		23,40	25,00		6,73	10,27	0,66	214,27	1,1004	0,60	0,60	9,15	9,11
10		23,20	25,00		6,71	10,17	0,66	213,35	1,0957	0,60		9,07	
11		20,40	24,00		6,96	11,35	0,61	200,06	1,0275	0,60	0,60	7,98	7,96
12		20,30	24,00		6,62	10,66	0,62	199,57	1,025	0,61		7,94	
13		17,40	22,10		6,02	10,49	0,57	184,77	0,9489	0,60	0,61	6,80	6,75
14		17,10	22,10		6,17	10,79	0,57	183,17	0,9407	0,61		6,69	
15		14,20	20,00		6,03	11,48	0,53	166,91	0,8572	0,61	0,61	5,55	5,51
16		14,00	20,00		6,01	11,46	0,52	165,73	0,8512	0,62		5,47	
17		11,20	18,00		6,31	13,37	0,47	148,24	0,7613	0,62	0,62	4,38	4,36
18		11,10	18,00		6,26	13,50	0,46	147,57	0,7579	0,61		4,34	
19		8,00	15,20		6,18	15,44	0,40	125,28	0,6434	0,62	0,62	3,13	3,11
20		7,90	15,20		6,22	15,51	0,40	124,50	0,6394	0,63		3,09	

Fuente: Programa Excel**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

3.3. Modelo Matemático para coeficiente de descarga software

SPSS 23.

Lo que sigue es cumplir otro de los objetivos el cual es el de realizar una expresión para las gráficas obtenidas y esto se realizara por medio del programa SPSS 23, el cual está programado como una herramienta para realizar procesos estadísticos, con dicho software se obtendrá la expresión para cada gráfica, además de la validación de los datos ´por los coeficientes de Pearson y Spearman que se detallaran un poco a continuación así como la regresión lineal.

La regresión lineal, es un proceso metodológico mediante el cual se puede encontrar la relación que pueda originarse entre valores aleatorios, el cual se originó con el fin de crear una tendencia recta. La siguiente expresión la define.

$$f(x) = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \dots + \beta_nx_n \quad (43)$$

Contando con variables dependientes $f(x)$, independientes (x) y β un factor el cual denota la fluencia.

En ocasiones es necesario obtener funciones del tipo:

$$f(x) = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots, nx^n \quad (44)$$

Llevando a utilizar un análisis de tipo estadístico y no simplemente lineal, debido a que se determinaran coeficientes del tipo lineal a , b , c , d , n y del tipo no lineal x , x^2 , x^3 , x^n .

Para poder generar la expresión SPSS 23 utiliza el método de los mínimos cuadrados, este método aproxima un polinomio de grado n , a un conjunto de $m+1$ en pares de datos (x_i, y_i) de modo que $n \leq m$.

Al estudiar el polinomio

$$P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (42)$$

Se obtiene:

$$S = \sum_{i=0}^m (P(x_i) - y_i)^2 = \sum_{i=0}^m (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_nx_i^n - y_i)^2 \quad (45)$$

La determinación de los coeficientes del polinomio en cuestión se obtienen por medio de la obtención de los coeficientes a_0 , a_1 , a_2 , $\dots$, a_n de manera que S tienda hacia un valor mínimo.

Al derivar parcialmente S con respecto de a_0 , a_1 , a_2 , $\dots$, a_n las que son iguales a cero.

$$12 \frac{\partial S}{\partial a_0} = \sum_{i=0}^m (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_nx_i^n - y_i) \cdot 1 = 0$$

$$12 \frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum_{i=0}^m (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_nx_i^n - y_i) \cdot x_i = 0$$

.....

$$12 \frac{\partial S}{\partial a_n} = \sum_{i=0}^m (a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_nx_i^n - y_i) x_i^n = 0$$

Finalmente se obtiene un sistema de $n+1$ ecuaciones con $n+1$ incógnitas, a_0 , a_1 , a_2 , $\dots$, a_n .

Y como se mencionó en primer lugar también se usaran el coeficiente de Pearson y el de Spearman, el coeficiente de Pearson nos indica el grado en que las variables están relacionadas en forma lineal, mientras que el coeficiente de Spearman nos indica en qué grado estas están relacionadas pero para una curva sin importar el orden de esta.

Estos valores oscilan entre 1 y -1 existiendo una correlación muy fuerte mientras esta se acerque a 1 o -1, y siendo esta correlación nula si el coeficiente es cercano al valor de 0, si el valor de estos coeficientes es cercano a 1 indica que se trata de una correlación positiva en la que ambos valores crecen, mientras que si el coeficiente es cercano a -1 indica que mientras un valor aumenta el otro disminuye, para nuestro análisis emplearemos los dos coeficientes y determinaremos si tratamos con una función lineal o una curvilínea, pero por lo que se puede apreciar por las gráficas generadas por Excel se trata de una función curvilínea.

El coeficiente de correlación es la covariancia sobre la desviación estándar, para su determinación se utiliza la siguiente expresión:

$$r(xy) = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (46)$$

Coeficiente de Spearman es un coeficiente parecido al de Pearson y básicamente determinan lo mismo, pero teniendo una pequeña diferencia ya que este se lo utiliza para determinar la correlación entre funciones curvilíneas, este

coeficiente presenta una desventaja la cual es que no es tan sensible para evaluar datos que están separados por un intervalo grande, este obedece a la siguiente expresión:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \quad (47)$$

Siendo D la diferencia entre las variables y N el número de parejas la cual se va a evaluar.

Aquí también se obtendrá la determinación, este coeficiente determinara la proporción en que varían las variables, si el valor de este término es 0 significa que una variable no se podrá predecir con la otra, mientras este sea más cercano a 1 indica que será más fácil se puedan predecir los valores sin error. El coeficiente de determinación es el coeficiente de correlación de Pearson elevado a la 2.

El programa SPSS 23 (Statistical Package for the Social Sciences) es un software de tipo estadístico el cual se utiliza para realizar en trabajos en ciencias exactas e investigativos, este es capaz de manejar una gran cantidad de base de datos. Siendo esta una de sus principales razones para ser tan popular, vale la pena mencionar de su fácil manejo en todas las interfaces que maneja.

Los pasos que se siguieron en el programa para lograr los resultados obtenidos fueron:

- Importar datos desde un libro de Excel.

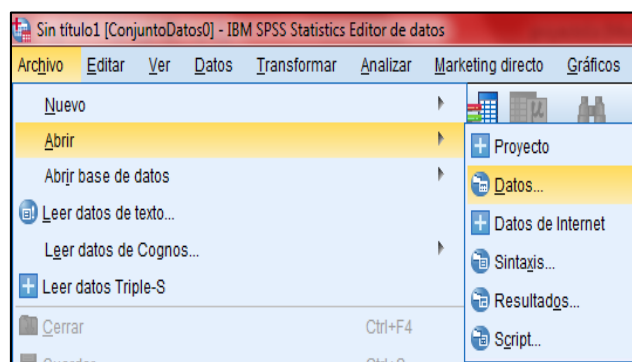


Figura 20: Inicio de la inserción de datos en SPSS 23.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

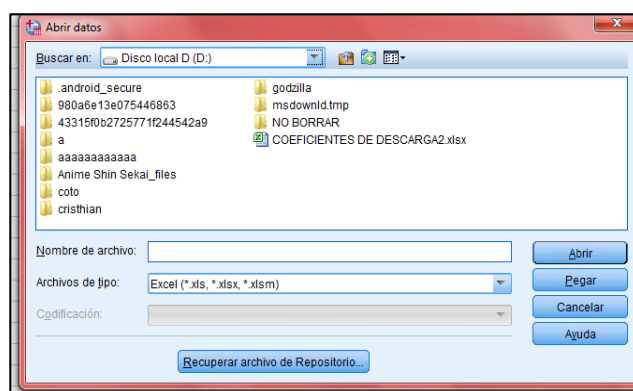


Figura 21: Elección del archivo de Excel para procesarlos en SPSS 23.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

- Una vez elegido el archivo en Excel se elige la hoja que contiene los datos con los que se va a trabajar.

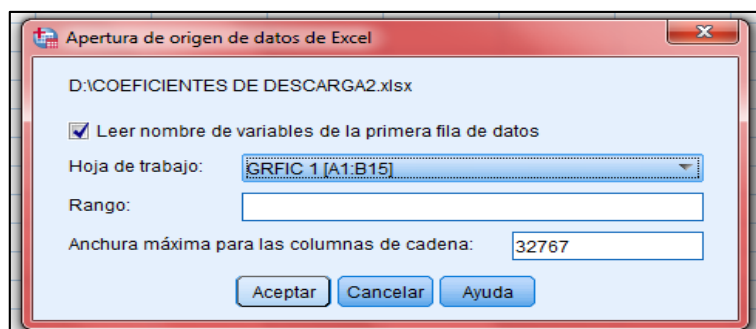


Figura 22: Selección de hoja de cálculo en SPSS 23.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

	Cd	h0	var
1	,7070989471592122	52,990369994931584	
2	,7077433581483921	48,428788646730880	
3	,7150407437269235	44,475418144956930	
4	,7198186823911076	38,849467815509385	
5	,7220900221640248	35,504308160162200	
6	,7324657517859010	30,638621388748106	
7	,7442230239941180	25,772934617334016	
8	,7523697416952120	21,819564115560070	
9	,7648353392743072	17,562088190572737	
10	,7840015801200000	11,936137861125193	
11			

Figura 23: Datos dispuestos en SPSS 23, para su procesamiento.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

- Ya teniendo los datos en el programa se procede a correr el programa de acuerdo a lo que se requiere, en este caso es fundamental la obtención de los coeficientes de Pearson Y Spearman.

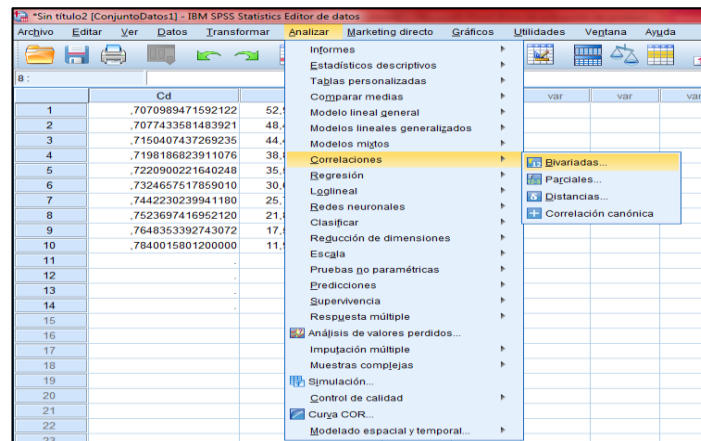


Figura 24: Proceso para determinación de los coeficientes de correlación.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

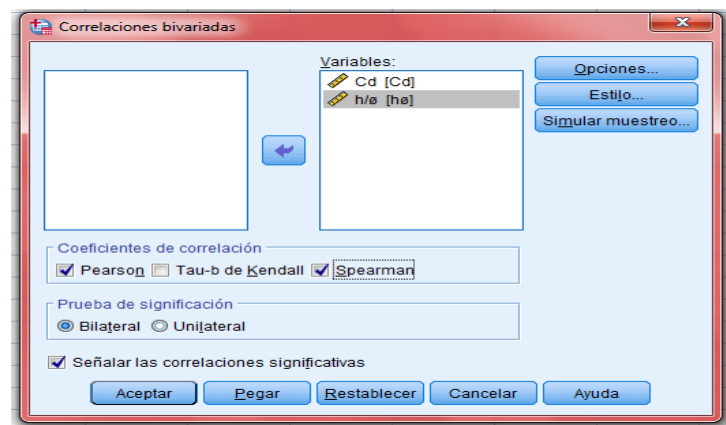


Figura 25: Elección del tipo de coeficiente a utilizar

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

- Se utilizan las opciones para obtener los datos complementarios como media aritmética, desviación estándar, covarianza y desviaciones de productos vectoriales. Una vez seleccionado esto se da clic en aceptar

y se corre el programa. Con esto obtenemos las correlaciones que se presentaran un poco más adelante.

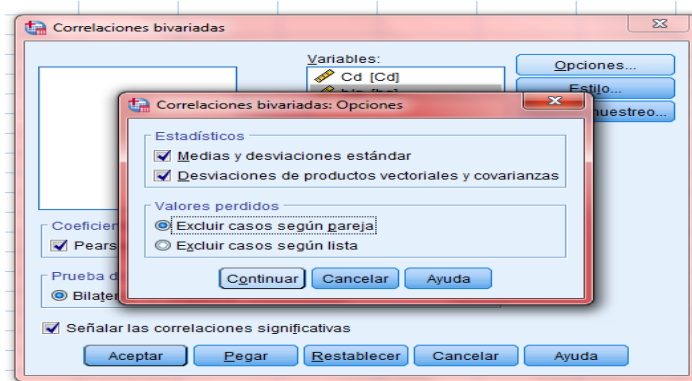


Figura 26: Datos adicionales que se desean de la correlación.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

- A continuación se obtienen las expresiones que describen a la curva analizada, esto se realiza en el programa SPSS 23. Al analizar los datos, escogemos la opción de regresión, al presentar esta muchas opciones se elige la de estimación curvilínea ya que observamos la tendencia que obtuvimos mediante el Excel.

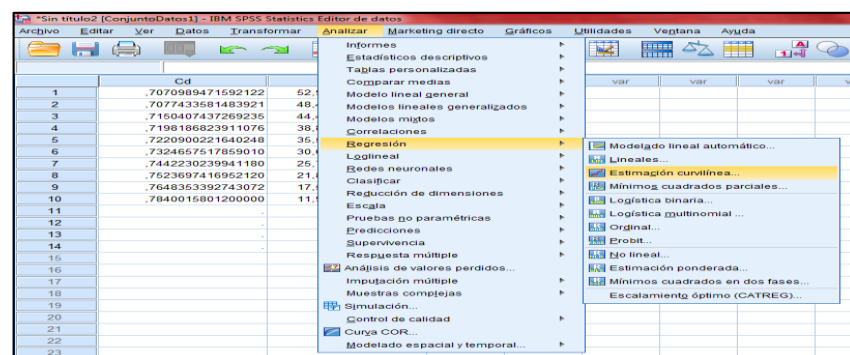


Figura 27: Obtención de la expresión matemática que describe la curva.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

- Al aparecer un cuadro de dialogo en el que nos pregunta cuales son las variables dependientes y cuáles son las independientes como ya lo

definimos con anterioridad, los coeficientes de descarga estarán dispuestos en el eje de las y y mientras que la relación creada entre ella altura de agua y el diámetro del orificio. aquí se selecciona las opciones de cuadrática y cubica

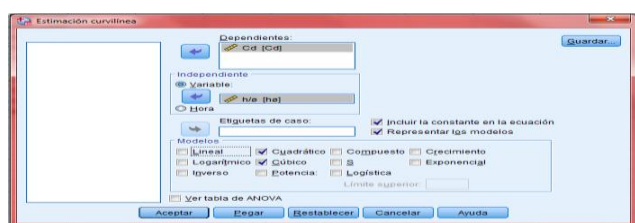


Figura 28: Elección del tipo de expresión que se quiere obtener.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

- Ya con este paso obtenemos la expresión, la determinación y la frecuencia.

Como demuestran los resultados obtenidos mediante el software vemos que para cada caso observado tenemos una relación muy fuerte de tipo inversa, así como también una determinación muy aceptable, la diferencia entre el coeficiente de Spearson y Pearson es muy pequeña lo que nos deja con la certeza de que ambos valores son válidos y que estas graficas tienden a ser rectas en cierto pero no lo son del todo ya que si se sigue con un estudio un poco más largo se podría determinar que en cuanto el valor de h/ϕ es más grande el valor coeficiente de descarga tiende a variar de una forma casi lineal.

A continuación se presentan los valores obtenidos por medio del programa SPSS 23 mediante el cual obtenemos el modelo matemático que describe la curva de coeficiente de descarga, el coeficiente de Pearson y el de Spearman, coeficiente de determinación.

Análisis de regresión para el orificio de $\varnothing = 6,58 \text{ mm}$

Tabla 11: Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,7350	,02582	10
h/ $\varnothing$	32,7978	13,63920	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 12: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ $\varnothing$
Cd	Correlación de Pearson	1	-,970**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,006	-3,076
	Covarianza	,001	-,342
	N	10	10
h/ $\varnothing$	Correlación de Pearson	-,970**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-3,076	1674,251
	Covarianza	-,342	186,028
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: Propia Arreaga William, Mantilla Diego

Tabla 13: Correlaciones de Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	-1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10
	h/ø	Coeficiente de correlación	-1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 14: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 15: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	10
Casos excluidos ^a	0
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Tabla generada con SPSS 23 describe los casos analizados para de la elaboración del modelo matemático para el orificio de 6,58 mm.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 16: Resumen de procesamiento de variables

		Variables	
		Dependiente	Independiente
		Cd	h/ø
Número de valores positivos		10	10
Número de ceros		0	0
Número de valores negativos		0	0
Número de valores perdidos	Perdido por el usuario	0	0
	Perdido por el sistema	0	0

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 17: Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	,997	1328,543	2	7	,000	,830	-,004	3,844E-5	
Cúbico	,998	837,022	3	6	,000	,835	-,005	6,052E-5	-2,268E-7

Tabla generada con SPSS 23 describe los valores de los coeficientes para el modelo matemático del orificio de 6,58 mm.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

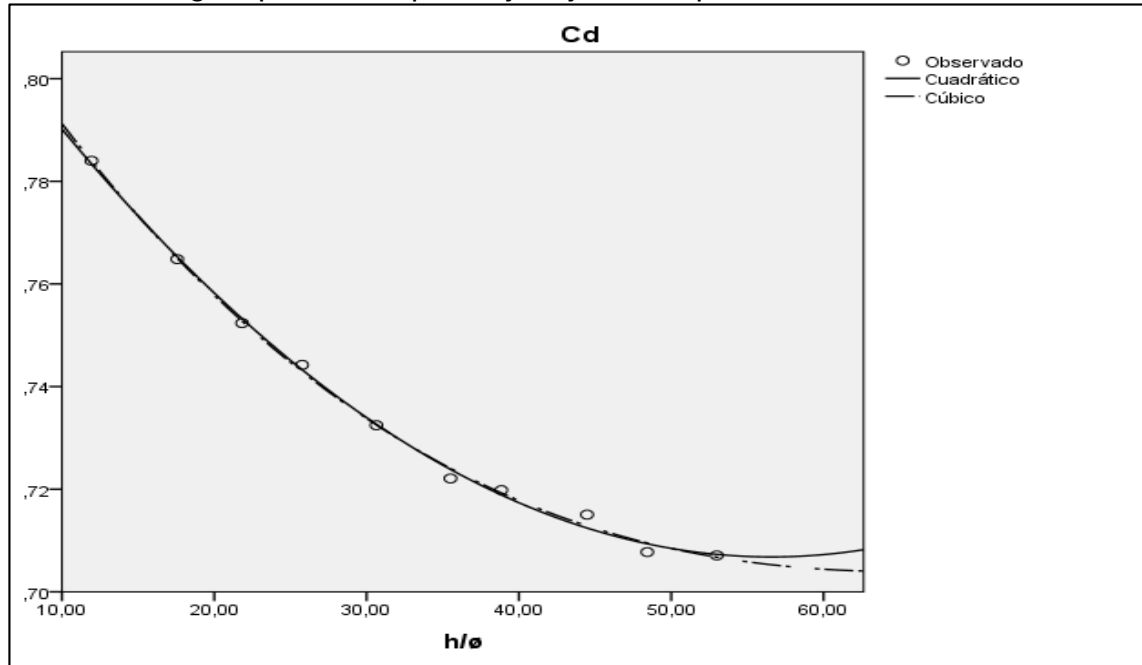


Figura 29: Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 6,58 mm.

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Análisis de regresión para el orificio $\varnothing = 9,60$ mm

Tabla 18: Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,6848	,00620	10
h/ $\varnothing$	20,5088	8,89193	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 19: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ $\varnothing$
Cd	Correlación de Pearson	1	-,966**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,000	-,479
	Covarianza	,000	-,053
	N	10	10
h/ $\varnothing$	Correlación de Pearson	-,966**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,479	711,597
	Covarianza	-,053	79,066
	N	10	10

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 20: Correlaciones Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	-1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10
	h/ø	Coeficiente de correlación	-1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 21: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 22: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	13
Casos excluidos ^a	3
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 23: Resumen de procesamiento de variables

	Variables	
	Dependiente	Independiente
	Cd	h/ø
Número de valores positivos	10	10
Número de ceros	0	0
Número de valores negativos	0	0
Número de valores perdidos Perdido por el usuario	0	0
Perdido por el sistema	3	3

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla**Tabla 24:** Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Ecuación									
Cuadrático	,993	488,570	2	7	,000	,707	-,002	2,088E-5	
Cúbico	,993	288,880	3	6	,000	,706	-,001	8,571E-6	1,820E-7

La variable independiente es h/ø.

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

$$0,707 - 0,0707 - 0,002 \left(\frac{H}{\emptyset} \right) + 2,088^{-5} \left(\frac{H}{\emptyset} \right)^2 \quad (49)$$

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

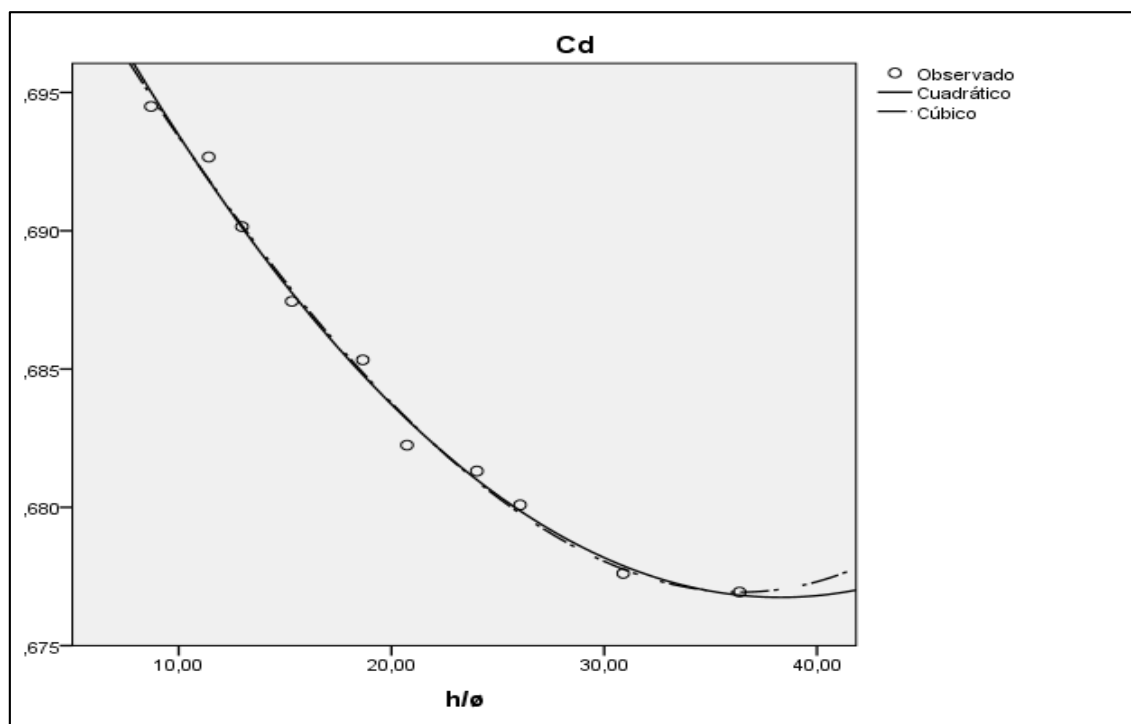


Figura 30: Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 9,60 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Análisis de regresión para el orificio de $\varnothing=12,55$ mm

Tabla 25: Estadísticos descriptivos.

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,6699	,00854	10
h/ø	16,7672	6,51114	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 26: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ø
Cd	Correlación de Pearson	1	-,958**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,001	-,479
	Covarianza	,000	-,053
	N	10	10
h/ø	Correlación de Pearson	-,958**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,479	381,555
	Covarianza	-,053	42,395
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 27: Correlaciones de Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	-,988**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	10	10
	h/ø	Coeficiente de correlación	-,988**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 28: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 29: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	13
Casos excluidos ^a	3
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 30: Resumen de procesamiento de variables.

		Variables	
		Dependiente	Independiente
		Cd	h/ø
Número de valores positivos		10	10
Número de ceros		0	0
Número de valores negativos		0	0
Número de valores perdidos	Perdido por el usuario	0	0
	Perdido por el sistema	3	3

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla**Tabla 31:** Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R								
Ecuación	cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	,988	297,454	2	7	,000	,706	-,003	5,982E-5	
Cúbico	,991	226,632	3	6	,000	,714	-,005	,000	-2,255E-6

La variable independiente es h/ø.

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

$$0,706 - 0,003 \left(\frac{H}{\varnothing} \right) + 5,982 \times 10^{-5} \left(\frac{H}{\varnothing} \right)^2 \quad (50)$$

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

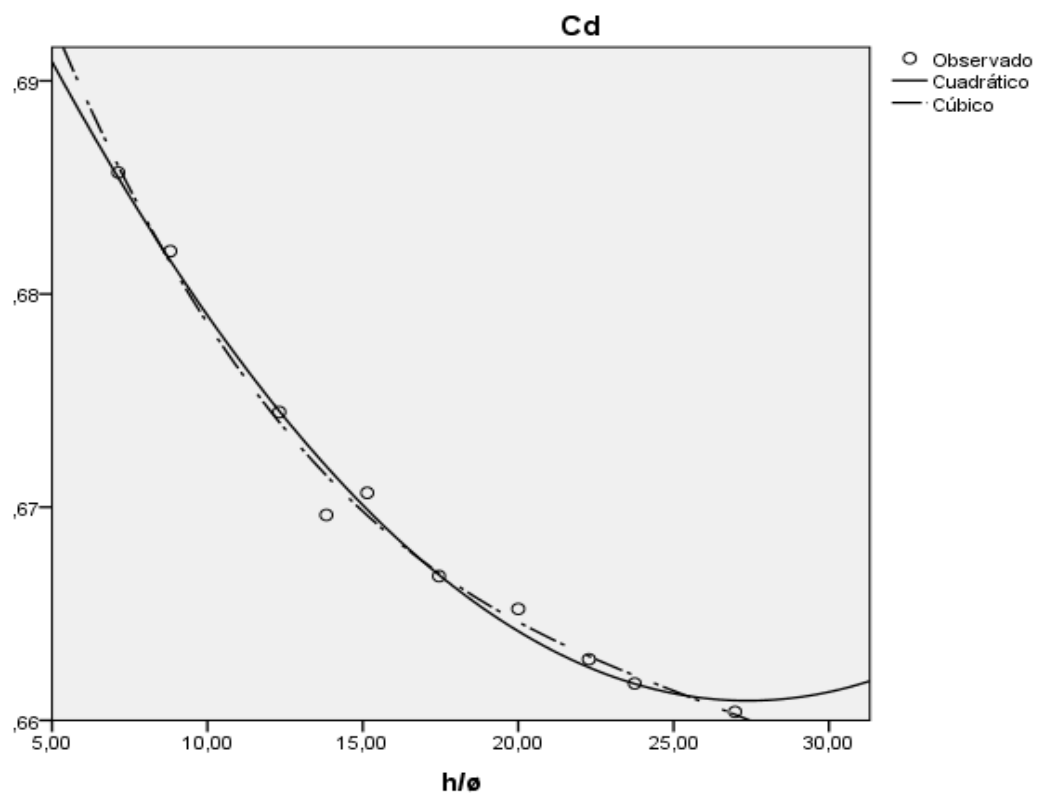


Figura 31: Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 12,55 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Análisis de regresión para el orificio de $\phi=15,53$ mm

Tabla 32: Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,6553	,00603	10
h/ϕ	13,1884	5,84616	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 33: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ø
Cd	Correlación de Pearson	1	-,949**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,000	-,301
	Covarianza	,000	-,033
	N	10	10
h/ø	Correlación de Pearson	-,949**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,301	307,599
	Covarianza	-,033	34,178
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 34: Correlaciones de Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	-,988**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	10	10
	h/ø	Coeficiente de correlación	-,988**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 35: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 36: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	13
Casos excluidos ^a	3
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 37: Resumen de procesamiento de variables

	Variables	
	Dependiente	Independiente
	Cd	h/ø
Número de valores positivos	10	10
Número de ceros	0	0
Número de valores negativos	0	0
Número de valores perdidos	0	0
Perdido por el usuario	0	0
Perdido por el sistema	3	3

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla**Tabla 38:** Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	,988	300,611	2	7	,000	,678	-,003	6,589E-5	
Cúbico	,989	183,657	3	6	,000	,681	-,003	,000	-1,276E-6

La variable independiente es h/ø.

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

$$0,678 - 0,003 \left(\frac{H}{\emptyset} \right) + 6,589 \times 10^{-5} \left(\frac{H}{\emptyset} \right)^2 \quad (51)$$

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

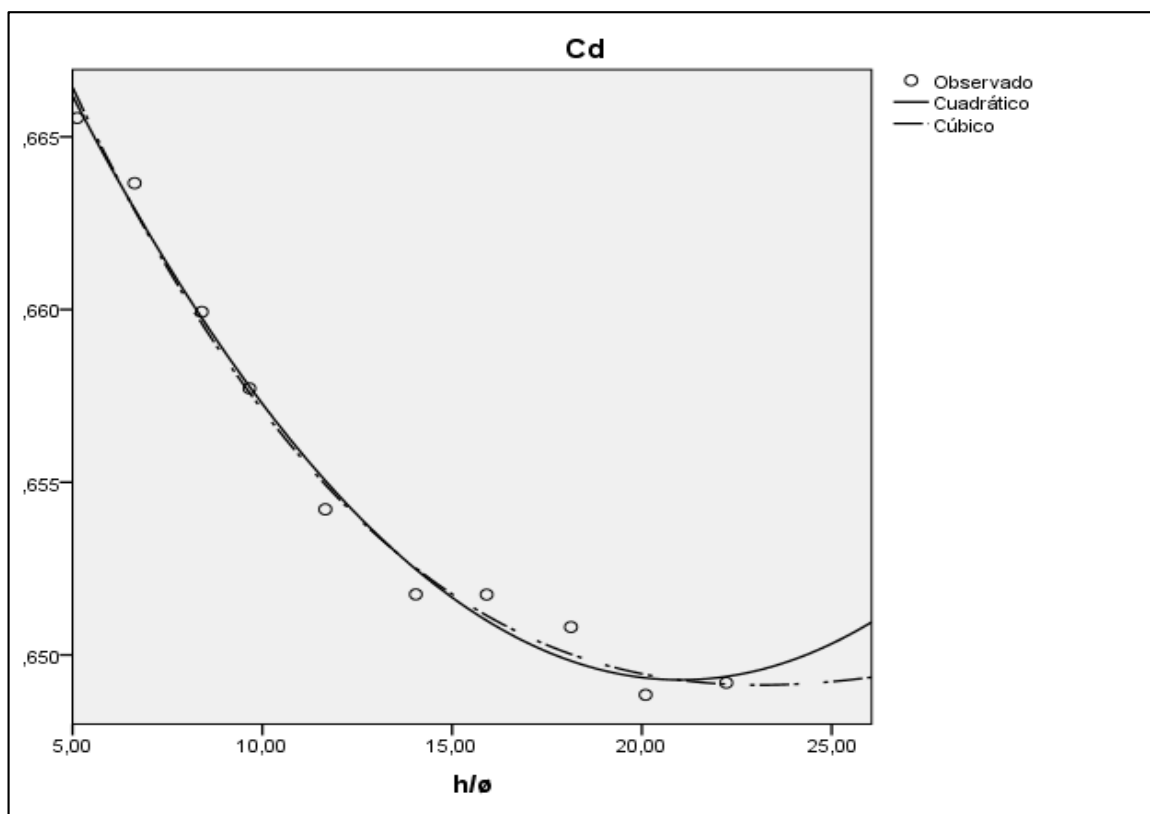


Figura 32: Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 15,53 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Análisis de regresión para el orificio de $\phi=18,55$ mm

Tabla 39: Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,6285	,00598	10
h/ϕ	11,1813	4,89952	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: Arreaga William, Mantilla Diego

Tabla 40: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ø
Cd	Correlación de Pearson	1	-,947**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,000	-,250
	Covarianza	,000	-,028
	N	10	10
h/ø	Correlación de Pearson	-,947**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,250	216,047
	Covarianza	-,028	24,005
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 41: Correlaciones de Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	-1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10
	h/ø	Coeficiente de correlación	-1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 42: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 43: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	13
Casos excluidos ^a	3
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 44: Resumen de procesamiento de variables

	Variables	
	Dependiente	Independiente
	Cd	h/ø
Número de valores positivos	10	10
Número de ceros	0	0
Número de valores negativos	0	0
Número de valores perdidos	0	0
Perdido por el usuario		
Perdido por el sistema	3	3

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla**Tabla 45:** Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	,988	299,114	2	7	,000	,651	-,003	8,987E-5	
Cúbico	,995	433,579	3	6	,000	,657	-,005	,000	-6,327E-6

La variable independiente es h/ø.

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

$$0,651 - 0,003 \left(\frac{H}{\varnothing} \right) + 8,98 \times 10^{-5} \left(\frac{H}{\varnothing} \right)^2 \quad (52)$$

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

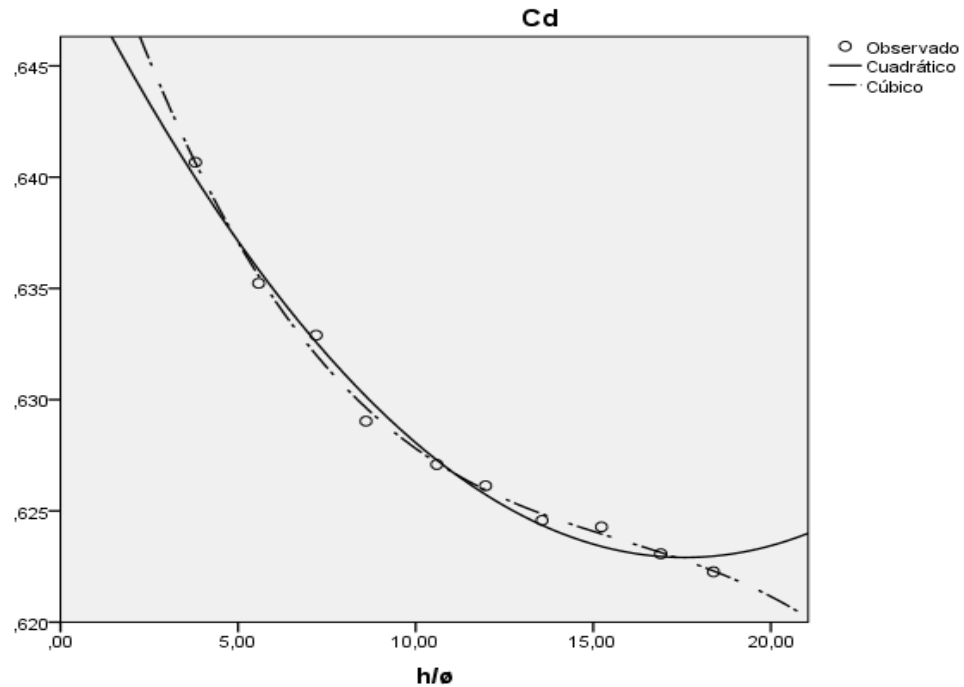


Figura 33: Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 18,55 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Análisis de regresión para el orificio de $\phi=21,59$ mm

Tabla 46: Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,6189	,00737	10
h/ϕ	9,5994	4,15472	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 47: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ø
Cd	Correlación de Pearson	1	-,950**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,000	-,262
	Covarianza	,000	-,029
	N	10	10
h/ø	Correlación de Pearson	-,950**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,262	155,356
	Covarianza	-,029	17,262
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 48: Correlaciones de Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coefficiente de correlación	1,000	-1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10
	h/ø	Coefficiente de correlación	-1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 49: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 50: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	13
Casos excluidos ^a	3
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 51: Resumen de procesamiento de variables

		Variables	
		Dependiente	Independiente
		Cd	h/ø
Número de valores positivos		10	10
Número de ceros		0	0
Número de valores negativos		0	0
Número de valores perdidos	Perdido por el usuario	0	0
	Perdido por el sistema	3	3

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla**Tabla 52:** Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	,985	227,990	2	7	,000	,647	-,005	,000	
Cúbico	,990	194,704	3	6	,000	,654	-,007	,000	-1,078E-5

La variable independiente es h/ø.

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

$$0,647 - 0,005 \left(\frac{H}{\emptyset} \right) + 1,45 \times 10^{-4} \left(\frac{H}{\emptyset} \right)^2 \quad (53)$$

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

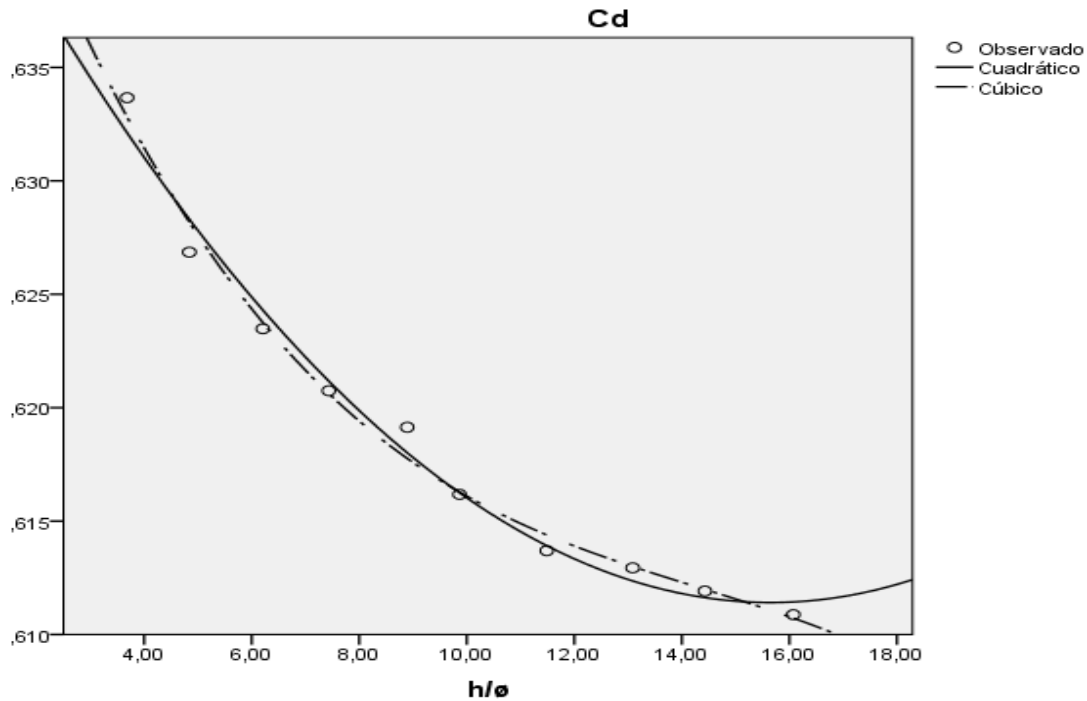


Figura 34: Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 21,59 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Análisis de regresión para el orificio de $\phi=23,56$ mm

Tabla 53: Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,6166	,00826	10
h/ϕ	8,7106	3,84465	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 54: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ø
Cd	Correlación de Pearson	1	-,967**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,001	-,277
	Covarianza	,000	-,031
	N	10	10
h/ø	Correlación de Pearson	-,967**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,277	133,032
	Covarianza	-,031	14,781
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 55: Correlaciones de Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coeficiente de correlación	1,000	-1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10
	h/ø	Coeficiente de correlación	-1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 56: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 57: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	13
Casos excluidos ^a	3
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 58. Resumen de procesamiento de variables

		Variables	
		Dependiente	Independiente
		Cd	h/ø
Número de valores positivos		10	10
Número de ceros		0	0
Número de valores negativos		0	0
Número de valores perdidos	Perdido por el usuario	0	0
	Perdido por el sistema	3	3

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla**Tabla 59:** Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	,992	445,039	2	7	,000	,644	-,005	,000	
Cúbico	,993	271,880	3	6	,000	,647	-,006	,000	-4,663E-6

La variable independiente es h/ø.

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

$$0,644 - 0,005 \left(\frac{H}{\varnothing} \right) + 1,58 \times 10^{-4} \left(\frac{H}{\varnothing} \right)^2 \quad (54)$$

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

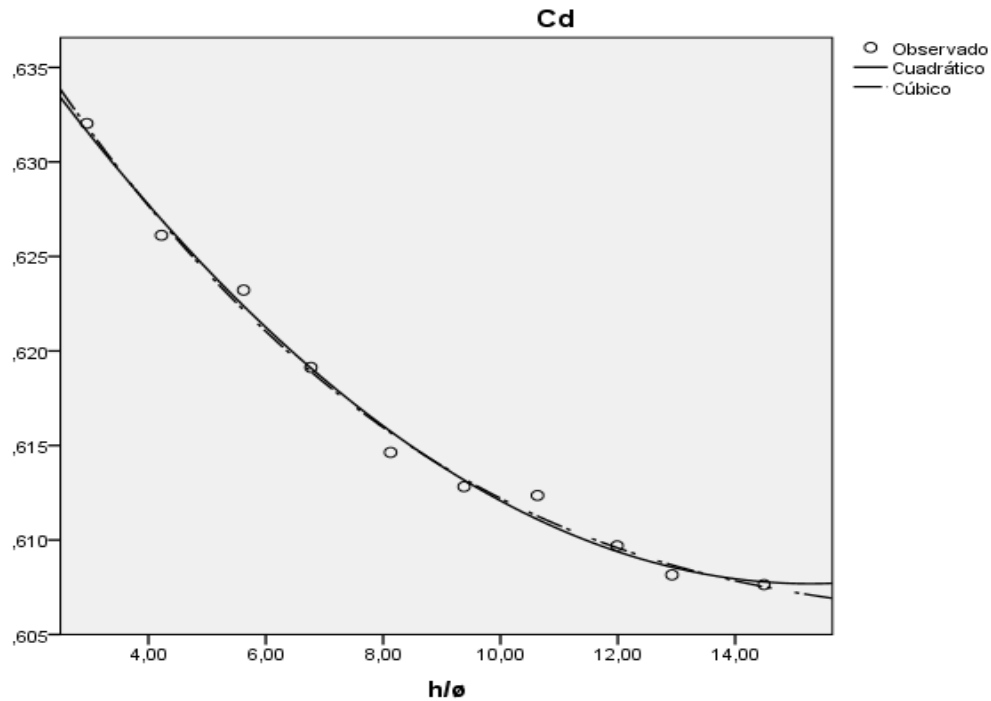


Figura 35: Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 23,56 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

Análisis de regresión para el orificio de $\phi=25,57$ mm

Tabla 60: Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Cd	,6034	,01154	10
h/ϕ	8,4684	3,55200	10

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 61: Correlaciones de Pearson

		Cd	h/ø
Cd	Correlación de Pearson	1	-,968**
	Sig. (bilateral)		,000
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	,001	-,357
	Covarianza	,000	-,040
	N	10	10
h/ø	Correlación de Pearson	-,968**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-,357	113,550
	Covarianza	-,040	12,617
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 62: Correlaciones de Spearman

			Cd	h/ø
Rho de Spearman	Cd	Coefficiente de correlación	1,000	-1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10
	h/ø	Coefficiente de correlación	-1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Ajuste de curva

Tabla 63: Descripción del modelo

Nombre de modelo		MOD_1
Variable dependiente	1	Cd
Ecuación	1	Cuadrático
	2	Cúbico
Variable independiente		h/ø
Constante		Incluido
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar
Tolerancia para entrar términos en ecuaciones		,0001

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 64: Resumen de procesamiento de casos

	N
Casos totales	13
Casos excluidos ^a	3
Casos predichos	0
Casos creados recientemente	0

a. Los casos con un valor perdido en cualquier variable se excluyen del análisis.

Fuente: Programa SPSS23

Elaboración: William Arreaga, Diego Mantilla

Tabla 65: Resumen de procesamiento de variables

		Variables	
		Dependiente	Independiente
		Cd	h/ø
Número de valores positivos		10	10
Número de ceros		0	0
Número de valores negativos		0	0
Número de valores perdidos	Perdido por el usuario	0	0
	Perdido por el sistema	3	3

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla**Tabla 66:** Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Cd

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de parámetro			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Cuadrático	,991	402,539	2	7	,000	,645	-,007	,000	
Cúbico	,992	238,056	3	6	,000	,642	-,006	8,882E-5	6,552E-6

La variable independiente es h/ø.

Fuente: Programa SPSS23**Elaboración:** William Arreaga, Diego Mantilla

$$0,645 - 0,007 \left(\frac{H}{\varnothing} \right) + 2,54 \times 10^{-4} \left(\frac{H}{\varnothing} \right)^2 \quad (55)$$

**Ecuación elegida por ser la que mejor ajusta los puntos a la tendencia

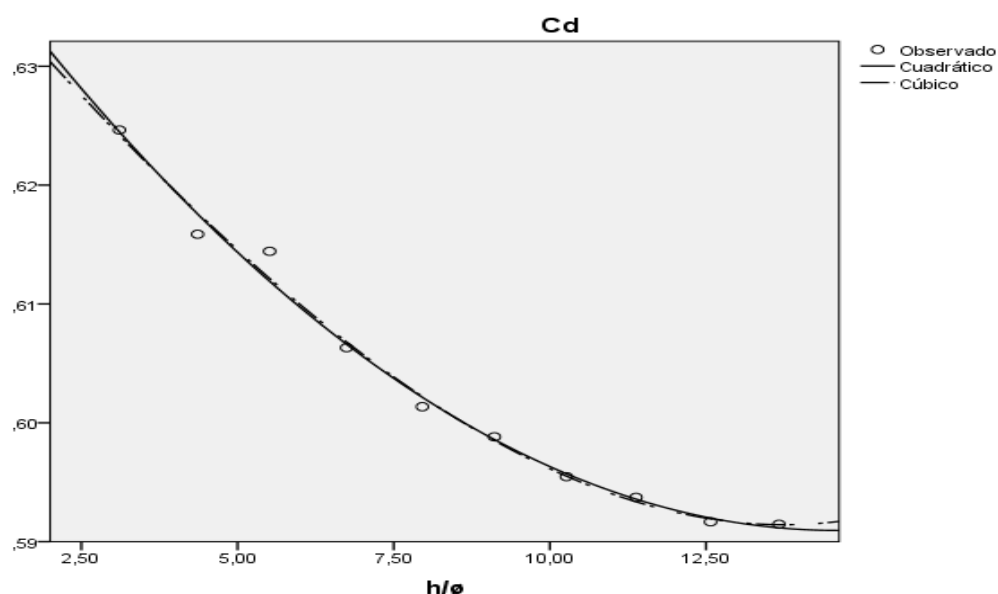


Figura 36. Gráficos de la ecuación cuadrática y cubica generadas con SPSS 23 para el orificio de 25,57 mm

Fuente: William Arreaga, Diego Mantilla

3.4. Coeficientes de descarga en función de altura de agua y el diámetro del orificio.

Las curvas obtenidas varían dentro de un rango y a su vez todas estas presentan la misma tendencia, por lo cual se implementaron puntos de tendencia donde posiblemente se desarrollara la curva. Se puede observar cómo varían las curvas y el respectivo modelo matemático descrito en la siguiente tabla.

Tabla 67: Variaciones de coeficientes de descarga.

Diámetro	Variación del coeficiente de descarga	Modelo Matemático
6,58 mm	0,7071 - 0,7840	$0,839827 - 0,004350(H/\phi) + 0,00003624(H/\phi)^2$
9,60 mm	0,6769 - 0,6971	$0,707345 - 0,001598(H/\phi) + 0,00002088(H/\phi)^2$
12,55 mm	0,6604 - 0,6857	$0,705782 - 0,003276(H/\phi) + 0,0000598(H/\phi)^2$
15,53 mm	0,6492 - 0,6656	$0,678379 - 0,002769(H/\phi) + 0,00006589(H/\phi)^2$
18,55 mm	0,6223 - 0,6407	$0,650667 - 0,003159(H/\phi) + 0,00008987(H/\phi)^2$
21,59 mm	0,6109 - 0,6337	$0,646826 - 0,004527(H/\phi) + 0,000145(H/\phi)^2$
23,56 mm	0,6076 - 0,6304	$0,644468 - 0,004815(H/\phi) + 0,000158(H/\phi)^2$
25,57 mm	0,5915 - 0,6426	$0,645077 - 0,007415(H/\phi) + 0,000254(H/\phi)^2$

Fuente: Experimental

Elaboración: Arreaga William, Mantilla Diego

Esta tabla describe los valores entre los que oscilan los coeficientes de descarga y las diferentes expresiones matemáticas obtenidas.

De acuerdo a investigaciones realizadas con anterioridad, podemos ver que el resultado de la investigación en cuestión no está muy alejado de lo que se puede apreciar en los estudios que se presentan en el Manual de Hidráulica de King y en Hidráulica General de Guillermo Sotelo Dávila. Lo cual se puede visualizar con una simple inspección al observar que estos resultados muestran una variación en un punto de la curva para luego tender a valores constantes.

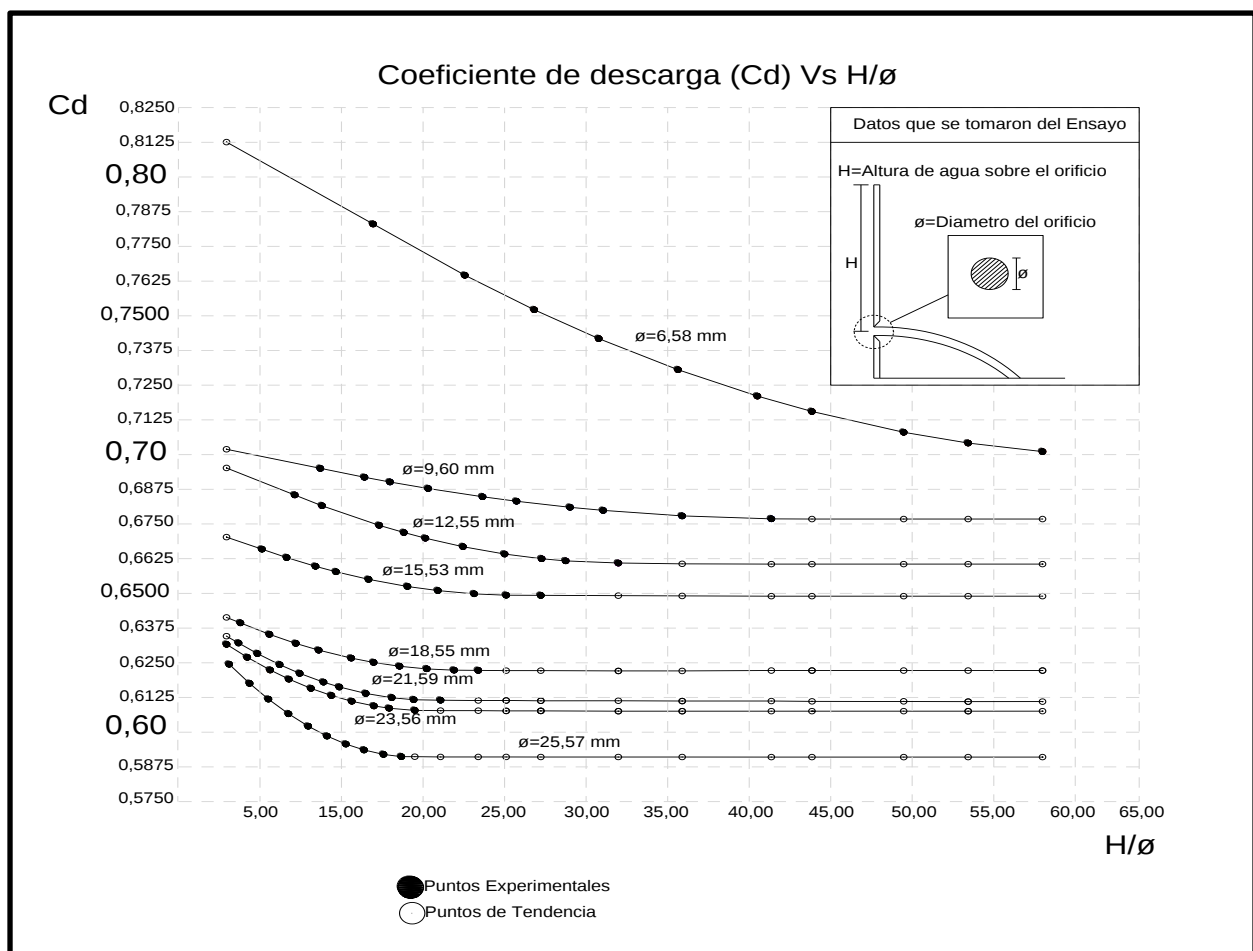


Figura 37. Variación entre coeficientes de descarga para los diferentes diámetros y la relación H/ϕ .

Fuente: Arreaga William, Mantilla Diego

CAPITULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

4.1.- Conclusiones.

- Este proyecto de investigación académica, realiza un aporte a la Hidráulica, en cuanto a coeficientes de descarga para orificios de pared delgada no sumergidos. Estos valores son de gran ayuda para el estudio de estas estructuras, debido a que la información para estos elementos estudiados es escasa, siendo este proyecto un aporte significativo al campo de la Ingeniería Hidráulica por parte de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.
- La importancia de la utilización de orificios en la hidráulica radica en que son estructuras que se emplean para la medición de caudales, así como también para el diseño de otras como lo son: obras de toma, diseño de tuberías, desagües de fondos de presas.
- Los datos obtenidos en los diferentes modelos físicos se produjeron en un ambiente similar para todos los casos u orificios, debido a que es un requerimiento para la posterior comparación entre estos. El entorno que se menciona consiste en que los diferentes ensayos fueron ejecutados con una altura de agua sobre los orificios que oscilaba entre los 8 cm y 35 cm, además de que la obtención de los datos en los diferentes casos se obtuvieron de modelos físicos implantados en el canal que se encuentra en el

Laboratorio Experimental de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

- Los valores de los coeficientes de descarga generados oscilan entre 0,59 y 0,78, rango en el que se encuentran las curvas. Al realizar un análisis simultáneo a las curvas, se puede concluir que todas presentan una tendencia similar, por este motivo se trazó una posible trayectoria, por la cual seguirán su desarrollo las curvas.

Tabla 68: Relaciones para las cuales C_d se vuelve constante

ϕ (mm)	Observación
6,58	Para la relación de H/ϕ mayor a 52,99 C_d permanece constante
9,6	Para la relación de H/ϕ mayor a 36,36 C_d permanece constante
12,55	Para la relación de H/ϕ mayor a 26,98 C_d permanece constante
15,53	Para la relación de H/ϕ mayor a 22,22 C_d permanece constante
18,55	Para la relación de H/ϕ mayor a 18,33 C_d permanece constante
21,59	Para la relación de H/ϕ mayor a 16,07 C_d permanece constante
23,56	Para la relación de H/ϕ mayor a 14,81 C_d permanece constante
25,57	Para la relación de H/ϕ mayor a 13,65 C_d permanece constante

C_d se vuelve constante a partir de ciertos valores siguiendo la tendencia que se muestra en bibliografías previamente estudiadas.

Fuente propia

Fuente: Arreaga William, Mantilla Diego

- De acuerdo al análisis de regresión lineal al que se sometieron los datos, realizado en el programa SPSS 23 (software de tipo estadístico utilizado en las ciencias exactas, sociales y aplicadas), generalmente usado en la publicación de artículos científicos.
- Se demuestra que los datos obtenidos en los ensayos son muy válidos y que estos presentan una correlación de tipo inversa muy fuerte, ya que los

coeficientes de correlación de Pearson son muy próximos a -1, la correlación inversa indica que mientras uno de los valores de la curva incrementa en magnitud el otro miembro decrece.

- Para la determinación del modelo matemático el cual describiera cada curva generada, fue planteado inicialmente para una expresión cuadrática y una cubica, expresiones obtenidas con SPSS 23, se optó por la elección de la expresión cuadrática debido a que esta se ajusta mejor a la tendencia que generan los datos experimentales.
- Al realizar una comparación con datos bibliográficos (Hidráulica General de Guillermo Sotelo Dávila y el Manual de Hidráulica de King), se puede apreciar que los resultados obtenidos son parecidos, ya que los coeficientes de descarga se presenta una variación similar en una parte de los ábacos, tal y como sucede en las curvas obtenidas, para posteriormente adquirir un valor prácticamente constante

4.2.- Recomendaciones

- Se recomienda proseguir con la investigación considerando modelos hidráulicos, los cuales puedan ser aplicados en otros medios.
- La importancia de en como este el perímetro de orificio radica en que este debe estar biselado, esto es necesario para lograr que el flujo sea libre y que el líquido no escurra por las paredes de las placas.
- En el momento de la obtención de los datos se recomienda que el flujo el cual se aproxima al orificio no presente oleaje, es decir que el líquido se presente en una forma estable y tranquila (razón por la cual la velocidad de llegada al orificio se asumirá como 0) en la parte superior donde esté situado el instrumento para realizar las mediciones de la altura del líquido sobre el orificio. Este requisito es de mucha importancia para la obtención de datos precisos o con una cantidad de error mínima.
- Cerciorarse que las uniones de las placas, unión entre la placa matriz y el canal no presenten fugas de líquido. En caso de que esto suceda sellar las fugas que se puedan presentar, antes de la toma de datos ya que este acontecimiento podría generar errores.
- Realizar las mediciones con instrumentos graduados para así generar datos con un mayor margen de confiabilidad.

- En el momento de procesar los datos para la generación de las curvas, generar las curvas de tal modo que se puedan apreciar las variaciones que se presentan a lo largo del desarrollo de cada curva.
- Efectuar análisis pertinentes para la validación de datos, como lo son en este caso los coeficientes de correlación.

ANEXOS

Anexos A

REGISTRÓ FOTOGRAFICOS DE ENSAYOS



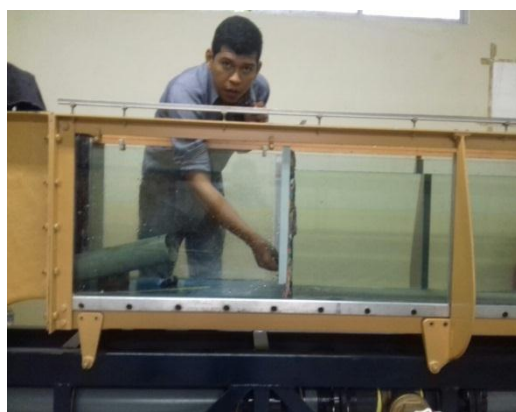
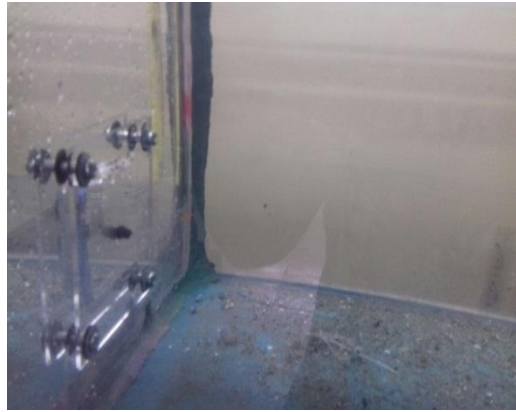
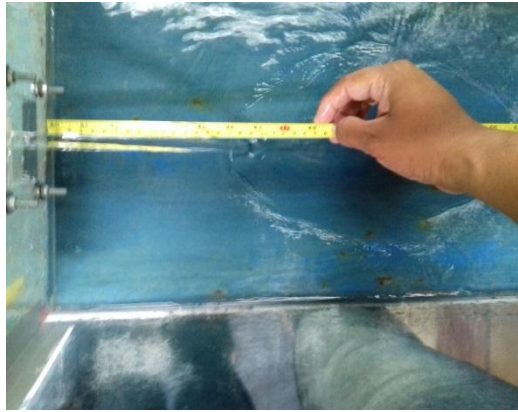


TABLA PARA DATOS EXPERIMENTALES

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

lecturas	$\varnothing$ (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
promedio	

[illegible]

BIBLIOGRAFIA

1. SOTELO DÁVILA, Gilberto. 2011. Hidráulica General. Octava Edición, México, D.F : Limusa. 561p.
2. Ernest F. Brater, Horace W. King, James E. Lindel, C. Y. Wei. 1996. Handbook of Hydraulics. Seventh Edition, Boston, Massachusetts – Burr Bridge, Illinois – Madison, Wisconsin - New York, New York – San Francisco, California – St. Louis, Missouri: McGraw Hill. 624p.
3. MOTT, Robert L. Mecánica de fluidos. 2006. Sexta Edición, México Pearson. Educación. 627p.
4. SIMON, L Andrew. 1992. Hidráulica Básica. Estados Unidos: Limusa S.A. 620p
5. RODRIGUEZ SALTOS, Josué. 2015. Artículo Científico. Guayaquil: Yachana – ULVR.
6. ALONZO VASQUEZ, Andy W. 2013. Medición de Flujo de Compuertas y Orificios (Tesis de pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala. 75Pp.
7. VENTE CHOW. 2004. Cuarta Edición. Hidráulica de Canales Abiertos. ESTADOS UNIDOS: McGraw Hill. 672p



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia y Tecnología
Innovación y saberes



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO	Determinación de coeficientes de descarga en orificios circulares, de pared delgada en descarga libre para diferentes diámetros en modelos físicos		
AUTOR/ES:	William Alfredo Arreaga Paredes Diego Fernando Mantilla Villalta		
REVISORES:	Ing. Josué Rodríguez Santos, MSc. Ing. Guillermo Pacheco Quintana, MI. Ing. Manuel Gómez de la Torre, MSc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil	FACULTAD:	De Ciencias Matemáticas y Físicas
CARRERA:	Ingeniería civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2016	Nº DE PÁGS:	99
ÁREAS TEMÁTICAS:	Hidráulica Determinación de coeficientes de descarga para orificios circulares		
PALABRAS CLAVE:	coeficientes-descarga-caudales-orificios-correlación		
RESUMEN:	En este proyecto, el cual es de tipo investigativo fue concebido por la obtención de datos a través de ensayos experimentales en modelos físicos, con el fin de obtener coeficientes de descarga para orificios circulares, de pared delgada en descarga libre con la finalidad de realizar un aporte a la Ingeniería en el campo de la Hidráulica. Estas estructuras son de mucha importancia ya que permiten aforar de una manera muy exacta, además de ser importantes para el diseño de diversas estructuras Hidráulicas como desagües de represas, obras de toma y diseño de tuberías entre otros. La metodología empleada para la obtención de los datos fue la implementación de modelos reducidos instalados en el canal de hidráulico, en el Laboratorio Experimental de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, dichos modelos son un conjunto de placas las cuales permiten realizar los ensayos para los diámetros de orificios propuestos. Con los datos del modelo se continúa la investigación la cual está encaminada a encontrar una relación entre los coeficientes de descarga y establecer una comparación, llegando a generar con esto un conjunto de curvas en la cual se describe el rango de acción del coeficiente de descarga para cada diámetro de orificio y una expresión la cual se ajusta a la tendencia obtenida con los datos experimentales.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			
ADJUNTOS PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTOS CON AUTOR/ES:	E-mail: wllap@hotmail.com diegol16_87@hotmail.com		
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS Teléfono: 2-283348		